



**«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ

Информатики и систем управления

КАФЕДРА

Проектирования и технологии производства ЭА

**Се м и н а р № 4**

**п о к у р с у « Ц и ф р о в а я о б р а б о т к а  
с и г н а л о в »**

Студент

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) Корчагин А.И.  
(И.О.Фамилия)

Преподаватель

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) Леонидов В.В.  
(И.О.Фамилия)

# Для непрерывной и дискретной системы с произвольной передаточной характеристикой провести анализ устойчивости.

## Contents

---

- [Задаем входные параметры](#)
- [Строим полюсы системы](#)
- [Строим корневой годограф](#)
- [Строим диаграмму Боде \(АЧХ и ФЧХ\)](#)
- [Строим диаграмму критерий Найквиста](#)
- [Строим реакцию системы на ступеньку](#)
- [Импульсная характеристика системы](#)
- [Критерий Гурвица](#)

## Задаем входные параметры

---

Надо установить пакет control system toolbox  $G = (10s^2 + 5s + 20) / (10s^3 + 5s^2 + 2.5s + 10)$  - передаточная функция разомкнутой системы c2d конвертирует модель из непрерывного в дискретное время с временем 0.1 feedback - возвращает объект модели sys для взаимосвязи отрицательной обратной связи объектов модели (G,1), 1- сам на себя без изменений обратного сигнала

```
close all;
clear;
a = [10, 5, 20];
b = [10, 5, 2.5, 10];
G = tf(a, b);
Gd = c2d(G, 0.1);
Gcld = feedback(Gd*2, 1);
k1 = 2; Gcld1 = feedback(G*k1, 1);
k2 = 3; Gcld2 = feedback(G*k2, 1);
k3 = 4; Gcld3 = feedback(G*k3, 1);
```

## Строим полюсы системы

---

Если все они слева от оси ординат, система устойчива. В нашем случае устойчива, все находятся слева

```
pole(Gcld)
pole(Gcld1)
pole(Gcld2)
pole(Gcld3)

figure;
subplot(2, 2, 1);
```

```
pzmap(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');  
subplot(2, 2, 2);  
pzmap(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');  
subplot(2, 2, 3);  
pzmap(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');  
subplot(2, 2, 4);  
pzmap(Gcld3); grid on; title('k = 4 -> устойчивая система');
```

ans =

```
1.0027 + 0.1376i  
1.0027 - 0.1376i  
0.7424 + 0.0000i
```

ans =

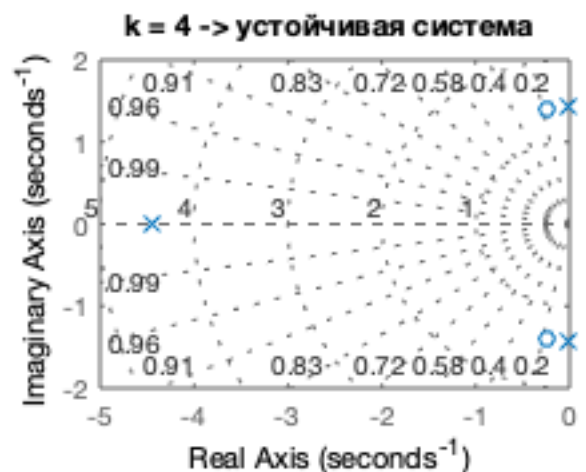
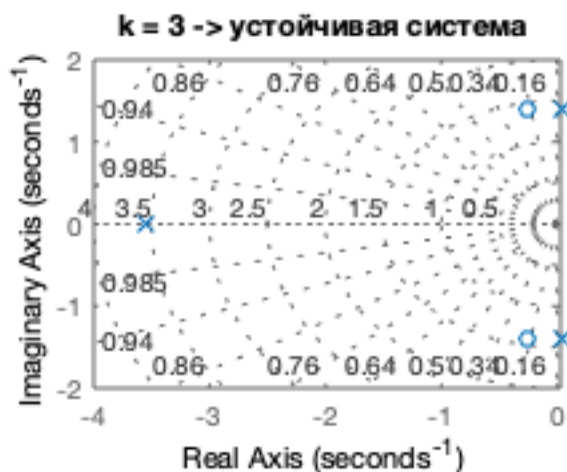
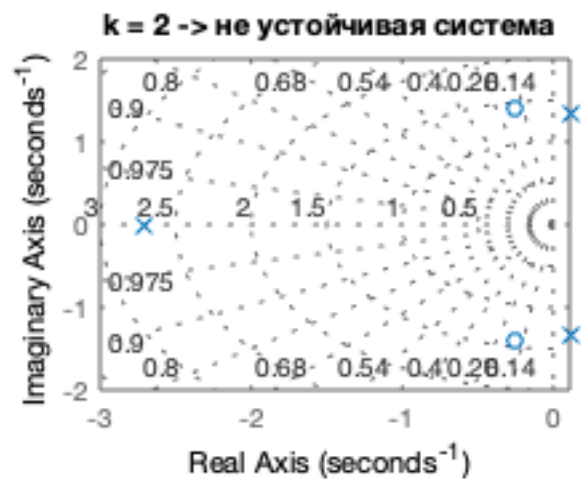
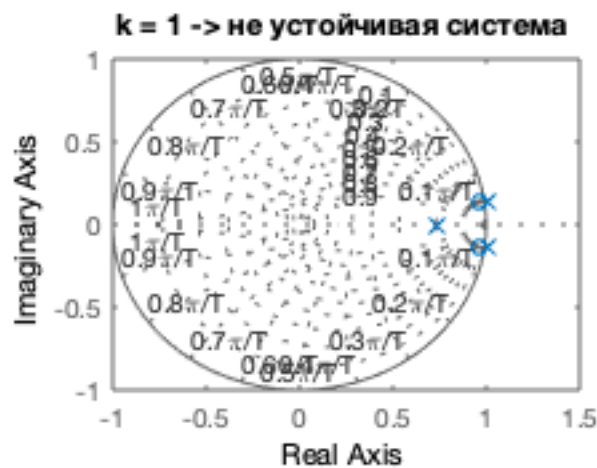
```
-2.7172 + 0.0000i  
0.1086 + 1.3522i  
0.1086 - 1.3522i
```

ans =

```
-3.5606 + 0.0000i  
0.0303 + 1.4018i  
0.0303 - 1.4018i
```

ans =

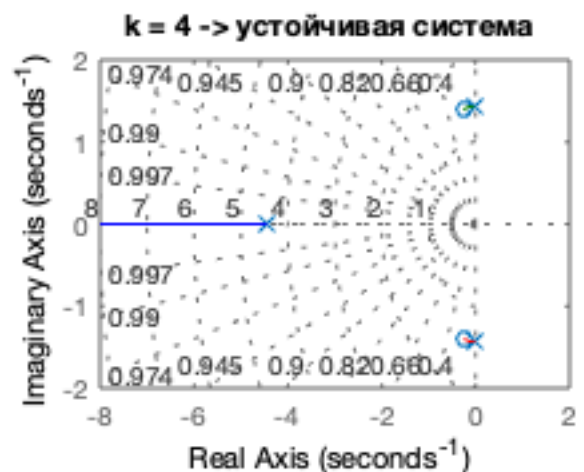
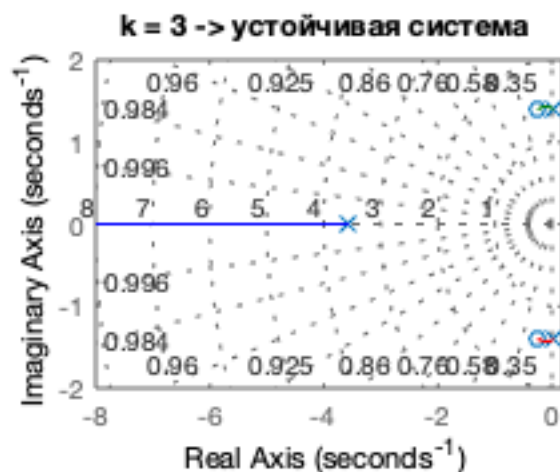
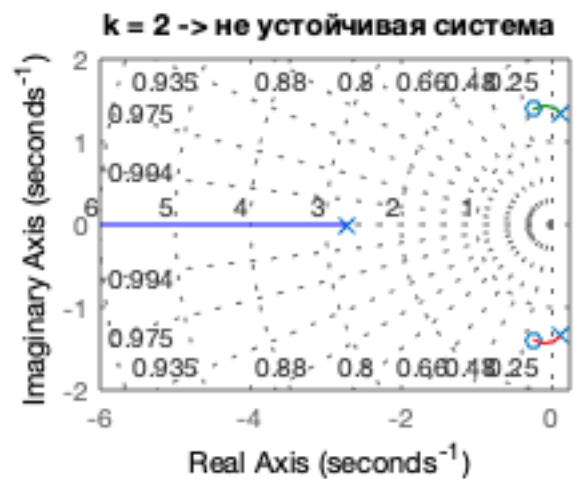
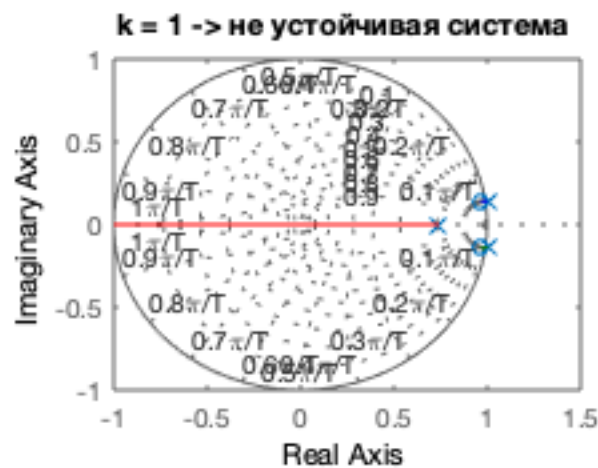
```
-4.4490 + 0.0000i  
-0.0255 + 1.4221i  
-0.0255 - 1.4221i
```



## Строим корневой годограф

Показывает расположение полюсов в зависимости от коэффициента усиления.

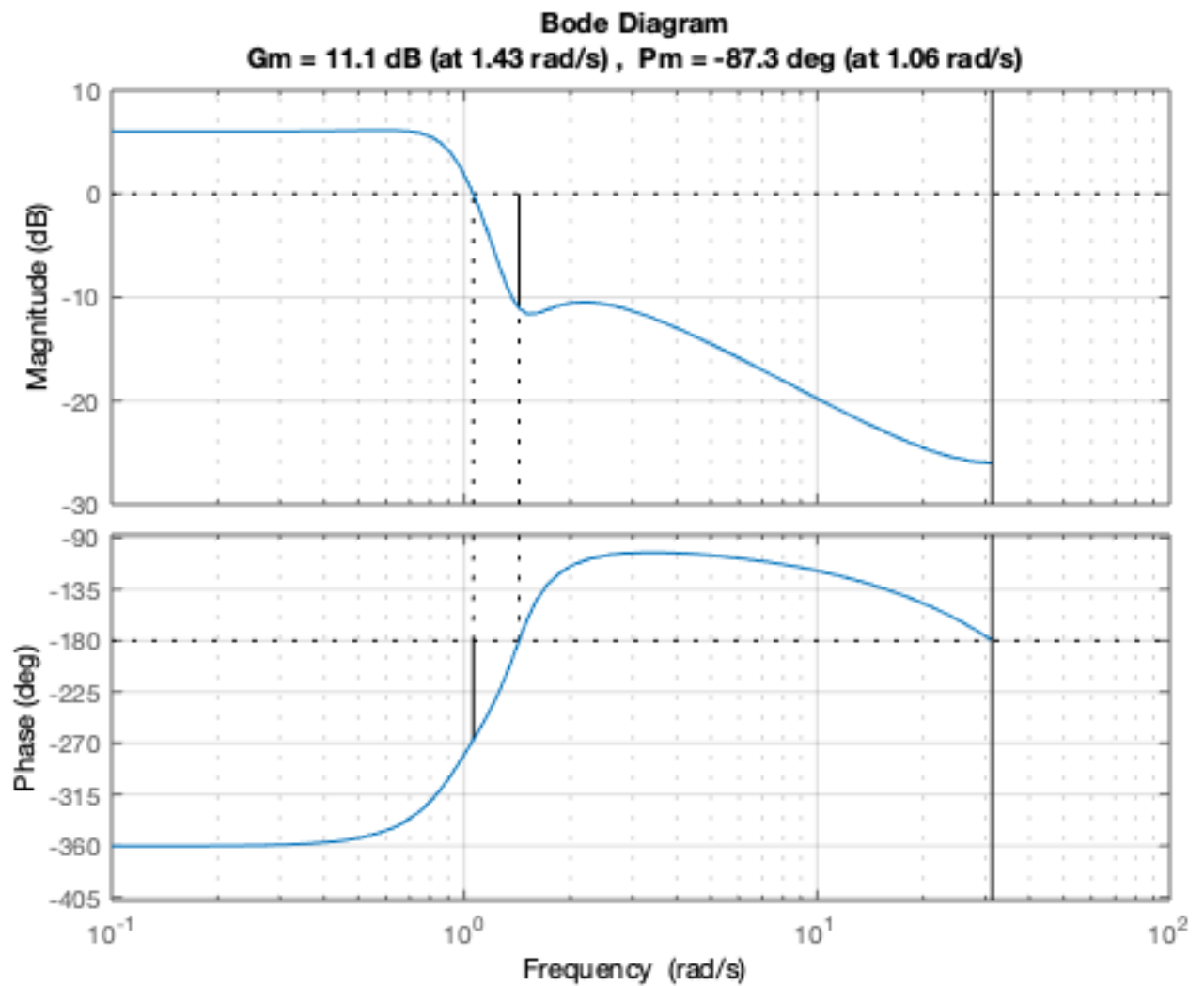
```
figure;
subplot(2, 2, 1)
rlocus(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 2)
rlocus(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 3)
rlocus(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 4)
rlocus(Gcld3); grid on; title('k = 4 -> устойчивая система');
```



## Строим диаграмму Боде (АЧХ и ФЧХ)

Видим запас устойчивости системы. Функция `margin`-выводит АЧХ И ФЧХ по Боде и сразу выдает нам запас устойчивости системы. без лишних манипуляций. На АЧХ ищем пересечения с осью X, по точке пересечения на части графика полученную точку проецируем на на график ФЧХ и находим запас прочности по фазе. На ФЧХ проводим прямую на -180, ищем точку пересечения с графиком проецируем эту точку на АЧХ и получаем запас по амплитуде. Если  $P_m > 0$  и  $G_m > 0$ , то система устойчива. В нашем случае она устойчива.

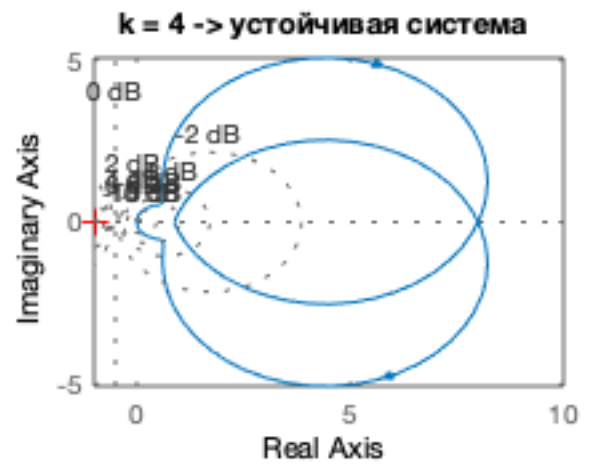
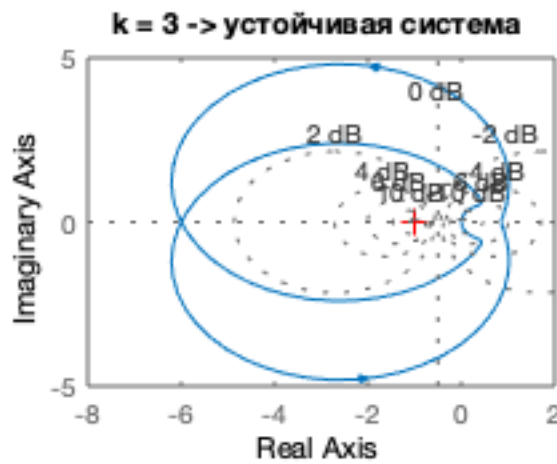
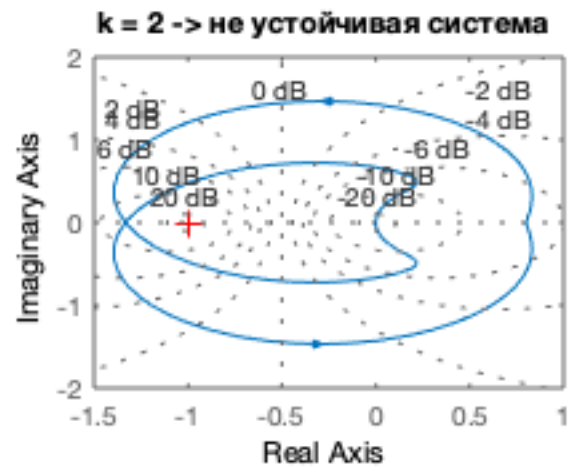
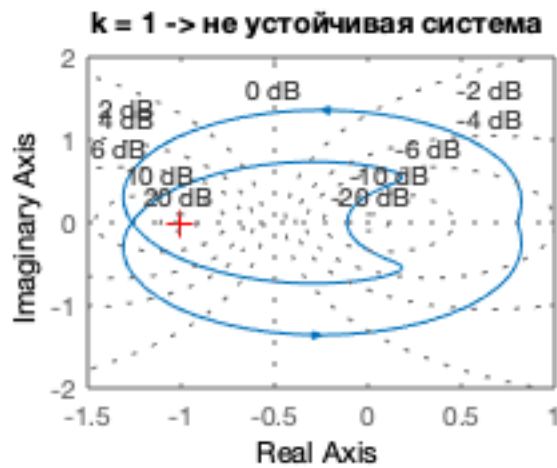
```
figure;
margin(Gd); grid on;
```



## Строим диаграмму критерий Найквиста

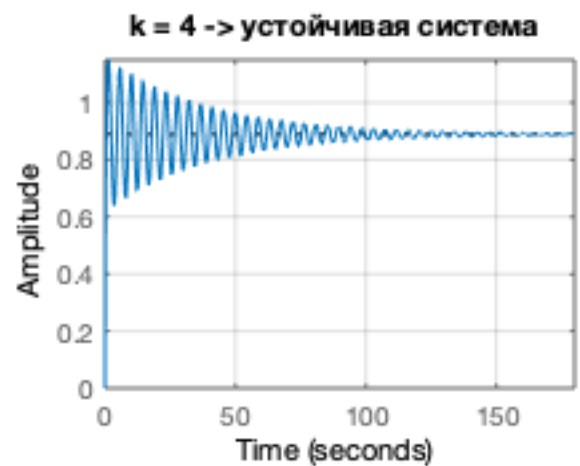
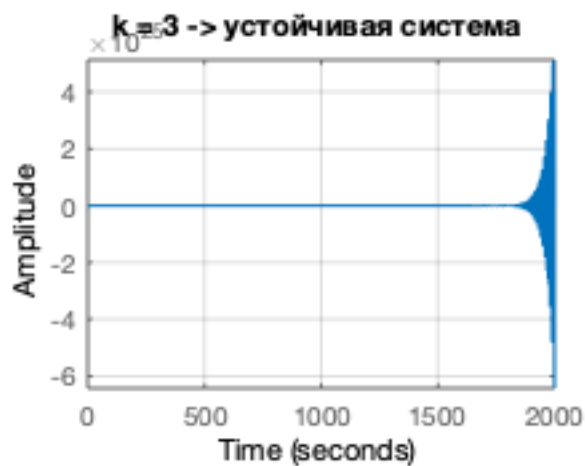
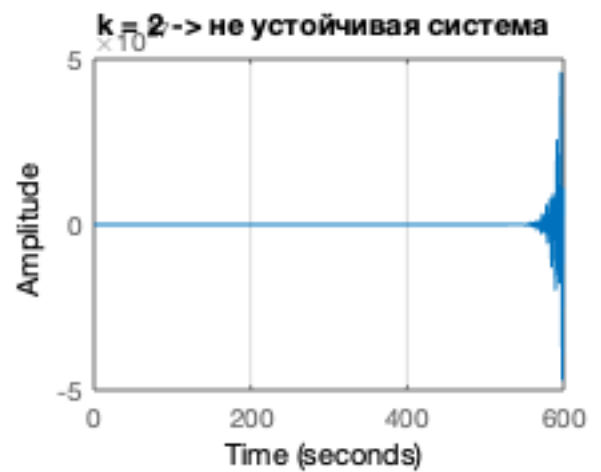
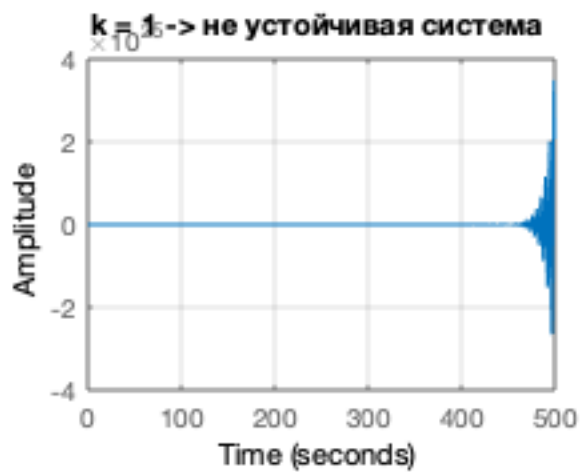
Для устойчивости годограф не должен охватывать точку  $(-1;0)$ , что он и не делает значит система устойчива

```
figure; title('Критерий Найквиста');
subplot(2, 2, 1);
nyquist(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 2);
nyquist(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 3);
nyquist(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 4);
nyquist(Gcld3); grid on; title('k = 4 -> устойчивая система');
```



## Строим реакцию системы на ступеньку

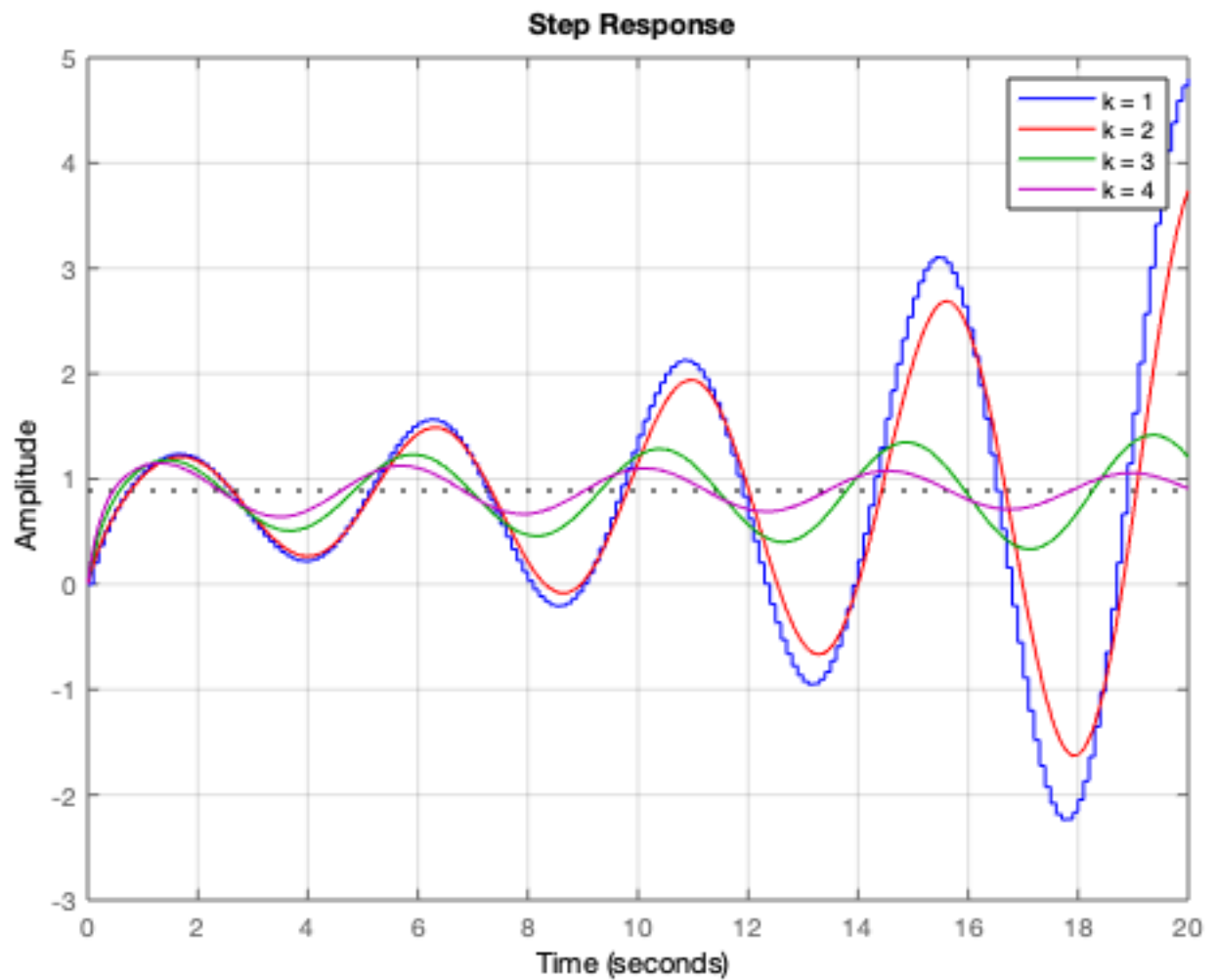
```
figure;
subplot(2, 2, 1);
step(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 2);
step(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 3);
step(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 4);
step(Gcld3); grid on; title('k = 4 -> устойчивая система');
```



Для разных коэффициентов усиления

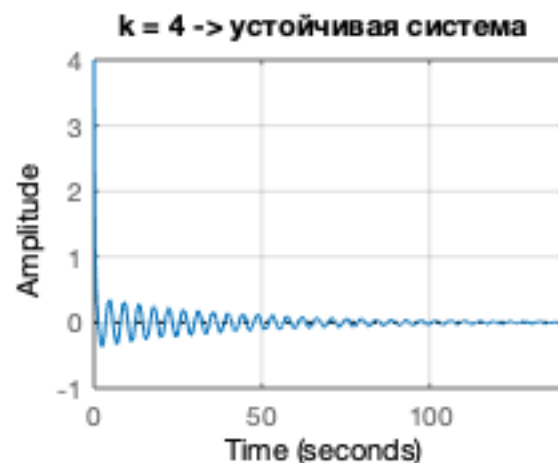
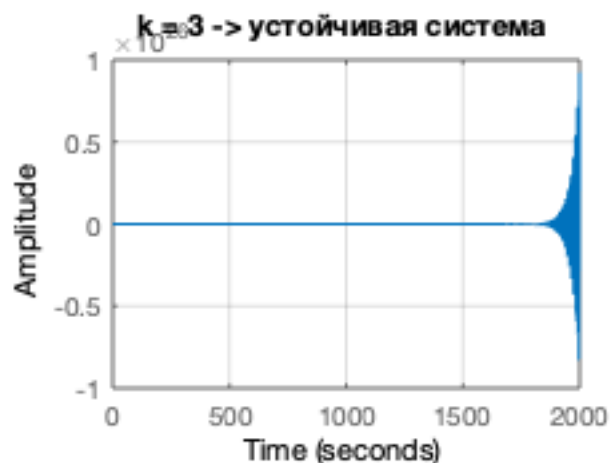
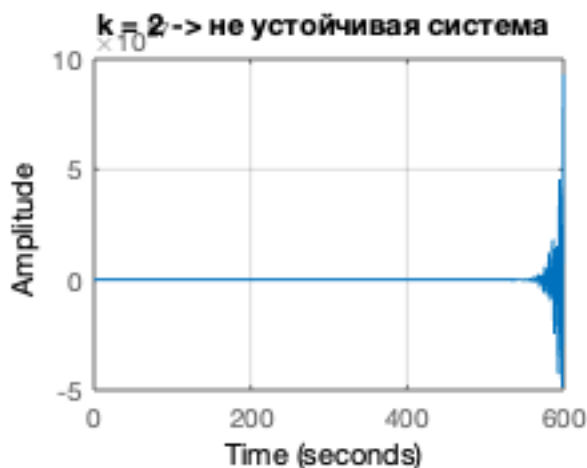
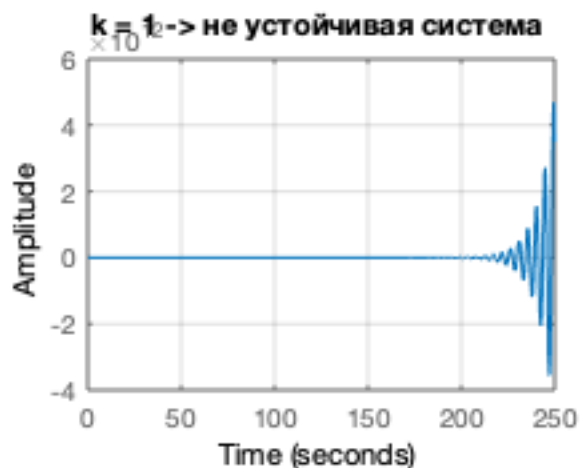
```
figure;
step(Gcld, 'b', Gcld1, 'r', Gcld2, 'g', Gcld3, 'm', 20), grid on,
legend('k = 1', 'k = 2', 'k = 3', 'k = 4')
%Видно что при k = 3 и 4, система не устойчива!
```





## Импульсная характеристика системы

```
figure;
subplot(2, 2, 1)
impz(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 2)
impz(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 3)
impz(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 4)
impz(Gcld3); grid on; title('k = 4 -> устойчивая система');
```



## Критерий Гурвица

для того, чтобы динамическая система была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все  $n$  главных диагональных миноров определителя Гурвица были положительны, при условии  $A_0 > 0$ . Эти миноры называются определителями Гурвица

Используем функцию `raus_gur` взятую с википедии

Из коэффициентов характеристического уравнения строится определитель Гурвица по алгоритму:

- 1) по главной диагонали слева направо выставляются все коэффициенты характеристического уравнения от  $a_1$  до  $a_n$ ;
- 2) от каждого элемента диагонали вверх и вниз достраиваются столбцы определителя так, чтобы индексы убывали сверху вниз;
- 3) на место коэффициентов с индексами меньше нуля или больше  $n$  ставятся нули.

т.к.  $A=1$  и и последующие миноры  $>0$ , то система устойчива

```
[A, B, C] = raus_gur(b)
```

A =

0

B =

-87.5000

C =

5.0000	10.0000	0
10.0000	2.5000	0
0	5.0000	10.0000

# Дискретная система

## Contents

---

- Зададим входные параметры;
- Строим корневой годограф.
- Строим диаграмму критерий Найквиста
- Строим реакцию системы на ступеньку
- Импульсная характеристика системы

## Зададим входные параметры;

---

Преобразование Лапласа применяют для непрерывных систем, а для анализа интересных дискретных систем используют z-преобразование.  $G = (10s^2 + 5s + 20) / (10s^3 + 5s^2 + 2.5s + 10)$   
 $C = (s + 3) / (3s + 3)$

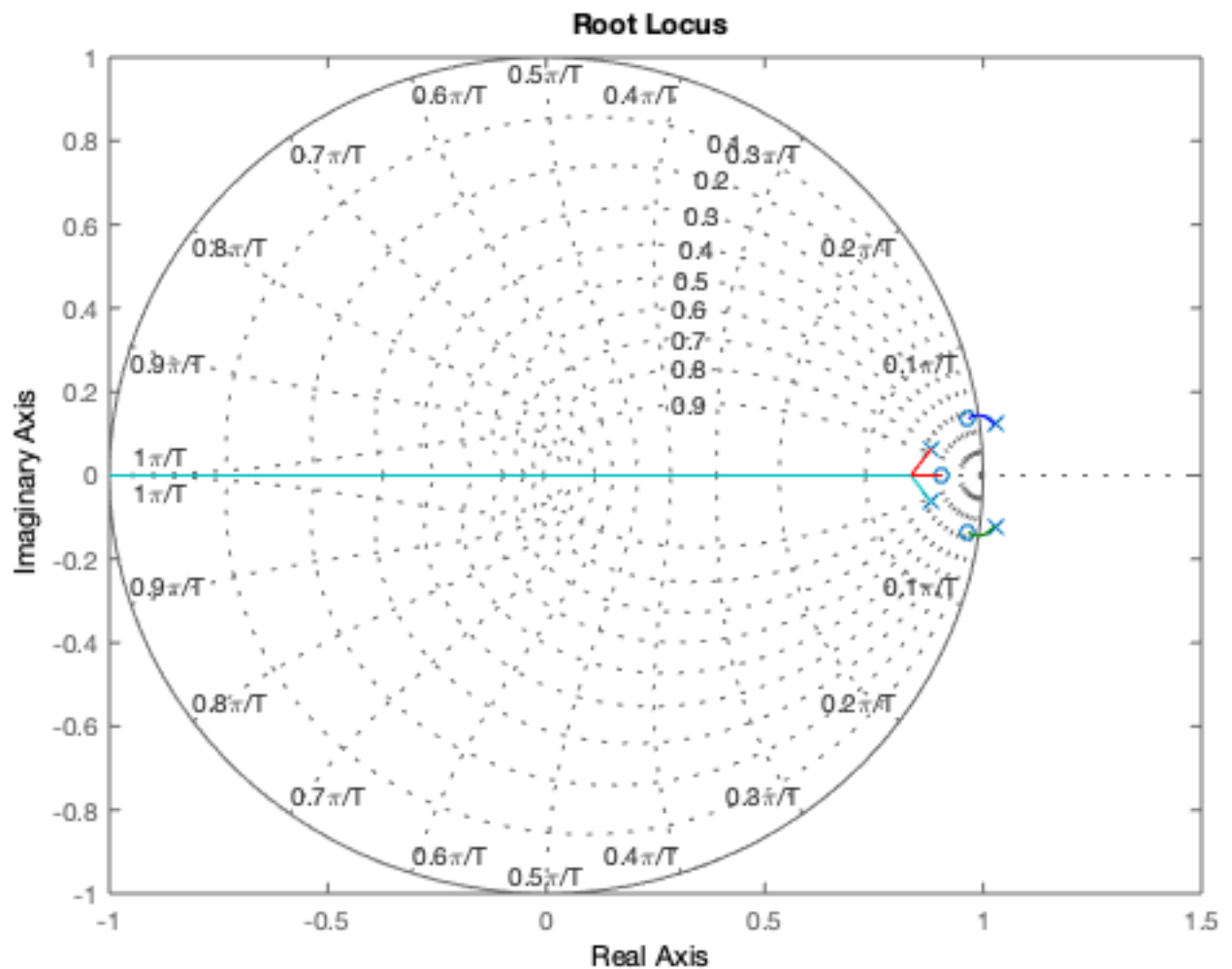
```
close all;
clear;
a = [10 5 20];
b = [10 5 2.5 10];
G = tf(a, b);
Gd = c2d(G, 0.1);
a1 = [1 3];
b1 = [3 3];
C = tf(a1, b1);
Cd = c2d(C, 0.1);
Gcld = feedback(Gd, Cd);
k1 = 2; Gcld1 = feedback(Gd*k1, Cd);
k2 = 4; Gcld2 = feedback(Gd*k2, Cd);
k3 = 5; Gcld3 = feedback(Gd*k3, Cd);
```

## Строим корневой годограф.

---

Он показывает положение полюсов в зависимости от коэффициента усиления пока полюса находятся внутри окружности, система устойчива, за окружностью не устойчива

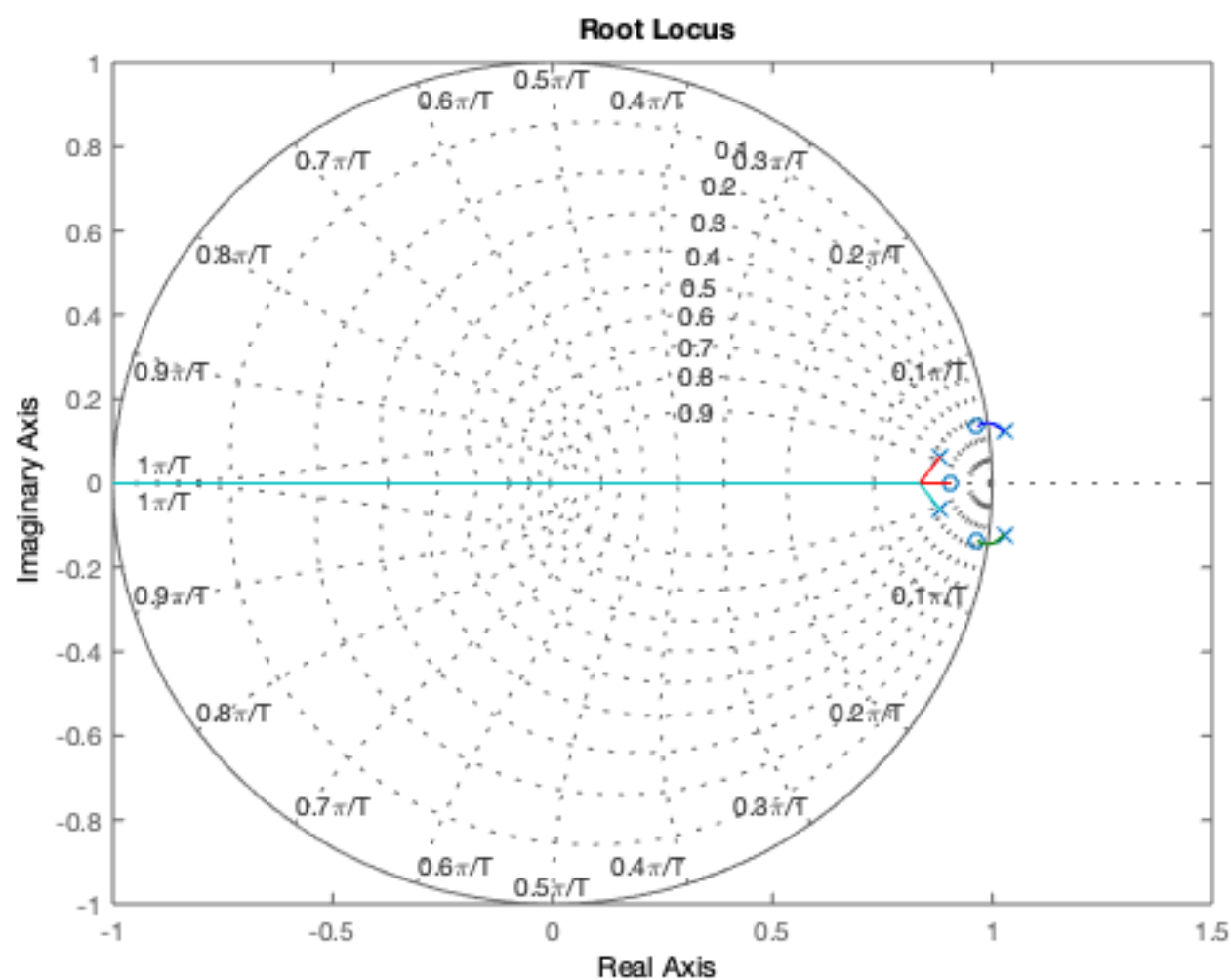
```
figure;
rlocus(Gcld); grid on;
```

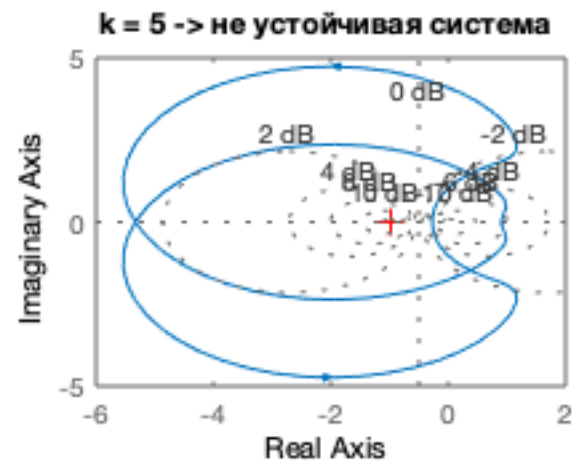
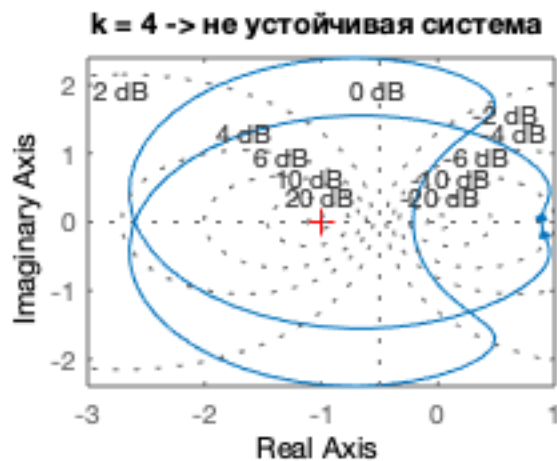
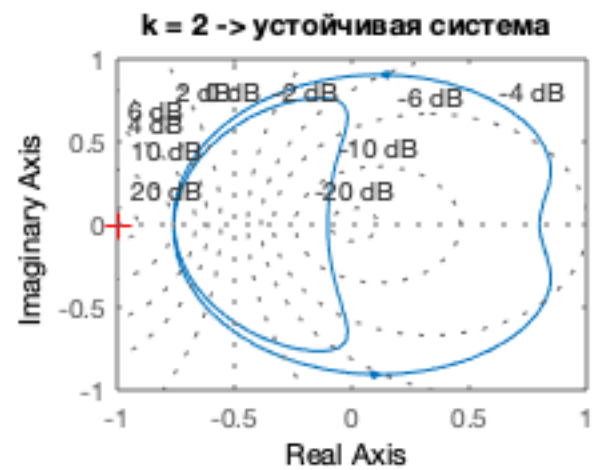
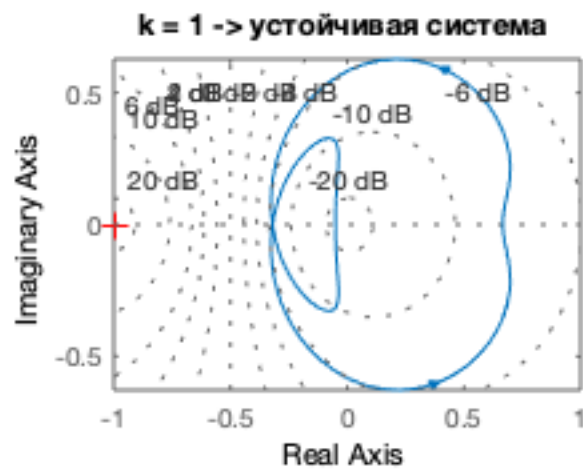


## Строим диаграмму критерий Найквиста

Для устойчивости годограф не должен охватывать точку  $(-1;0)$ , что он и не делает значит система устойчива

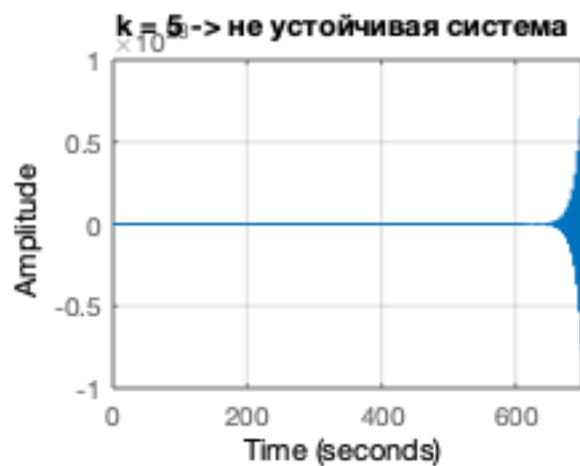
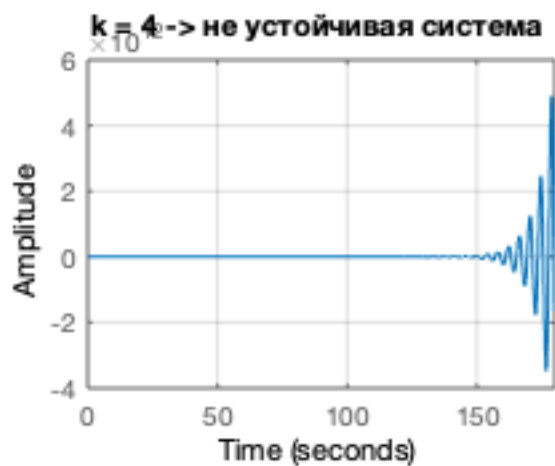
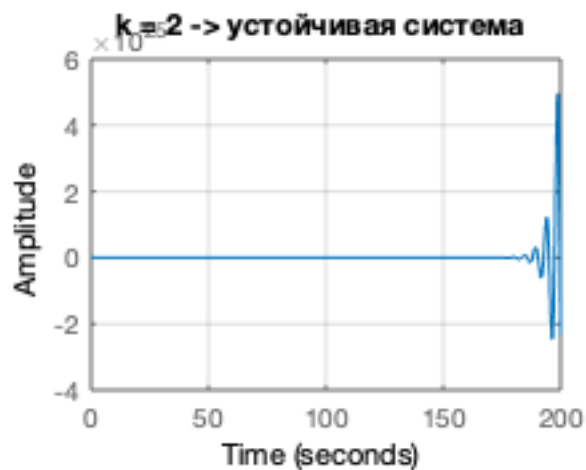
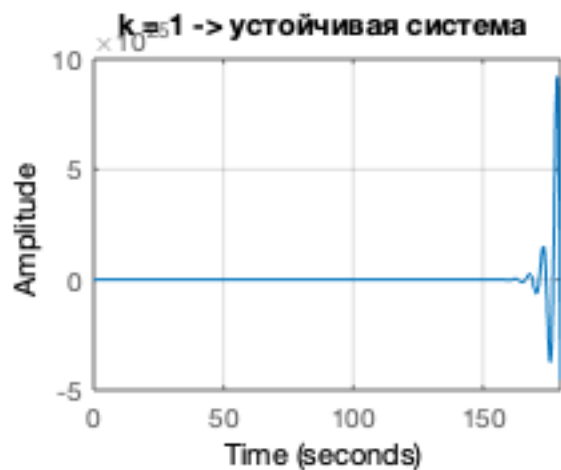
```
figure;
subplot(2, 2, 1);
nyquist(Gcld); grid on; title('k = 1 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 2);
nyquist(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 3);
nyquist(Gcld2); grid on; title('k = 4 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 4);
nyquist(Gcld3); grid on; title('k = 5 -> не устойчивая система');
```





## Строим реакцию системы на ступеньку

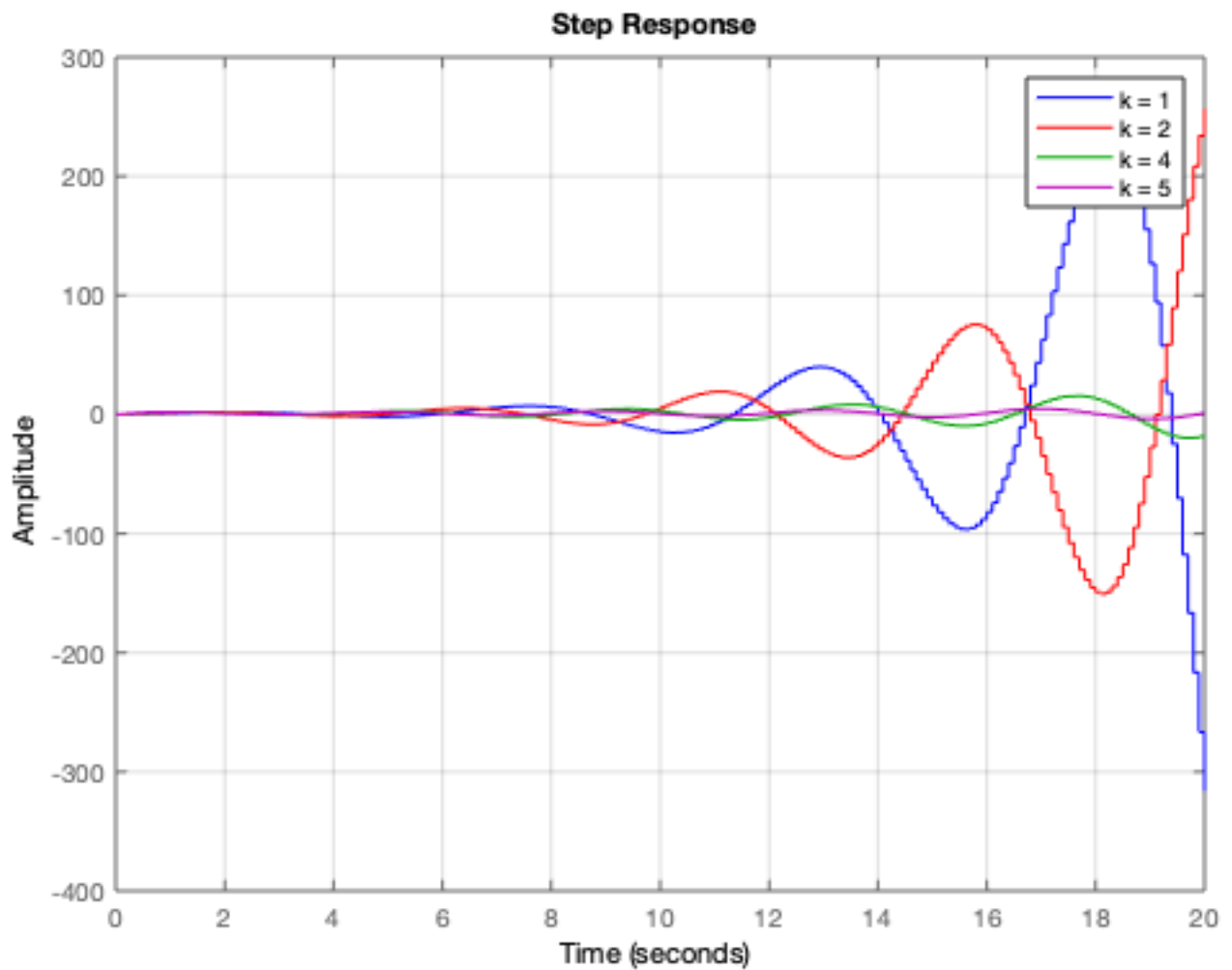
```
figure;
subplot(2, 2, 1);
step(Gcld); grid on; title('k = 1 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 2);
step(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 3);
step(Gcld2); grid on; title('k = 4 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 4);
step(Gcld3); grid on; title('k = 5 -> не устойчивая система');
```



Для разных коэффициентов усиления

```
figure;
step(Gcld, 'b', Gcld1, 'r', Gcld2, 'g', Gcld3, 'm', 20), grid on,
legend('k = 1', 'k = 2', 'k = 4', 'k = 5')
```





## Импульсная характеристика системы

```
figure;
subplot(2, 2, 1);
impz(Gcld); grid on; title('k = 1 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 2);
impz(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 3);
impz(Gcld2); grid on; title('k = 4 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 4);
impz(Gcld3); grid on; title('k = 5 -> не устойчивая система');
```

