ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

по дисциплине: «Моделирование систем управления»

Вариант №3

Выполнил

студент группы СУА-21

Зеленюк В.А.

Проверил

Волуева О.С.

Донецк

2025

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: «Получение описания MIMO - систем произвольной структуры в пространстве состояний (ПС)»

Цель работы: ознакомление с описанием и исследование многомерных динамических систем управления, заданных произвольной структурой, в пространстве состояний.

ЗАДАНИЕ

Даны математические модели трех систем и структурная схема, представляющая собой соединение этих систем. Необходимо:

1. Ознакомиться с основными элементами теории.
2. Привести все системы в варианте в форму (2.1).
3. Запустить систему MATLAB и создать три ss-объекта, в соответствии с заданным вариантом. В соответствии со структурной схемой получить матрицы A, B, C, D результирующей системы с помощью команд append, connect. Получить переходные характеристики переменных состояния и выхода системы как реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие.
4. Построить развернутую схему моделирования для заданной схемы соединения трех систем и вывести уравнения в пространстве состояний.
5. Задать полученную в п.4 модель в виде **ss**-объекта и построить переходные характеристики переменных состояния и выхода системы. Сравнить с полученными характеристиками п.3.
6. В MATLAB - Simulink набрать схему моделирования результирующей МІМО – системы, полученную в п.4., и получить переходные характеристики вектора состояния и выхода многомерной системы.
   1. Оформить отчет.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Уравнение системы | схема |
| 3 |  | 3 |

|  |
| --- |
| Структурная схема |
|  |

Ход работы

2. Приведем матрицы в форму 2.1:

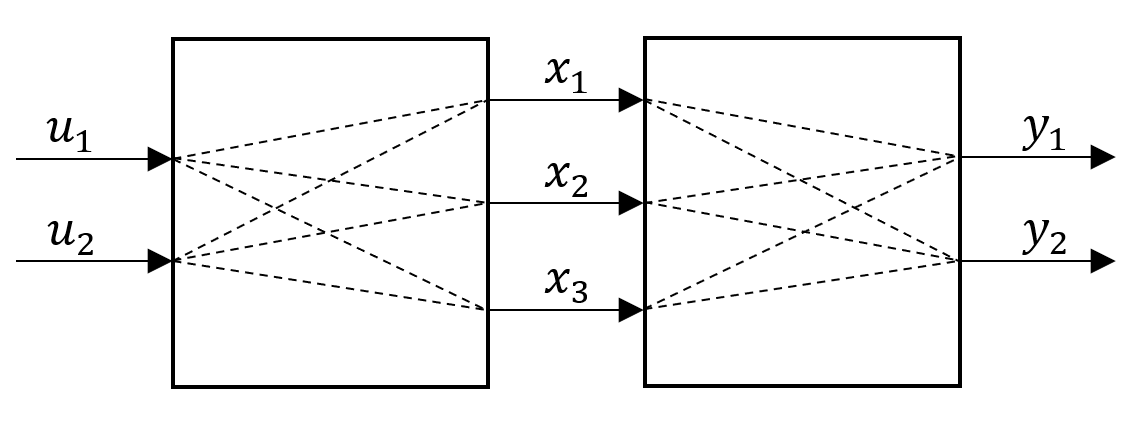


Рис. 1 - исходные матрицы в виде MIMO-схемы

3. Создадим три ss-объекта в MATLAB и проведем моделирование:

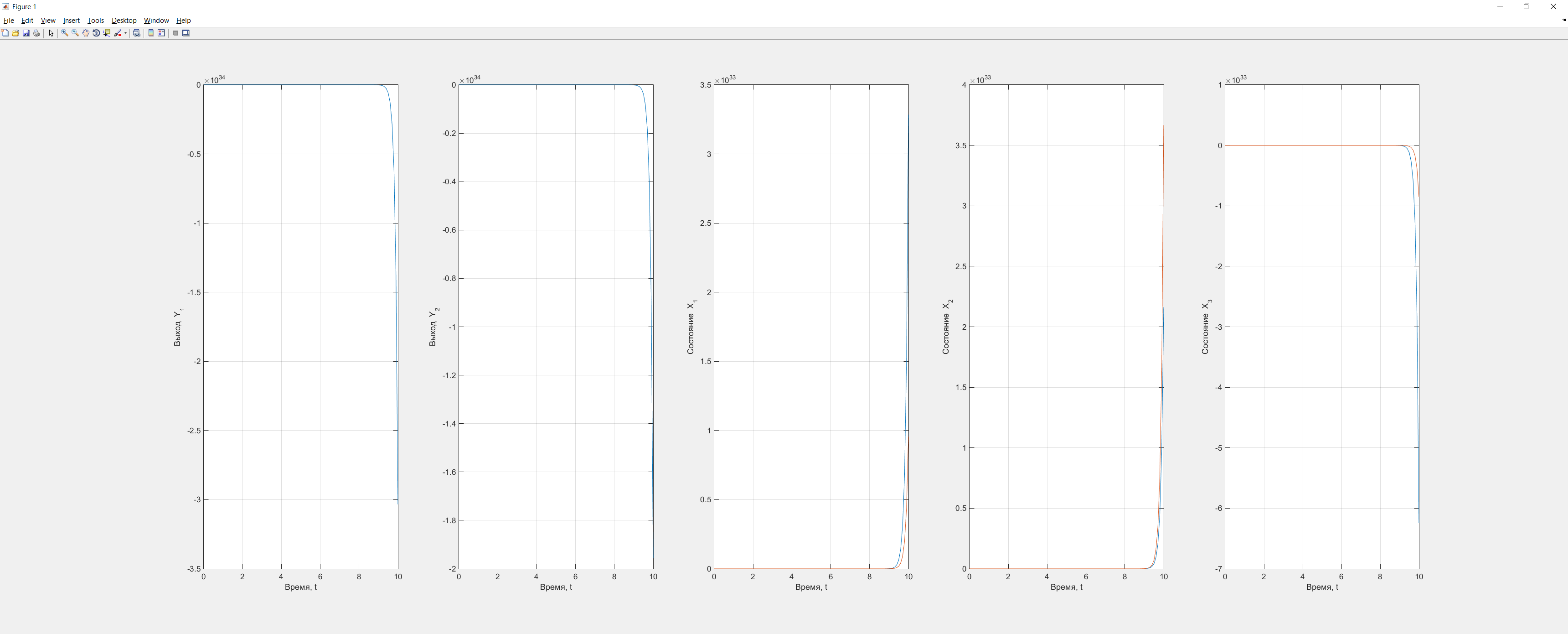


Рис. 2 - моделирование системы из трех ss-объектов

4. Построим развернутую схему моделирования:

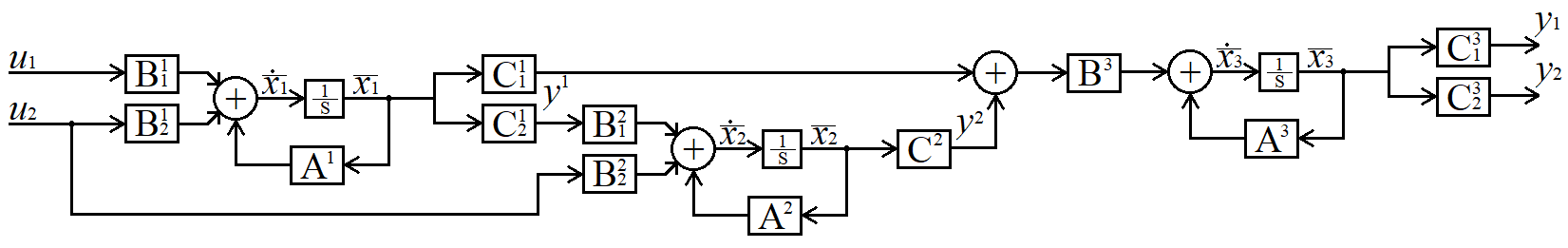


Рис. 3 - схема моделирования исходных систем

Составим уравнения в пространстве состояний

5. Зададим полученную в П.4 модель в виде ss-объекта и проведем моделирование:

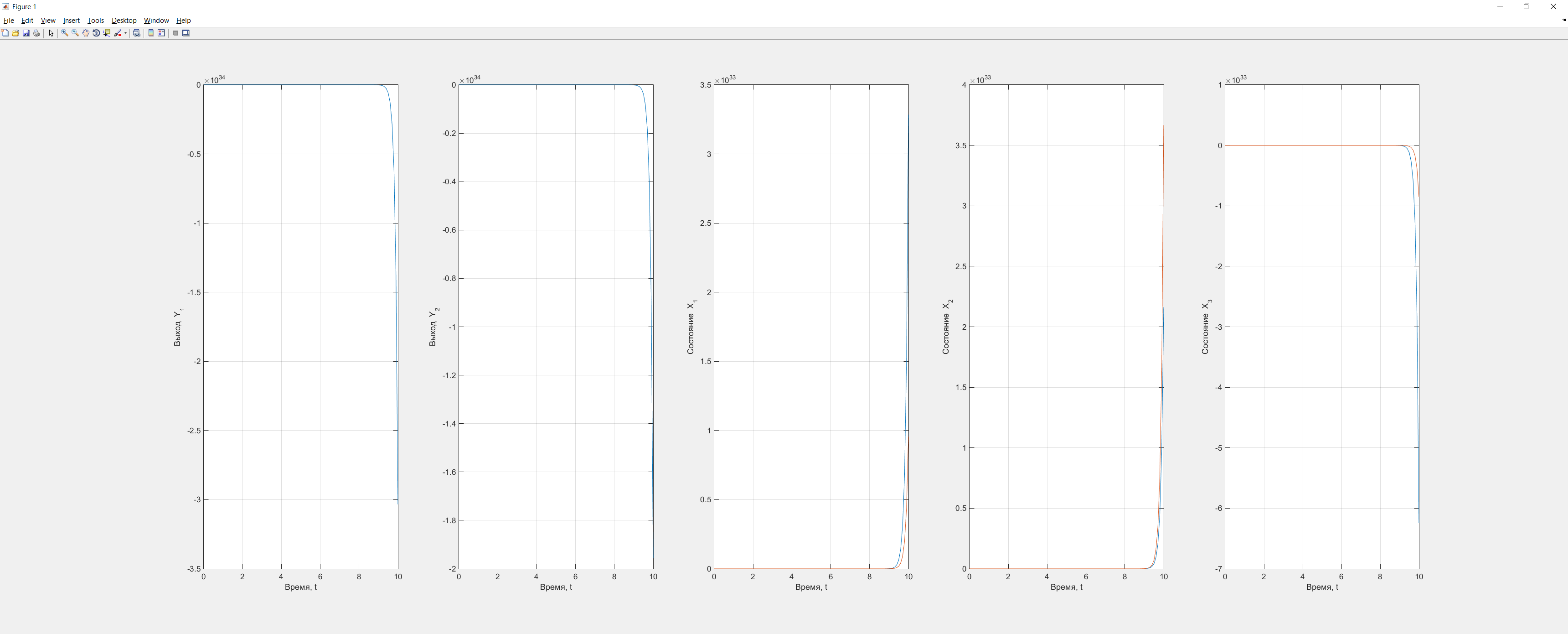


Рис. 4 - переходные характеристики MIMO-системы, полученной вручную

6. Построим схему моделирования в Simulink:

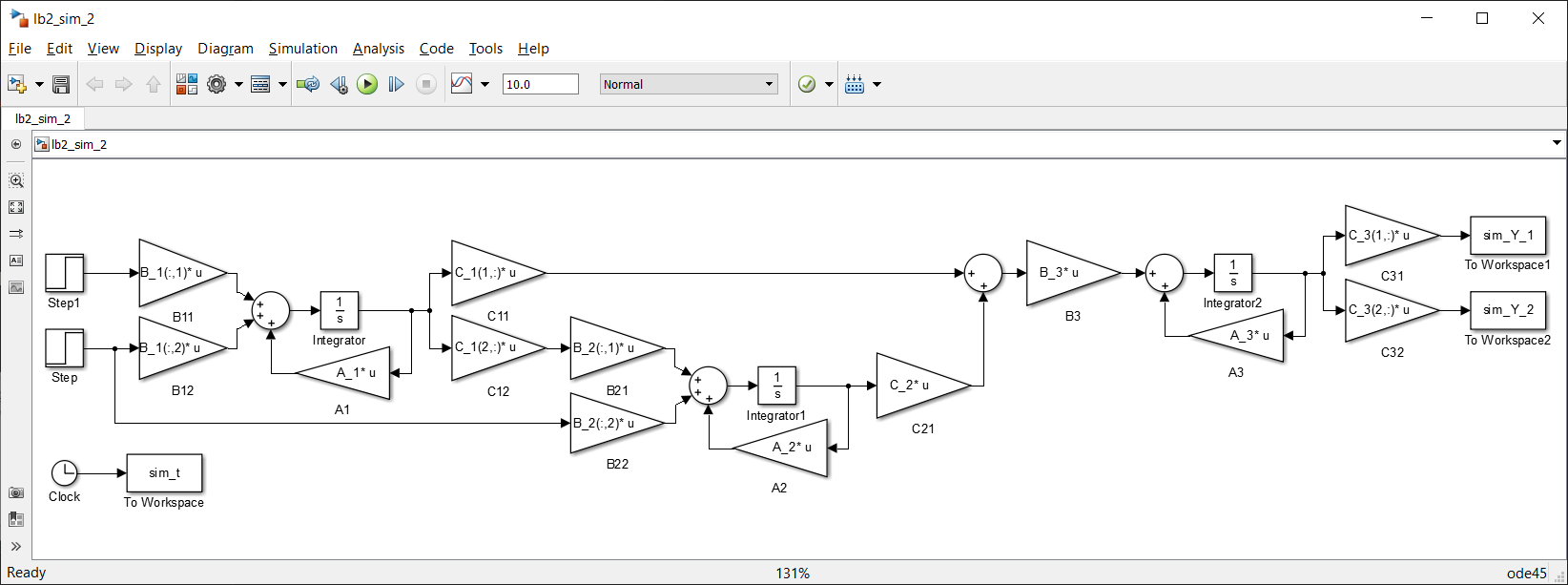


Рис. 5 - схема моделирования MIMO-системы

Проведем моделирование, получим следующие переходные характеристики:

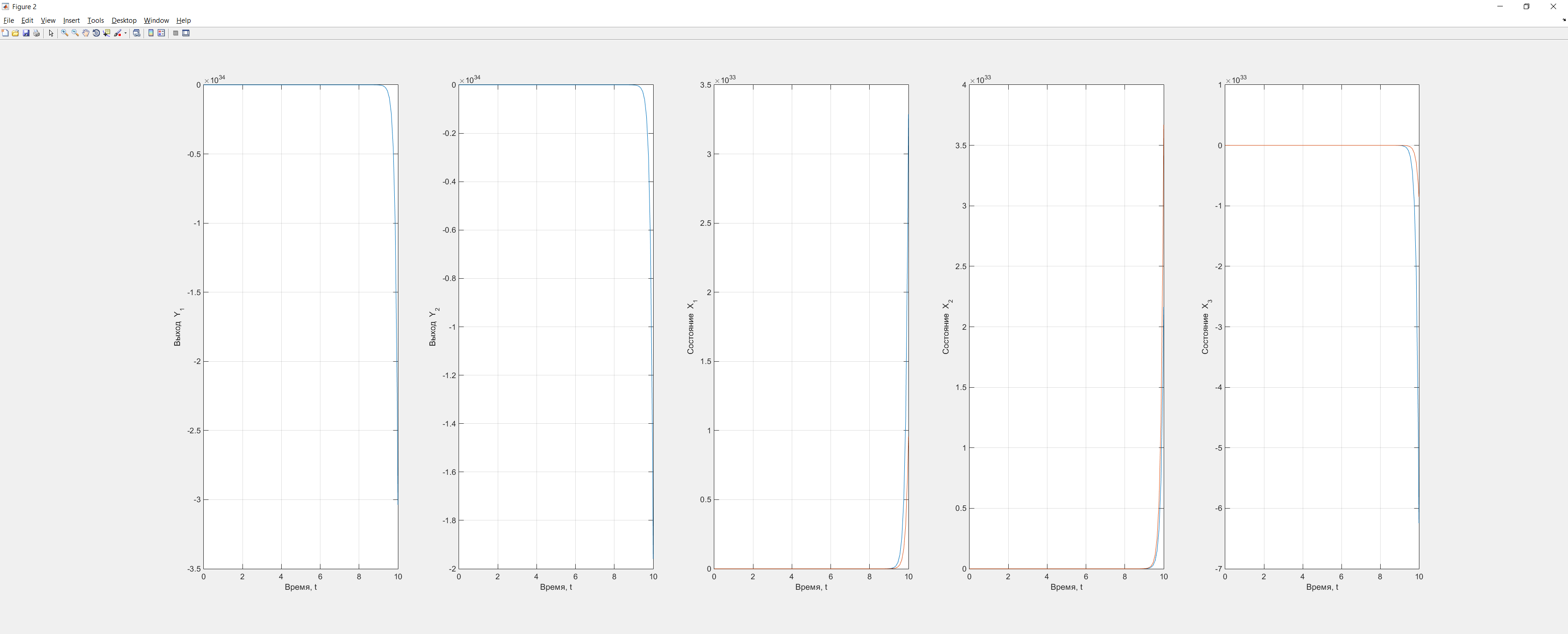


Рис. 6 - переходные характеристики MIMO-системы, построенной в Simulink

ВЫВОДЫ

На данной лабораторной работе было получено описание MIMO-системы в пространстве состояний.

В среде MATLAB были созданы матрицы A, B, C, D исходных трех систем.

В П.3 были созданы 3 ss-объекта по исходным матрицам, в дополнение был создан 4-й ss-объект в виде единичной передаточной функции для возможности дополнительного обозначения входов и выходов. Были пронумерованы входы, выходы и связи внутри систем, в ходе моделирования автоматически получены результирующие матрицы A, B, C, D и переходные характеристики выходов и состояний.

В П.4 была построена развернутая схема моделирования, по ней были составлены уравнения в пространстве состояний и вручную получены результирующие матрицы A, B, C, D. В П.5 на основе данных матриц были получены ss-модели и проведено моделирование, получены переходные характеристики выходов и состояний.

В П.6 схема моделирования была реализована в пакете Simulink, получены переходные характеристики выходов и состояний.

В ходе моделирования было выявлено, что результирующие матрицы A, B, C, D при автоматических расчетах и при ручных совпали - в MATLAB разность данных матриц дала нулевые матрицы. Таким образом, ручные расчеты были проведены правильно.

Переходные характеристики выходов и состояний системы в ходе автоматических, ручных расчетов и моделирования в Simulink совпали, что говорит о правильности построения системы приведенными способами.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Листинг .m-файла программы MATLAB для получения ss-моделей и переходных характеристик:

%Задание исходных матриц

A\_1=[7 3; 2 1]; B\_1=[1 0; 0 2]; C\_1=[3 -2; 2 1]; D\_1=zeros(2,2);

A\_2=[1 2; 3 2]; B\_2=[1 -1; 2 1]; C\_2=[-4 3]; D\_2=zeros(1,2);

A\_3=[1 2; 3 -2]; B\_3=[-4; 1]; C\_3=[5 -1; 3 1]; D\_3=zeros(1,1);

%П.3 - создать 3 ss-объекта, получить матрицы A, B, C, D и переходные характеристики X и Y

SYS\_1=ss(A\_1, B\_1, C\_1, D\_1);

SYS\_2=ss(A\_2, B\_2, C\_2, D\_2);

SYS\_3=ss(A\_3, B\_3, C\_3, D\_3);

SYS\_4=ss(tf(1));

In= [1 6];

Out=[4 5];

Q=[ 5 1 3;

3 2 0;

2 6 0;

4 6 0];

T=connect(append(SYS\_1, SYS\_2, SYS\_3, SYS\_4), Q, In, Out);

[A\_T, B\_T, C\_T, D\_T]=ssdata(T);

%П.5 - задать полученную в П.4 модель в виде ss-объекта, получить матрицы A, B, C, D и переходные характеристики X и Y

A\_h=[ A\_1, zeros(2,2), zeros(2,2);

B\_2(:,1)\*C\_1(2,:), A\_2, zeros(2,2);

B\_3\*C\_1(1,:), B\_3\*C\_2, A\_3];

B\_h=[ B\_1(:,1), B\_1(:,2);

zeros(2,1), B\_2(:,2);

zeros(2,1), zeros(2,1)];

C\_h=[zeros(1,2), zeros(1,2), C\_3(1,:);

zeros(1,2), zeros(1,2), C\_3(2,:)];

D\_h=zeros(2,2);

SYS\_h=ss(A\_h, B\_h, C\_h, D\_h);

[step\_Y, step\_T, step\_X]=step(SYS\_h,10);

step\_Y\_1=step\_Y(:,1,1)+step\_Y(:,1,2);

step\_Y\_2=step\_Y(:,2,1)+step\_Y(:,2,2);

step\_X\_11=step\_X(:,1,1)+step\_X(:,1,2);

step\_X\_12=step\_X(:,2,1)+step\_X(:,2,2);

step\_X\_21=step\_X(:,3,1)+step\_X(:,3,2);

step\_X\_22=step\_X(:,4,1)+step\_X(:,4,2);

step\_X\_31=step\_X(:,5,1)+step\_X(:,5,2);

step\_X\_32=step\_X(:,6,1)+step\_X(:,6,2);

%Сравнение матриц, полученных в П.3 и П.5. Если матрицы нулевые, то посчитано правильно

% A\_T-A\_h

% B\_T-B\_h

% C\_T-C\_h

% D\_T-D\_h

%Вывод графика для модели из П.5

figure(1)

title('Моделирование MIMO-системы, полученной вручную');

subplot(1,5,1)

plot(step\_T, step\_Y\_1); xlabel('Время, t'); ylabel('Выход Y\_1'); grid on;

subplot(1,5,2)

plot(step\_T, step\_Y\_2); xlabel('Время, t'); ylabel('Выход Y\_2'); grid on;

subplot(1,5,3)

plot(step\_T, step\_X\_11, step\_T, step\_X\_12); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_1'); grid on;

subplot(1,5,4)

plot(step\_T, step\_X\_21, step\_T, step\_X\_22); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_2'); grid on;

subplot(1,5,5)

plot(step\_T, step\_X\_31, step\_T, step\_X\_32); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_3'); grid on;

%Вывод графика для модели из П.6

sim('lb2\_sim\_2');

figure(2)

title('Моделирование MIMO-системы в Simulink');

subplot(1,5,1)

plot(sim\_t, sim\_Y\_1); xlabel('Время, t'); ylabel('Выход Y\_1'); grid on;

subplot(1,5,2)

plot(sim\_t, sim\_Y\_2); xlabel('Время, t'); ylabel('Выход Y\_2'); grid on;

subplot(1,5,3)

plot(sim\_t, sim\_X\_1); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_1'); grid on;

subplot(1,5,4)

plot(sim\_t, sim\_X\_2); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_2'); grid on;

subplot(1,5,5)

plot(sim\_t, sim\_X\_3); xlabel('Время, t'); ylabel('Состояние X\_3'); grid on;