**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**

**(БГТУ им. В.Г.Шухова)**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Лабораторная работа №2

дисциплина: Системное моделирование

тема: «Движение механических систем»

Выполнил: ст. гр. ПВ-22

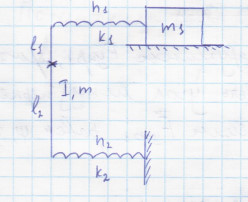
Ковалев Павел Александрович

Проверил: Полунин А. И.

Белгород 2020

Вариант 8

Цель работы: разработать математическую модель, описывающую поведение элементов механической системы.



k1=10000, k2=15000,

l1=0.5, l2=1,

m1=5, m2=1

n1=1, n2=0.8,

I=1.

1. Определим количество степеней свободы в системе. Всего здесь 2 степени свободы: вращательное движение(угловое) маятника и поступательное движение бруска.
2. Введем системы координат:

1)Ось OX – ось движения бруска; начало координат точки в которой брусок в покое. Коорд. x-сдвиг бруска вправо.

2)Угол поворота маятника почасовой стрелке

3.Запишем дифференциальное уравнение, описывающее закон Ньютона для бруска.

4. Запишем дифференциальное уравнение, описывающее закон Ньютона для маятника.

5.Определим силы, действующие на брусок

На брусок действует сила упругости пружины Fупр1, причем она направлена под углом к OX. Пусть угол между перпендикуляром к OX и направлением силы Fупр1 равен ψ, тогда F1=Fупр1sinψ

6. Определим силы, действующие на маятник

Результирующий момент сил M, действующий на маятник является суммой моментов силы M1, M2, M3.

M1-верхняя пружиа;

M2-нижняя пружина;

M3-сила тяжести

Введем систему координат OX OY с центром в т. Крепления пружины к маятнику в сост.покоя.

Запишем координат точек A,B,C

A(0;-l1)

C(n1;0)

B(l1sin;l1(cos -1))

CD =n1+x-l1sin

BD = l1-l1cos

Момент силы равен M1=Fупр1l1sinABC

Проведем расчет для M2

FG=l2cos ;EG=l2sin ;IH=n2;IF=l2

IG=l2-l2cos

JH = n2+l2sin

EJ=IG=l2-l2cos

=

M2=Fупр2l2sinFEH

**import numpy as np**

**from math import sin**

**from math import cos**

**import scipy.integrate as si**

**import matplotlib.pyplot as plt**

**# Правая часть уравнения**

**def function(args, t):**

**# Константы**

**I = 1**

**l\_1 = 0.5**

**l\_2 = 1**

**k\_1 = 10000**

**k\_2 = 15000**

**m\_1 = 5**

**m\_2 = 1**

**n\_1 = 1**

**n\_2 = 0.8**

**# Распаковываем набор переменных**

**x, fi, v, w = args**

**return [v,**

**w,**

**(-k\_1\*(x-l\_1\*sin(fi))) / m\_1,**

**((l\_1\*k\_1\*(x-l\_1\*sin(fi)))-k\_2\*l\_2\*sin(fi)) /I]**

**def main():**

**# Задаем константы**

**first = 0.0**

**last = 5**

**step = 0.05**

**# Массив точек, по которым интегрируем**

**t = np.arange(first, last, step)**

**# Начальное условие, массив, каждый элемент которого - началье значение параметра в точке first**

**y0 = [-0.2, 0.2, 0, 0]**

**solution = si.odeint(function, y0, t)**

**print(solution)**

**plt.plot(t, solution[:, :2])**

**plt.plot(t, solution[:, 0], 'g', label='FI\_1(t)')**

**plt.plot(t, solution[:, 1], 'r', label='FI\_2(t)')**

**# plt.plot(t, solution[:, 2], 'g', label='V(t)')**

**# plt.plot(t, solution[:, 3], 'b', label='W(t)')**

**plt.legend(loc='best')**

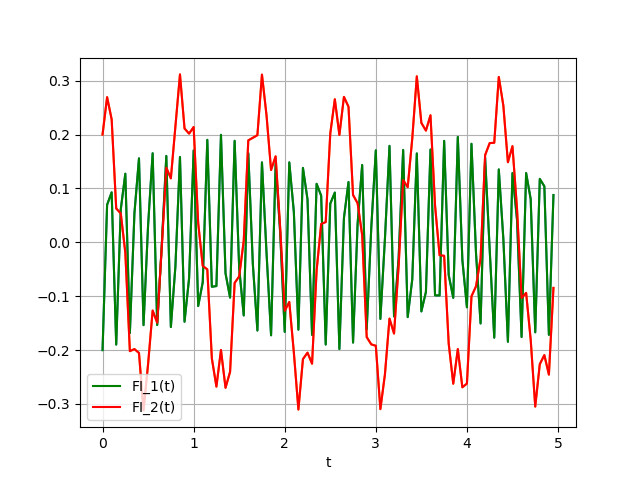
**plt.xlabel('t')**

**plt.grid()**

**plt.show()**

**if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":**

**main()**

****

**Вопросы к защите**

1. Что такое линейная система дифференциальных уравнений?

Система линейных дифференциальных уравнений (СЛДУ) — система обыкновенных дифференциальных уравнений, которая является линейной относительно всех искомых функций и их производных всех порядков. В ней не содержится нелинейных зависимостей. Такую систему можно преобразовать к линейной системе первого порядка канонического вида, которую обычно и определяют, как СЛДУ.

2. Что такое система дифференциальных уравнений?

Система дифференциальных уравнений — совокупность дифференциальных уравнений, каждое из которых содержит независимую переменную, искомые функции и их производные.

3. Что такое начальное условие для системы дифференциальных уравнений?

Начальные условия для дифференциального уравнения (системы ДУ) — дополнительные к этому равнению (системе) условия, налагаемые на искомую функцию (функции), отнесенные к некоторому (нескольким) фиксированному значению аргумента (аргументов, если уравнение в частных производных), которое объявлено начальным.

4. Что такое параметры системы?

Параметры системы — показатели, количественно определяющиеся свойствами элементов той физической системы, в которой происходит моделируемый процесс.

5. Что является решением системы дифференциальных уравнений?

Решением дифференциального уравнения порядка n называется функция y(x), имеющая на некотором интервале (a, b) производные 𝑦′(𝑥),𝑦′′(𝑥),… ,𝑦(𝑛)(𝑛) до порядка n включительно и удовлетворяющая этому уравнению.

6. Отличие системы дифференциальных уравнений от алгебраической системы?

Отличие системы дифференциальных уравнений от алгебраической системы. Алгебраическая система уравнений — система уравнений с алгебраическими уравнениями (выражающими соотношение между переменными).

Дифференциальная система уравнений — система с дифференциальными уравнениями (выражающими соотношение между переменными и их производными).

7. Методы получения решения системы дифференциальных уравнений?

Два основных способа решения системы дифференциальных уравнений:

a. Метод исключения. Суть метода состоит в том, что в ходе решения система ДУ сводится к одному дифференциальному уравнению.

b. С помощью характеристического уравнения (так называемый метод Эйлера).

8. Метод составления системы дифференциальных уравнений в лабораторной?

В лабораторной работе используем метод сил и метод моментов.

9. Силы и моменты действующие в системе?

Сила упругости: 𝐹у=𝑘∆𝑛

Сила тяжести: 𝐹g=𝑚𝑔

Момент силы упругости: 𝑀у=𝑘1∆𝑛 𝑙

Момент силы тяжести: 𝑀g=−𝑚1𝑔𝑐𝑜𝑠(𝜑)𝑙2≈−𝑚1𝑔𝑙2

10. Метод линеаризации нелинейных систем?

Линеаризацию можно осуществить двумя способами:

a. Использовать уравнения линейной функции, функция переходит через данную точку. 𝑓(𝑥0)=𝑘𝑥0+𝑏, коэффициент k равен 1-ой производной от функции 𝑓 в точке 𝑥0, 𝑦= 𝑓(𝑥0)+𝑓′(𝑥0)(𝑥−𝑥0).

b. Ряд Тейлора представляет собой замену некоторой функции заданной в точке степенным рядом. Точность этой замены достаточна в некоторой окрестности точки разложения в ряд.

𝑦= 𝑓(𝑥0)+𝑓′(𝑥0)(𝑥−𝑥0)+𝑓′′(𝑥0)2!(𝑥−𝑎)2+⋯+𝑓𝑘(𝑥0)𝑘!(𝑥−𝑎)𝑘.

c. Численные методы - только численные решения процесса. По ним нельзя определить характер процесса. Зато всегда можно получить решения для любых систем.