

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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
по дисциплине: Системное моделирование
тема: «Поведение механических систем в динамике»

Выполнил: ст. группы ПВ-223

Игнатьев Артур Олегович

Проверили:

Полунин Александр Иванович

Белгород 2024 г.

ЗАДАНИЕ

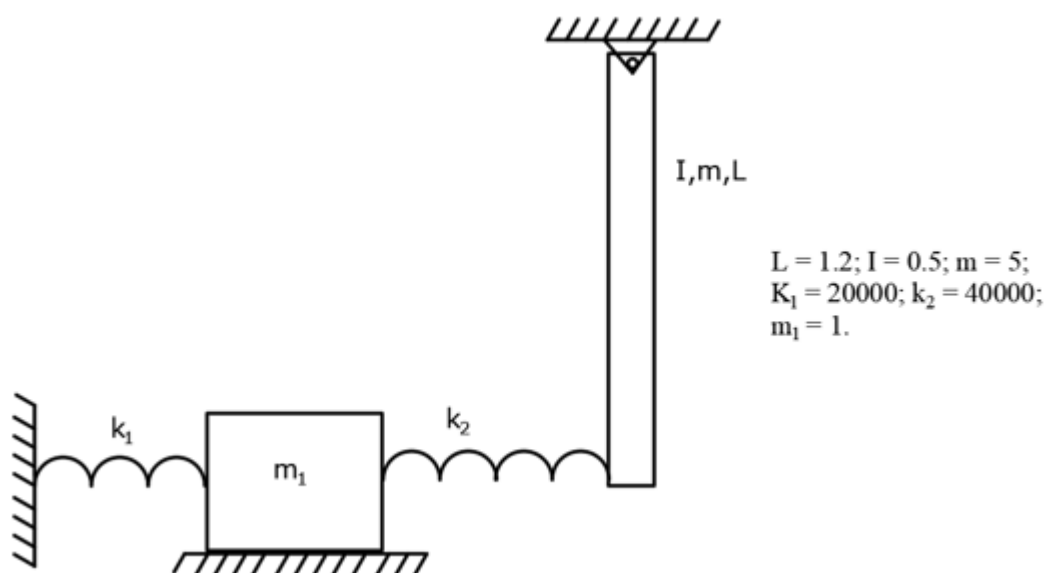
Вариант №3

Задачи:

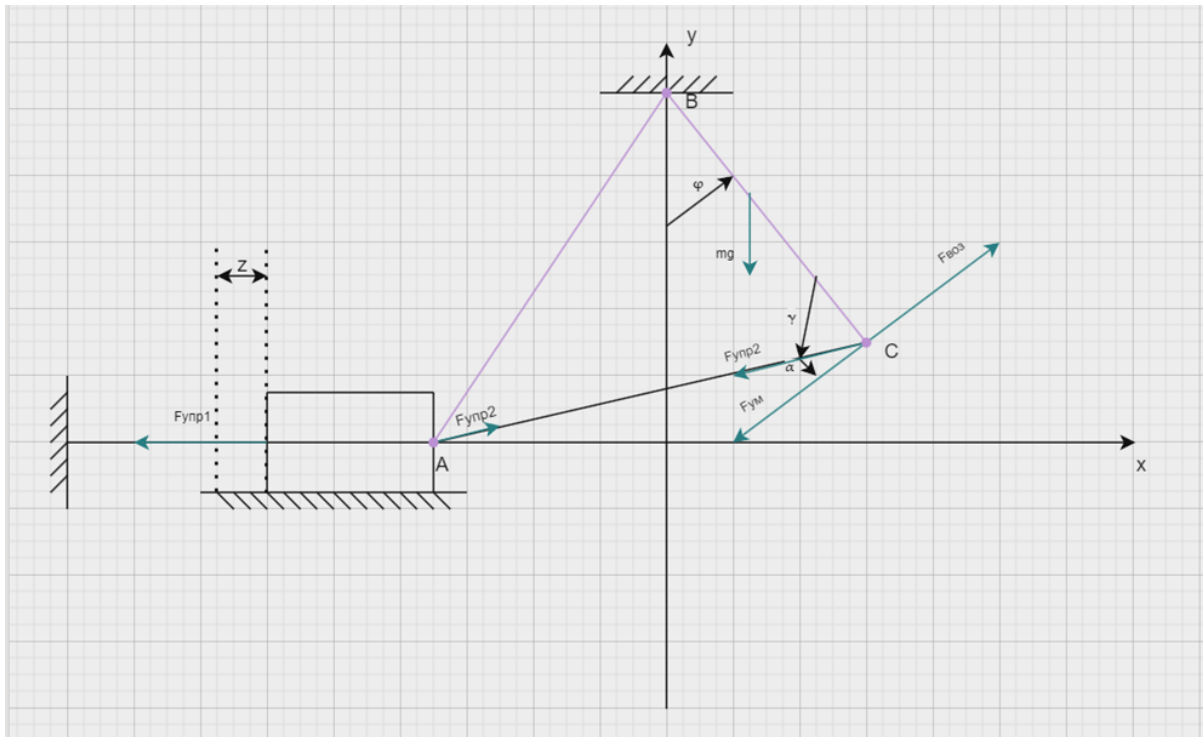
1) Разработать математическую модель, описывающую поведение элементов механической системы (конкретный вариант табл. 1) и расчетный алгоритм.

2) Разработать программу на основании математической модели, отладить ее и произвести расчёты при разных параметрах системы.

3



1. Разработать математическую модель, описывающую поведение элементов механической системы в статике при действии возмущающей силы или момента (конкретный вариант табл. 1). Если в системе есть угловое движение, то возмущением является момент, приложенный к элементу с угловым движением, если нет, то сила, приложенная к элементу с линейным движением



Данная система имеет две степень свободы. Угловую координату, задающую отклонение балки от вертикали, обозначим через φ , положительное направление против часовой стрелки. Чтобы составить уравнение равновесия нужно знать моменты всех сил.

$$F_{упр1} = k_1 * z$$

$$F_{упр2} = k_2 * \Delta$$

Значение Δ найдем как разницу длины пружины в деформированном и недеформированном состояниях

$$\Delta = CA - n$$

Величину CA найдем как расстояние между точками C и A . Для этого введем систему координат Oxy .

Тогда координаты точек:

$$C\{L\sin(\varphi); L\cos(\varphi)\}$$

$$A\{-n + z; 0\}$$

$$B\{0, L\}$$

А длинна:

$$CA = \sqrt{(L\sin(\varphi) + n - z)^2 + (L\cos(\varphi) - 0)^2}$$

Компонента $F_{yм}$ силы F_y , перпендикулярная балке, создает вращающий момент. Поэтому надо найти проекцию силы F_y на перпендикуляр к балке. Обозначим угол между F_y и перпендикуляром через α . Величину α можно найти, вычислив угол γ между вектором силы F_y и балкой. Используем для этого теорему косинусов. Имеем:

$$AB = \sqrt{n^2 + L^2}$$

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 - 2AC * CB * \cos(\gamma)$$

$$\cos(\gamma) = \frac{AC^2 + CB^2 - AB^2}{2 * AC * CB}$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{AC^2 + CB^2 - AB^2}{2 * AC * CB}\right)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \gamma$$

$$F_{\text{ум}} = F_{\text{упр2}} * \cos(\alpha)$$

$$M_{\text{упр2}} = -F_{\text{ум}} * L$$

Момент силы $F_{\text{в03}}$ находим по формуле:

$$M_{\text{в03}} = F_{\text{в03}}(t) * L$$

Компонент гравитационной силы, создающей вращающий момент, вычислим по зависимости

$$F_{mg} = mg * \sin(\varphi)$$

а момент этой силы

$$M_g = -\frac{L}{2} mg * \sin(\varphi)$$

Система дифференциальных уравнений 2 порядка имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{M_g + M_{\text{в03}} + M_{\text{упр2}}}{J} \\ \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_{\text{упр1}} + F_{\text{упр2}}}{m_1} \end{cases}$$

Система дифференциальных уравнений 1 порядка:

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} = \frac{M_g + M_{\text{в03}} + M_{\text{упр2}}}{J} \\ \frac{d\varphi}{dt} = \omega \\ \frac{dV}{dt} = \frac{F_{\text{упр1}} + F_{\text{упр2}}}{m_1} \\ \frac{dx}{dt} = V \end{cases}$$

Где ω – угловая скорость, а V – линейная скорость.

2. Разработать программу на основании математической модели, отладить ее и произвести расчёты при разных параметрах системы.

Код программы:

```
import math

import numpy
from scipy.integrate import odeint
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

m = 5
m1 = 1
L = 1.2
n = 0.5
k1 = 20000
k2 = 40000
g = 9.80665
I = 0.5
P = 0 # СИЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ

def f(solve, time):
    global m
    global L
    global m1
    global n
    global k1
    global k2
    global g
    global I
    global P

    w_dt, phi_dt, V_dt, x_dt = solve

    M_voz = L * P

    Fmg = m * g * math.sin(phi_dt)

    Mg = -0.5 * L * Fmg

    CA = math.sqrt(abs((L * math.sin(phi_dt) + n - x_dt) ** 2 + ((L - (L *
    math.cos(phi_dt))) ** 2)))

    delt_l = CA - n

    Fy1 = k1 * x_dt
    Fy2 = k2 * delt_l

    AB = math.sqrt(n ** 2 + L ** 2)

    gama = np.arccos(np.clip((CA ** 2 + L ** 2 - AB ** 2) / (2 * CA * L), -
1, 1))

    alpha = abs(math.pi / 2 - gama)

    Fym = Fy2 * math.cos(alpha)
```

```

My2 = -Fym * math.cos(alpha)

sum_M = My2 + Mg + M_voz
sum_F = -Fy1 + Fy2

w_dt_ = sum_M / I
phi_dt_ = w_dt

V_dt_ = sum_F / m1
x_dt_ = V_dt

return [w_dt_, phi_dt_, V_dt_, x_dt_]

if __name__ == '__main__':
    time_ = 0.09
    t = np.linspace(0, time_, 1000)
    solve0 = [0, 0.1, 0, -0.1] # w1 alpha w2 beta
    solve = odeint(f, solve0, t)
    w = solve[:, 0]
    phi = solve[:, 1]
    V = solve[:, 2]
    x = solve[:, 3]

    fig, axes = plt.subplots(1,2)

    f1 = axes[0]
    f1.plot(t, phi, label='phi(time)')
    f1.plot(t, x, label='x(time)')
    f1.set_xlabel('time')
    f1.set_title('График phi и x', fontsize=14)

    f2 = axes[1]

    f2.plot(t, w, label='w(time)')
    f2.plot(t, V, label='V(time)')

    f2.set_xlabel('time')
    f2.set_ylabel('radians/sec')

    f2.set_title('График скоростей w и V', fontsize=14)
    f2.legend()
    f2.grid()

    plt.show()

```

Результат работы программы:

