Отчет ДЗ 1
Смолкина Юлия
Вариант 3
Методы классического и интеллектуального управления динамическими системами

Варианты заданий

№	Источник	Пример, страница, описание.
1.	Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-ти тт.; 2-изд., перераб. И доп. Т.4: Теория оптимизации систем автоматического управления / Под ред. К. А. Пупкова и Н. Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 744 С. ISBN: 5-7038-2192-4:	- пример 5.8. Оптимальное управление транспортным самолетом при заходе на посадку (стр. 189);
2.		- пример 5.6. Управлением положения ротора двигателя постоянного тока (стр. 178); Формула (5.112)
3.		- пример 5.10. Управление гироскопическим компасом. (стр. 202); Формула (5.162)

Нам дана задача о наискорейшем приведении в меридиан гироскопического компаса.

1. Понять физический смысл фазовых координат динамической системы

y(t) - вектор наблюдения выхода
x(t) - траектория

2. Представить систему в векторно-матричном представлении (выделить матрицы A, B)

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & -\dfrac{1,53921}{41,1368} & -\dfrac{1,53921}{41,1368}\cdot 0,62 \\ 41,1368\cdot 10^{-6} & 0 & 0 \\ 0 & -1,5\cdot 10^{-3} & -1,5\cdot 10^{-3} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

   были выделены в источнике

3. Проверить устойчивость разомкнутой системы (без управления), найдя её собственные числа (функция eig в MATLAB)

eig(A)

```
ans = 3×1 complex
10^-3 ×
   -0.3088 + 0.9481i
   -0.3088 - 0.9481i
   -0.8824 + 0.0000i
```

4. Проверить управляемость системы (функция rank в MATLAB).

```
G = [B A*B A^2*B];
if rank(G) ~= 3
    display('Система неуправляема');
else
    display('Ситема управляема');
end
```

Таким образом **система управляема**.

5. Синтезировать стабилизирующий в нуле линейно-квадратичный регулятор по состоянию (функция care или lqr в MATLAB).

K = lqr(A,B,Q,R)

```
K = 1×3
      9.8534  -22.6465  -26.7663
```

6. Провести 3-4 эксперимента по моделированию замкнутой системы с линейно-квадратичным регулятором по состоянию для различных начальных условий и весовых матриц $Q \geq 0$ и $R > 0$ (подбираются произвольно). Построить графики переходных процессов, выявить качественные закономерности изменения переходных процессов при изменении весовых матриц Q и R. Для этого нужно увеличивать норму одной из матриц, оставляя другую матрицу неизменной.

7. Задать самостоятельно вектор выхода системы. Для это нужно задать матрицу C отличной от единичной (если C – единичная, то выход y совпадает с x) так, чтобы система оставалась наблюдаемой (проверка наблюдаемости - функция rank в MATLAB).

C = [0 0 0; 0 0 0];

```
x = 201×3
      0.3000    0.0100    0.0100
      0.2788    0.0101    0.0097
      0.2590    0.0102    0.0094
      0.2403    0.0103    0.0091
      0.2228    0.0104    0.0088
      0.2063    0.0105    0.0085
      0.1909    0.0106    0.0083
      0.1764    0.0107    0.0080
      0.1628    0.0107    0.0077
      0.1500    0.0108    0.0074
        ⋮
```

8. Построить наблюдатель полного порядка.

Теперь конструируем полного наблюдателя, для этого необходимо найти матрицу L. Матрицу L выберем исходя из формального правила, что собственные числа A-LC должны быть на порядок больше с.з. A-BK:

```
%Используем K с предыдущего шага
eigen_values = eig(Ak)
L = place(A.', C.', 10*eigen_values).'
Aobs = [A-B*K B*K;
    zeros(size(A)) A-L*C]
Bobs = [B; zeros(size(B))]
Cobs = [C zeros(size(C))]
Dobs = [0;0;0]
sys_obs = ss(Aobs, Bobs, Cobs, Dobs);
t = 0:10:2000; %в оригинальном тексте приводится решение для t_max < 2040
r = zeros(size(t)); %возмущения
X0obs = [X0; C*X0];
[y,t,x] = lsim(sys_obs, r, t, X0obs);
x
plot(t, x(:,1))
hold on
plot(t, x(:,2))
plot(t, x(:,3))
hold off
```

```
L = 3×3
    0.0741   -0.0182   -0.0382
   -0.0004    0.0006   -0.0001
    0.0075   -0.0107    0.0161

Aobs = 6×6
   -0.0063   -0.0204   -0.0062    0.0063   -0.0170   -0.0170
    0.0000         0         0         0         0         0
         0   -0.0015   -0.0015         0         0         0
         0         0         0   -0.0614   -0.0000    0.0000
         0         0         0    0.0000   -0.0009   -0.0000
         0         0         0   -0.0000    0.0000   -0.0156

Bobs = 6×1
10^-3 ×
    0.6401
         0
         0
         0
         0
         0

Cobs = 3×6
    1.0000    0.5000    0.3000         0         0         0
    0.7000    2.0000    0.4000         0         0         0
         0    1.0000    1.0000         0         0         0

Dobs = 3×1
     0
     0
     0

x = 201×6
    0.3000    0.0100    0.0100    0.3080    0.2340    0.0200
    0.2517    0.0101    0.0097    0.1667    0.2319    0.0171
    0.2008    0.0102    0.0094    0.0902    0.2297    0.0146
    0.1502    0.0103    0.0091    0.0488    0.2276    0.0125
    0.1015    0.0103    0.0088    0.0264    0.2256    0.0107
    0.0554    0.0104    0.0085    0.0143    0.2235    0.0092
    0.0121    0.0104    0.0083    0.0077    0.2215    0.0079
   -0.0283    0.0104    0.0080    0.0042    0.2194    0.0067
   -0.0659    0.0104    0.0077    0.0023    0.2174    0.0057
   -0.1007    0.0103    0.0074    0.0012    0.2154    0.0049
      :
```

9. Построить стабилизирующий в нуле линейно-квадратичный регулятор с наблюдателем.

Теперь синтезируем линейно-квадратичный регулятор.

Введём параметры для системы

```
C = [0 0 0; 0 0 0];
D = [0; 0];
inputs = {'u'};
outputs = {'x' 'o'};
t = 0:10:2000; %в оригинальном тексте приводится решение для t_max < 2040
r = zeros(size(t)); %возмущения
```

Положим Q = 100*I, R = 1

```
Q = [100 0 0;
    0 100 0;
    0 0 100]
R = 1;
K = lqr(A,B,Q,R)
```

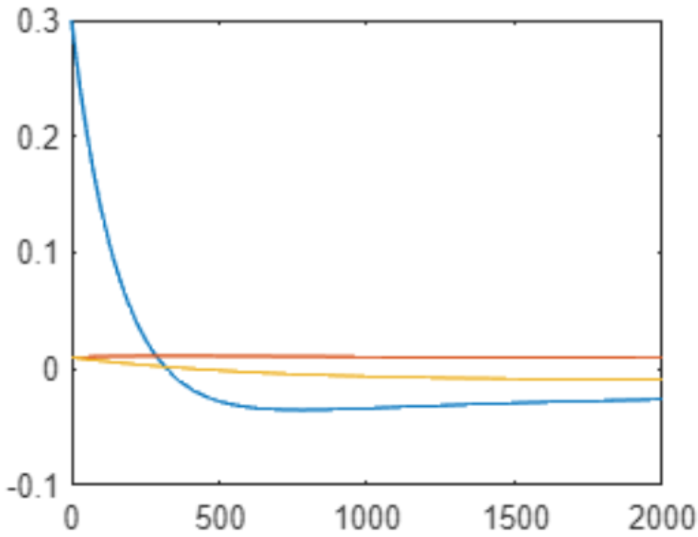
Попробуем

```
Ak = A-B*K
sys = ss(Ak, B, C, D, 'inputname', inputs, 'outputname', outputs);
[y,t,x] = lsim(sys, r, t, X0);
x
plot(t, x(:,1))
hold on
plot(t, x(:,2))
plot(t, x(:,3))
hold off
```

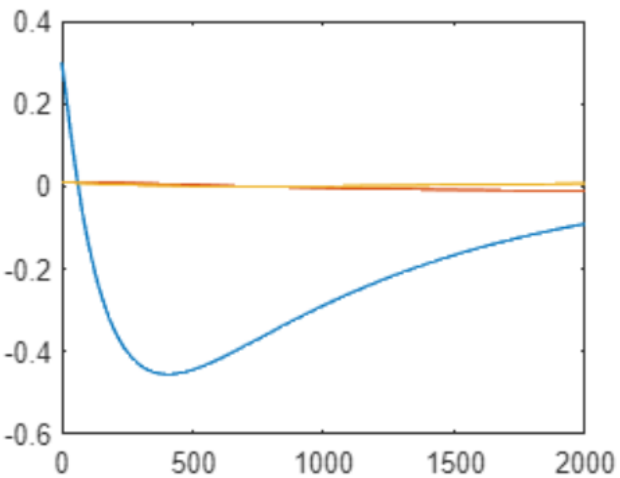
10. Провести 2-3 эксперимента по моделированию замкнутой системы с

линейно-квадратичным регулятором по выходу для различных начальных условий и весовых матриц Q, R. Построить графики переходных процессов. Убедиться в устойчивости системы.

Эксперимент 1)
Положим Q = 100*I, R = 1



Эксперимент 2)
Положим
Q = [100 0 0; 0 100 0; 0 0 100];   R = 1;



x = 201×6

0.3000	0.0100	0.0100	0.3080	0.2340	0.0200
0.2571	0.0101	0.0097	0.1667	0.2315	0.0171
0.2112	0.0102	0.0094	0.0902	0.2290	0.0146
0.1653	0.0103	0.0091	0.0488	0.2265	0.0125
0.1211	0.0103	0.0088	0.0264	0.2240	0.0107
0.0791	0.0104	0.0085	0.0143	0.2216	0.0092
0.0397	0.0104	0.0083	0.0077	0.2192	0.0079
0.0030	0.0104	0.0080	0.0042	0.2169	0.0067
-0.0311	0.0104	0.0077	0.0023	0.2145	0.0058
-0.0627	0.0104	0.0074	0.0012	0.2122	0.0049

: