

ГУАП

КАФЕДРА № 43

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

д-р техн. наук, доцент

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

С.И. Колесникова

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5

Моделирование линейных/нелинейных объектов. Линейные системы.
Передаточные функции. Модели детерминированного хаоса. Режимы
устойчивости/неустойчивости. Автоколебательные модели.

по курсу: Компьютерное моделирование

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № 4134

подпись, дата

Н.А. Костяков

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2024

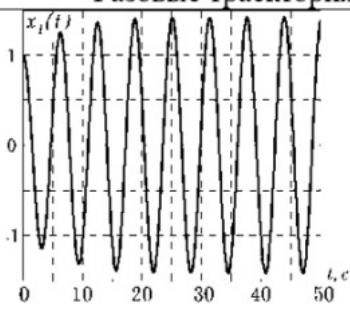
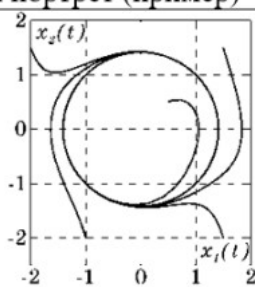
Цель работы

Цель настоящей работы: знакомство с элементами синергетического управления применительно к моделям детерминированного хаоса, с принципами организации обратных связей в сложных объектах для достижения режима устойчивости функционирования нелинейного объекта

Исходные данные

Вариант 4.

Блок заданий 1. Дана система (универсальный генератор Ван-дер-Поля–Релея–Дуффинга):

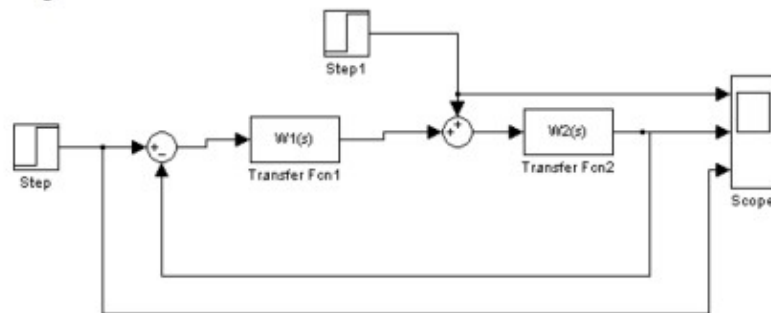
Описание объекта		Макропеременная. Управление.	
$\dot{x}_1(t) = x_2,$ $\dot{x}_2(t) = u;$		$\psi = A^2 - F(x_1) - 0,5x_2^2,$ $u = -\frac{dF}{dx_1} + (Tx_2)^{-1} \psi.$	
Выбором функции F обеспечить на основе универсального управления соответствующий тип колебаний, построить фазовые траекторию и портрет.			
Вариант	Тип колебаний	Фазовые траектория и портрет (пример)	
1	Гармонические $F_r(x_1) = 0,5\omega^2 x_1^2$		
2	по Дуффингу $F_d(x_1) = 0,5\omega^2 x_1^2 + \beta x_1^4$		
3	по Тоду $F_T(x_1) = e^{x_1} + x_1$		
4	Солитонные $F_c(x_1) = \alpha x_1^3 - \beta x_1^2$		

Часть 2.

1. Собрать схему.

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$W_1(s) \sim 10;$ $W_2(s) \sim 1/(5s^2 + 3s + 1)$	$W_1(s) \sim 20; W_2(s) \sim 1/(87s^2 + 5s + 1)$	$W_1(s) \sim 25; W_2(s) \sim 1/(21s^2 + 17s + 1)$	$W_1(s) \sim 25; W_2(s) \sim 1/(2s^2 + s + 2)$

2. Установить возмущение равным нулю и снять переходную характеристику по задающему воздействию. По полученному графику оценить показатели качества системы. Изменить значение статического коэффициента $W_1(s)$ в 10 раз в большую и меньшую стороны и для каждого измененного значения получить переходные характеристики и оценки показателей качества. Сравнить.



Задание

Часть 1.

1. Ознакомиться со справочными сведениями.
2. Построить графики и фазовые портреты нелинейной модели для устойчивого и неустойчивого режимов.
3. Разработать программу, реализующую алгоритм управления хаотической моделью с целью стабилизации объекта в окрестности устойчивого состояния.
4. Получить сравнительные графики управляемой и неуправляемой моделей.
5. Составить и представить преподавателю отчет о работе.

Часть 2.

1. Ознакомиться со справочными сведениями относительно применения дискретных/непрерывных блоков Simulink.
2. Построить модель системы автоматического регулирования в Simulink.
3. В отчет включить схему и скриншоты окон настроек каждого блока.
4. Описать принцип работы блока Линейные системы.
5. Представить необходимые графики.

Ход работы

Часть 1.

Пусть динамическая система имеет математическую модель вида:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) &= u(t)\end{aligned}$$

Постановка задачи оптимального управления: найти такое управление (u), что обеспечивается достижение целевого состояния:

$$\psi = A^2 - F(x_1) - 0.5 x_2^2 = 0,$$

Требуется выполнение основного функционального однородного дифференциального уравнения (уравнение Эйлера-Лагранжа):

$$T \dot{\psi} + \psi = 0$$

На решениях которого достигается минимум функционала качества целевой системы.

$$\Phi(\psi) = \int_0^{\infty} (\psi^2 + T^2 \dot{\psi}^2) dt \rightarrow \min$$

Решение уравнения:

$$T \dot{\psi}(t) + \psi(t) = T(A^2 - F(x_1) - 0.5 x_2^2)' + \psi(t) = T\left(0 - \frac{dF}{dx_1} \dot{x}_1 - 0.5 \cdot 2 x_2 \dot{x}_2\right) + \psi(t) = T\left(\frac{dF}{dx_1} x_2 - x_2 u\right) + \psi$$

$$\frac{dF}{dx_1} x_2 - x_2 u = -\psi T^{-1}$$

$$\frac{dF}{dx_1} x_2 + \psi T^{-1} = x_2 u$$

$$u = \psi T^{-1} x_2^{-1} - \frac{dF}{dx_1}$$

$$u = \frac{dF}{dx_1} + (T x_2)^{-1} \psi$$

Солитонные колебания: $F_c(x_1) = ax_1^3 + bx_1^2$

Построение модели Simulink

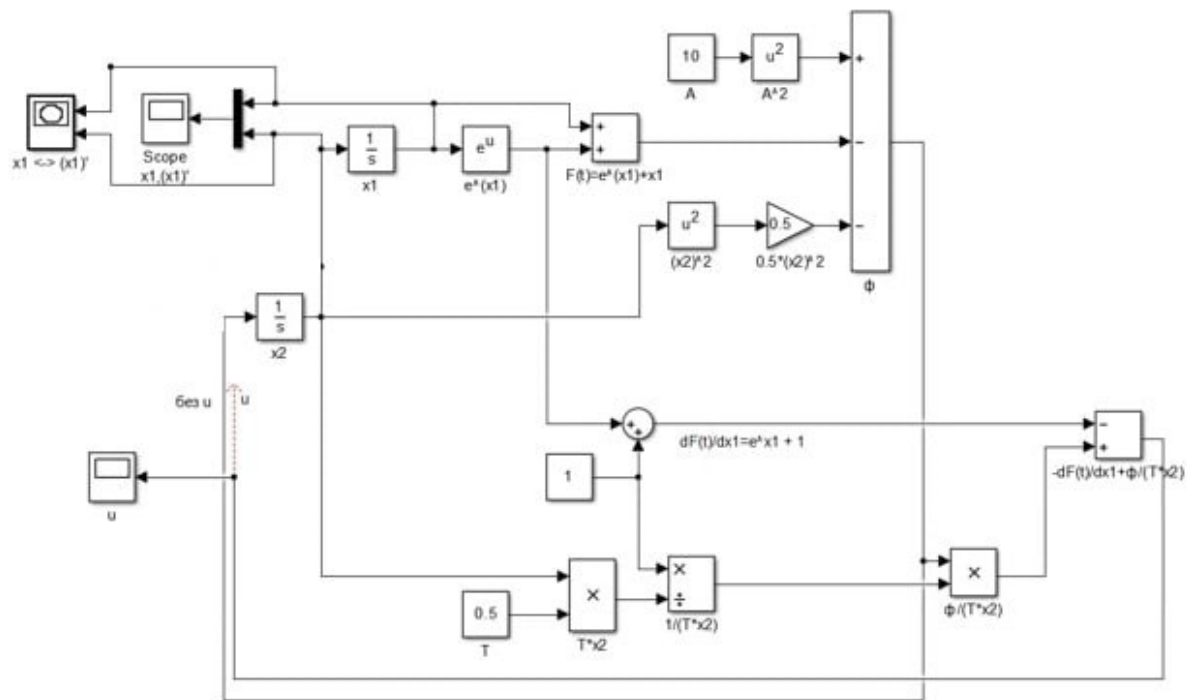


Рисунок 1 - Построенная модель для 1-й части.

В ходе выполнения работы построены графики и фазовые портреты нелинейной модели для устойчивого (рис. 2-15) и неустойчивого состояний (рис. 16,17). В случае устойчивого состояния фазовый портрет представляет

собой “центр” (сходно с овалом). В случае не устойчивого состояния фазовый портрет представляет собой раскручивающуюся спираль.

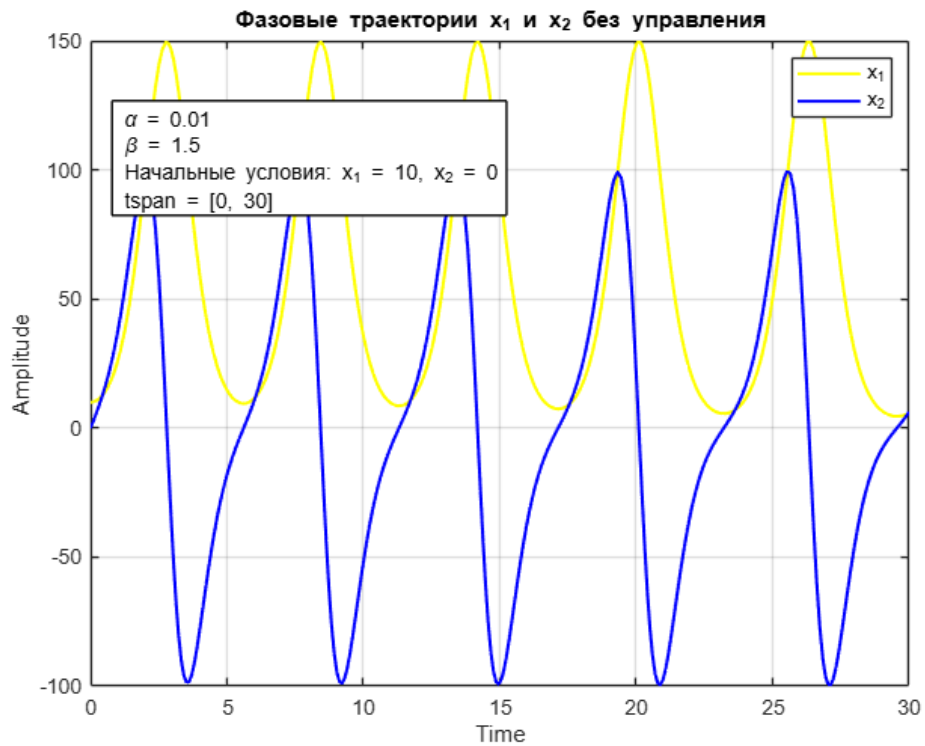


Рисунок 2 - Фазовые траектории x_1, x_2 без управления. $A = 0.01$. $W = 1.5$.

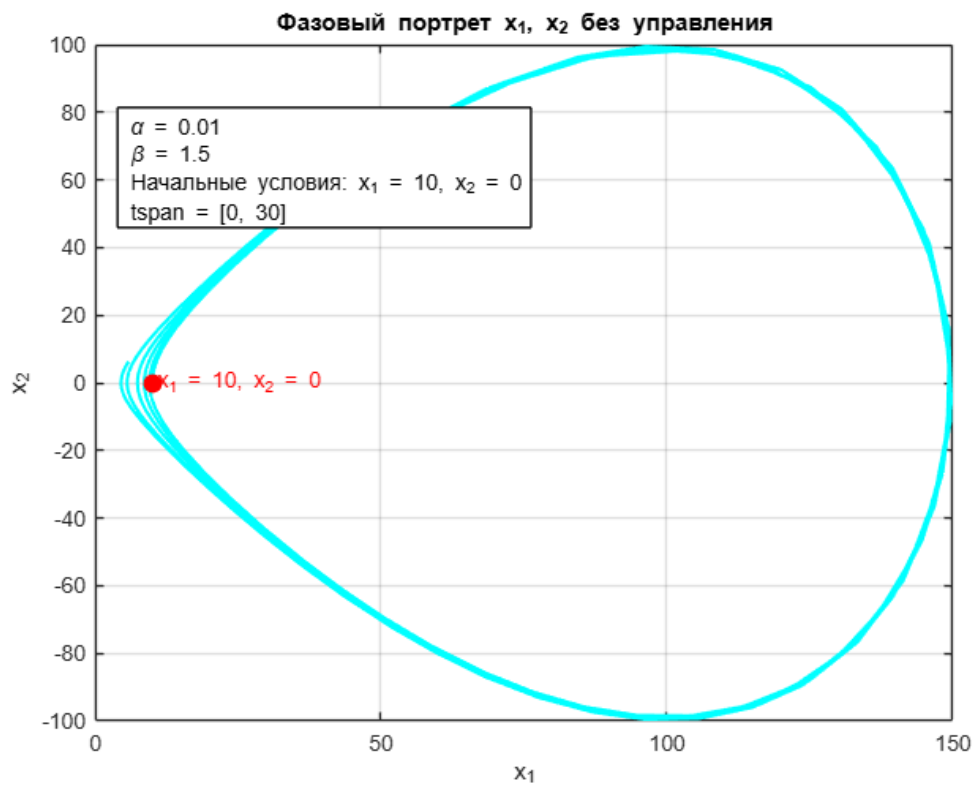
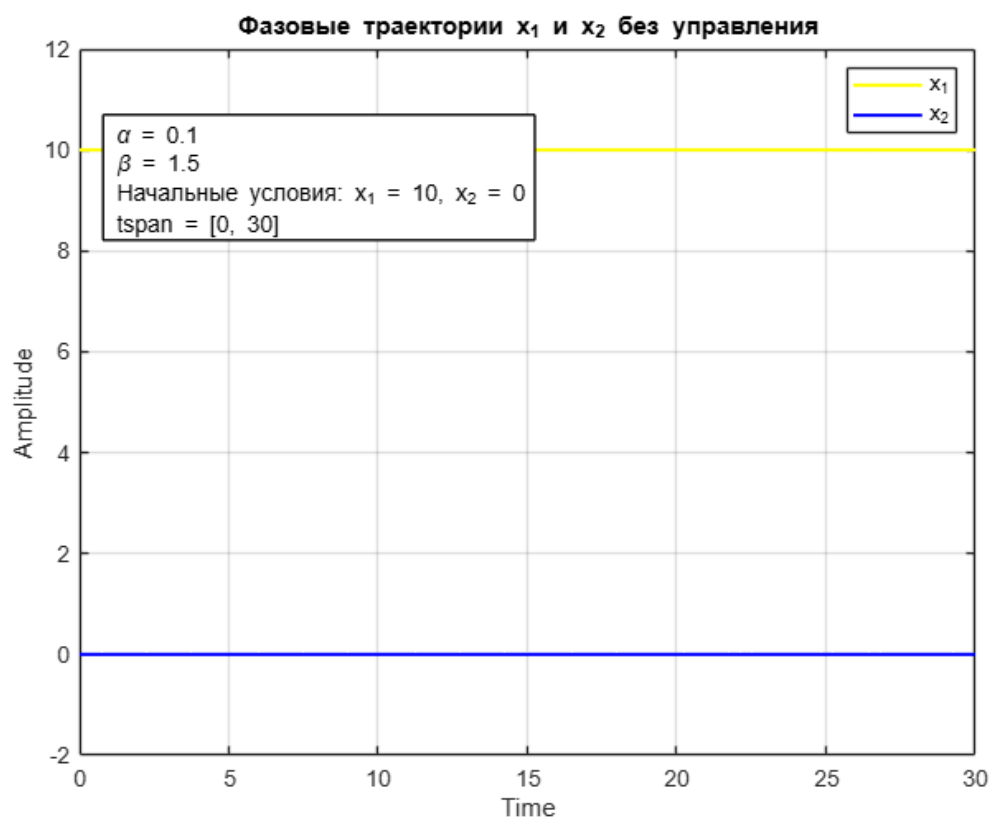


Рисунок 3 - Фазовый портрет. x_1, x_2 без управления. $A = 0.01$. $B = 1.5$.

Рисунок 4
- Фазовые



траектории x_1, x_2 без управления. $A = 0.1$. $B = 1.5$.

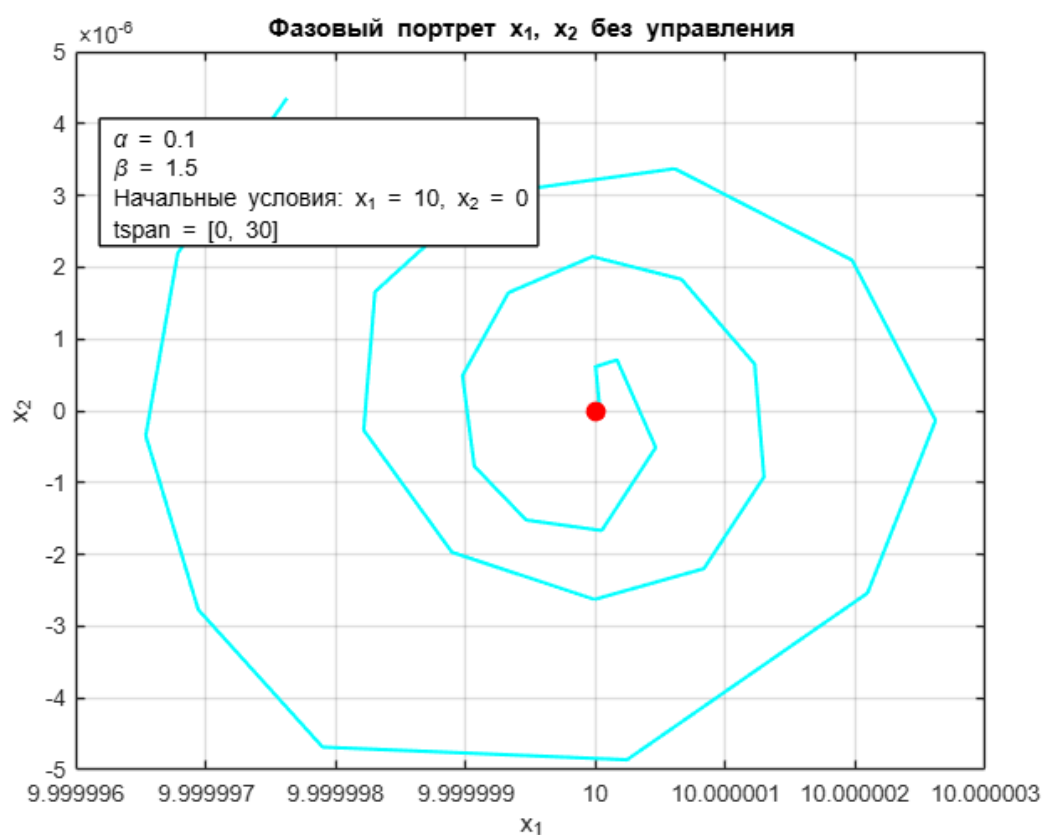


Рисунок 5 - Фазовый портрет. x_1, x_2 без управления. $A = 0.1$. $B = 1.5$.

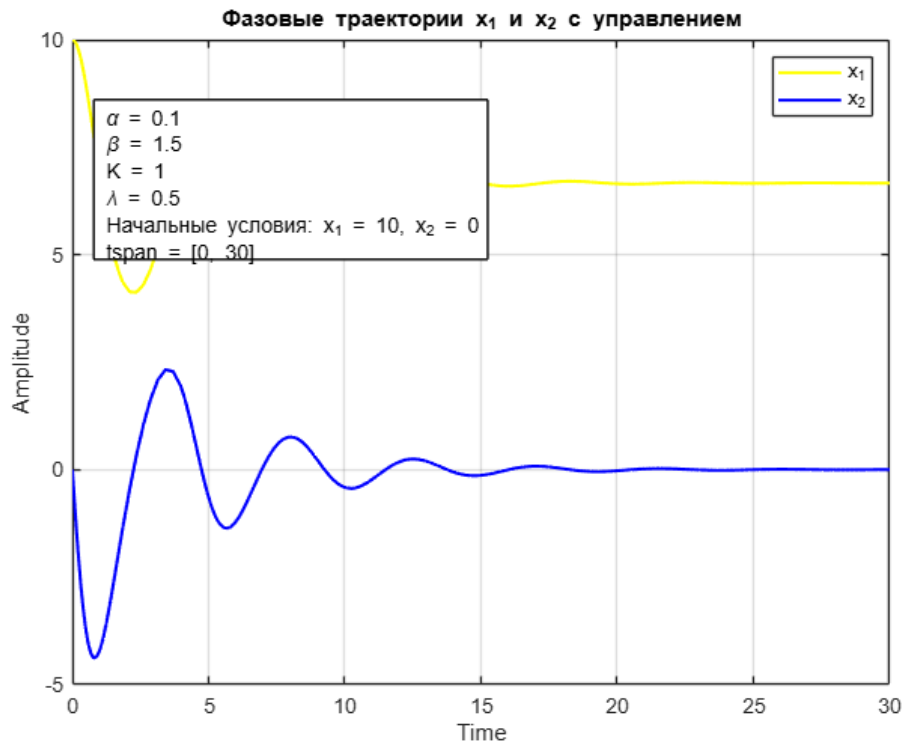


Рисунок 6
- Фазовые

траектории x_1, x_2 с управлением.

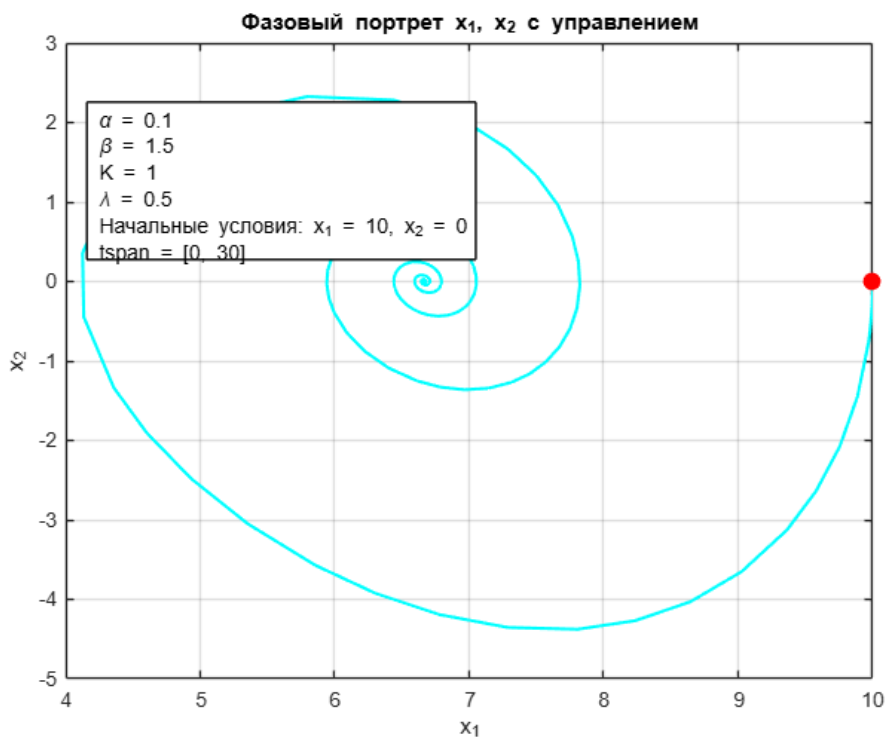


Рисунок 7
- Фазовый
портрет.
: x_1, x_2 с .

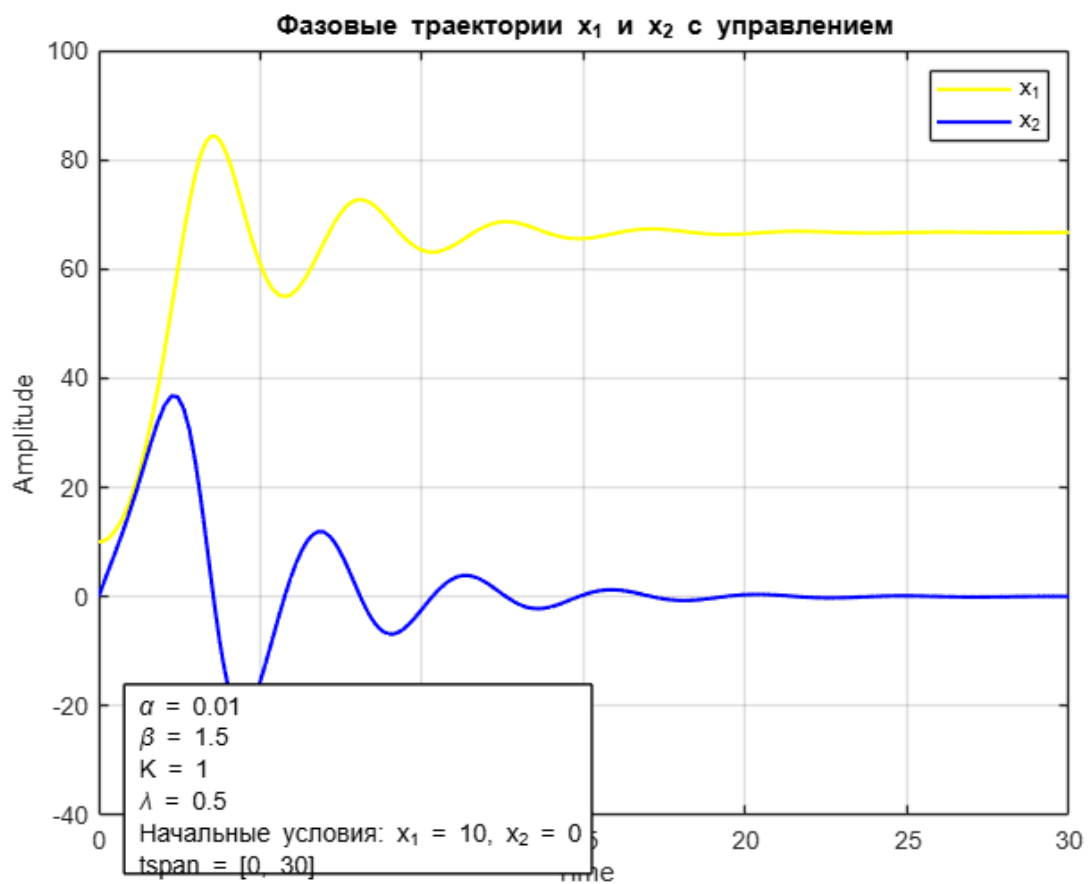


Рисунок 8 - Фазовые траектории x_1, x_2 с управлением.



Рисунок 9 - Фазовый портрет. x_1, x_2 с управлением.

Рисунок 10 - Фазовые траектории x_1 , x_2 с управлением.

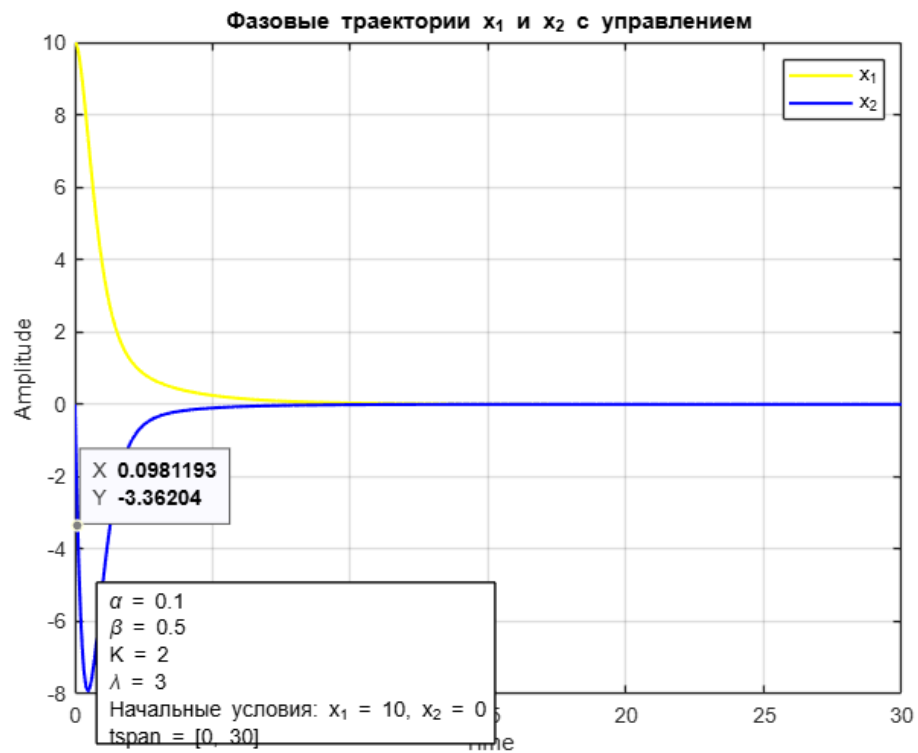
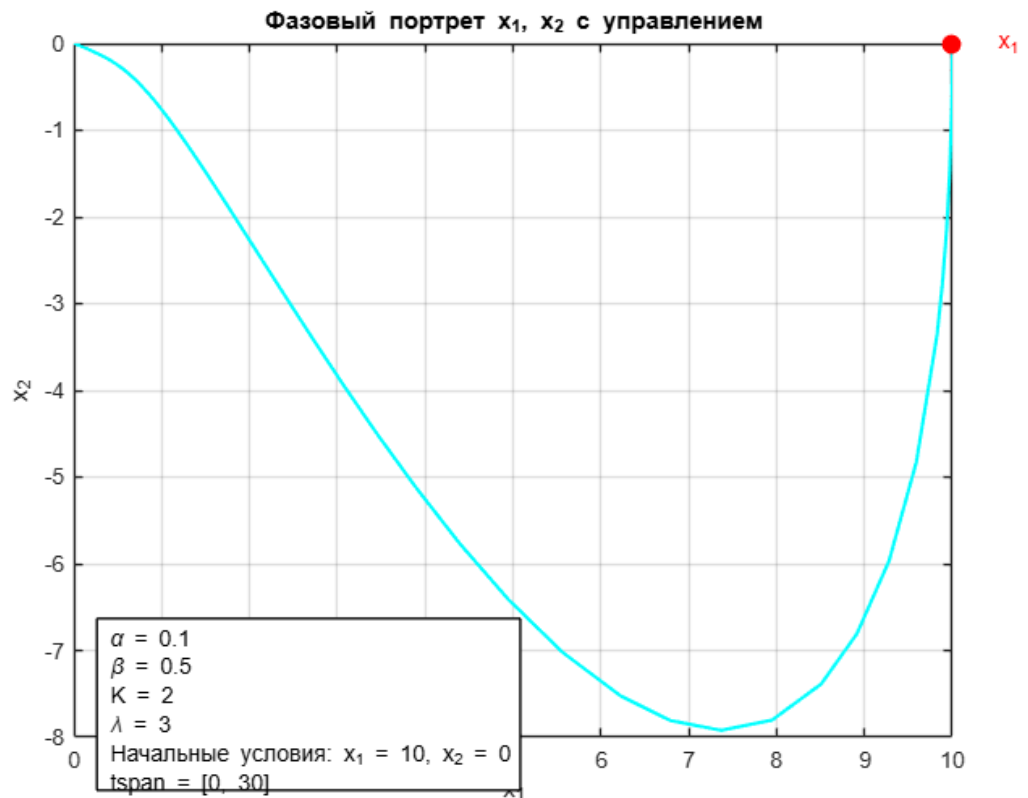


Рисунок 11 - Фазовый портрет. x_1 , x_2 с управлением.



Часть 2.

Построить модель системы автоматического регулирования в Simulink (рисунок 9).

Блок "Линейная система" (Transfer Function) используется для описания динамического поведения линейных непрерывных систем. Он задаёт математическую модель системы с помощью её передаточной функции. В моем случае в качестве входного воздействия выступает блок Step, за возмущения отвечает Step1.

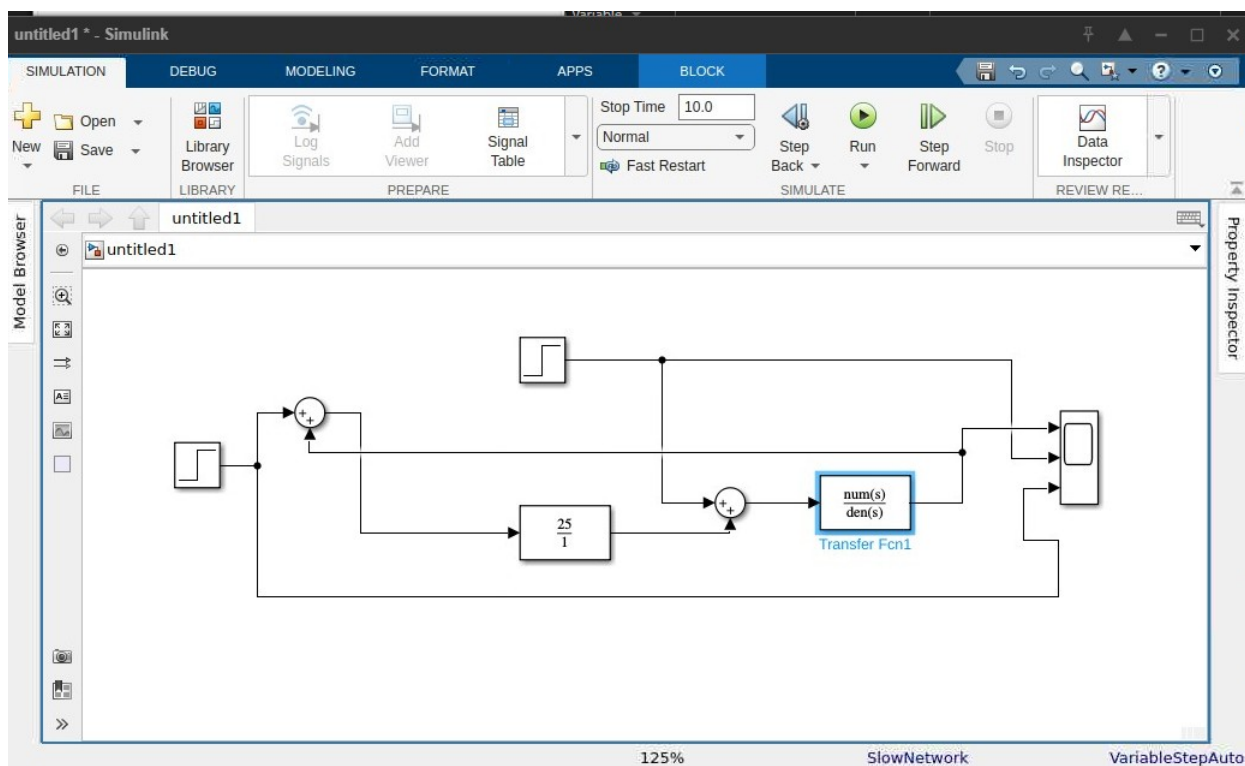


Рисунок 18 – Модель для части 2

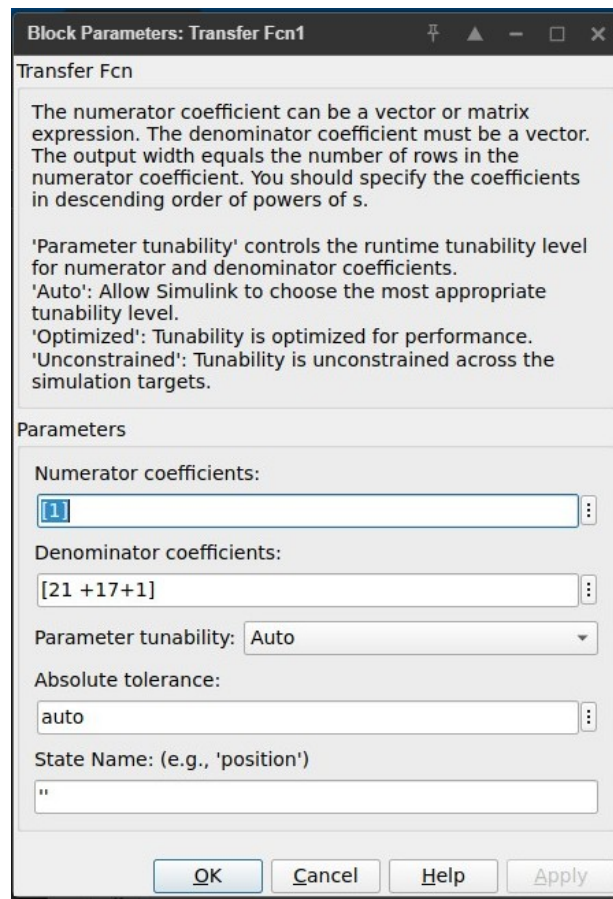


Рисунок 19 - Настройка блока Transfer Fcn

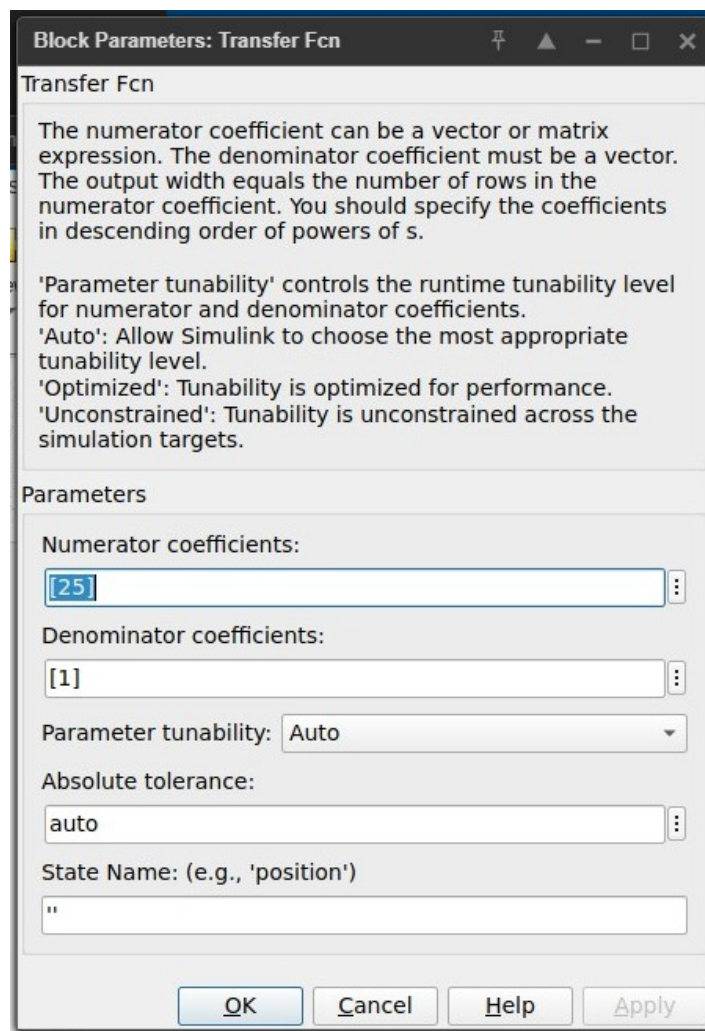


Рисунок 20 - Настройка блока Transfer Fcn

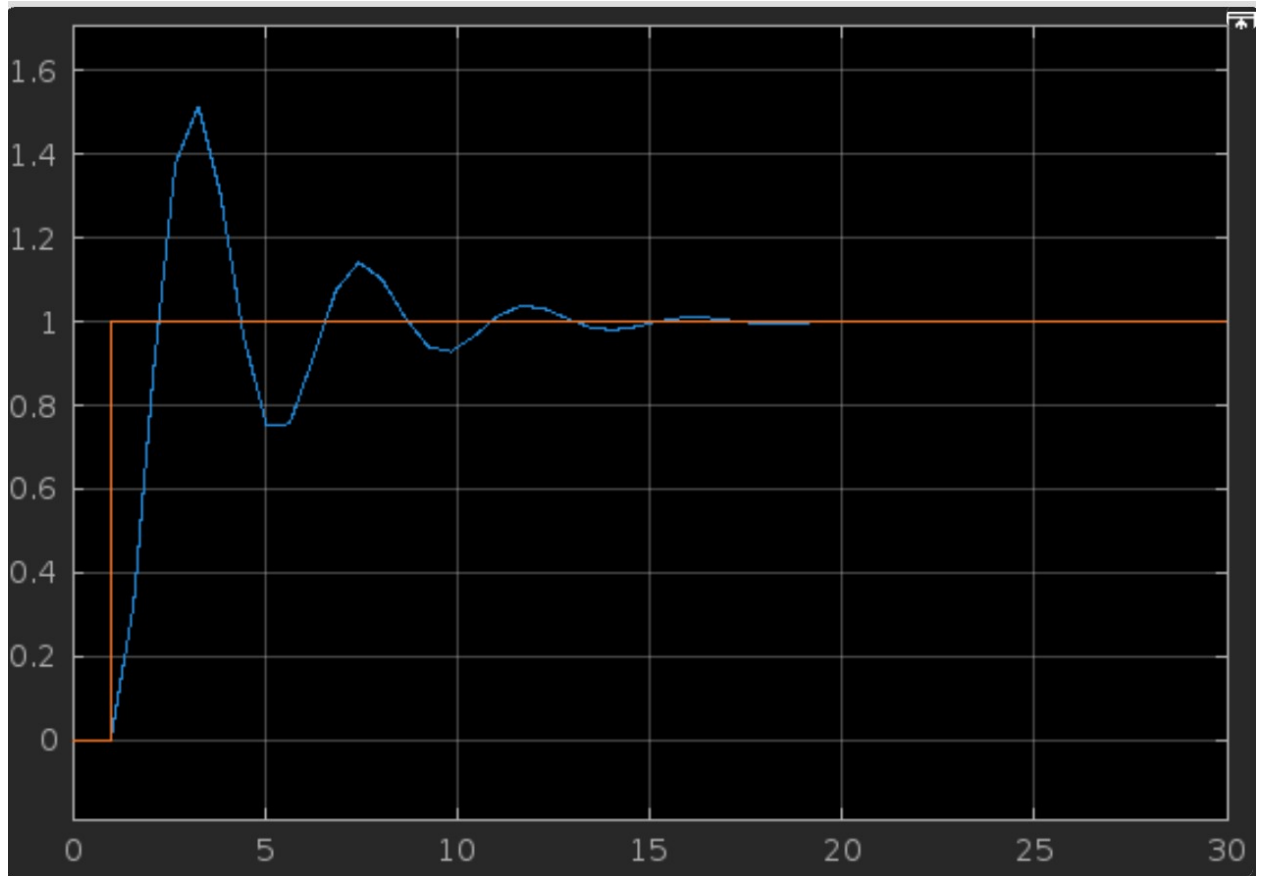


Рисунок 21 - график переходных процессов, вызванных ступенчатым изменением.

На рисунке 21 наблюдается устойчивая система, которая стабилизируется примерно на 15-й секунде.

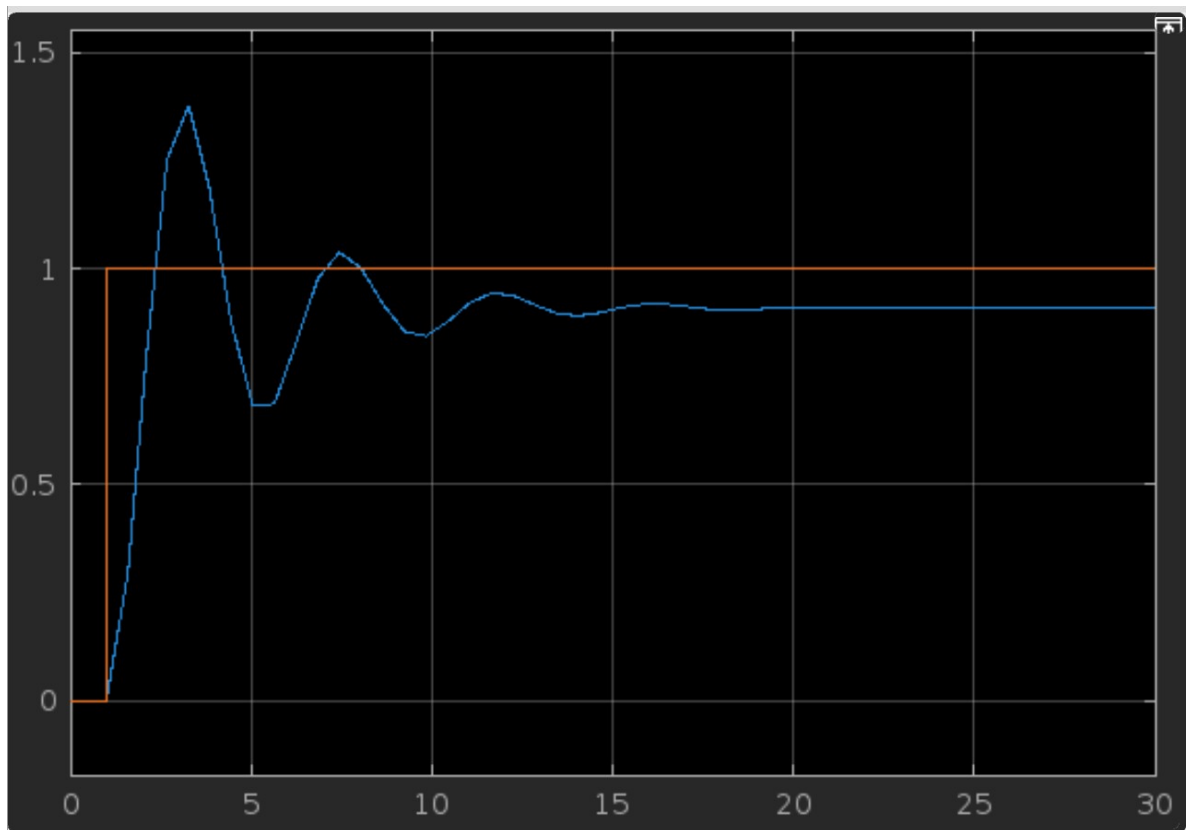


Рисунок 22 - Фазовая траектория (отключаем возмущение)

Согласно заданию, убираю возмущение (рисунок 22).

До отключения возмущения (рисунок 21):

- Наблюдаются колебания в отклике системы, вызванные возмущающим воздействием.

- Установившееся значение примерно равно 1.

После отключения возмущения (рисунок 22):

- Отклик системы стал более стабильным.
- Амплитуда колебаний снизилась, и перерегулирование уменьшилось.

- Установившееся значение осталось равным 1, что соответствует задающему воздействию.

Для рисунка 22 значение перерегулирования велико:

$$\sigma \approx \frac{1,39 - 0,9}{0,9} * 100 \% \approx 51 \%$$

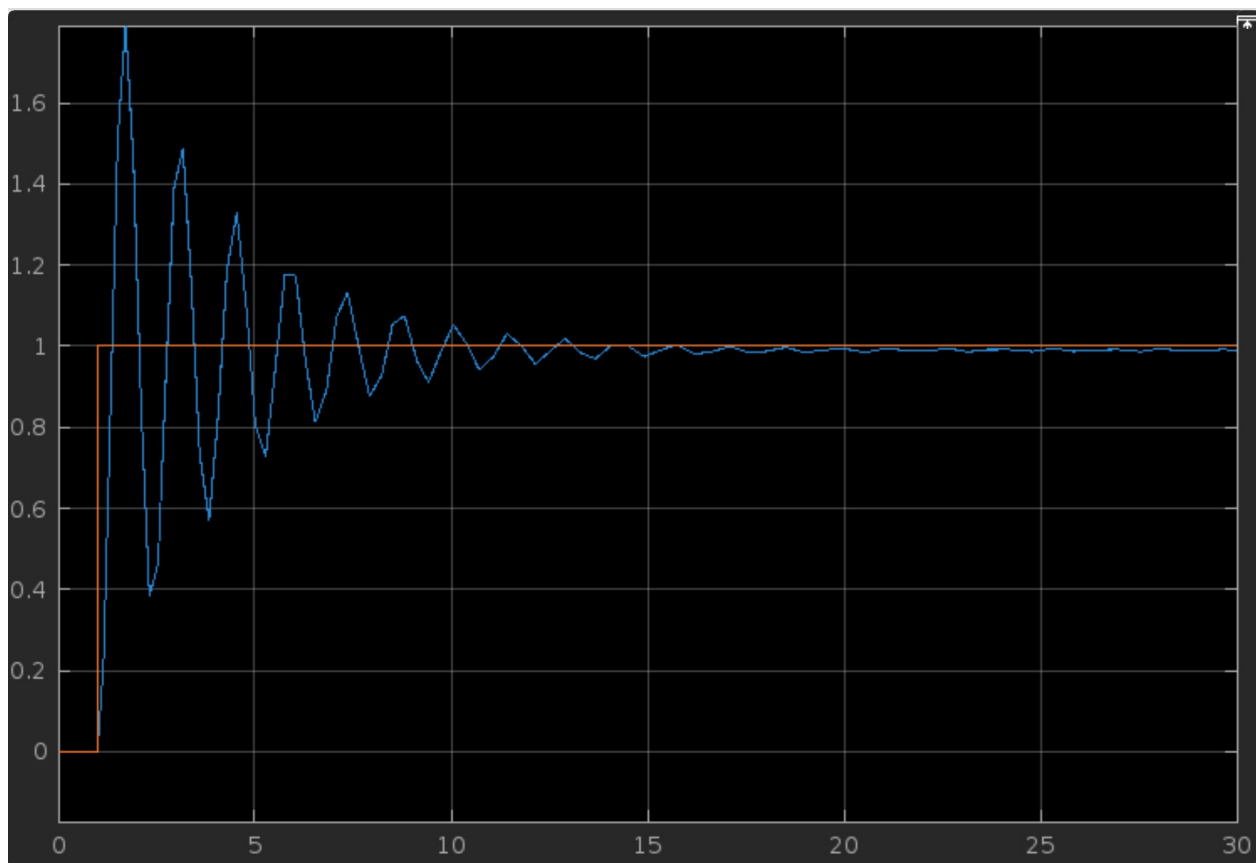


Рисунок 23 - Фазовая траектория

Изменяю значение статического коэффициента $W_1(s)$ на 100 (в 10 раз больше). Значение перерегулирования очень велико:

$$\sigma \approx \frac{1,8-1}{1} * 100 \% \approx 80 \%$$

- Значительное значение коэффициента приводит к высокой амплитуде колебаний на начальном этапе.
- Колебания системы демпфируются медленно, хотя амплитуда постепенно убывает, пока система не достигает стационарного состояния.
- Большое значение коэффициента увеличивает частоту и амплитуду колебаний, что приводит к более резкому переходному процессу.

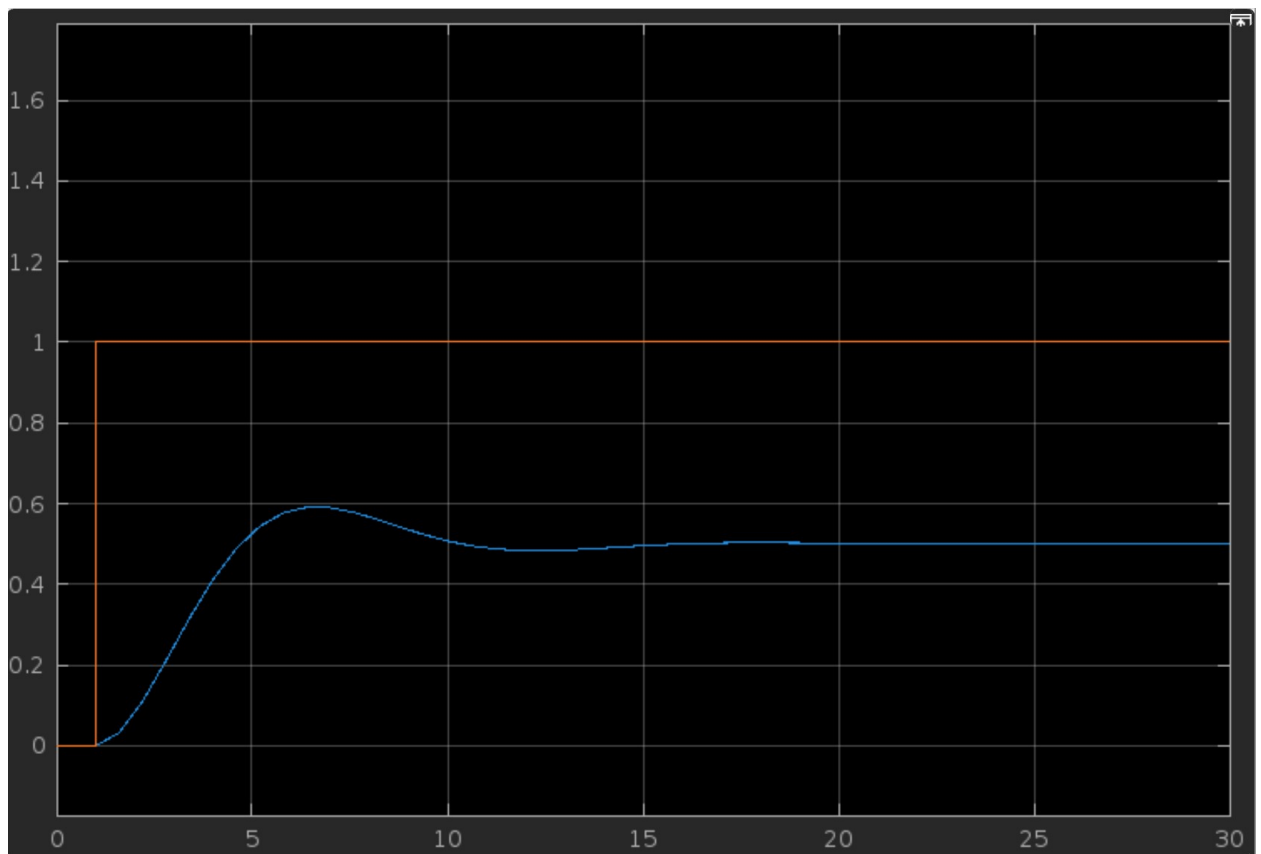


Рисунок 24 - Фазовая траектория

Изменяю значение статического коэффициента $W1(s)$ на 1 (в 10 раз меньше). Значение перерегулирования значительно ниже, чем у предыдущих вариантов:

$$\sigma \approx \frac{0,6 - 0,5}{0,5} * 100 \% \approx 20 \%$$

- Небольшое значение обеспечивает мягкий и более быстрый переходный процесс.
- Система быстро достигает стационарного состояния, практически без значительных колебаний.
- Небольшой коэффициент увеличивает устойчивость системы и снижает вероятность возникновения высокоамплитудных колебаний.

Вывод

В результате работы был изучен принцип синергетического управления применительно к моделям детерминированного хаоса, с принципами организации обратных связей в сложных объектах для достижения режима устойчивости функционирования нелинейного объекта.

В первой части задания при изменении параметров уравнений было исследовано поведение системы, которое варьировалось от устойчивого до неустойчивого в зависимости от выбранных значений.

Во второй части задания после отключения источника возмущения в схеме наблюдается более быстрый переход в стационарное состояние. Коэффициент $W_1(s)$ напрямую влияет на амплитуду и частоту колебаний в переходном процессе:

Увеличение ($W_1(s)=100$) делает систему более резонансной, что проявляется в более высоких амплитудах и затяжных переходных процессах.

Уменьшение ($W_1(s)=1$) снижает резонанс и делает систему более устойчивой, обеспечивая быстрый выход на стационарное состояние.