

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5**

**по дисциплине «Компьютерные методы инженерного моделирования»**

**по теме: «Построение и исследование динамических моделей  
технических систем»**

Выполнил:

Проверил:

Дата сдачи отчета \_\_\_\_\_

Дата допуска к защите \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

**Цель работы:** Получить навыки построения динамических моделей различных видов, выполнения исследований по моделям и обобщения результатов исследований с их графической интерпретацией.

### Ход работы

1. С использованием СКМ рассчитать значение функций перемещения, скорости и ускорения динамической системы под воздействием начальных значений перемещения и скорости без учета возмущающей силы. Построить графики этих функций.
2. Исследовать влияние значений изменяемого параметра на амплитуду перемещения груза, для этого рассчитать функцию перемещения движения груза при различных значениях изменяемого параметра. Построить графики зависимости перемещения груза от времени.
3. Построить сводный график всех полученных функций перемещения на одном поле.
4. Построить график зависимости локального экстремума перемещения от варьируемого параметра.
5. Вычислить аналитические аппроксимирующие функции по результатам исследований предыдущего пункта. Построить графически исходные и аппроксимирующие зависимости. Сделать выводы по проведенным исследованиям.

### Исходные данные

$m$  – масса груза

$l$  – длина стержня

$a$  – расстояние до демпфера

$D$  – диаметр пружины

$d$  – диаметр проволоки пружины

$i$  – число витков пружины

$G$  – модуль упругости

$\alpha$  - коэффициент вязкого сопротивления движения демпфера

$G=80 \cdot 10^9$

Таблица 4.1 - Таблица исходных данных

a(м)	l(м)	D(мм)	d(мм)	i	(кг)	$\alpha$	$\varphi_0$	$t_k$ (с)	Вар. пар.	№
0,23	0,53	65	6,2	5	1,4	212	0,051	0,5	$\alpha$	3

Таблица 4.2 - Таблица значений варьируемого параметра

A	210	250	290	325	360	385	400	420	450
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### Описание математической модели

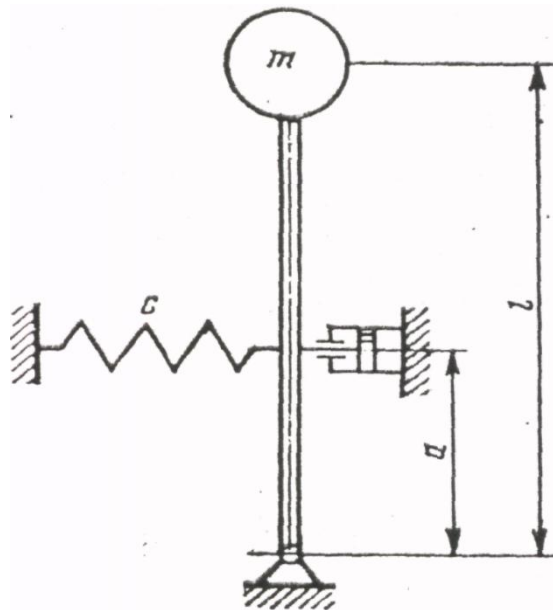


Рисунок 1 – Изображение модели

Груз массой  $m$  укреплен на абсолютно жестком безынерционном стержне длиной  $l$ , который удерживается в равновесии пружиной и демпфером. Демпфер имеет линейную характеристику трения  $f = \alpha \cdot \dot{x}$ .

В соответствии с принципом Даламбера составим дифференциальное уравнение движения груза, как уравнение равновесия при отклонении стержня на некоторый малый угол  $\varphi$

$$mgl\varphi = ml^2\ddot{\varphi} - ca^2\varphi - a^2\alpha\dot{\varphi} = 0$$

$$2n = a^2\alpha / (ml^2)$$

$$p^2 = (ca^2 - mgl) / ml^2$$

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + p^2\varphi = 0$$

$c = Gd^4 / 8D^3i$  - жесткость пружины

$p = \sqrt{(ca^2 - mgl) / ml^2}$  - частота собственных колебаний

$n = a^2 \alpha / (2ml^2)$  - приведенный коэффициент сопротивления демпфера

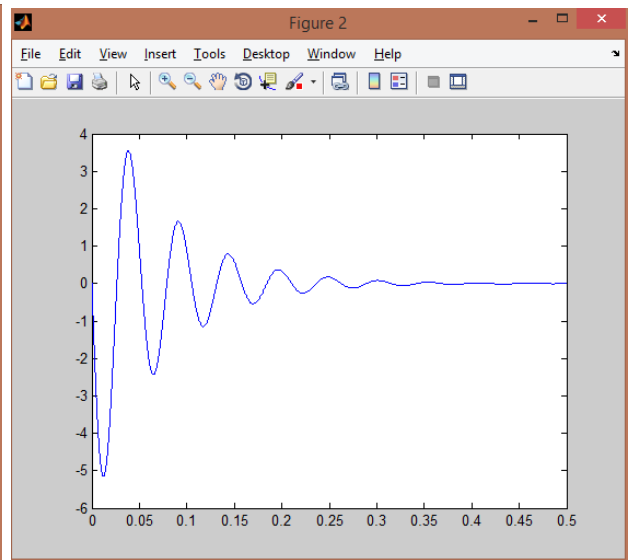
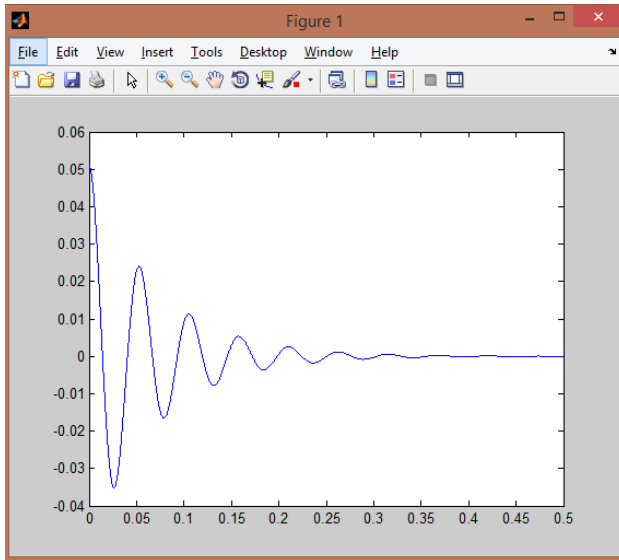
$F(t) = F_0 \sin(\omega t)$  – возмущающая сила, действующая на систему.

Листинг М – файла *lab5\_2.m*

```
fi = [0.051, 0];  
t = 0:0.00001:0.5;  
[T,X] = ode45(@vid2, t, fi);  
figure(1)  
plot(T,X(:,1))  
  
figure(2)  
plot(T,X(:,2))
```

Листинг М – файла *vid2.m*

```
function ur2 = vid2(t, fi)  
  
D = 0.65; %диаметр пружины  
d = 0.062; %диаметр проволоки пружины  
i = 5; %число витков  
a = 0.23; %расстояния до демпфера  
l = 0.53; %длина стержня  
m = 1.4; %масса стержня  
alpha = 212; %коэффициент вязкого сопротивления движения демпфера  
G = 80e9; %модуль упругости  
g=9.8;  
  
c = G * (d ^4) / (8 * i * D ^3); %жесткость пружины  
p=((c * a ^2 - m * g * l) / (m * l ^2)) ^0.5; %частота собствен-  
ных колебаний  
n=(alpha * a ^2) / (2 * m * l ^2); %приведенный коэффициент со-  
противления демпфера  
  
ur2 = zeros(2,1);  
ur2(1) = fi(2);  
ur2(2) = -2*n*fi(2) - (p^2)*fi(1);  
  
end
```



### Листинг М – файла *lab5\_3.m*

```
function func = lab5_3(t, fi, alpha)

D = 0.65; %диаметр пружины
d = 0.062; %диаметр проволоки пружины
i = 5; %число витков
a = 0.23; %расстояния до демпфера
l = 0.53; %длина стержня
m = 1.4;
G = 80e9; %модуль упругости
g=9.8;

c = G * (d ^4) / (8 * i *D ^3); %жесткость пружины
p=((c * a ^2 - m * g * l) / (m * l ^2)) ^0.5; %частота собствен-
ных колебаний
n=(alpha * a ^2) / (2 * m * l ^2); %приведенный коэффициент со-
противления демпфера

func = zeros(2,1);
func(1) = fi(2);
func(2) = -2 * n * fi(2) - (p ^2) * fi(1);
end
```

### Листинг М – файла *lab5\_4.m*

```
fi = [0.051, 0];%начальные условия
alphaValues=[210 250 290 325 360 385 400 420 450];%варьируемый
параметр

for i=1:length(alphaValues)
    alpha=alphaValues(i);
    t = 0:0.00001:0.5;
    [T,X] = ode45(@lab5_3, t, fi, [], alpha);
    R(:,i)=X(:,1);
end
```

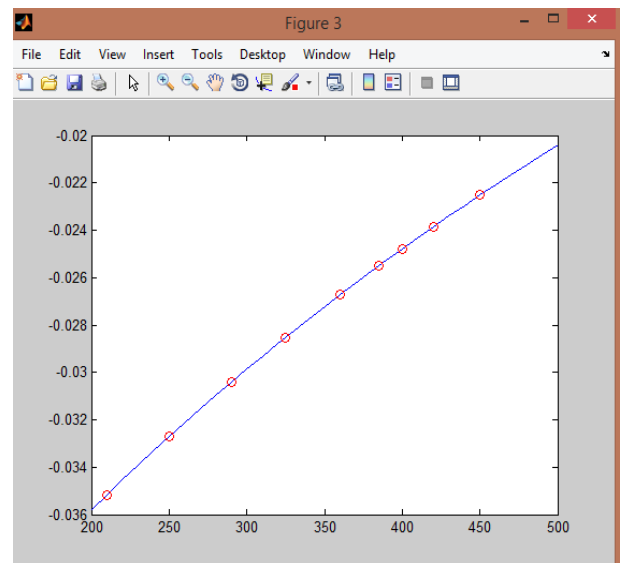
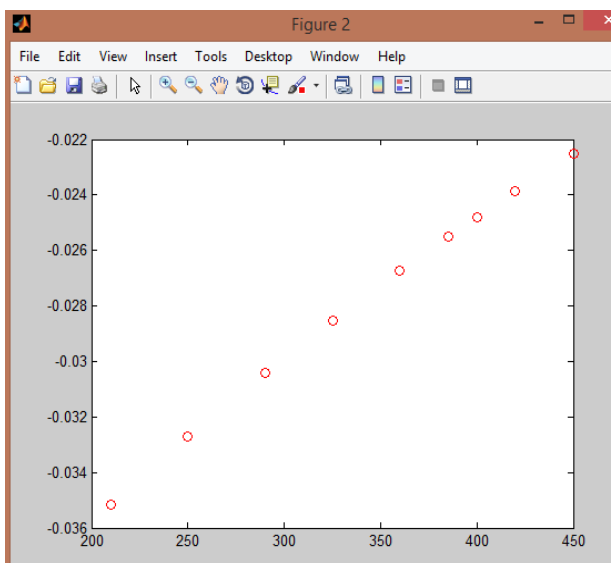
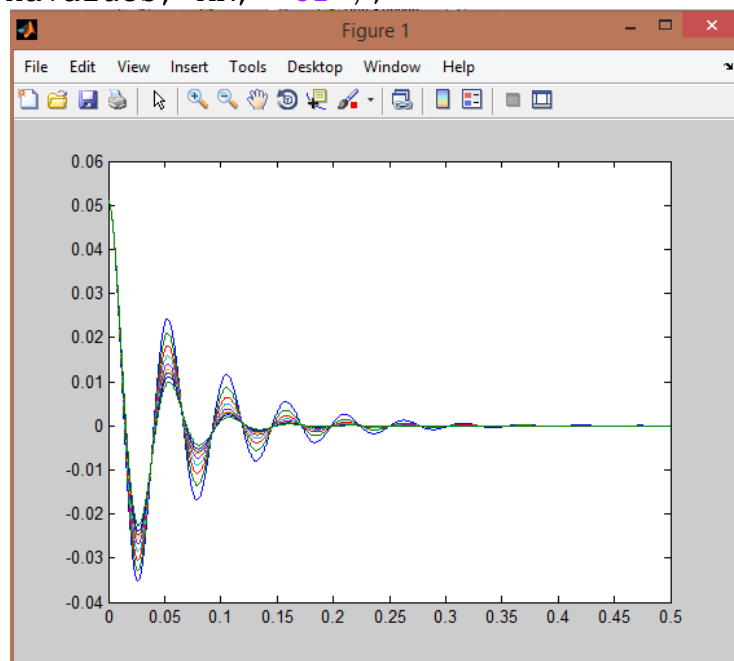
```
end
```

```
figure(1)  
plot(T,R)  
MR = min(R);
```

```
figure(2)  
plot(alphaValues,MR,'or')
```

```
p = polyfit(alphaValues,MR,3);  
disp(p);  
z = 200:10:500;  
Z=polyval(p,z);
```

```
figure(3)  
plot(z,Z, alphaValues, MR, 'or');
```



В результате выполнения части 1 построены динамических моделей различных видов, выполнены исследования по моделям. Построена зависимость локального экстремума перемещения (-0.0352, -0.0327, -0.0304, -0.0285, -0.0267, -0.0255, -0.0248, -0.0239, -0.0225) от варьируемого параметра alpha. Получена аппроксимирующая зависимость вида:

$$2.42e-11*x^3 - 6.42e-08*x^2 + 8.68e-05*x - 0.0507$$

6. Разработать графический пользовательский интерфейс для реализованной модели (п.1 и п.2). Обеспечить ввод варьируемого параметра модели с использованием слайдера.
7. Определить время, при котором амплитуда перемещения достигает заданного порогового значения, указанного пользователем; дать графическую интерпретацию полученным результатам.

#### Листинг М – файла *lab5\_5.m*

```
global hf ha1 ha2 he1 he2 he3 he4 he5 he6 he7 he8 he9 hbt1 hs
%Создание окон
hf=figure('units','pixels','Position',[0,0,800,490])
ha1=axes('units','pixels','Position',[50,20,300,200])
ha2=axes('units','pixels','Position',[400,20,300,200])
%Вставка рисунка
ha3=axes('units','pixels','Position',[480,300,250,170])
tx=imread('1.png','png');
image(tx);
col=get(hf,'color')
set(ha3,'XColor',col)
set(ha3,'YColor',col)
%Создание кнопки
hbt1=uicontrol(hf,'style','pushbutton','Position',[300,300,100,300],
'string','Вычислить','Callback','laba5_6')

%Исх данные
uicontrol(hf,'style','text','Position',[70,230,100,30],'String','График перемещения')
uicontrol(hf,'style','text','Position',[440,230,100,20],'String','График скорости')

uicontrol(hf,'style','text','Position',[45,450,170,20],'String','Длина стержня')
he1=uicontrol(hf,'style','edit','Position',[230,450,50,20])

uicontrol(hf,'style','text','Position',[45,420,170,20],'String','Масса стержня')
he2=uicontrol(hf,'style','edit','Position',[230,420,50,20])
```

```

uicontrol(hf,'style','text','Position',[45,360,170,50],'String','коэф
фициент вязкого сопротивления движения демпфера')
he3=uicontrol(hf,'style','edit','Position',[230,380,50,20])

hs=uicontrol(hf,'style','slider','Position',[300,380,70,20],'Max
',450,'Callback','laba5_6')

```

### Листинг М – файла *lab5\_6.m*

```

global he1 he2 he3 he4 he5 he6 he7 he8 he9 ha1 ha2 hs
%Получение данных
l=str2num(get(he1,'string'));
m=str2num(get(he2,'string'));
%alpha=str2num(get(he3,'string'));
alpha=get(hs,'Value');
set(he3,'String',num2str(alpha))
%нач условия
fi = [0.051 0];
t = 0:0.00001:0.5;
[T,X] = ode45(@vid2,t,fi,[],l,m,alpha);
%графики перемещения и скорости
axes(ha1)
cla %очистка графического окна
plot(T,X(:,1))%график перемещения и пороговое значение
grid on
axes(ha2)
cla
plot(T,X(:,2))%график_скорости
grid on

```

### Листинг М – файла *vid2.m*

```

function ur2 = vid2(t,fi,m,l,alpha)

D = 0.65; %диаметр пружины
d = 0.062; %диаметр проволоки пружины
i = 5; %число витков
a = 0.23; %расстояния до демпфера
G = 80e9; %модуль упругости
g=9.8;

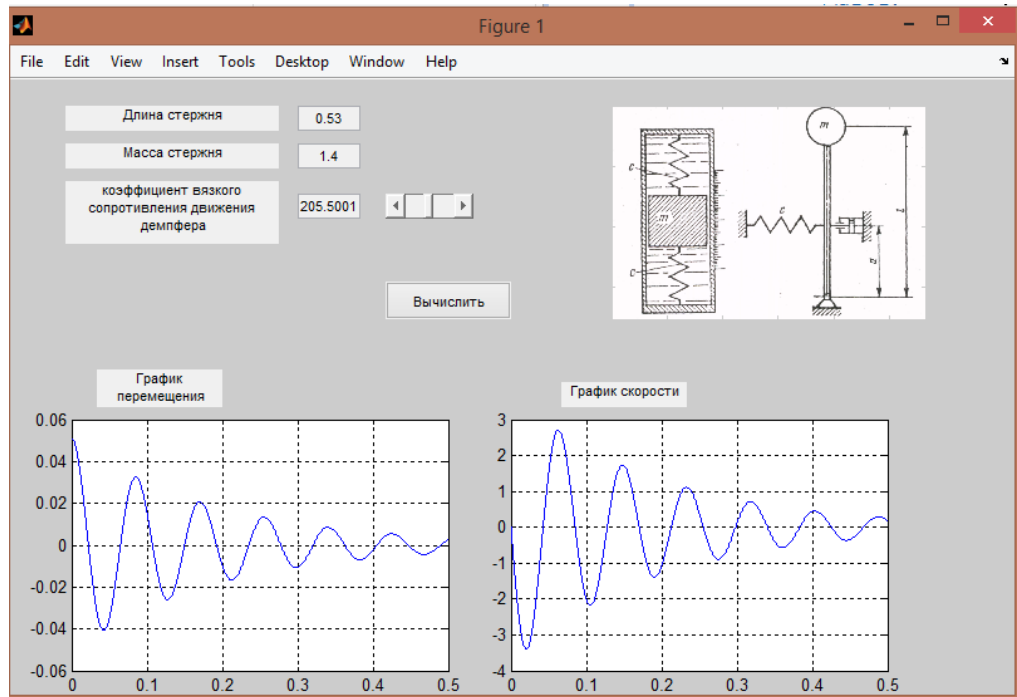
c = G * (d ^4) / (8 * i *D ^3); %жесткость пружины
p=((c * a ^2 - m * g * l) / (m * l ^2)) ^0.5; %частота собствен-
ных колебаний
n=(alpha * a ^2) / (2 * m * l ^2); %приведенный коэффициент со-
противления демпфера

ur2 = zeros(2,1);
ur2(1) = fi(2);
ur2(2) = -2*n*fi(2) - (p^2)*fi(1);

end

```





**Выводы:** В ходе лабораторной работы были получены навыки построения динамических моделей различных видов, выполнены исследования по моделям и обобщения результатов исследований с их графической интерпретацией.