

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 =

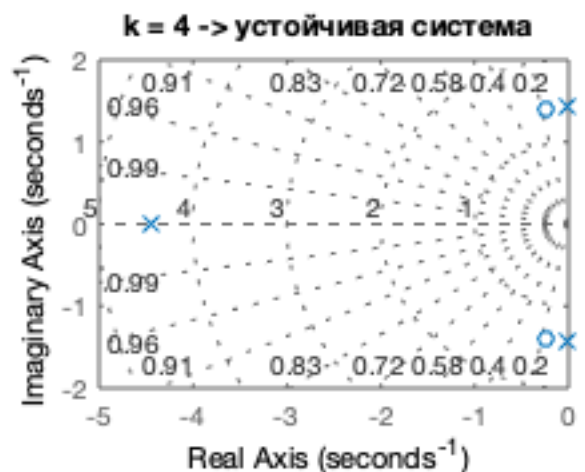
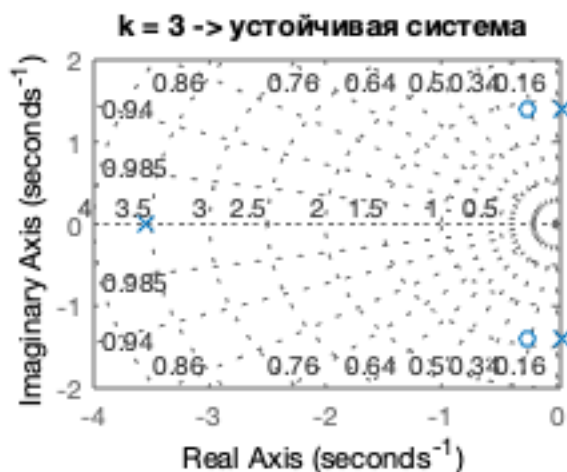
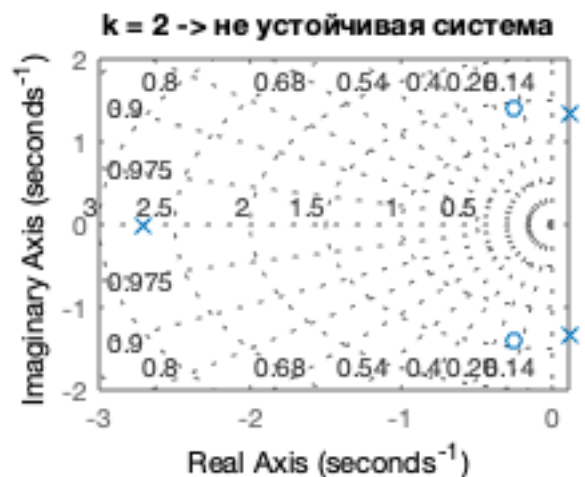
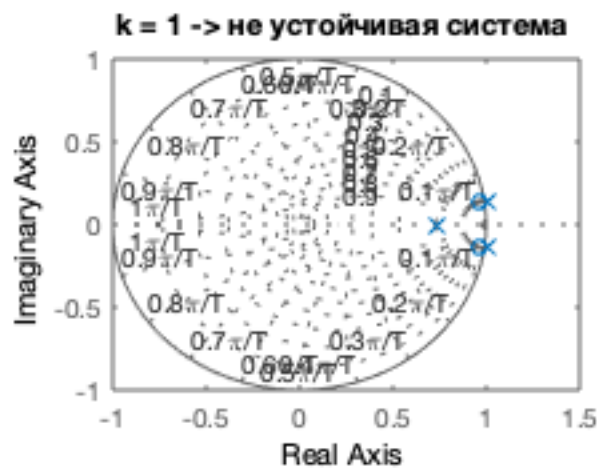
```
-2.7172 + 0.0000i  
0.1086 + 1.3522i  
0.1086 - 1.3522i
```

ans =

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

ans =

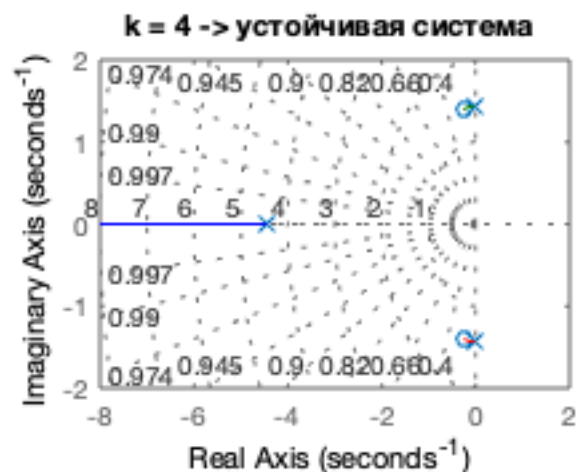
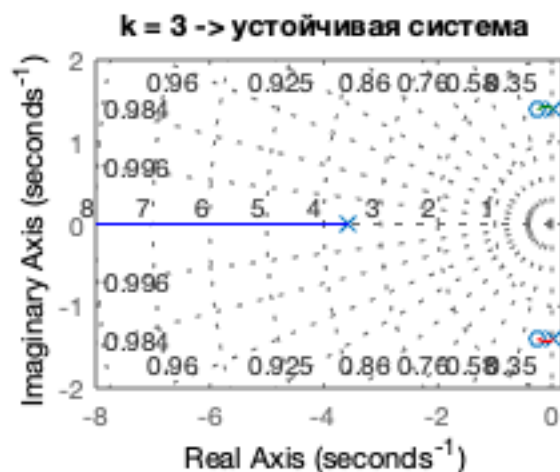
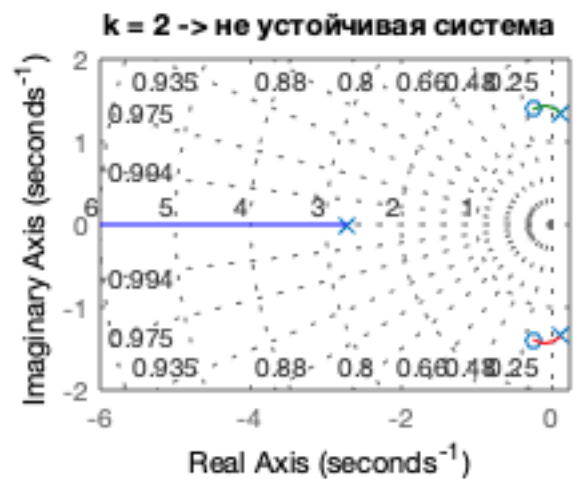
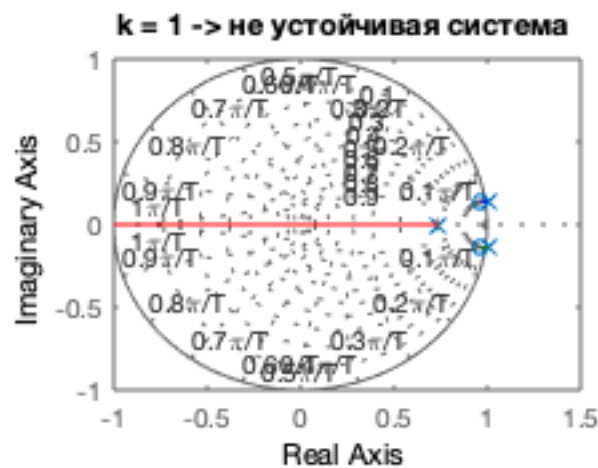
```
-4.4490 + 0.0000i  
-0.0255 + 1.4221i  
-0.0255 - 1.4221i
```



Строим корневой годограф

Показывает расположение полюсов в зависимости от коэффициента усиления.

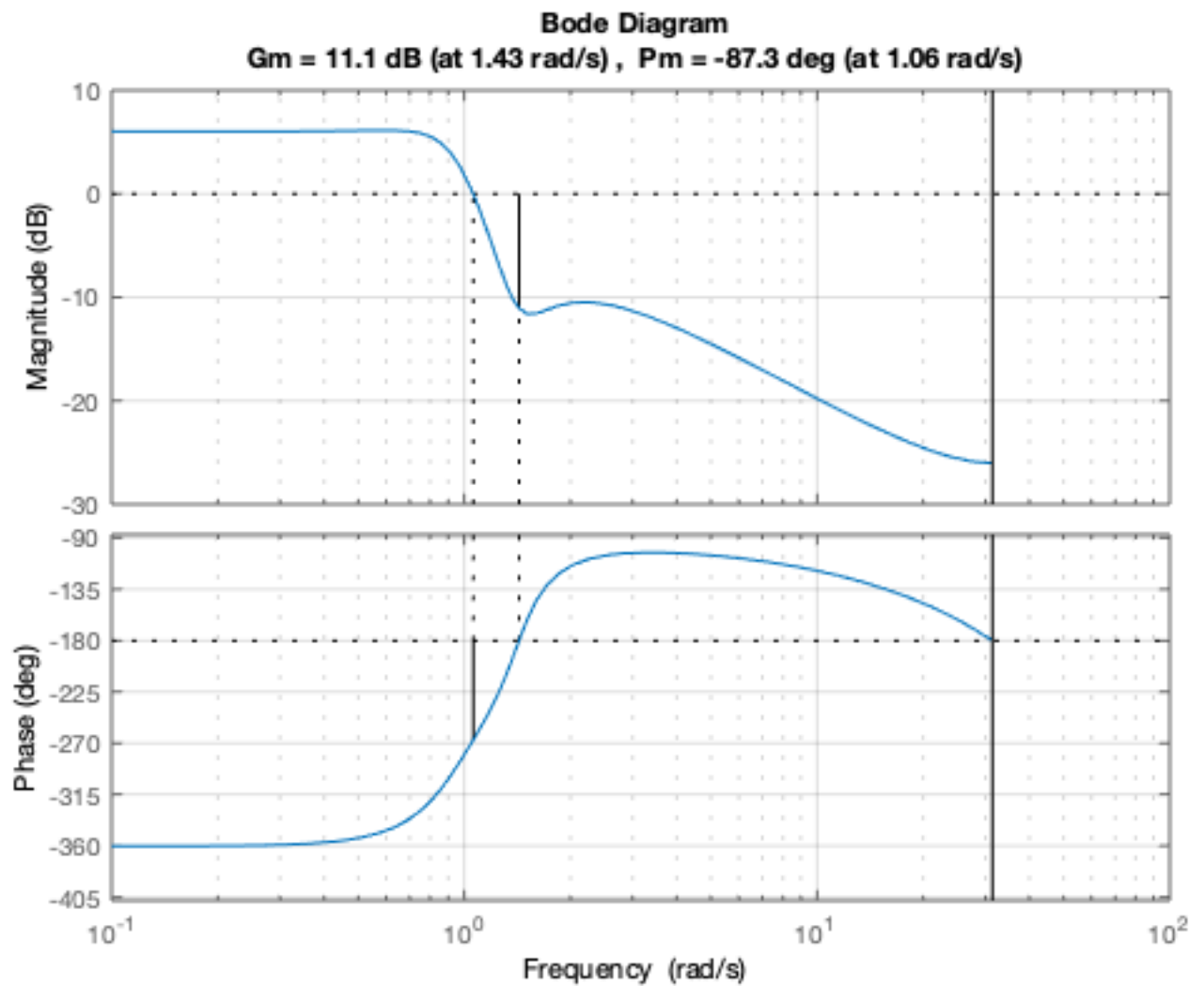
```
figure;
subplot(2, 2, 1)
rlocus(Gcld); grid on; title('k = 1 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 2)
rlocus(Gcld1); grid on; title('k = 2 -> не устойчивая система');
subplot(2, 2, 3)
rlocus(Gcld2); grid on; title('k = 3 -> устойчивая система');
subplot(2, 2, 4)
rlocus(Gcld3); grid on; title('k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

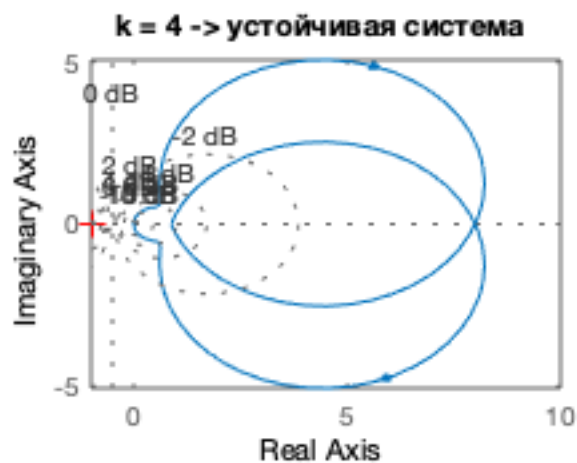
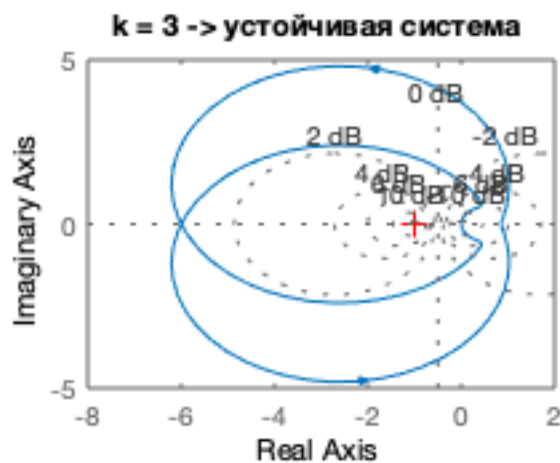
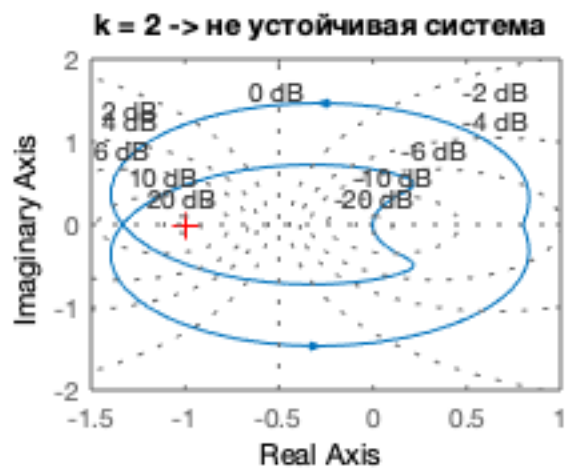
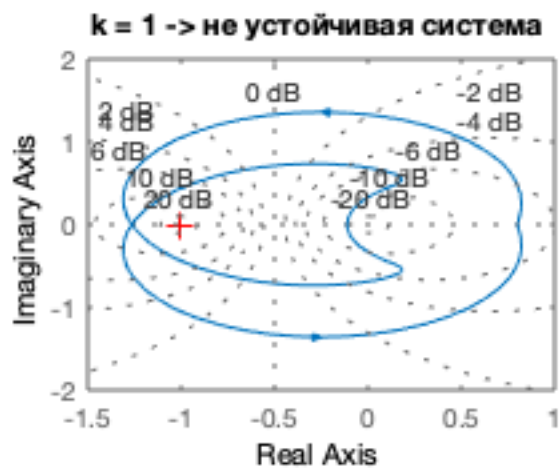
```
figure;
margin(Gd); grid on;
```



Строим диаграмму критерий Найквиста

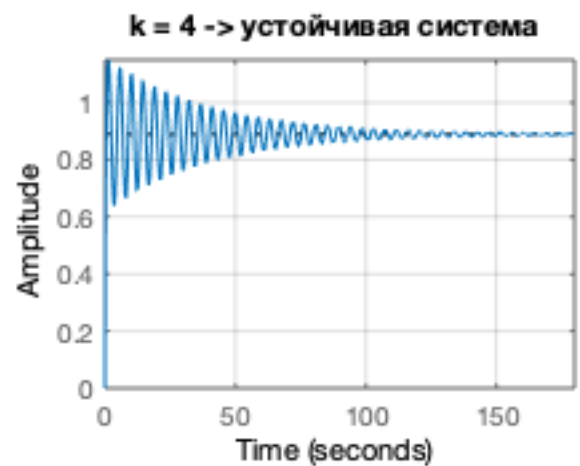
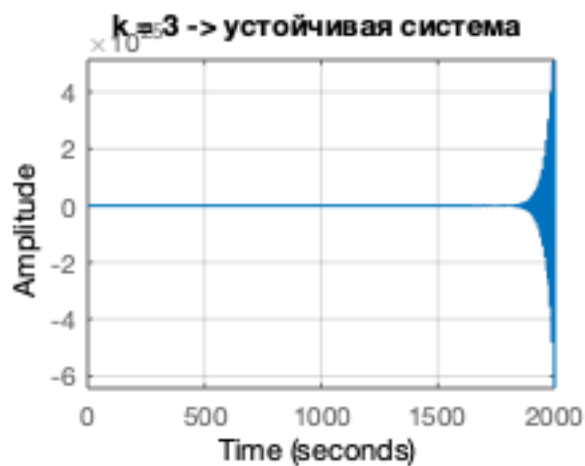
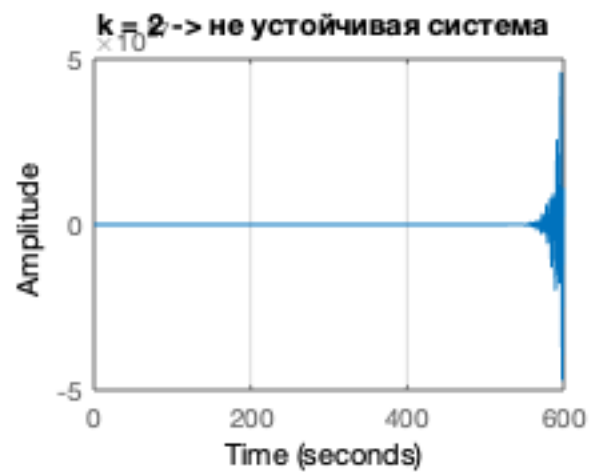
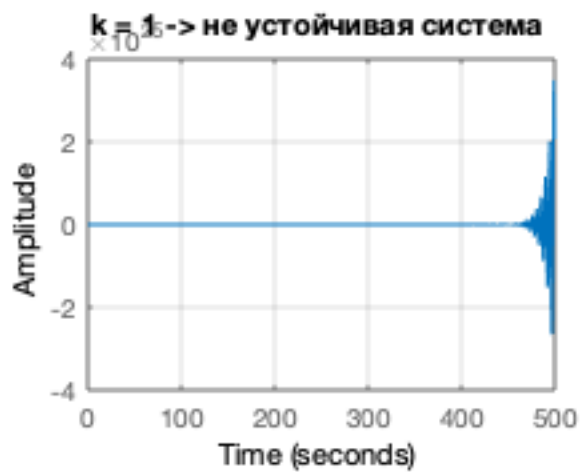
Для устойчивости годограф не должен охватывать точку $(-1;0)$, что он и не делает значит система устойчива

```
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');
```



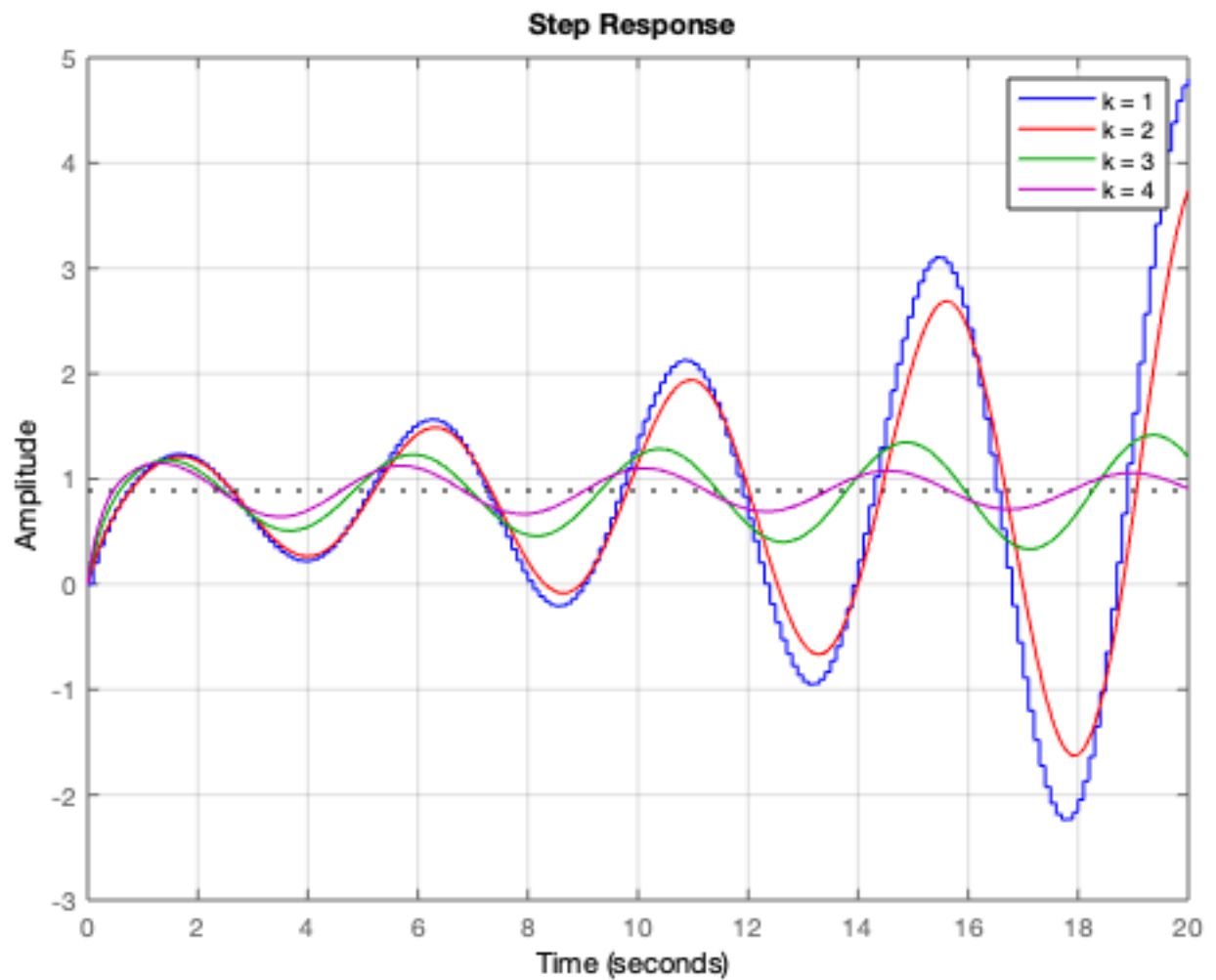
Строим реакцию системы на ступеньку

```
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');
```



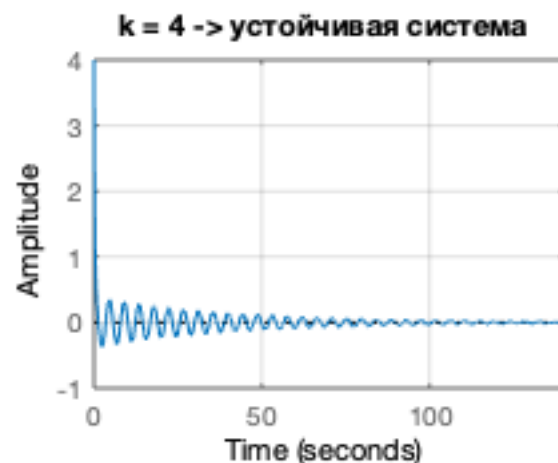
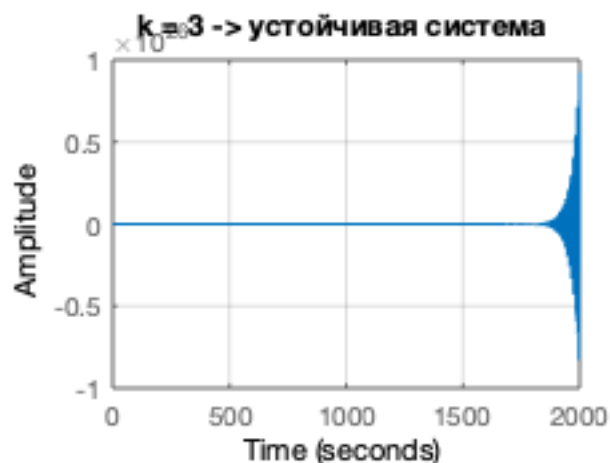
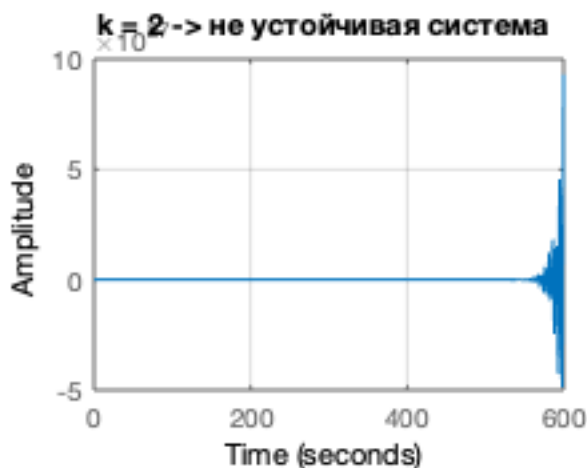
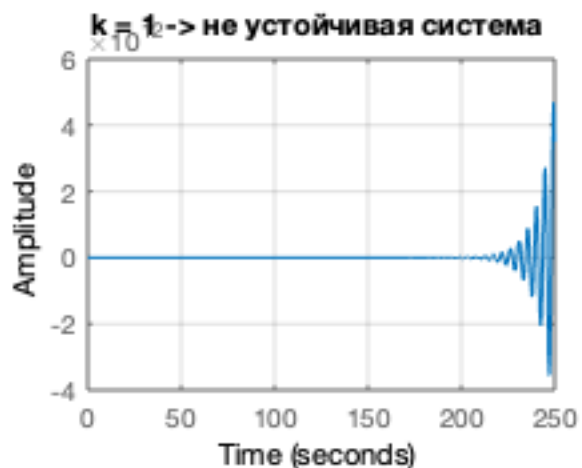
Для разных коэффициентов усиления

```
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