**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11**

**по курсу «Адаптивное и робастное управление»**

**АДАПТИВНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ВНЕШНЕГО ВОЗМУЩЕНИЯ**

Вариант № 20

Авторы работы: Кирбаба Д.Д.,

Кравченко Д.В.

Группа: R3438

Преподаватель: Парамонов А.В.

“29” ноября 2023 г.

Работа выполнена с оценкой \_\_\_

Дата защиты “\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

СОДЕРЖАНИЕ

[1. Цель работы 2](#_Toc152234878)

[2. Постановка задачи 3](#_Toc152234879)

[3. Ход работы 5](#_Toc152234880)

[1. Исходные данные 5](#_Toc152234881)

[2. Задание 1 5](#_Toc152234882)

[Проверка системы на управляемость 5](#_Toc152234883)

[Нахождение матрицы эталонной модели 5](#_Toc152234884)

[Поиск матрицы ЛСОС 6](#_Toc152234885)

[3. Задание 2 7](#_Toc152234886)

[4. Задание 3 7](#_Toc152234887)

[8](#_Toc152234888)

[9](#_Toc152234889)

[4. Выводы 11](#_Toc152234890)

# Цель работы

Освоение принципа адаптивной компенсации возмущения на примере решения задачи стабилизации многомерного линейного объекта.

# Постановка задачи

Рассмотрим задачу компенсации внешнего возмущения, действующего на объект

где измеряемый вектор состояния, измеряемые вход и выход объекта, известные матрицы соответствующих размерностей, неизмеряемое мультисинусоидальное возмущение с априори неизвестными амплитудами, частотами и фазами гармоник. Предполагается, что моделируется с помощью автономного генератора

где неизвестные параметры модели.Корни характеристического полинома модели автономного генератора являются чисто мнимыми и некратными.

Имеется также допущение, что сигналы согласованы и

Цель задачи заключается в построении управления, компенсирующего неизвестное возмущение так, чтобы

На основе принципа параметризации выходной переменной объекта, представим величину в следующей форме:

где

Вектор является вектором состояния фильтра

где

- известные матрицы.

На матрицу накладываются следующие ограничения:

* Матрица должна быть гурвицева
* Порядок матрицы должен быть больше либо равен порядку автономного генератора, создающего возмущение
* Пара должна быть полностью управляема

Так как вход фильтра неизмеряемый, то вектор состояния не доступен прямому измерению, в связи с чем возникает необходимость в его оценке. Предложим следующую структуру наблюдателя вектора

где матрица находится из равенства

Тогда можем представить объект в виде:

Далее, используя метод непосредственной компенсации, построим стабилизирующее управление в виде

где матрица линейных обратных стационарных связей такая, что матрица замкнутой системы гурвицева и рассчитывается методом модального управления, вектор оценки.

Динамическая модель ошибок с измеряемым состоянием:

где вектор параметрических ошибок.

Алгоритм адаптации:

где симметричная положительно определенная матрица, являющаяся решением уравнения Ляпунова:

где произвольно выбранная симметричная положительно определенная матрица.

# Ход работы

## Исходные данные

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Матрица** | **Матрица** | **Время переходного процесса,** | **Максимальное перерегулирование,** |
|  |  |  |  |

Таблица 1. Исходные данные (20 вариант).

## Задание 1

### Проверка системы на управляемость

Проверим объект управления на предмет управляемости:

Система полностью управляема.

### Нахождение матрицы эталонной модели

Матрица определяет желаемое качество поведения системы при отсутствии возмущения, представляется, как правило, в каноническом управляемом базисе и составляется из коэффициентов стандартного полинома (Ньютона или Баттерворта):

В нашем случае, так как модель второго порядка и имеет описанные в таблице выше показатели качества, то стандартный полином будет полиномом Ньютона второго порядка.

Пусть ед. от установившейся величины, тогда и

Тогда матрицы эталонной модели:

A computer screen shot of a computer screen

Description automatically generated

Рисунок 1. Схема моделирования эталонной модели.

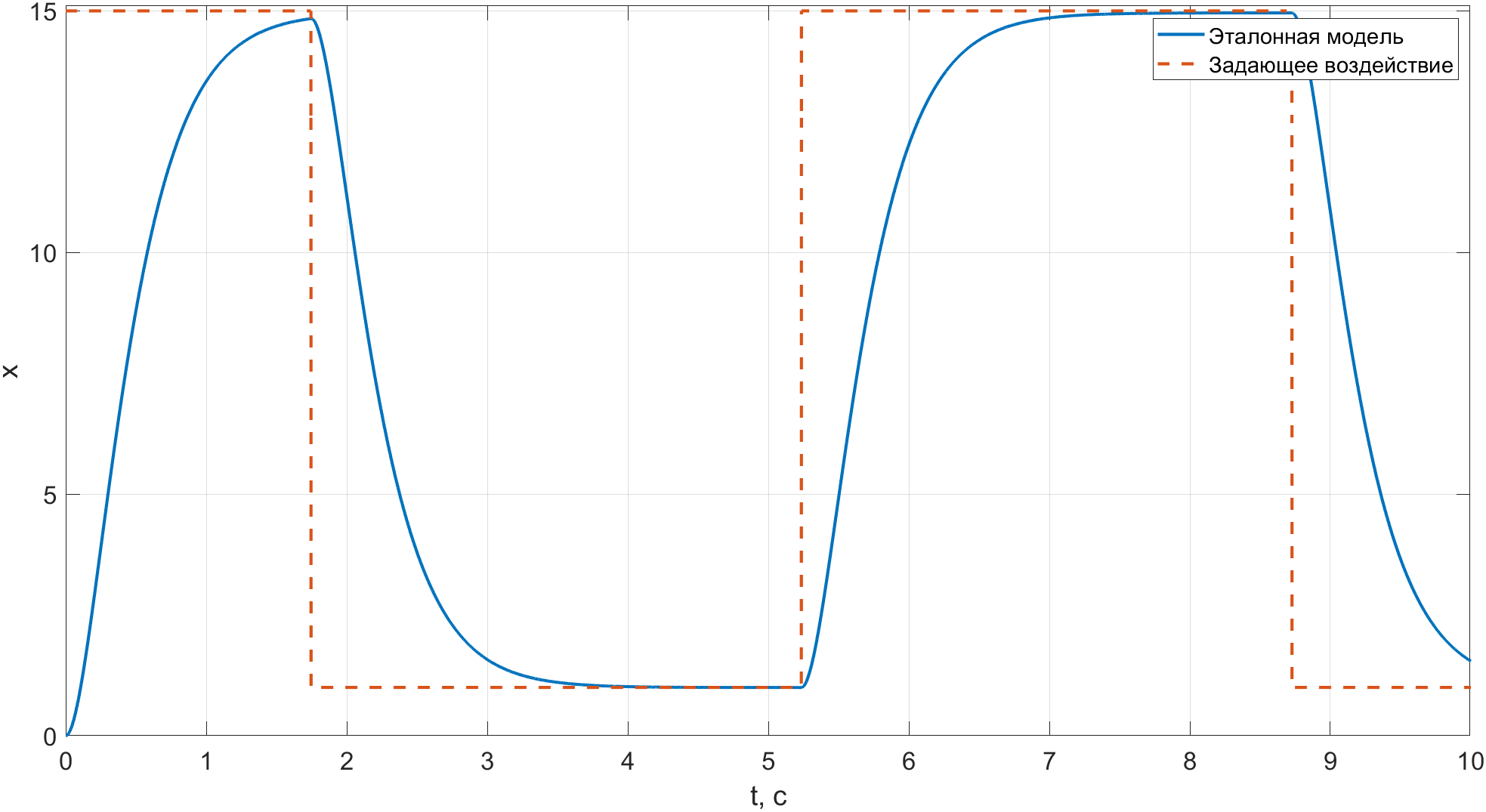


Рисунок 2. Графики задающего воздействия и переходного процесса эталонной модели.

Как видно, перерегулирование и время переходного процесса примерно равно с (примерно, так как при расчете параметров модели мы ставили точность ед. от установившейся величины).

### Поиск матрицы ЛСОС

Построим матрицу линейных обратных стационарных связей с помощью метода модального управления.

где матрица, выбранная из условия полной наблюдаемости пары :

находится из решения уравнения Сильвестра:

## Задание 2

Построим наблюдатель вектора состояния модели возмущения

Функция возмущающего воздействия:

Наблюдатель вектора

## Задание 3

Построим и промоделируем замкнутую систему с адаптивным компенсирующим управлением.

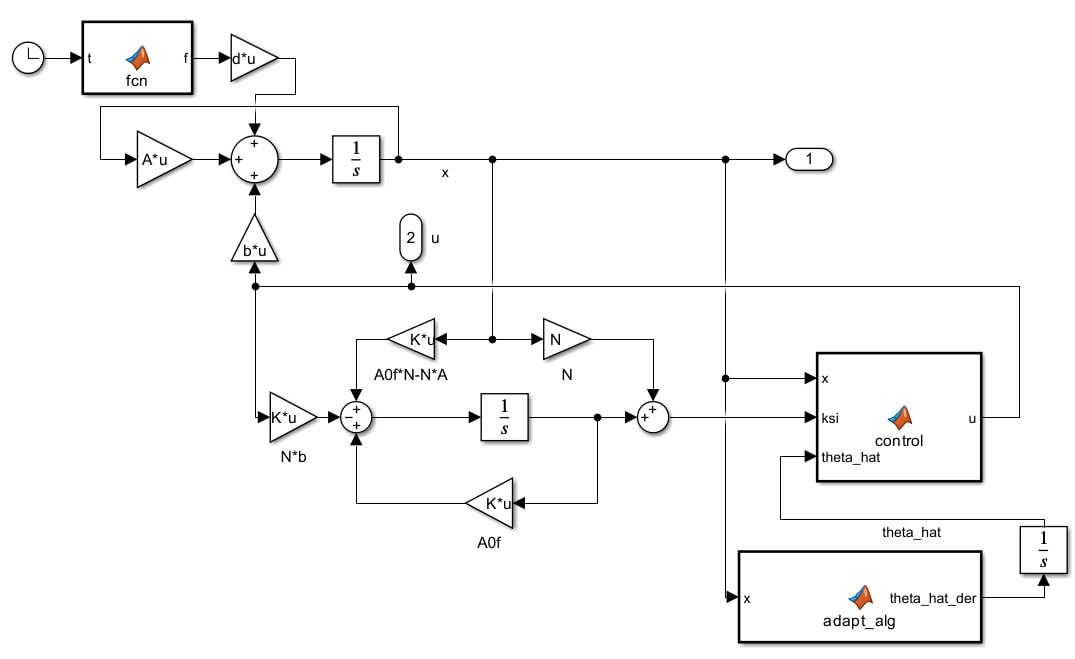


Рисунок 3. Схема моделирования.

### 

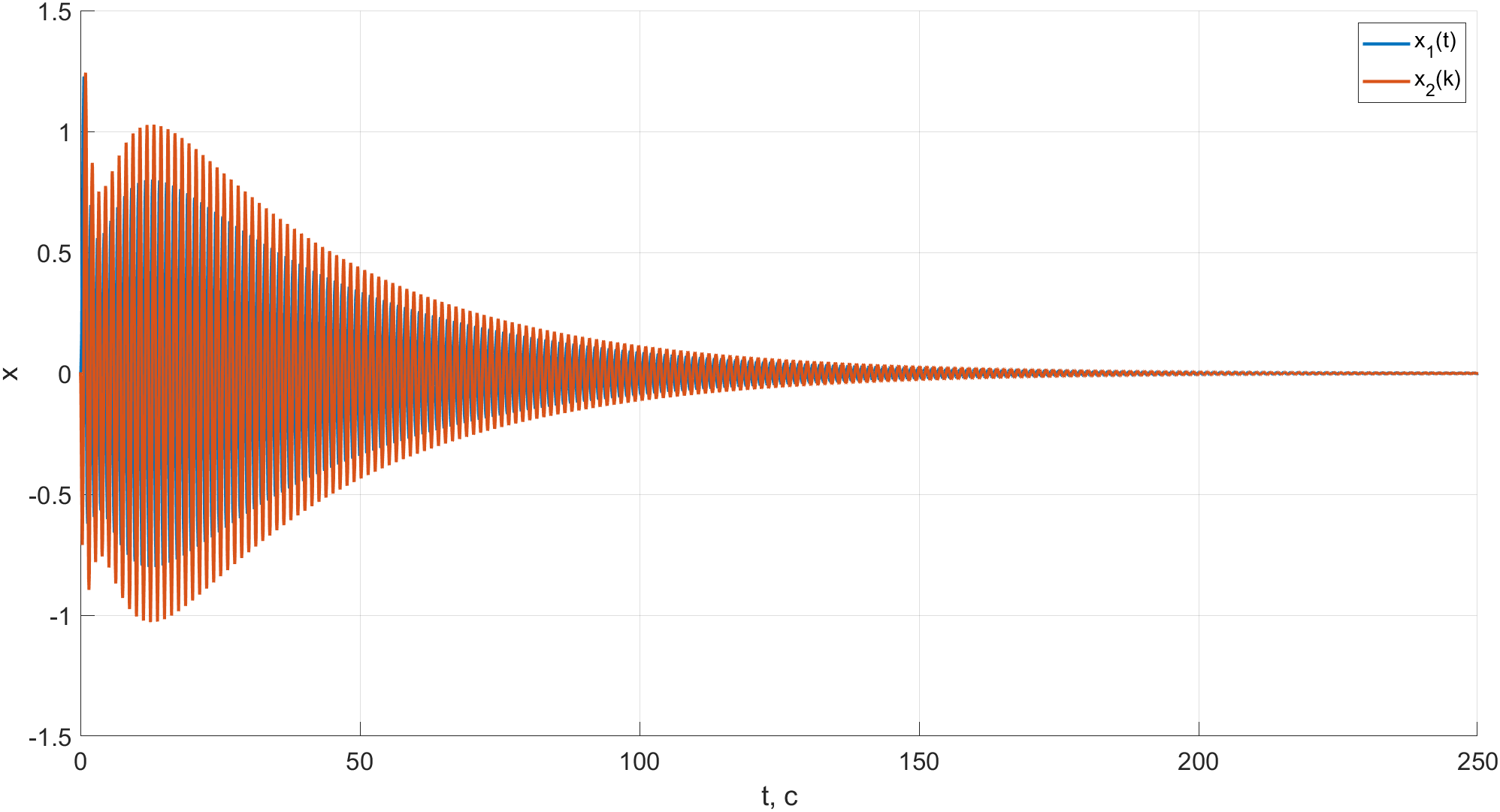


Рисунок 4. График компонент вектора состояния объекта при

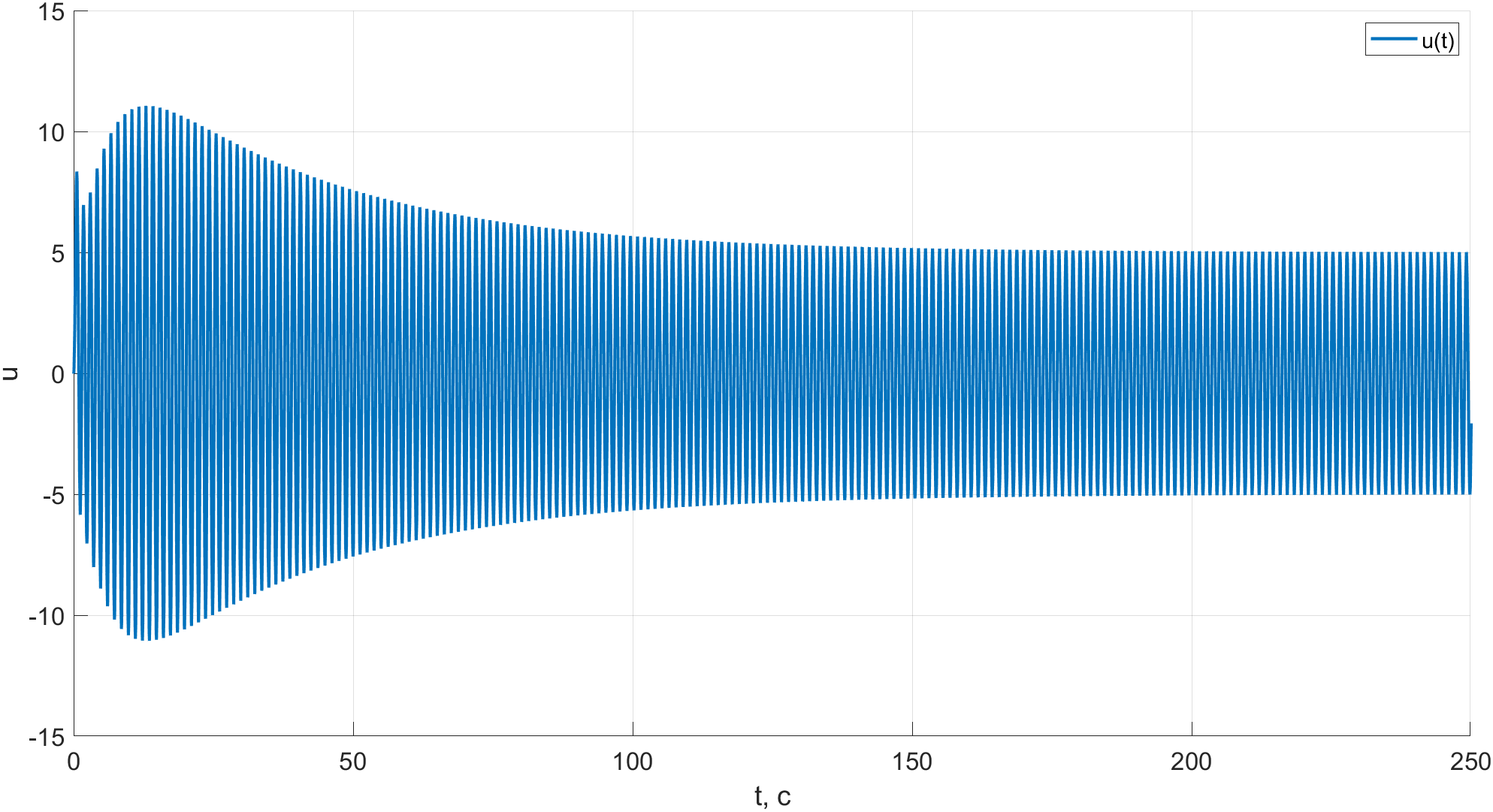


Рисунок 5. График управляющего воздействия при

### 

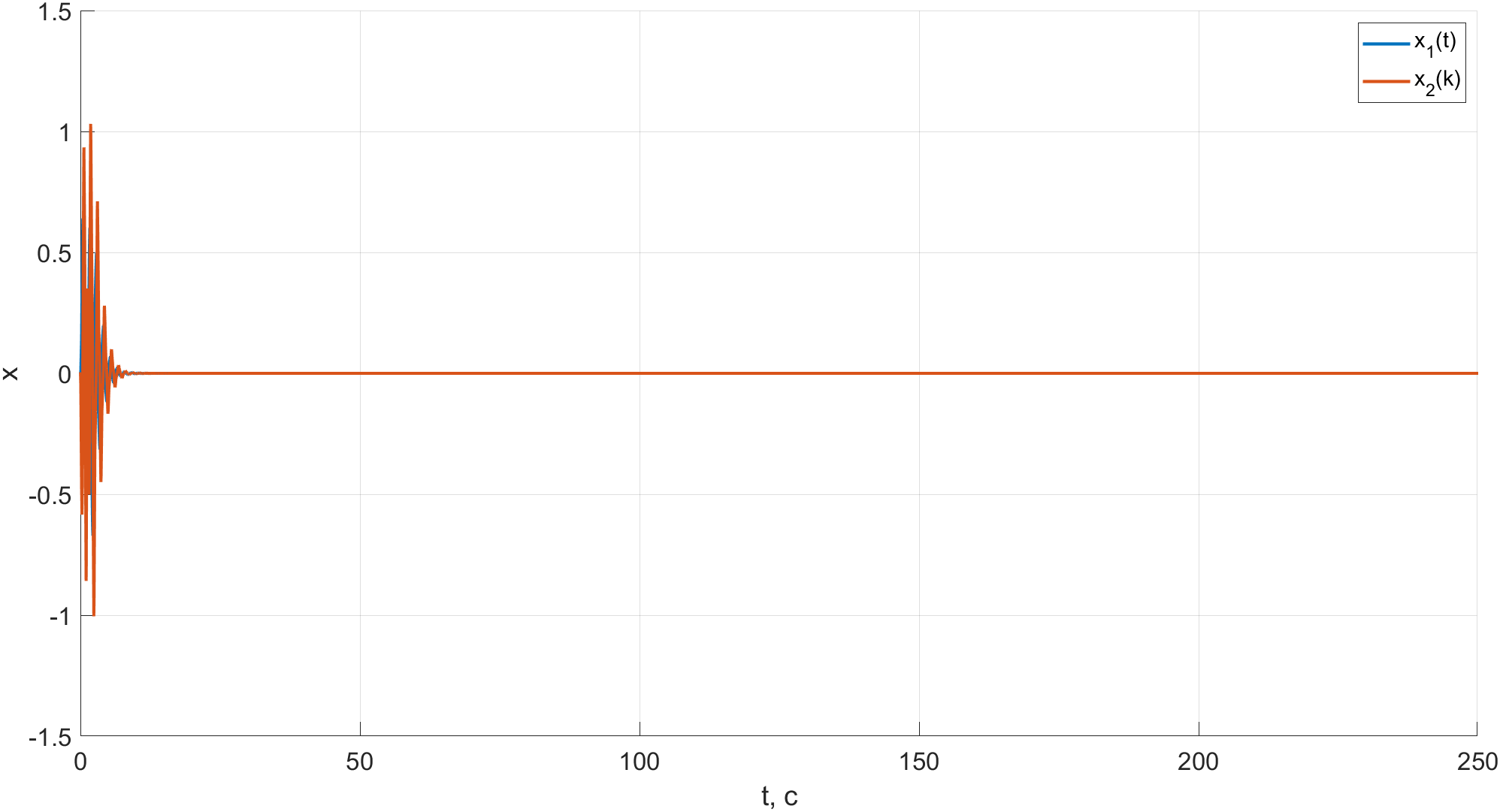


Рисунок 6. График компонент вектора состояния объекта при

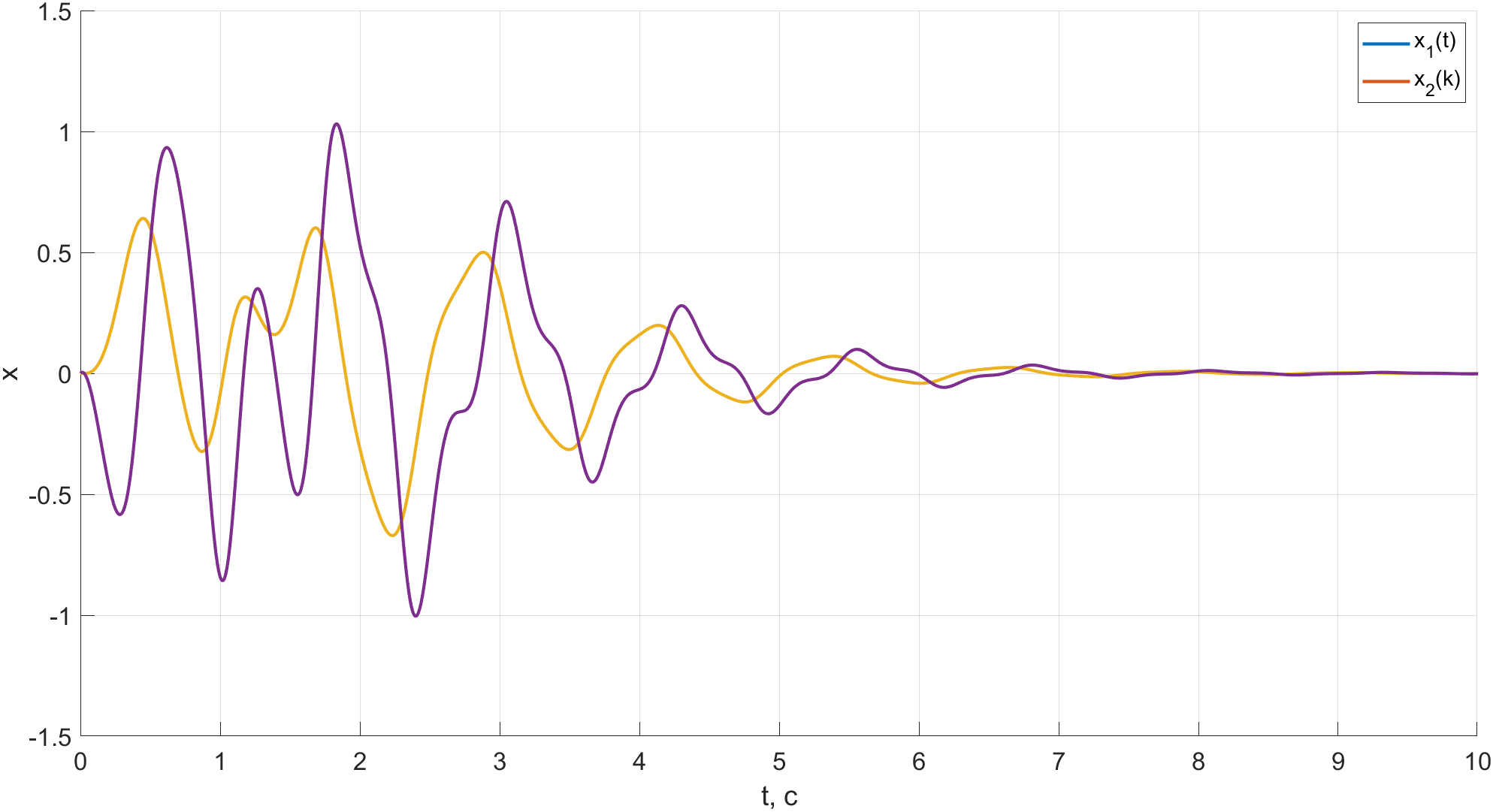


Рисунок 7. График компонент вектора состояния объекта при при меньшем диапазоне времени.

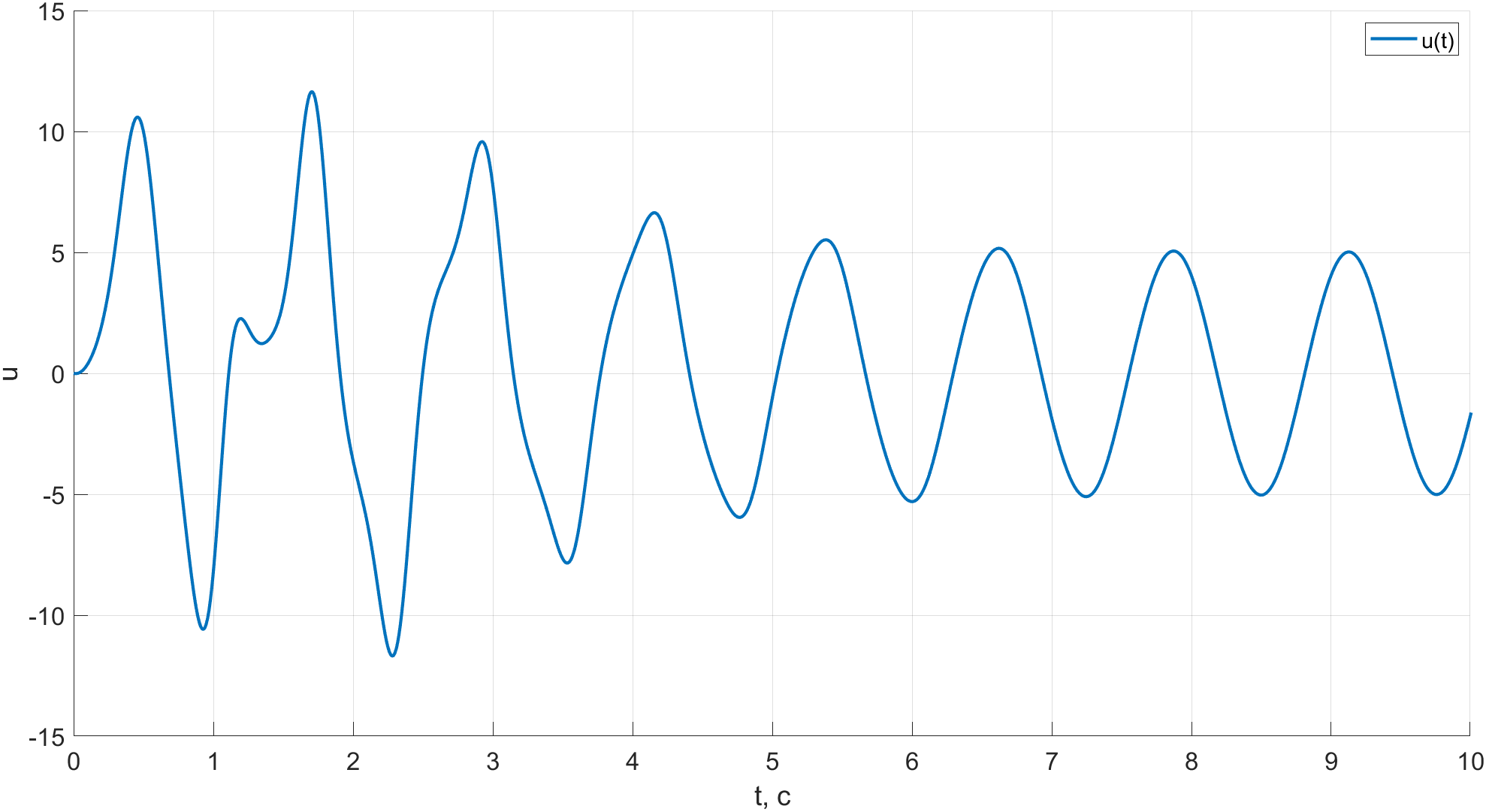


Рисунок 8. График управляющего воздействия при

Анализируя графики переходных процессов, можно заключить, что цель управления выполняется. При чём при увеличении коэффициента адаптации скорость переходных процессов становится выше.

# Выводы

В данной лабораторной работе был изучен метод адаптивной компенсации внешнего возмущения. Для выполнения задачи управления было проведено 4 этапа:

1. Формирование и поиск параметров эталонной модели с помощью метода стандартных полиномов;
2. Поиск матрицы ЛСОС с помощью методов модального управления для реализации желаемого поведения ОУ;
3. Синтез наблюдателя вектора состояния модели возмущения;
4. Поиск симметричной положительно определенной матрицы , являющаяся решением уравнения Ляпунова, необходимой для реализации алгоритма адаптации.

Итого, получили:

1. Эталонная модель:
2. Наблюдатель вектора
3. Закон стабилизирующего управления:
4. Алгоритм адаптации:

Данный метод позволяет произвести адаптивную компенсацию неизвестного внешнего возмущения (необходимо только знать порядок автономного генератора, создающего реализацию внешнего возмущения) вместе со стабилизацией объекта управления к эталонной модели.