

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)



ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Лабораторная работа №1

по дисциплине: Системное моделирование

тема: «Поведение механических систем в статике»

Выполнил: ст. группы ПВ-223
Пахомов Владислав Андреевич

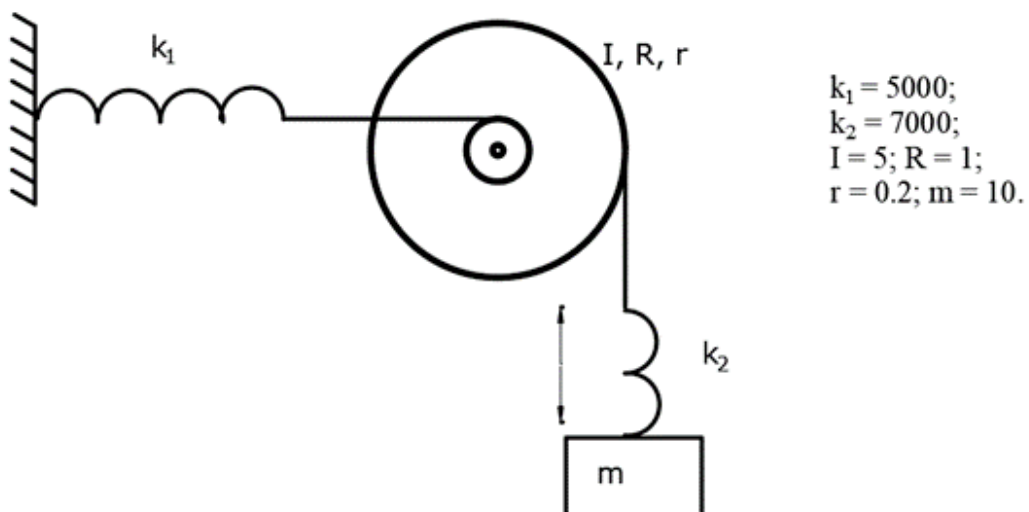
Проверил: Полунин Александр Иванович

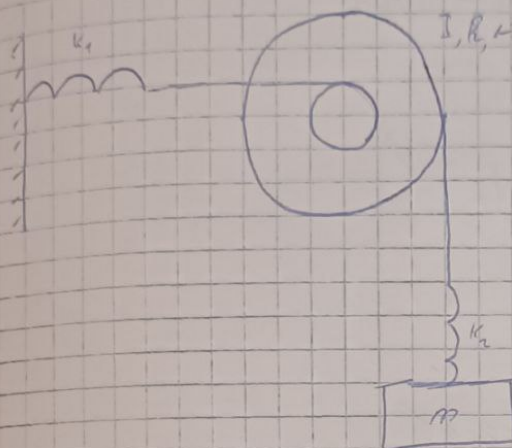
Белгород 2024 г.

Лабораторная работа №1
Поведение механических систем в статике
Вариант 10

Цель работы: научиться моделировать на примере моделирования поведения механической системы в статике.

1. Разработать математическую модель, описывающую поведение элементов механической системы в статике.





$$k_1 = 5000$$

$$k_2 = 2000$$

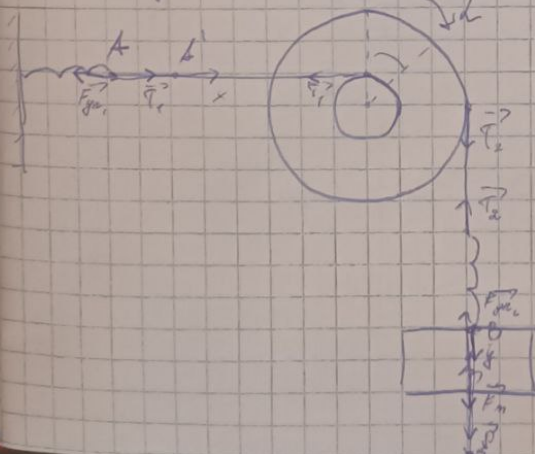
$$I = \frac{1}{2} I_0; R = 1;$$

$$r = 0.2, m = 10$$

1) Выделим 2 степени свободы:

y - положение массы m на вертикальной оси

α - угол вращения диска



2) Определим силы действующие на систему.

$$A: 0$$

$$A': \frac{2\pi R \cdot 100 \cdot 1}{360} = \frac{2\pi R}{180}$$

$$B: 0$$

$$B': \frac{2\pi R}{180} + \frac{F_{m2}}{k_2}$$

$$F_{y_{n1}} = k_1 \Delta l_1, \Delta l_1 = \frac{L \pi r}{180}$$

$$F_{y_{n1}} = \frac{k_1 L \pi r}{180}$$

$$F_{y_{n2}} = F_n + \vec{P} = m \vec{g} + \vec{P}$$

$$T_1 = F_{y_{n1}};$$

$$T_2 = F_{y_{n2}};$$

Суммы моментов

$$M_1 = T_1 r; M_2 = -T_2 R$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_1 + M_2}{I}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{F_n + \vec{P} - F_{y_{n2}}}{m}, \quad \frac{dd}{dt} = \omega, \quad \frac{dy}{dt} = V$$

$$\begin{cases} M_1 + M_2 = 0 \\ F_n + \vec{P} - F_{y_{n2}} = 0 \end{cases}$$

2. Разработать программу на основании математической модели и произвести расчёты.

```
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <iomanip>

#define PI 3.141592654
#define g 9.81
#define k1 5000.0
#define k2 7000.0
#define I 5.0
#define R 1.0
#define r 0.2
#define m 10.0
#define e 0.0000000001
```

```
#define es 0.00001
```

```
double getM2(double P) {  
    return -(m * g + P) * R;  
}
```

```
double getM1(double angle) {  
    return k1 * angle * PI * r * r / 180.0;  
}
```

```
double getM(double angle, double P) {  
    return getM1(angle) + getM2(P);  
}
```

```
double getDeriative(double angle, double P) {  
    return (getM(angle + e, P) - getM(angle, P)) / e;  
}
```

```
double getDelta(double angle, double P) {  
    return getM(angle, P) / getDeriative(angle, P);  
}
```

```
struct result {  
    double angle;  
    bool succeed;  
    double P;  
};
```

```
result newton(double P) {  
    double angle = 0;  
    int c = 0;  
    double delta = getDelta(angle, P);  
    while (std::abs(getM(angle, P)) >= es && c < 100) {  
        c++;  
        angle -= delta;  
        delta = getDelta(angle, P);  
    }  
  
    return (result) {angle, std::abs(getM(angle, P)) < es, P};  
}
```

```
double getY(double angle, double P) {  
    return (angle * PI * R) / 180.0 + (m * g + P) / k2;  
}
```

```
int main() {  
    double P = 0;  
    double stepP = 100.0;  
  
    std::cout << std::setw(15) << "P" << " " << std::setw(15) << "angle" << " " << std::setw(15) << "Y" <<  
    ↵ std::endl;  
    while (stepP > es) {  
        result res = newton(-P);
```

```
std::cout << std::setw(15) << res.P << "      " << std::setw(15) << res.angle << "      " << std::setw(15) <<
↵ getY(res.angle, res.P) << std::endl;

if (res.angle > 0)
    P += stepP;
else {
    P -= stepP;
    stepP /= 2;
    P += stepP;
}
}
```

Результаты выполнения программы:

P	α	y
-0	28.1036	0.504514
-100	-0.54431	-0.00977143
-50	13.7796	0.247371
-100	-0.54431	-0.00977143
-75	6.61766	0.1188
-100	-0.54431	-0.00977143
-87.5	3.03668	0.0545143
-100	-0.54431	-0.00977143
-93.75	1.24618	0.0223714
-100	-0.54431	-0.00977143
-96.875	0.350937	0.0063
-100	-0.54431	-0.00977143
-98.4375	-0.0966866	-0.00173571
-97.6562	0.127125	0.00228214
-98.4375	-0.0966866	-0.00173571
-98.0469	0.0152192	0.000273214
-98.4375	-0.0966866	-0.00173571
-98.2422	-0.0407337	-0.00073125
-98.1445	-0.0127573	-0.000229018
-98.0957	0.00123096	2.20982e-05
-98.1445	-0.0127573	-0.000229018
-98.1201	-0.00576315	-0.00010346
-98.1079	-0.00226609	-4.06808e-05
-98.1018	-0.000517564	-9.29129e-06
-98.0988	0.0003567	6.40346e-06
-98.1018	-0.000517564	-9.29129e-06
-98.1003	-8.04323e-05	-1.44392e-06
-98.0995	0.000138134	2.47977e-06
-98.1003	-8.04323e-05	-1.44392e-06
-98.0999	2.88507e-05	5.17927e-07
-98.1003	-8.04323e-05	-1.44392e-06
-98.1001	-2.57908e-05	-4.62995e-07
-98.1	0	7.62939e-10
-98.0999	1.51903e-05	2.72696e-07
-98.1	0	7.62939e-10
-98.1	8.36015e-06	1.50081e-07
-98.1	0	7.62939e-10
-98.1	4.94506e-06	8.87735e-08
-98.1	0	7.62939e-10

Вывод: в ходе лабораторной работы изучили основные шаги моделирования, про-моделировали поведение механической системы в статике.