**Министерство науки и высшего образования РФ**

**ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д. И. Менделеева»**

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

*Устойчивый узел. Неустойчивый узел. Седло. Центр. Устойчивый фокус. Неустойчивый фокус.*

**Вариант № 3**

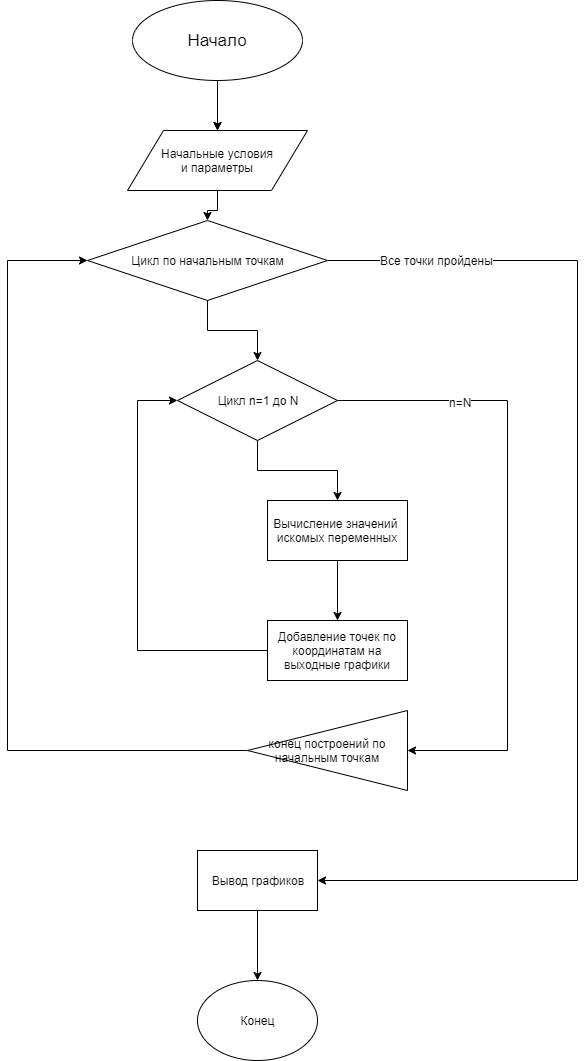
**ВЫПОЛНИЛ**: студент группы МК-20 Ананьев А.В.

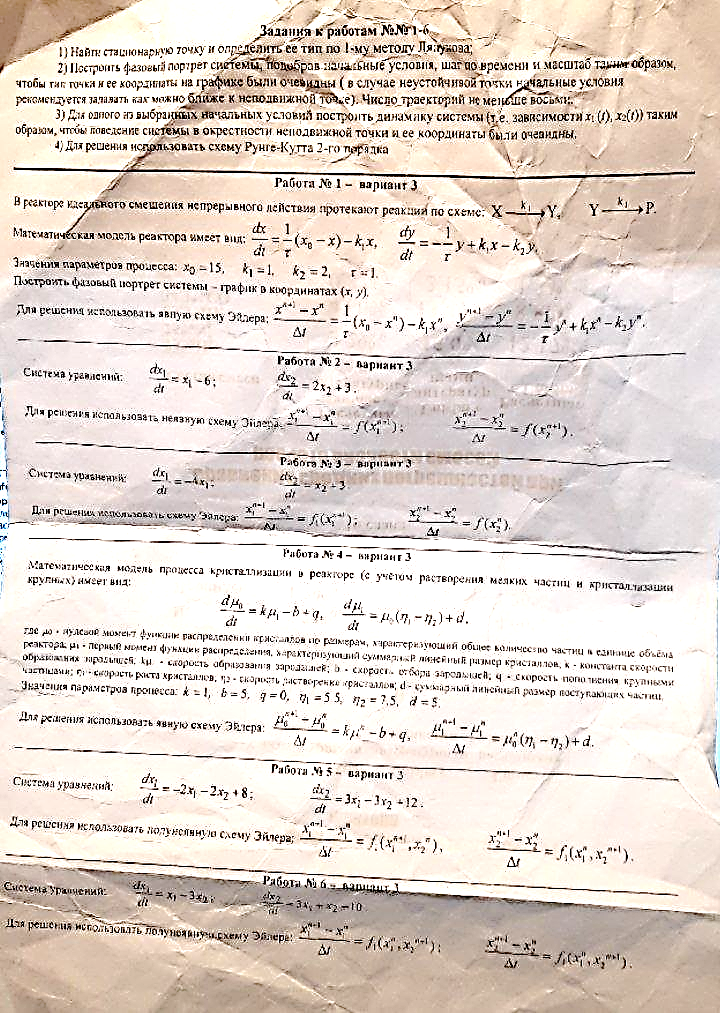
**ПРОВЕРИЛ**: асс. Зинченко Д. И.

Москва

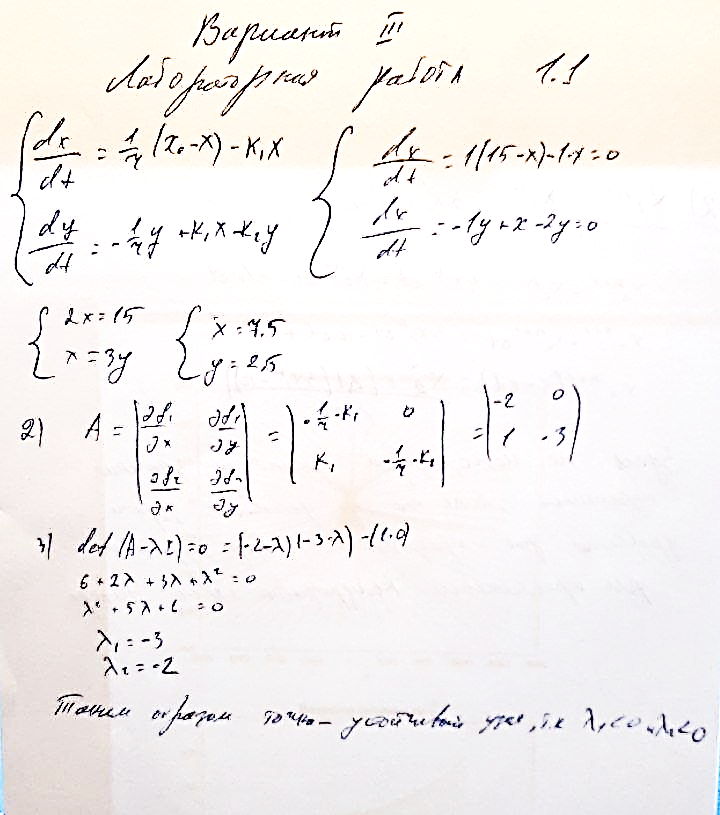
2021

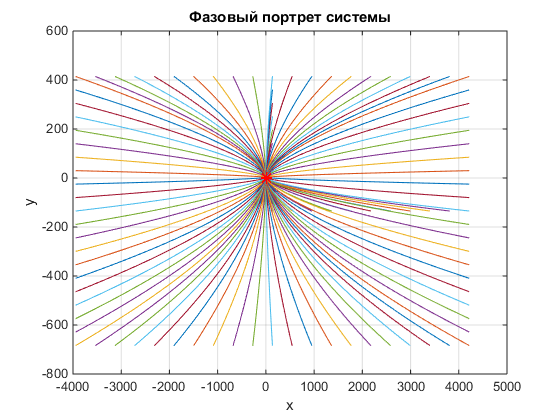
# Алгоритм работы программы:

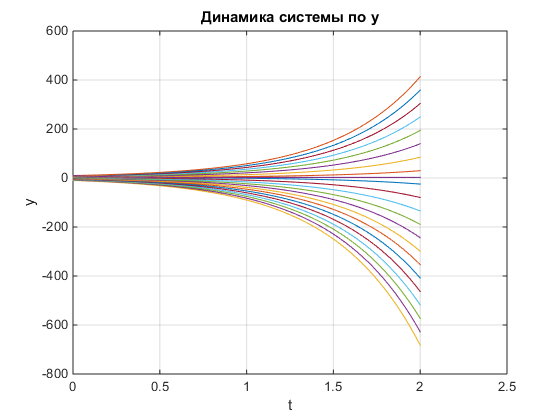


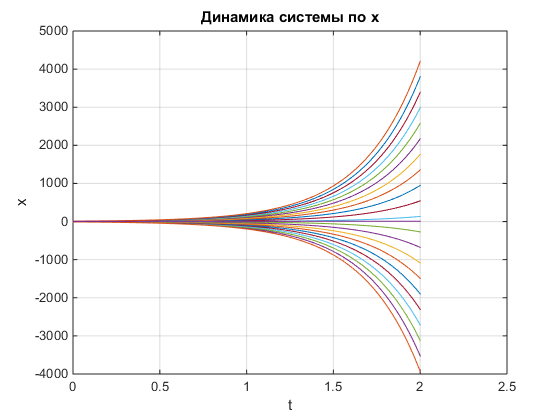


# Лабораторная 1.1









clc;

clear;

path='C:\Users\adminNew\Desktop\modelirovanie\';

%входные параметры

x0 = 15;

k1 = 1;

k2 = 2;

tau = 1;

delta\_t = 0.01; %шаг по времени

N = tau/delta\_t\*2;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = 0;

G = 10;

%координаты точки устойчивости

xn = 7.5;

yn = 2.5;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

x = (N+1);

y = (N+1);

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

x(1) = n;

y(1) = G;

case 2

x(1) = G;

y(1) = n;

case 3

x(1) = n;

y(1) = E;

case 4

x(1) = E;

y(1) = n;

end

% численное решение по явной схеме Эйлера

for i=1:N

x(i+1) = x(i) + (delta\_t/tau)\*(x0 - x(i)) - delta\_t\*k1\*x(i);

y(i+1) = y(i) - (delta\_t/tau)\*y(i) + delta\_t\*k1\*x(i) - delta\_t\*k2\*y(i);

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),x(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(x(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('x');

title('Динамика системы по x');

saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_x\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('y');

title('Динамика системы по y');

saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_y\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('x');

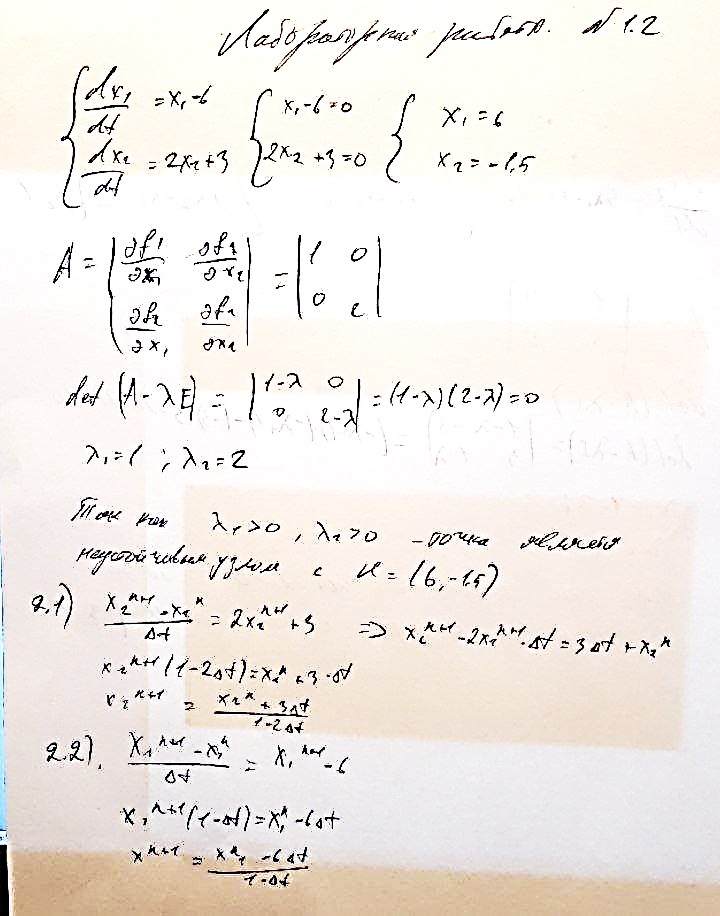
ylabel('y');

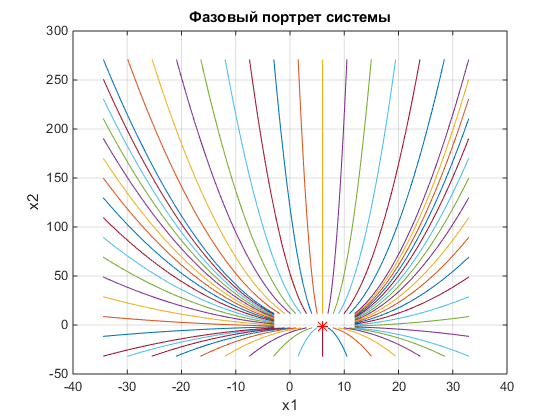
plot(xn,yn,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной тиочки на фазовом портрете

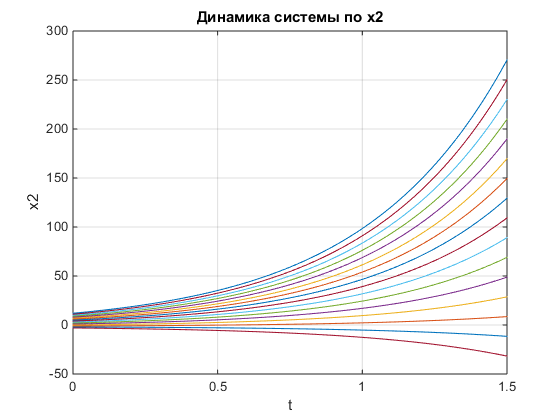
title('Фазовый портрет системы');

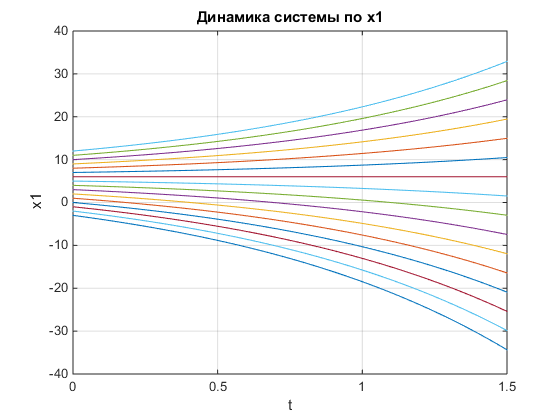
saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_phas\_portret.jpg'));

# Лабораторная работа 2.2









clc;

clear;

path='C:\Users\adminNew\Desktop\modelirovanie\';

%входные параметры

delta\_t = 0.001; %шаг по времени

N = 1500;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = -3;

G = 12;

%координаты точки устойчивости

xn = 6;

yn = -1.5;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

x = (N+1);

y = (N+1);

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

x(1) = n;

y(1) = G;

case 2

x(1) = G;

y(1) = n;

case 3

x(1) = n;

y(1) = E;

case 4

x(1) = E;

y(1) = n;

end

% численное решение по неявной схеме Эйлера

for i=2:N+1

x(i) = (x(i-1)-6\*delta\_t)/(1-delta\_t);

y(i) = (y(i-1)+3\*delta\_t)/(1-2\*delta\_t);

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),x(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(x(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('x1');

title('Динамика системы по x1');

saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_x1\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('x2');

title('Динамика системы по x2');

saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_x2\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('x1');

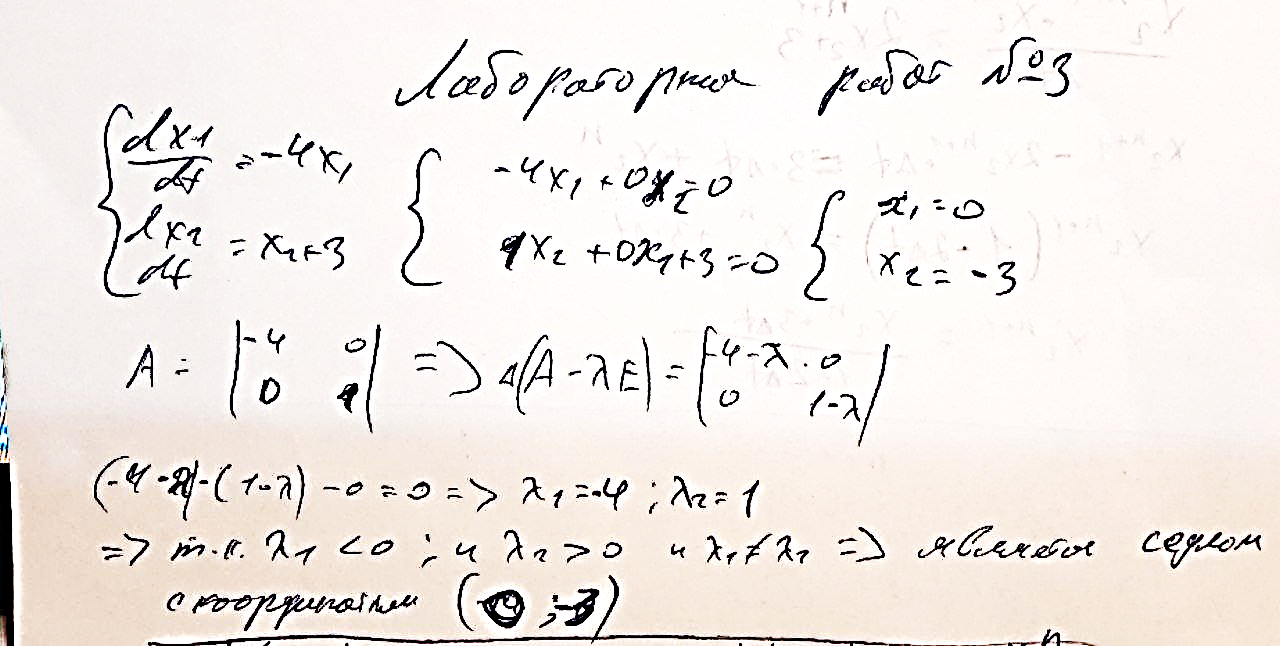
ylabel('x2');

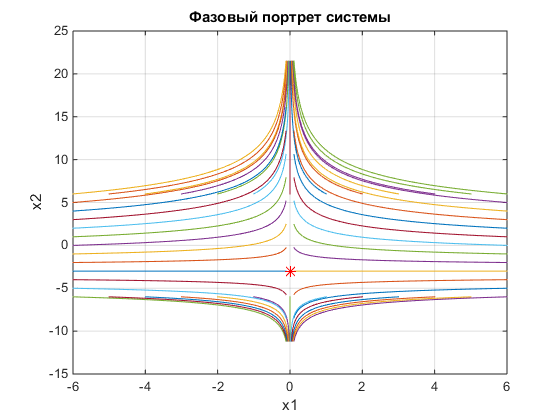
plot(xn,yn,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной тиочки на фазовом портрете

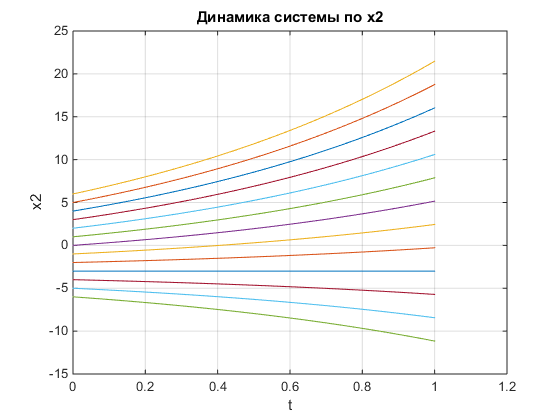
title('Фазовый портрет системы');

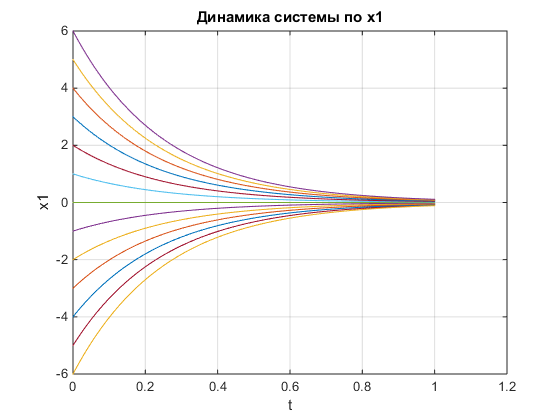
saveas(gcf,strcat(path,'lab1\_phas\_portret.jpg'));

# Лабораторная работа 1.3









clc;

clear;

path='C:\Users\adminNew\Desktop\modelirovanie\';

lab='lab\_1\_3\_';

%входные параметры

delta\_t = 0.001; %шаг по времени

N = 1000;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = -6;

G = 6;

%координаты точки устойчивости

xn = 0;

yn = -3;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

x = (N+1);

y = (N+1);

x(1) = 0;

y(1) = 0;

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

x(1) = n;

y(1) = G;

case 2

x(1) = G;

y(1) = n;

case 3

x(1) = n;

y(1) = E;

case 4

x(1) = E;

y(1) = n;

end

% численное решение по неявной схеме Эйлера

for i=2:N+1

x(i) = (x(i-1))/(1+4\*delta\_t);

y(i) = (y(i-1)+3\*delta\_t)/(1-delta\_t);

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),x(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(x(1:N+1),y(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('x1');

title('Динамика системы по x1');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x1\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('x2');

title('Динамика системы по x2');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x2\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('x1');

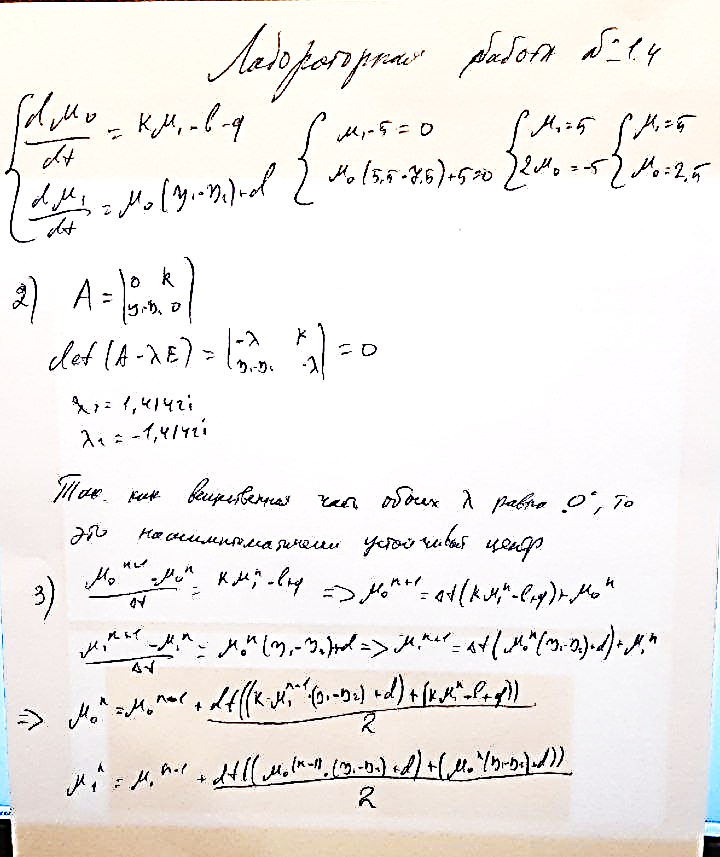
ylabel('x2');

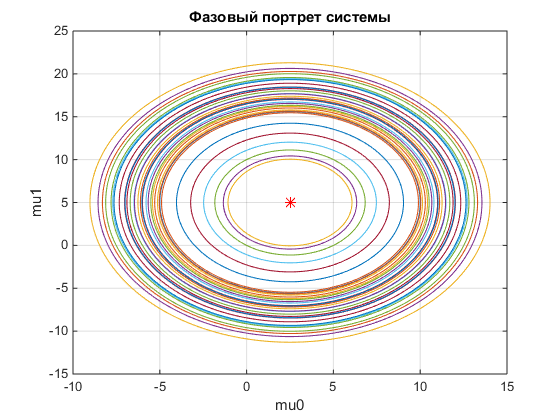
plot(xn,yn,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной точки на фазовом портрете

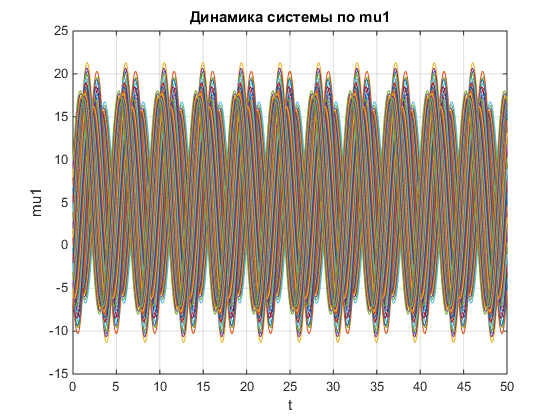
title('Фазовый портрет системы');

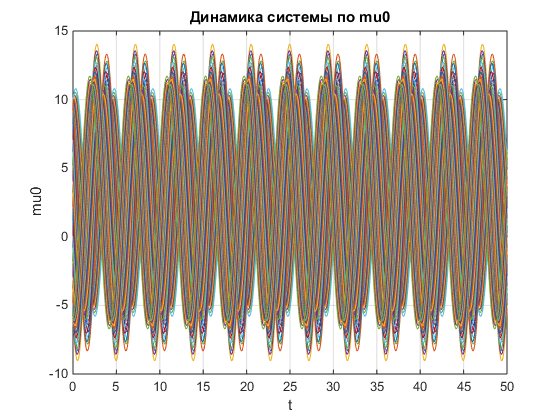
saveas(gcf,strcat(path,lab,'phas\_portret.jpg'));

# Лабораторная работа 1.4









clc;

clear;

path='C:\Users\adminNew\Desktop\modelirovanie\';

lab='lab\_1\_4\_';

%входные параметры

k=1;

b=5;

q=0;

nu1=5.5;

nu2=7.5;

d=5;

delta\_t = 0.01; %шаг по времени

N = 5000;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = -6;

G = 10;

%координаты точки устойчивости

mu1n = 5;

mu0n = 2.5;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

mu0 = (N+1);

mu1 = (N+1);

mu0(1) = 0;

mu1(1) = 0;

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

M0\_pol(1) = n;

M1\_pol(1) = G;

mu0(1) = n;

mu1(1) = G;

case 2

M0\_pol(1) = G;

M1\_pol(1) = n;

mu0(1) = G;

mu1(1) = n;

case 3

M0\_pol(1) = n;

M1\_pol(1) = E;

mu0(1) = n;

mu1(1) = E;

case 4

M0\_pol(1) = E;

M1\_pol(1) = n;

mu0(1) = E;

mu1(1) = n;

end

% численное решение по явной схеме Эйлера

for i=2:N+1

M0\_pol = mu0(i-1) + delta\_t \* (k\*mu1(i-1) - b + q);

M1\_pol = mu1(i-1) + delta\_t \* (mu0(i-1)\*(nu1-nu2) + d);

mu0(i) = mu0(i-1) + delta\_t \* ((k\*mu1(i-1) - b + q) + (k\*M1\_pol - b + q))/2;

mu1(i) = mu1(i-1) + delta\_t \* ((mu0(i-1)\*(nu1-nu2) + d) + (M0\_pol\*(nu1-nu2) + d))/2;

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),mu0(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),mu1(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(mu0(1:N+1),mu1(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('mu0');

title('Динамика системы по mu0');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'mu0\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('mu1');

title('Динамика системы по mu1');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'mu1\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('mu0');

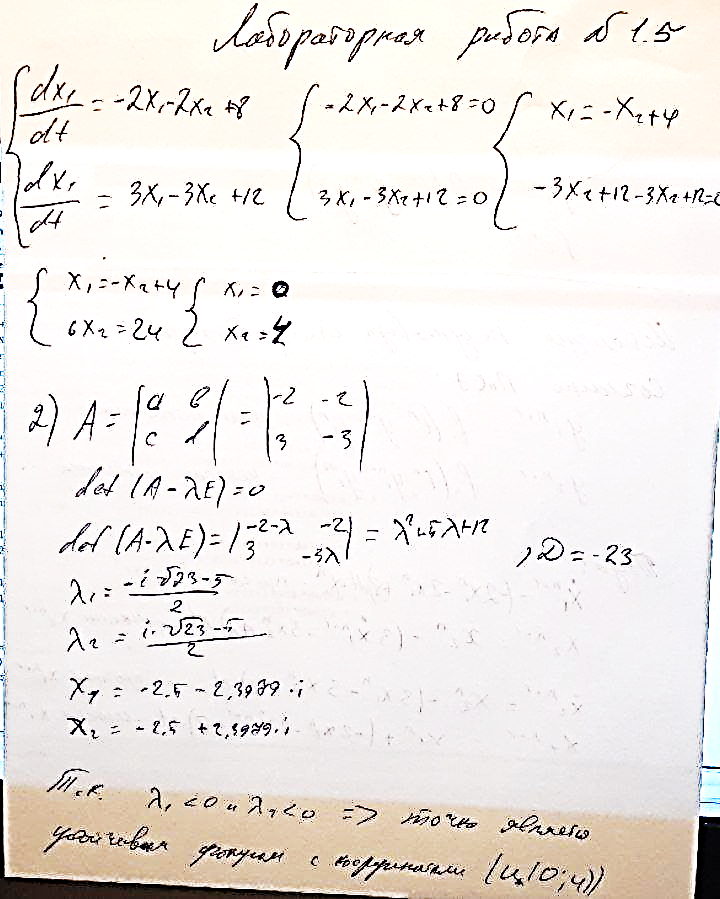
ylabel('mu1');

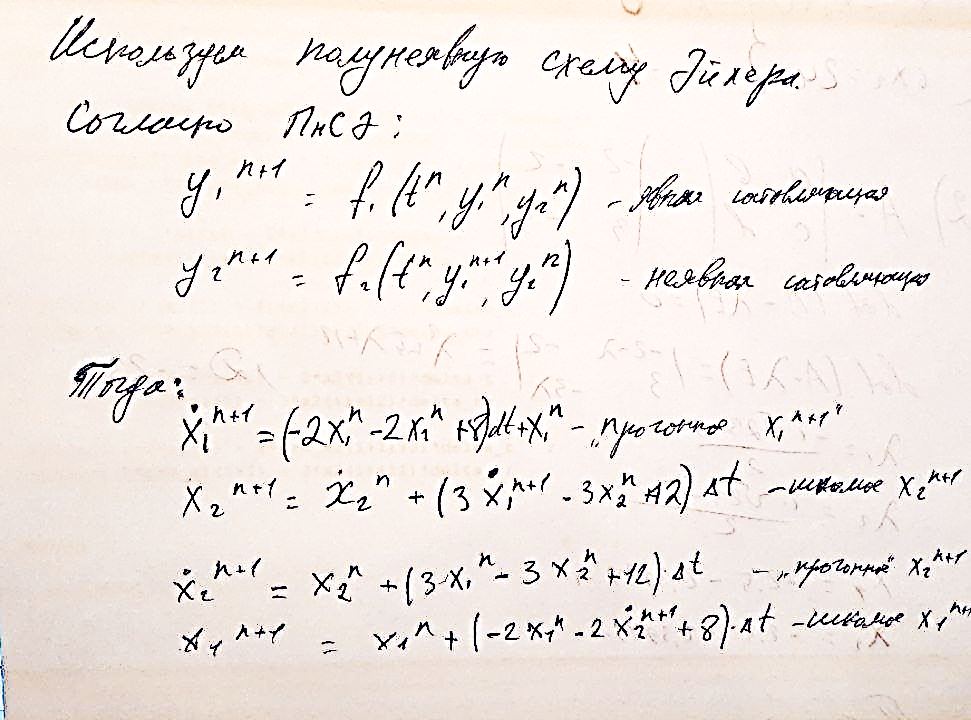
plot(mu0n,mu1n,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной точки на фазовом портрете

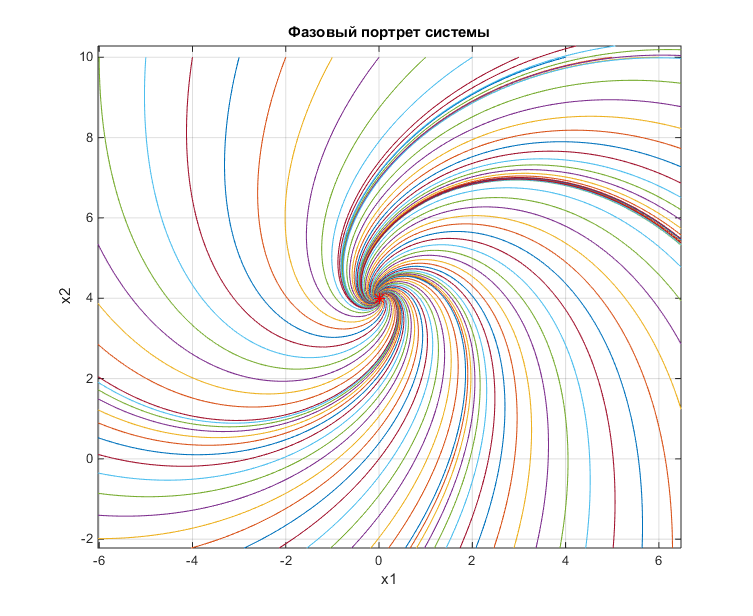
title('Фазовый портрет системы');

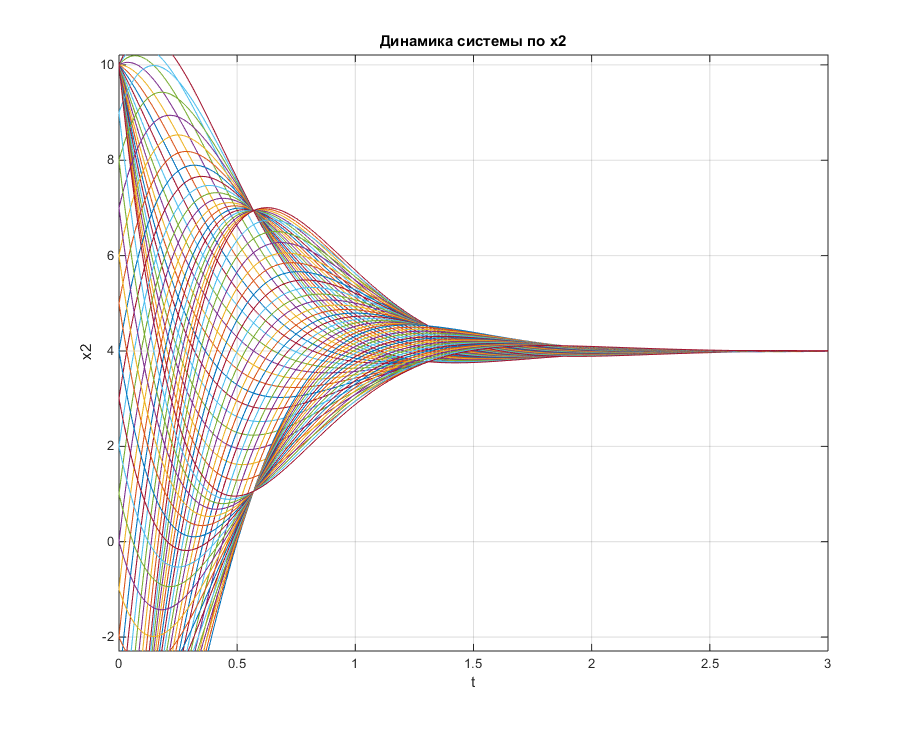
saveas(gcf,strcat(path,lab,'phas\_portret.jpg'));

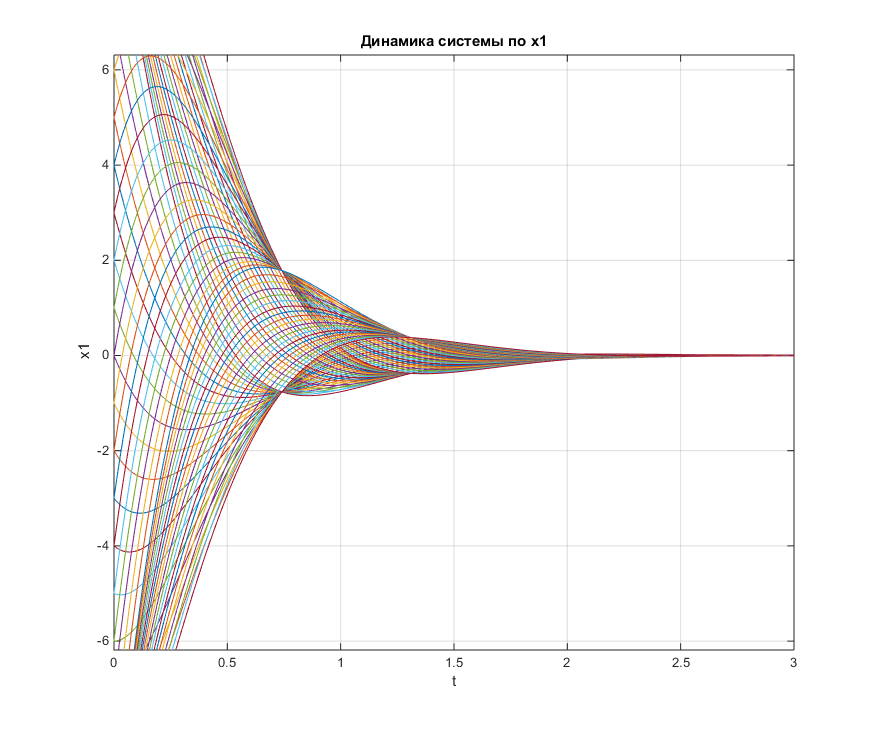
# Лабораторная работа 1.5











clc;

clear;

path='';

lab='lab\_1\_5\_';

%входные параметры

delta\_t = 0.001; %шаг по времени

N = 5000;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = -10;

G = 10;

%координаты точки устойчивости

xn = 0;

yn = 4;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

x1 = (N+1);

pre\_x1 = (N+1);

x2 = (N+1);

pre\_x2 = (N+1);

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

x1(1) = n;

x2(1) = G;

pre\_x1(1)= n;

pre\_x1(1)=G ;

case 2

x1(1) = G;

x2(1) = n;

pre\_x1(1)= G;

pre\_x1(1)=n ;

case 3

x1(1) = n;

x2(1) = E;

pre\_x1(1)= n;

pre\_x1(1)=E ;

case 4

x1(1) = E;

x2(1) = n;

pre\_x1(1)= E;

pre\_x1(1)=n ;

end

% численное решение по полуявной схеме Эйлера

for i=1:N

% pre\_x1(i+1)=( 2\*delta\_t\*(4-x2(i))+x1(i) ) / (1+2\*delta\_t);

% pre\_x2(i+1) = (3\*delta\_t\*(x2(i) + 4)+x2(i)) / (1+3\*delta\_t);

% x2(i+1)=(3\*delta\_t\*(pre\_x1(i) + 4)+x2(i)) / (1+3\*delta\_t);

% x1(i+1)=(2\*delta\_t\*(4-pre\_x2(i))+x1(i))/(1+2\*delta\_t);

% x1(i+1) = x1(i) + (-2\*x1(i) - 2\*x2(i)+8)\*delta\_t ;

% x2(i+1) = x2(i) +(3\*x1(i+1) - 3\*x2(i)+12)\*delta\_t;

% x2(i+1)=(3\*delta\_t\*(x1(i) + 4)+x2(i)) / (1+3\*delta\_t);

% x1(i+1)=(2\*delta\_t\*(4-x2(i))+x1(i))/(1+2\*delta\_t);

pre\_x1(i+1) = x1(i) + (-2\*x1(i) - 2\*x2(i)+8)\*delta\_t ;

pre\_x2(i+1) = x2(i) +(3\*x1(i) - 3\*x2(i)+12)\*delta\_t;

x1(i+1) = x1(i) + (-2\*x1(i) - 2\*pre\_x2(i+1)+8)\*delta\_t ;

x2(i+1) = x2(i) +(3\*pre\_x1(i+1) - 3\*x2(i)+12)\*delta\_t;

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),x1(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),x2(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(x1(1:N+1),x2(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('x1');

title('Динамика системы по x1');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x1\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('x2');

title('Динамика системы по x2');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x2\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('x1');

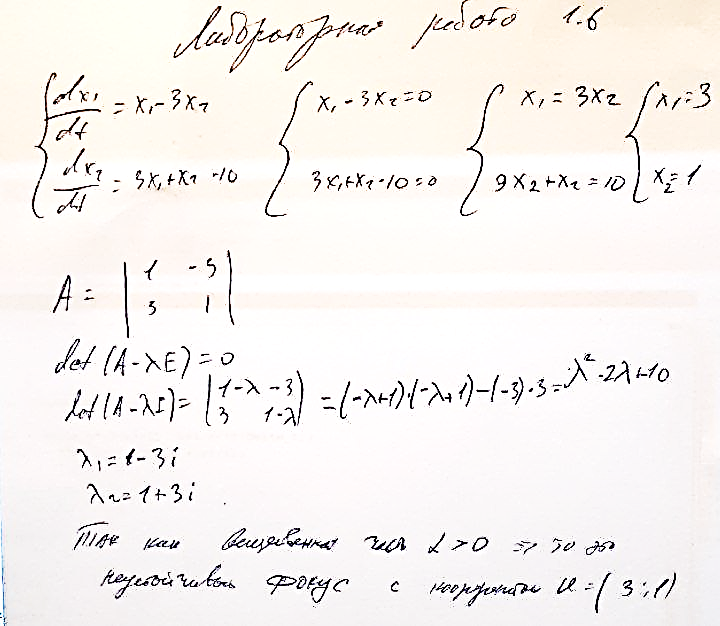
ylabel('x2');

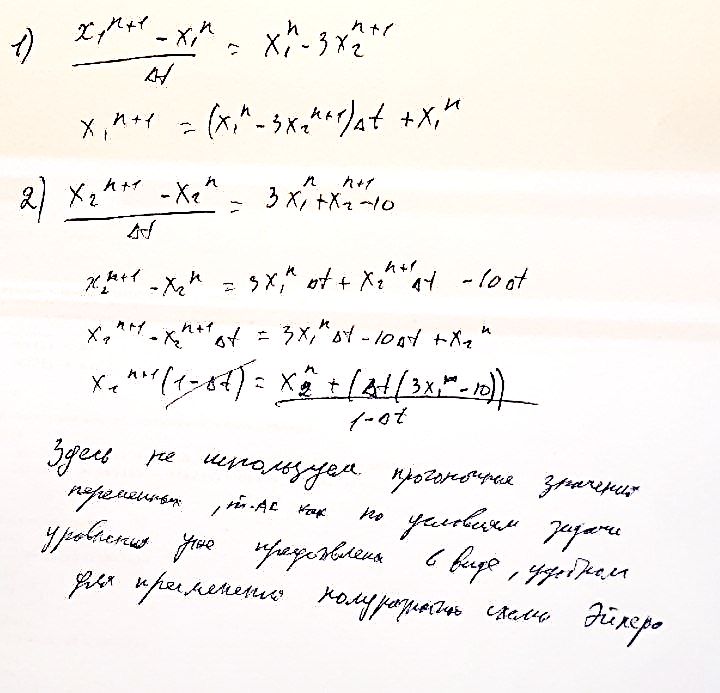
plot(xn,yn,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной точки на фазовом портрете

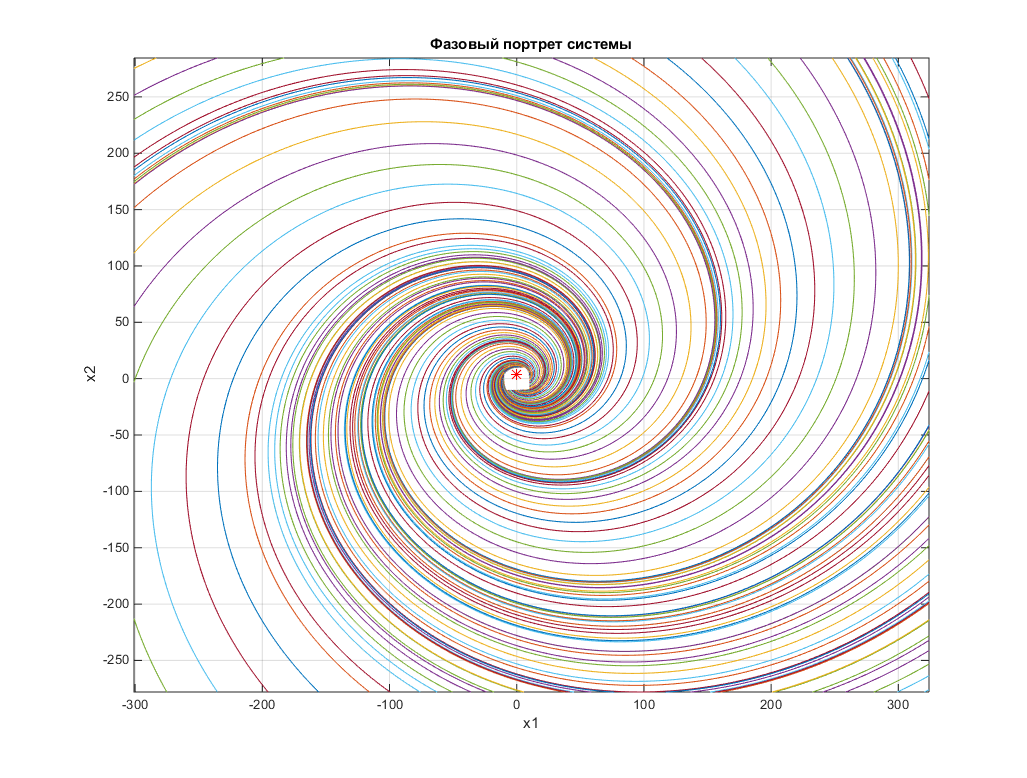
title('Фазовый портрет системы');

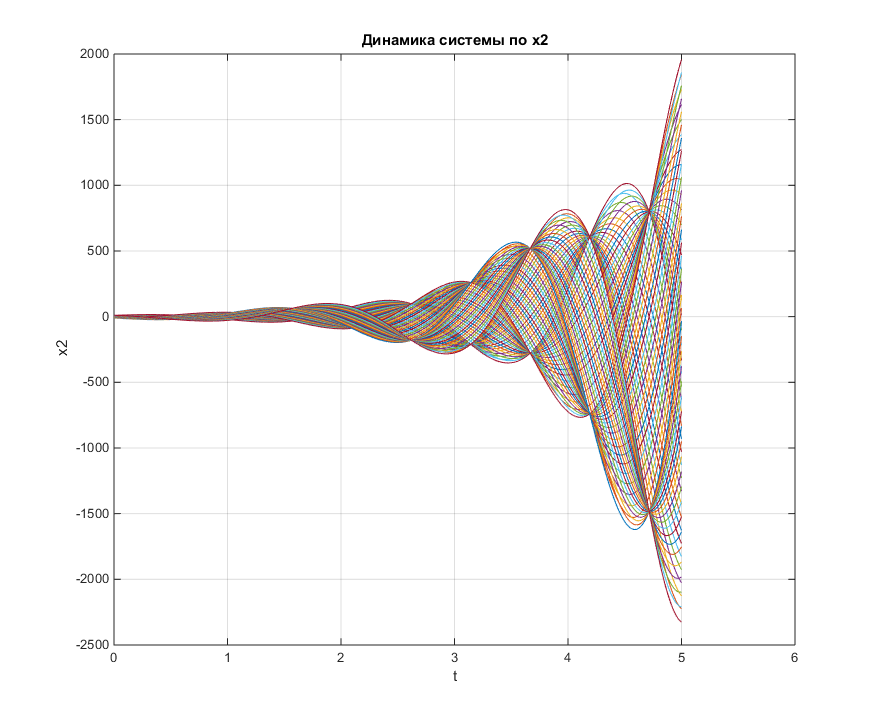
saveas(gcf,strcat(path,lab,'phas\_portret.jpg'));

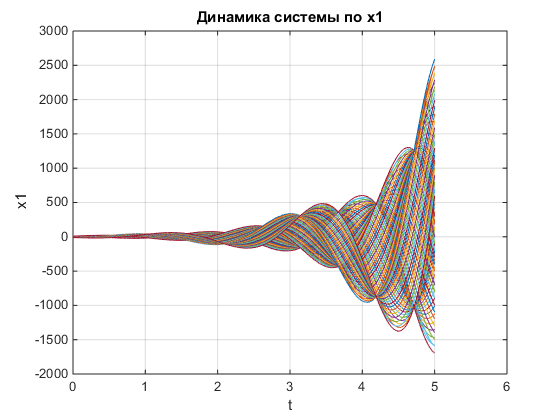
# Лабораторная 1.6











clc;

clear;

path='';

lab='lab\_1\_6\_';

%входные параметры

delta\_t = 0.001; %шаг по времени

N = 5000;%временнЫе точки

t = (N+1);

%начальные точки кривых для построения

E = -10;

G = 10;

%координаты точки устойчивости

xn = 0;

yn = 4;

%решение по времени

t(1) = 0;

for i=1:N

t(i+1) = t(i)+delta\_t;

end

%начальные значения

x1 = (N+1);

x2 = (N+1);

%Значения для построения кривых

for j=1:4

for n=E:G

switch j

%в зависимости от условия получаем координаты

case 1

x1(1) = n;

x2(1) = G;

case 2

x1(1) = G;

x2(1) = n;

case 3

x1(1) = n;

x2(1) = E;

case 4

x1(1) = E;

x2(1) = n;

end

% численное решение по полуявной схеме Эйлера

for i=1:N

x2(i+1)=(x2(i) + delta\_t\*(3\*x1(i) -10) )/(1-delta\_t);

x1(i+1) = (x1(i) - 3\*x2(i))\*delta\_t + x1(i);

end

%построение кривых

figure(1);

plot(t(1:N+1),x1(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(2);

plot(t(1:N+1),x2(1:N+1));

hold on;

grid on;

figure(3);

plot(x1(1:N+1),x2(1:N+1));

hold on;

grid on;

end

end

%Легенда и тайтл

figure(1);

xlabel('t');

ylabel('x1');

title('Динамика системы по x1');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x1\_ot\_t.jpg'));

figure(2);

xlabel('t');

ylabel('x2');

title('Динамика системы по x2');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'x2\_ot\_t.jpg'));

figure(3);

xlabel('x1');

ylabel('x2');

plot(xn,yn,'r\*','MarkerSize',8);% маркировка стационарной точки на фазовом портрете

title('Фазовый портрет системы');

saveas(gcf,strcat(path,lab,'phas\_portret.jpg'));

# Выводы

В процессе работы были реализованы методы численного решения систем дифференциальных уравнений на языке MatLab.

На основе полученных данных удалось получить графики зависимостей переменных от t и фазовые портреты систем.

На основе анализа исходных уравнений были определены типы точек по методу Ляпунова. Графики полученных данных подтверждают тип точки визуально. Были исследованы: Устойчивый узел. Неустойчивый узел. Седло. Центр. Устойчивый фокус. Неустойчивый фокус.

Исследованы методы Эйлера: явный, неявный и полунеявный.