

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра САУ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе № 3**  
**по дисциплине «Нелинейное и адаптивное управление в технических**  
**системах»**  
**ТЕМА: СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ С МОДАЛЬНЫМ**  
**УПРАВЛЕНИЕМ И НАБЛЮДАТЕЛЕМ СОСТОЯНИЯ**

Вариант 1

Студент гр. 9492

\_\_\_\_\_

Викторов А.Д.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Нгуен Зуи Хань

Санкт-Петербург

2024

**Цель работы:** овладение навыками исследования систем с модальным управлением и наблюдателем состояния, исследование эффективности модального управления и стационарного наблюдателя полного порядка при изменении параметров объекта уравнения.

### Вариант задания

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 5 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{c} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

### Ход работы

Построим и исследуем моделированием объект управления. Схема объекта представлена на рисунке 1.

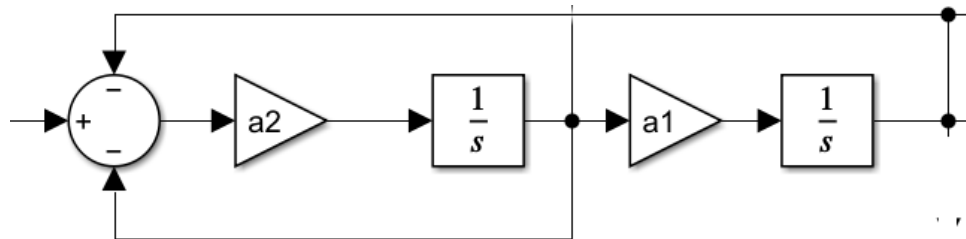


Рисунок 1 - Схема системы

График переходного процесса данного объекта управления представлен на рисунке 2. Нетрудно заметить, что есть перерегулирование и колебательность.

Для выполнения данной лабораторной работы будем использовать систему, приведенную на рисунке 3. Так же в работе будем использовать скрипт, приведенный в листинге 1.

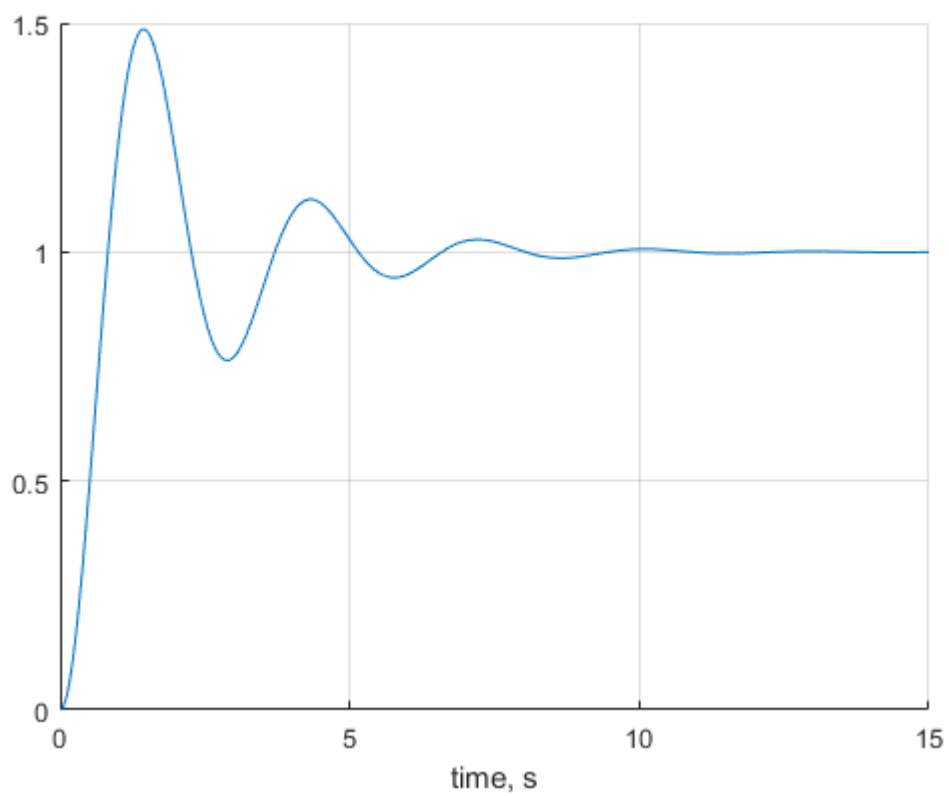


Рисунок 2 - График переходного процесса ОУ

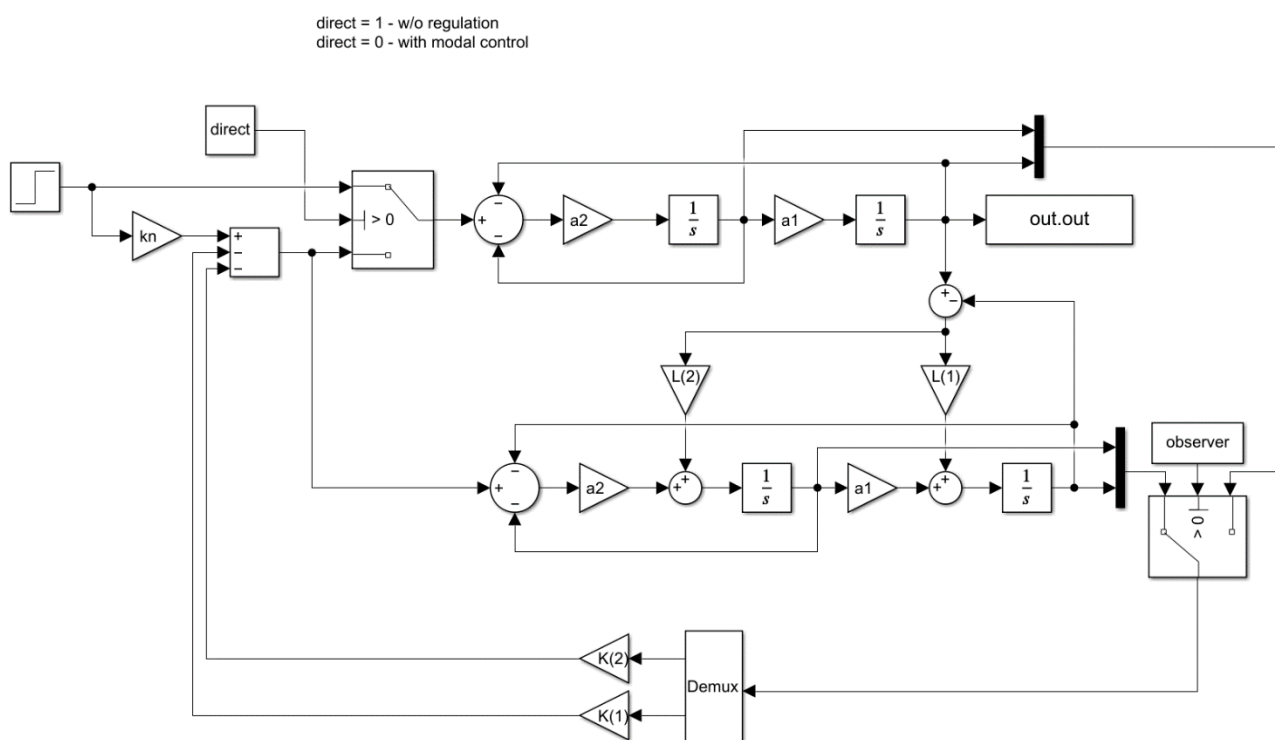


Рисунок 3 - Структурная схема системы для проведения исследования

```
clc, clear, close all

%% envs
a1 = 5; % 5
a2 = 1; % 1
A = [0 a1; -a2 -a2];

b = [0; a2];
c = [1 0];

p = [-4.5 -4.5];
K = acker(A,b,p);
kn = 1 / (-c/(A-b*K)*b);
L=acker(A',c',p);
x1_0 = 0;
x2_0 = 0;

%% w/o control
direct = 1;
observer = 0;
t = 15;
result=sim('lab_3.slx');

figure
hold on
time = result.out.Time;
plot(time, result.out.Data)
xlabel("time, s")
grid
hold off

%% modal control
direct = 0;
observer = 0;
t = 2.5;

figure
hold on
for i = [[5; 1], [5*3; 1], [5; 1/3]]
    a1 = i(1);
    a2 = i(2);

    result=sim('lab_3.slx');
    time = result.out.Time;
    plot(time, result.out.Data)
end
legend( ...
    "a_1 = 5; a_2 = 1", ...
    "a_1 = 15; a_2 = 1", ...
    "a_1 = 5; a_2 = 1/3" ...
)
xlabel("time, s")
grid
hold off

%% modal control with observer
direct = 0;
observer = 1;
t = 2.5;
```

```

figure
hold on
for i = [[5; 1], [5*3; 1], [5; 1/3]]
    a1 = i(1);
    a2 = i(2);

    result=sim('lab_3.slx');
    time = result.out.Time;
    plot(time, result.out.Data)
end
legend( ...
    "a_1 = 5; a_2 = 1", ...
    "a_1 = 15; a_2 = 1", ...
    "a_1 = 5; a_2 = 1/3" ...
)
xlabel("time, s")
grid
hold off

%% changes in initial condition
direct = 0;
observer = 1;
t = 2.5;
a1 = 5;
a2 = 1;

figure
hold on
for i = [-0.5 0 0.5]
    x1_0 = i;
    x2_0 = i;

    result=sim('lab_3.slx');
    time = result.out.Time;
    plot(time, result.out.Data)
end
legend( ...
    "x_1(0) = x_2(0) = -0.5", ...
    "x_1(0) = x_2(0) = 0", ...
    "x_1(0) = x_2(0) = 0.5" ...
)
xlabel("time, s")
grid
hold off

```

Построим модальное управление и исследуем систему при замыкании обратных связей модального управления по переменным состояния объекта управления при номинальных параметрах и при изменении параметров  $a_1$  и  $a_2$  в 3 раза. (см. рис. 4).

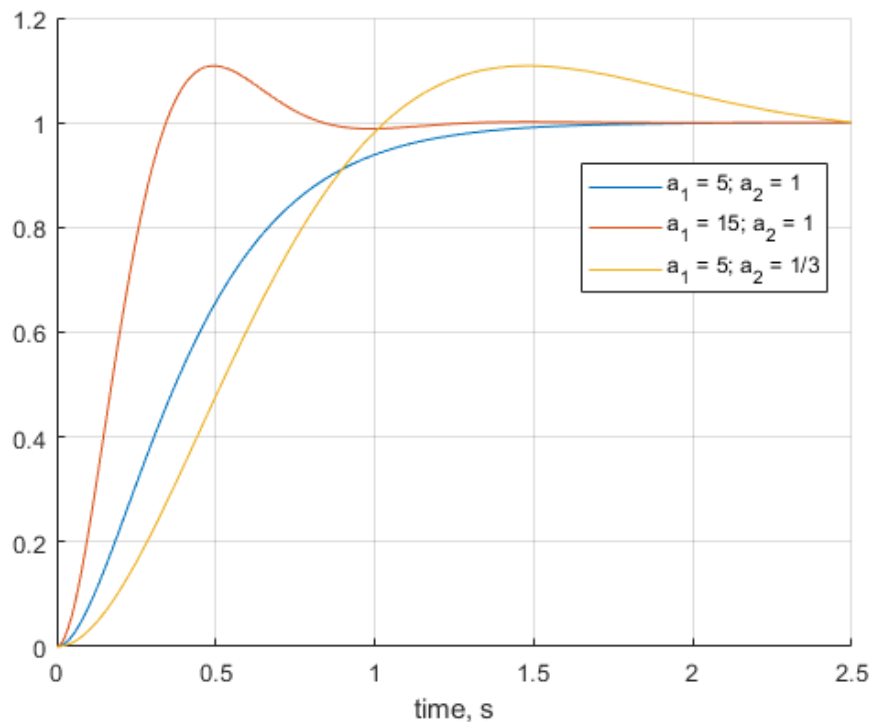


Рисунок 4 - График переходных процессов системы с модальным управлением

По рисунку 4 видно, что модальное управление позволяет привести график переходного процесса к наиболее оптимальному виду. При этом оптимальным он будет только при тех параметрах системы для которых рассчитан модальный регулятор, это видно по желтому и оранжевому графикам.

Коэффициенты модального регулятора:  $K = (3.05 \ 8.00)$

Корни ХП объекта управления с модальным регулятором можно найти с помощью следующей команды:  $\text{eig}(A+bK^T - \lambda E) = (3.25 \ 12.74)$

Добавим к этому объекту управления наблюдатель полного порядка. В случае если не все переменные состояния наблюдаемы он позволяет получать оценку всех переменных состояния.

Коэффициенты наблюдателя состояния:  $L = (8.00 \ 1.45)$

Корни ХП объекта управления с наблюдателем состояния можно найти с помощью следующей команды:  $\text{eig}(A+Lc^T - \lambda E) = (21.55 \ 2.44)$

График переходного процесса объекта управления с модальным управлением и наблюдателем состояния полного порядка представлен на рисунке 5. Нетрудно заметить, что этот график идентичен графику на рис. 4, однако стоит заметить, что в данном случае для управления используются не прямые измерения переменных состояния, а их оценки.

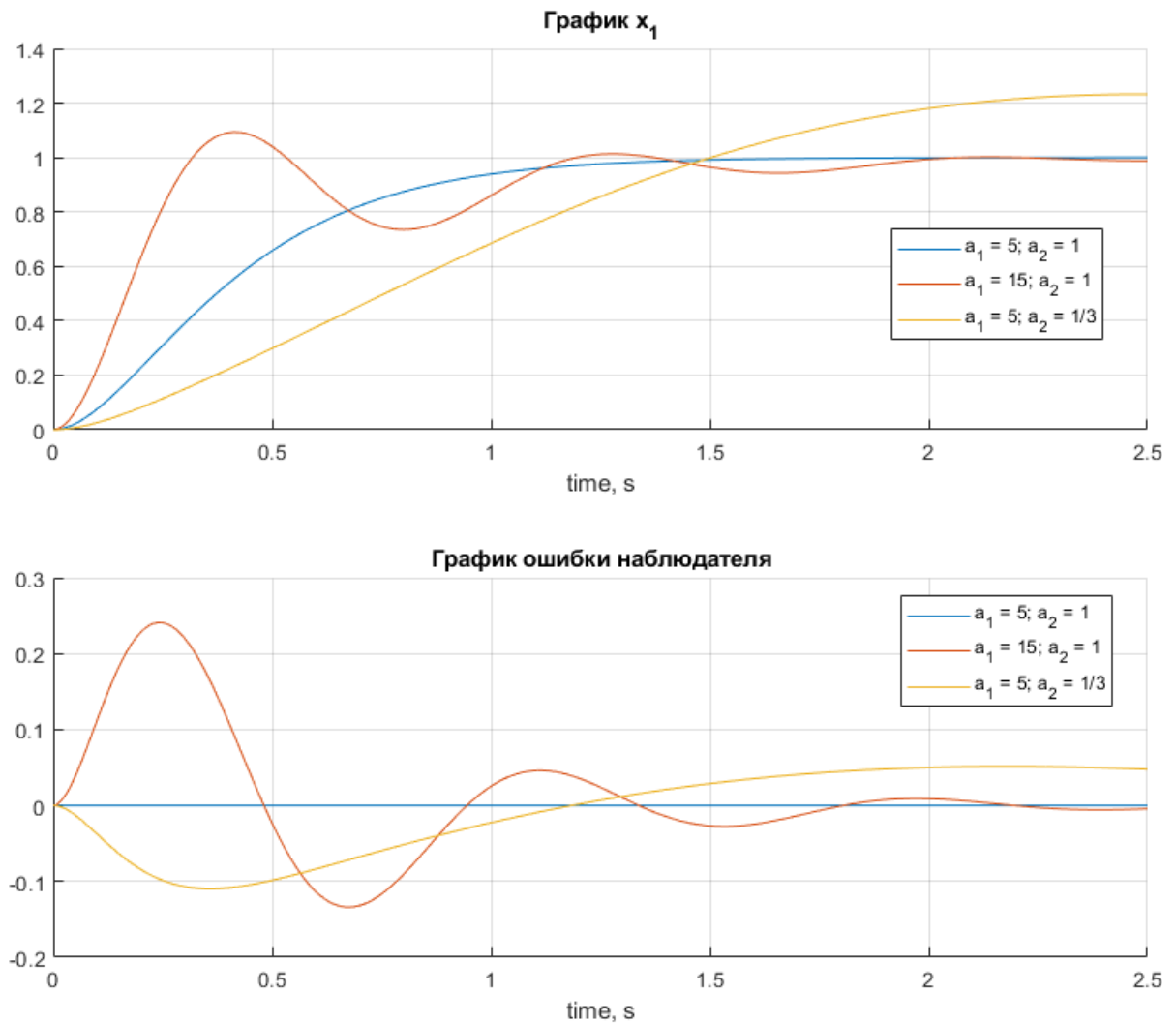


Рисунок 5 - График переходных процессов системы с модальным управлением и наблюдателем состояния

Исследуем систему с модальным управлением и наблюдателем состояния полного порядка при номинальных параметрах объекта управления и наличии отклонений начальных значений переменных состояния от нулевых значений в диапазоне  $[-0.5 \ 0.5]$ .

График переходных процессов представлен на рисунке 6.

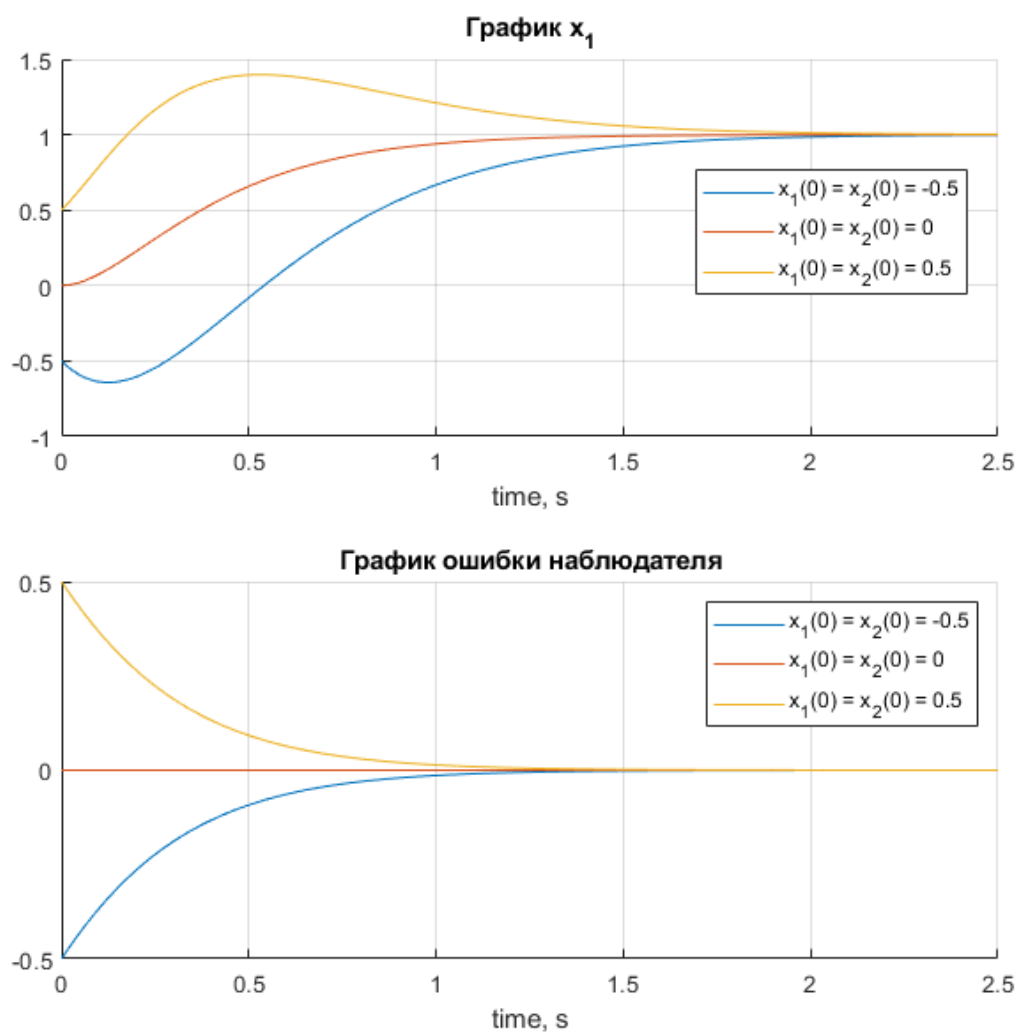


Рисунок 6 - Переходный процесс ОУ при разных начальных условиях

## Вывод

В данной лабораторной работе были проведены исследования, которые позволили овладеть навыками исследования систем с модальным управлением и наблюдателем состояния, были проведены исследования эффективности модального управления и стационарного наблюдателя полного порядка при изменении параметров объекта уравнения.