

ГУАП

КАФЕДРА № 42

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ _____
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

канд. техн. наук, доцент

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Т.В. Семененко

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

по курсу: ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № 4329

подпись, дата

Д.С. Шаповалова

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2025

1. Цель работы

Освоение методов моделирования одномерных линейных непрерывных систем в пакете Simulink.

2. Задачи работы

- научиться строить и редактировать модели систем управления с простейшими регуляторами в пакете Simulink,
- научиться изменять параметры блоков,
- научиться строить переходные процессы,
- научиться оформлять результаты моделирования,
- изучить метод компенсации постоянных возмущений с помощью ПИД регулятора.

Параметры блоков, вариант 16:

$$T_s, c = 19.0,$$

$$K, \text{ рад/с} = 0.07$$

$$T_R, c = 2$$

$$T_{OC}, c = 4$$

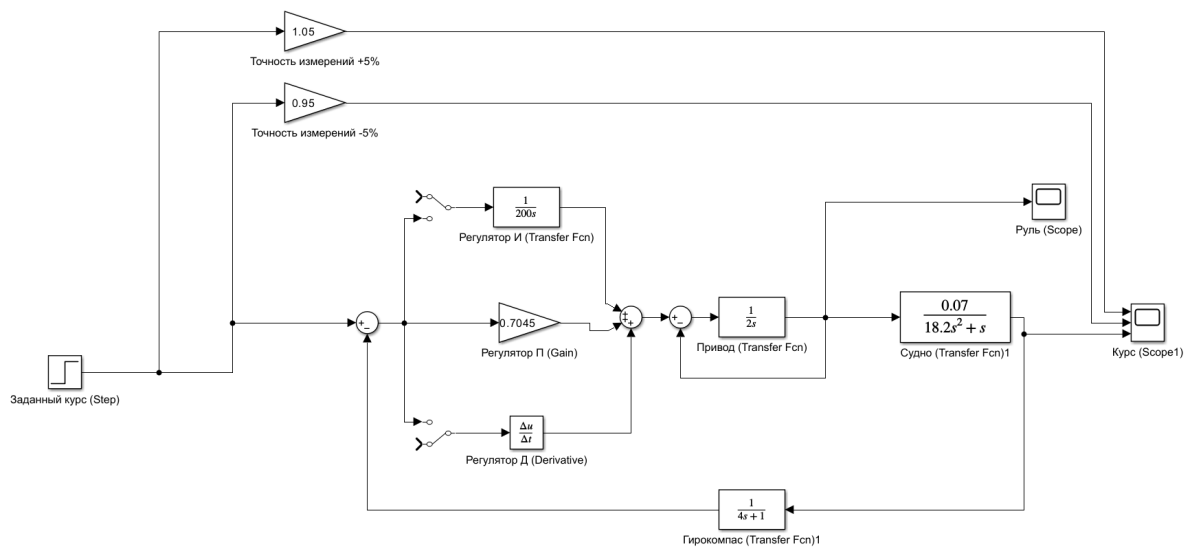


Рисунок 1 – Схема линейной системы управления

3. Моделирование системы с П регулятором

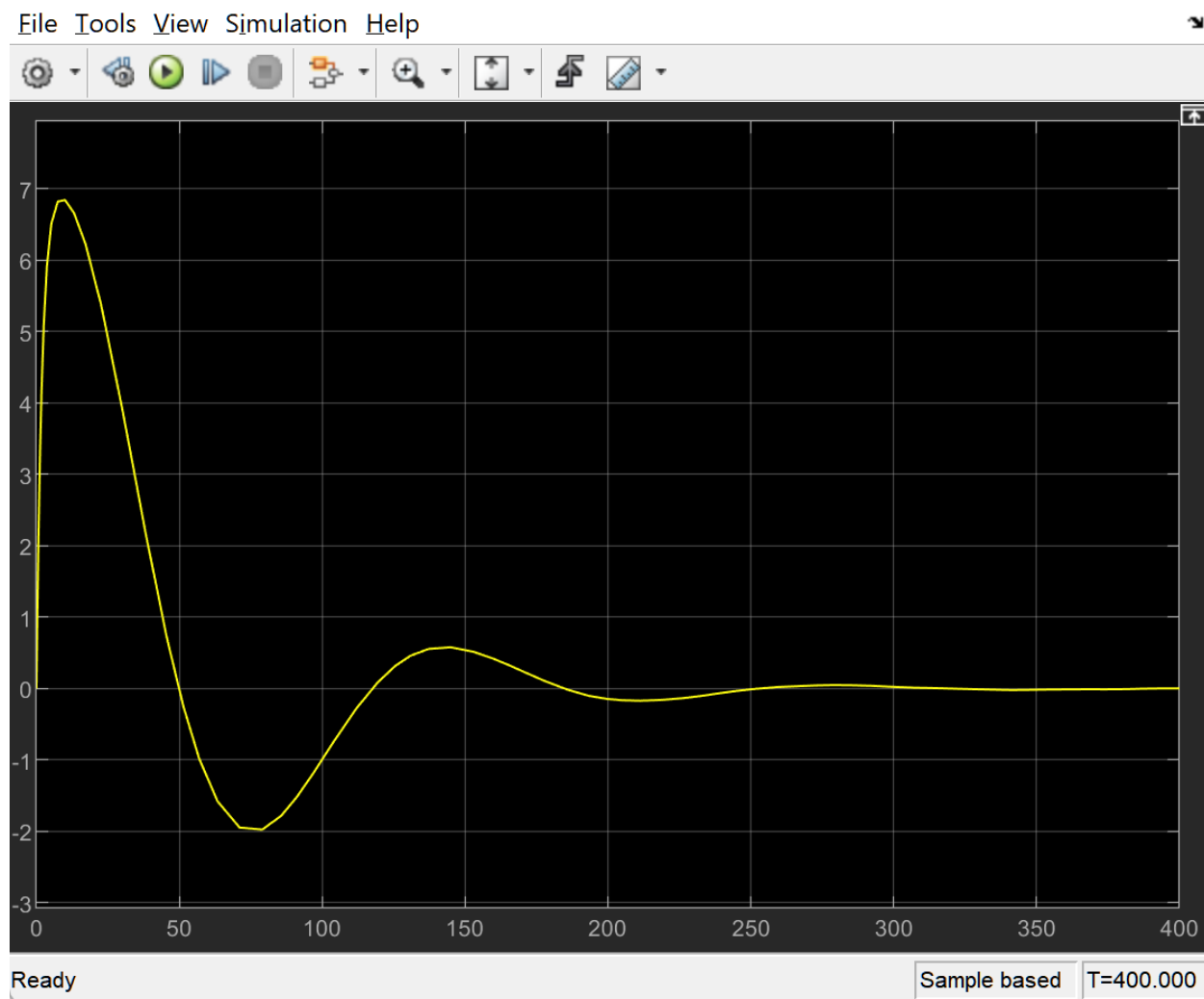


Рисунок 2.1 – График Руля П-регулятора

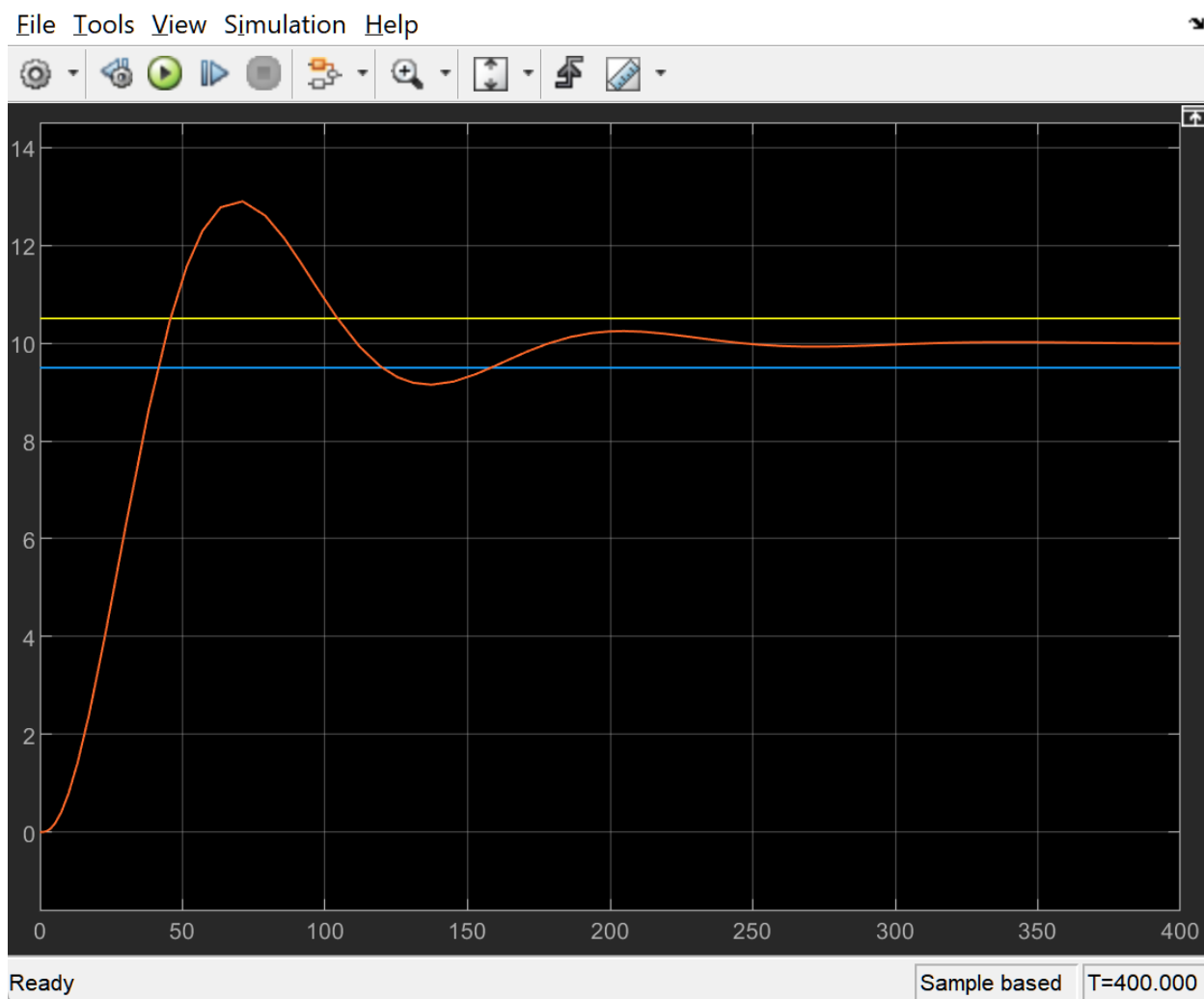


Рисунок 2.2 – График Курса П-регулятора

Было смоделировано изменение курса на 10 градусов. Время регулирования составило 400 секунд.

График руля показал стремительный взлёт до 7, затем провал до -2, и, сделав ещё два - небольшое и микроскопическое колебание выравнялся до 0. В итоге, руль принимает изначальное положение на 350 секунде.

График курса, в свою очередь, отображает это как сначала увеличение значения переходного процесса до 12,8 за 75 с, затем провал до 9,2, затем со 160 секунды колебания около 10, в пределах точности и наконец установившееся значение при 350 с.

Оценка качества регулирования курса:

1. Время регулирования = 160 секунд
2. Перерегулирование = $((12,8 - 10)/10) * 100 = 28\%$
3. Время достижения первого максимума = 75 секунд
4. Время нарастание переходного процесса = 45 секунд
5. Декремент затухания = $\frac{|h_{max1} - h_{уст}|}{|h_{max2} - h_{уст}|} = \frac{|12,8 - 10|}{|9,2 - 10|} = \frac{2,8}{0,8} = 3,5$

4. Моделирование системы с ПД-регулятором

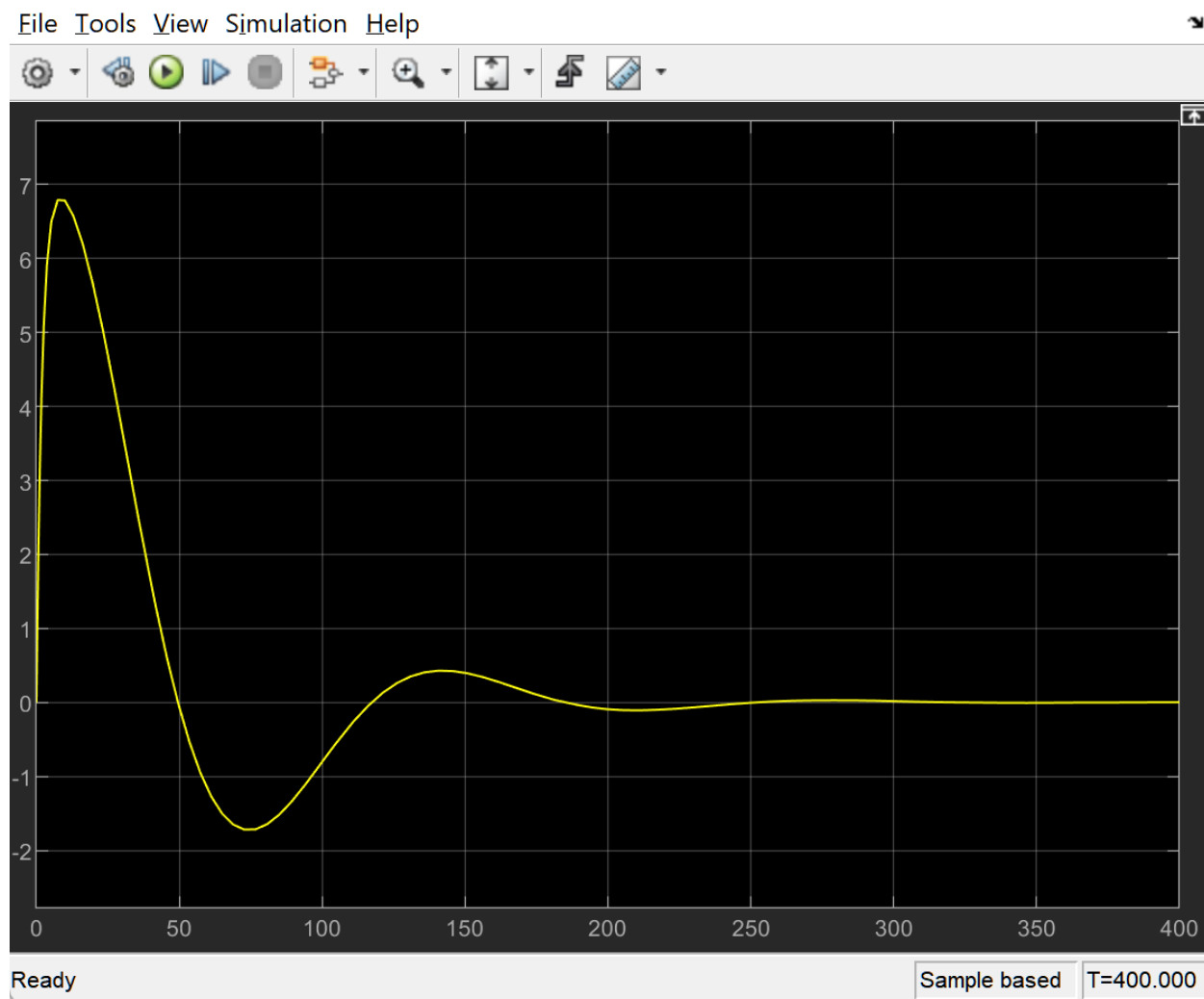


Рисунок 3.1 – График Руля ПД-регулятора

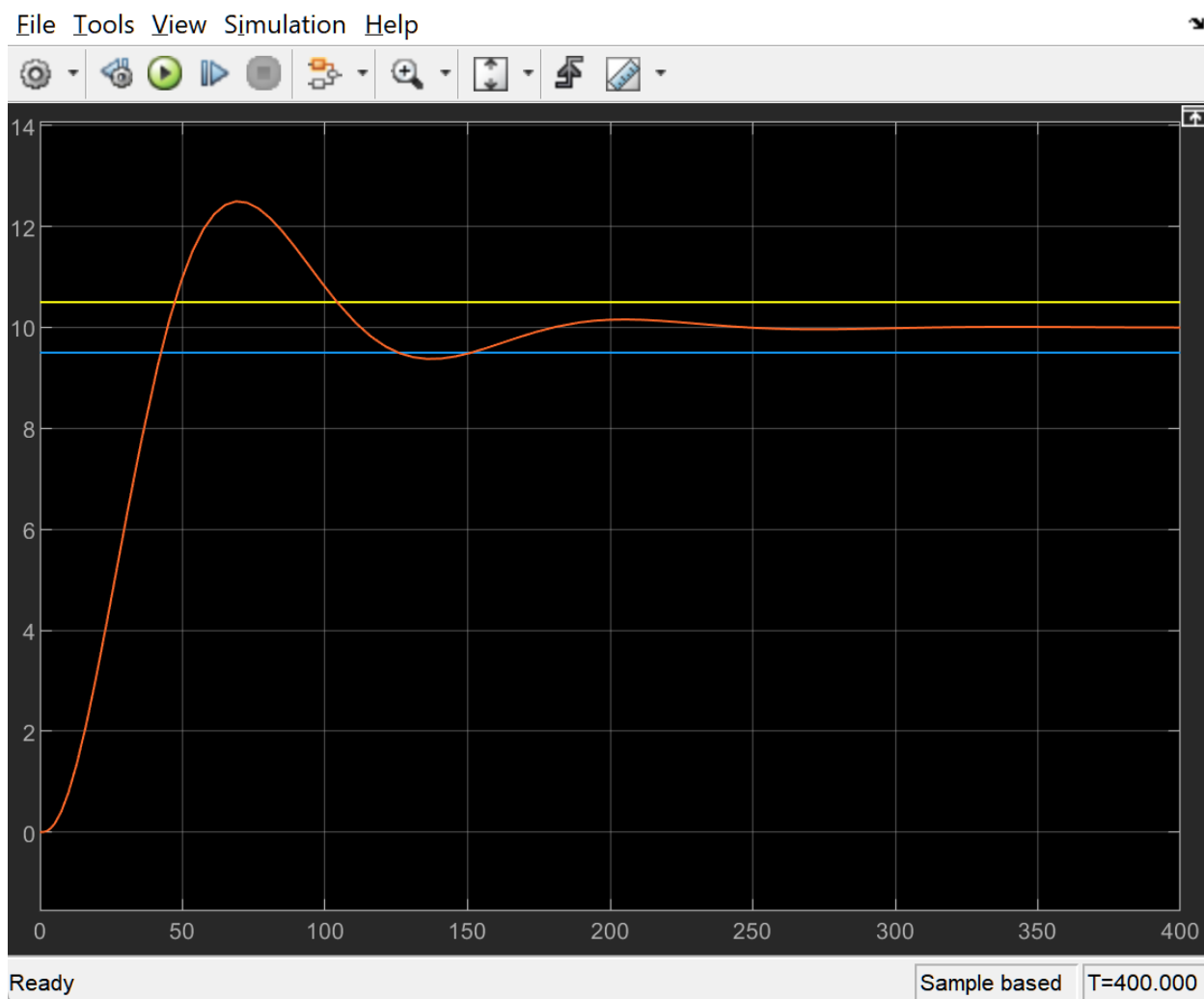


Рисунок 3.2 – График Курса ПД-регулятора

В сравнении с П-регулятором система с ПД-регулятором немного раньше выходит на изменение курса на 10 градусов (начиная с 150 секунды). Сила колебания курса чуть меньше, что говорит о большей плавности регулирования.

Оценка качества регулирования курса:

1. Время регулирования = 150 секунд
2. Перерегулирование = $((12,3 - 10)/10) * 100 = 23\%$
3. Время достижения первого максимума = 70 секунд
4. Время нарастание переходного процесса = 48 секунд
5. Декремент затухания = $\frac{|h_{max1} - h_{уст}|}{|h_{max2} - h_{уст}|} = \frac{|12,3 - 10|}{|9,4 - 10|} = \frac{2,3}{0,6} = 3,83$

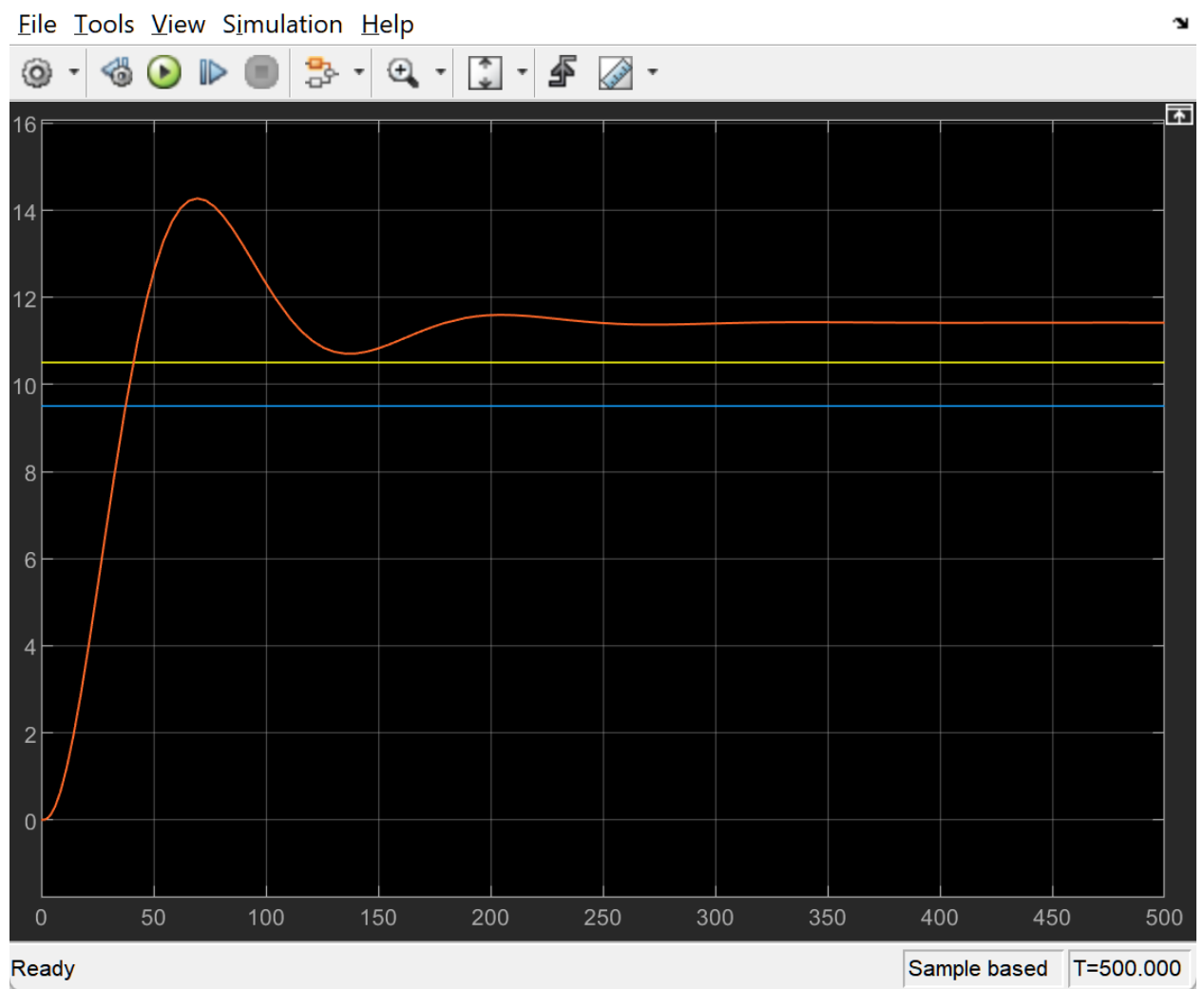


Рисунок 3.3 – График Курса с ПД-регулятором с внешним возмущением

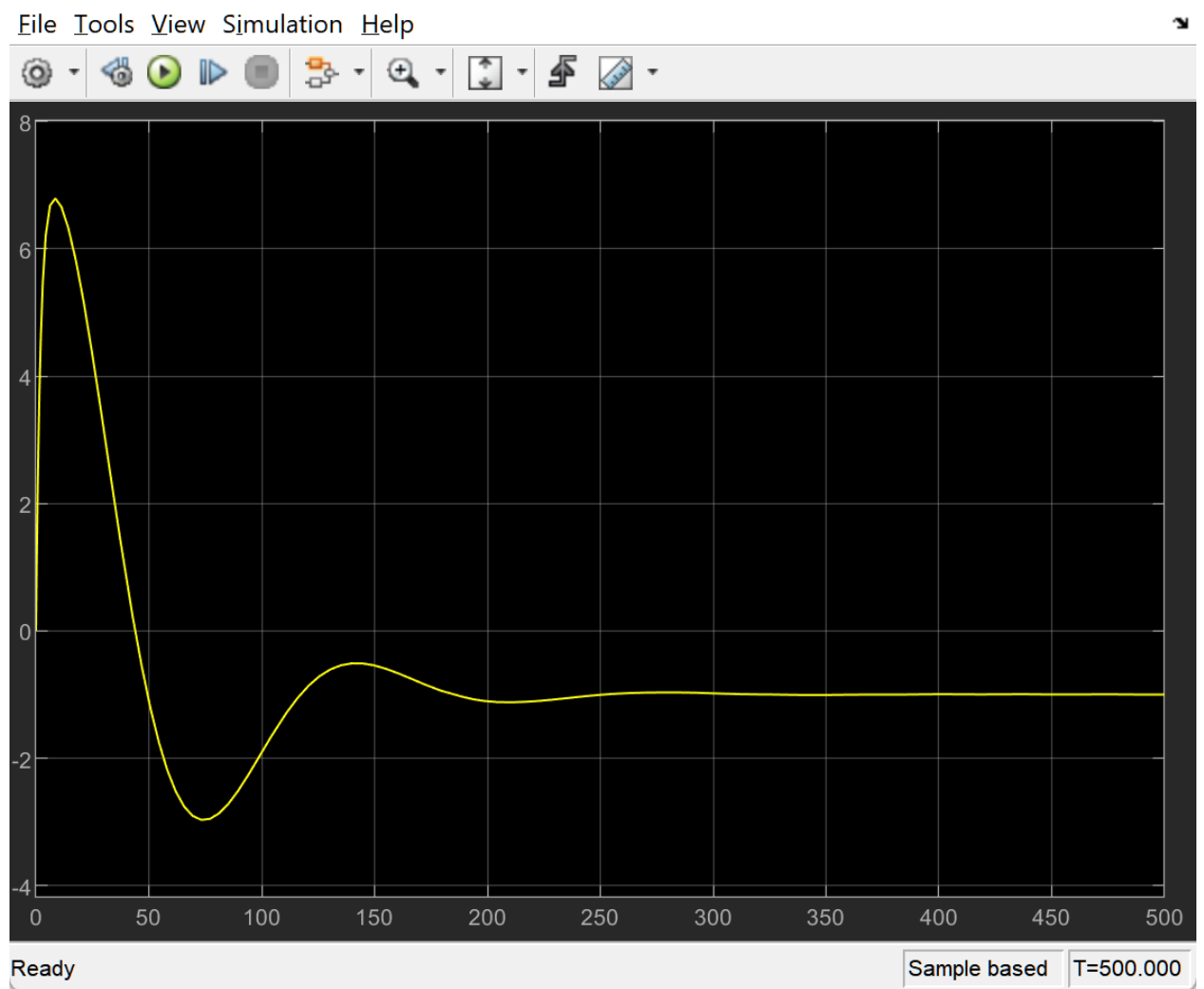


Рисунок 3.4 – График Руля с ПД-регулятором с внешним возмущением

5. Моделирование системы с ПИД-регулятором

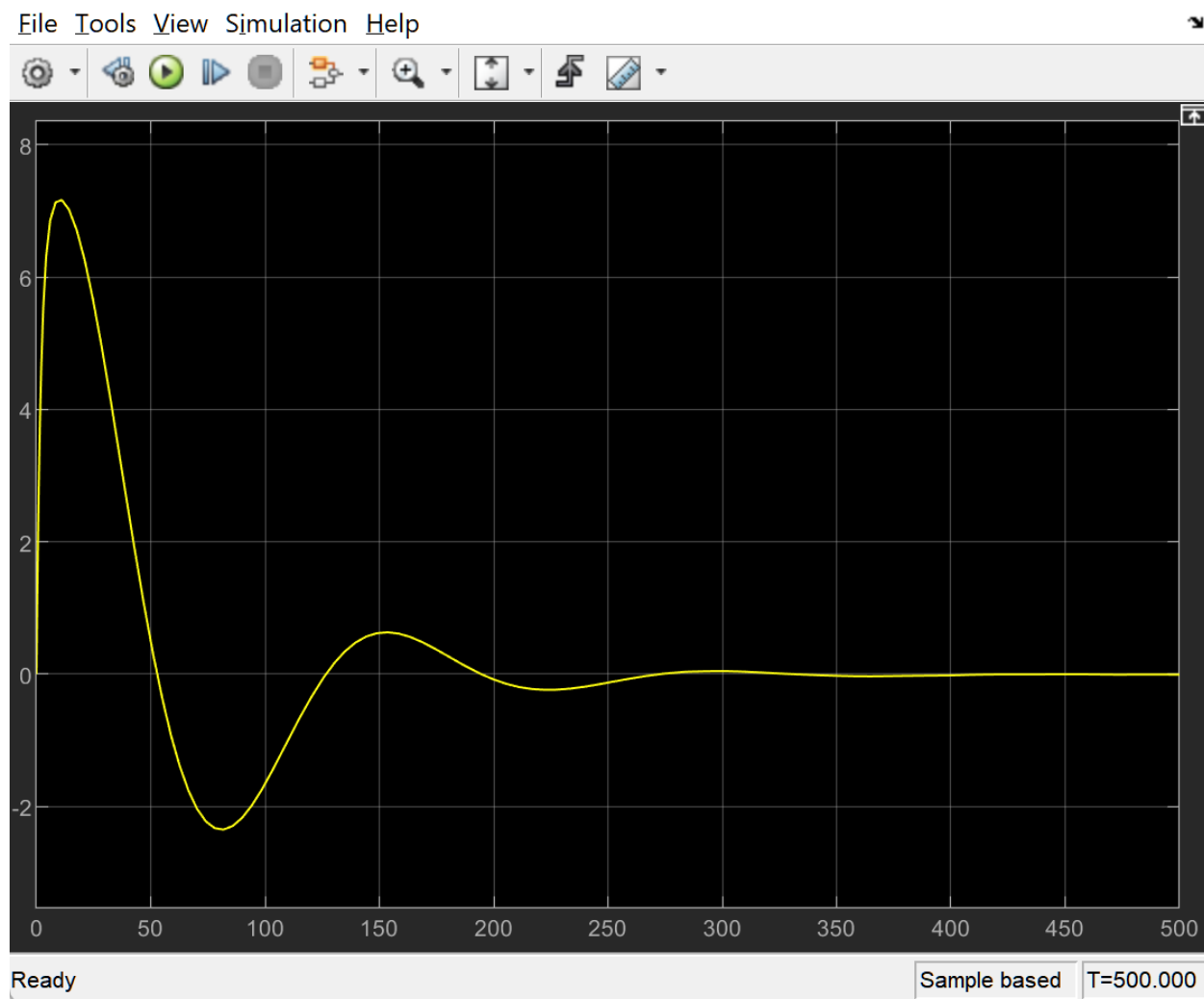


Рисунок 4.1 – График Руля ПИД-регулятора

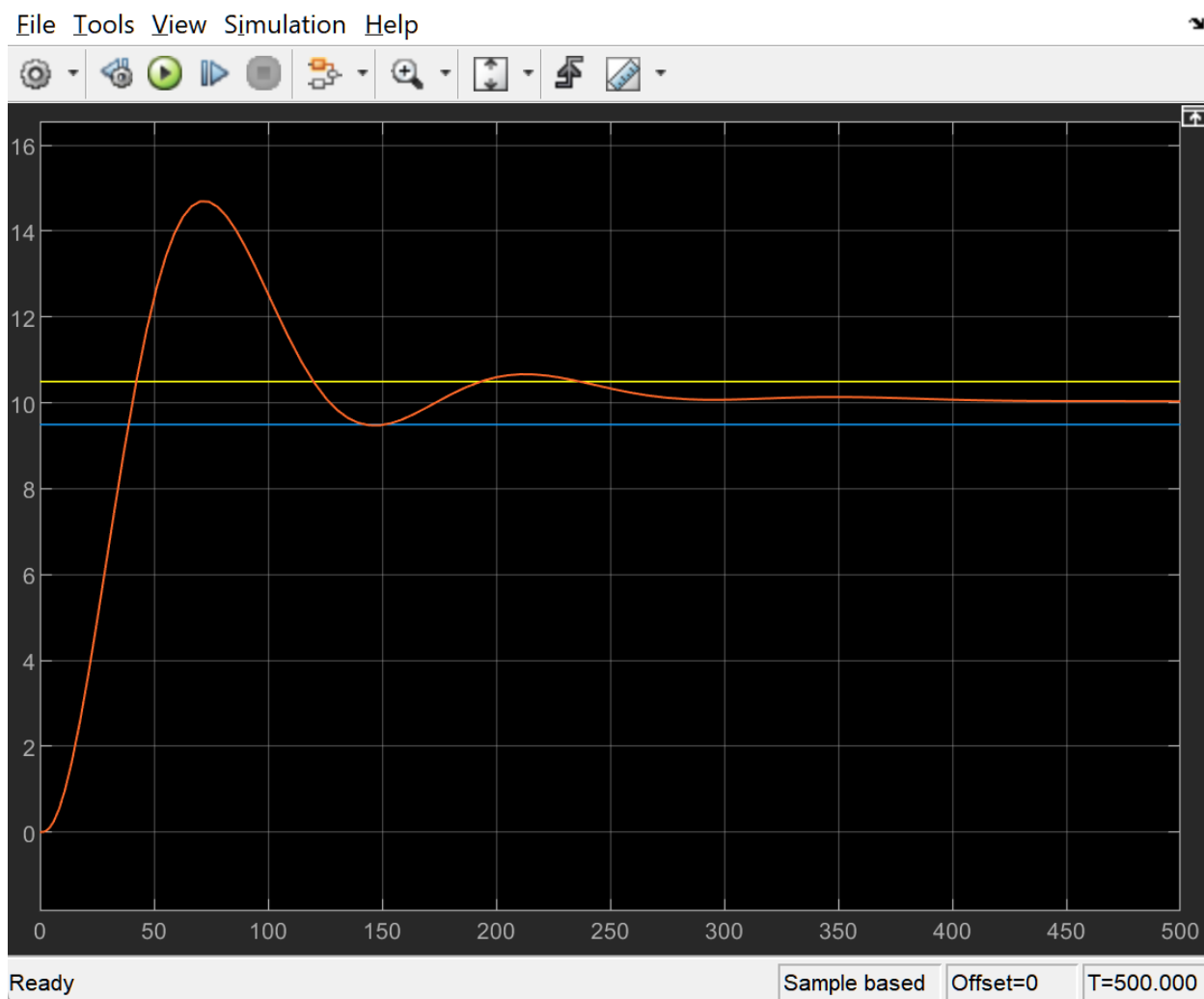


Рисунок 4.2 – График Курса ПИД-регулятора

В сравнении с ПД-регулятором система с ПИД-регулятором колеблется с меньшей силой, но чаще, а также выходит на изменение курса на 10 градусов, начиная с 245 секунды, но более-менее устойчивое значение принимает с 300 секунды, при этом продолжая незначительные колебания.

Оценка качества регулирования курса:

1. Время регулирования = 245 секунд
2. Перерегулирование = $((13 - 10)/10) * 100 = 30\%$
3. Время достижения первого максимума = 70 секунд
4. Время нарастание переходного процесса = 45 секунд
5. Декремент затухания = $\frac{|h_{max1} - h_{уст}|}{|h_{max2} - h_{уст}|} = \frac{|13 - 10|}{|9,5 - 10|} = \frac{3}{0,5} = 6$

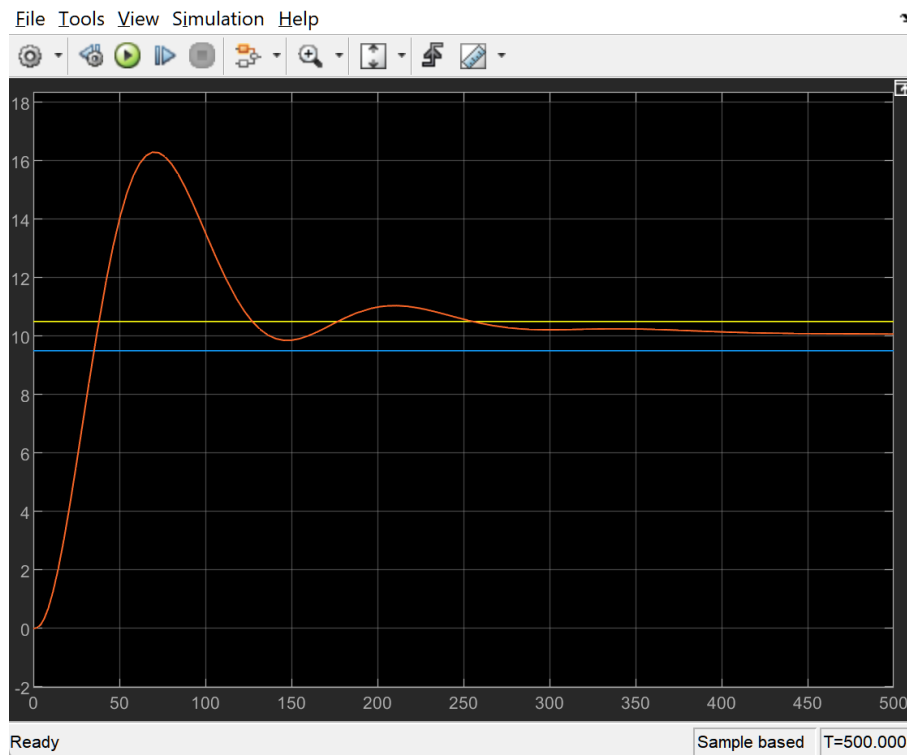


Рисунок 4.3 – График Курса с ПИД-регулятором с внешним возмущением

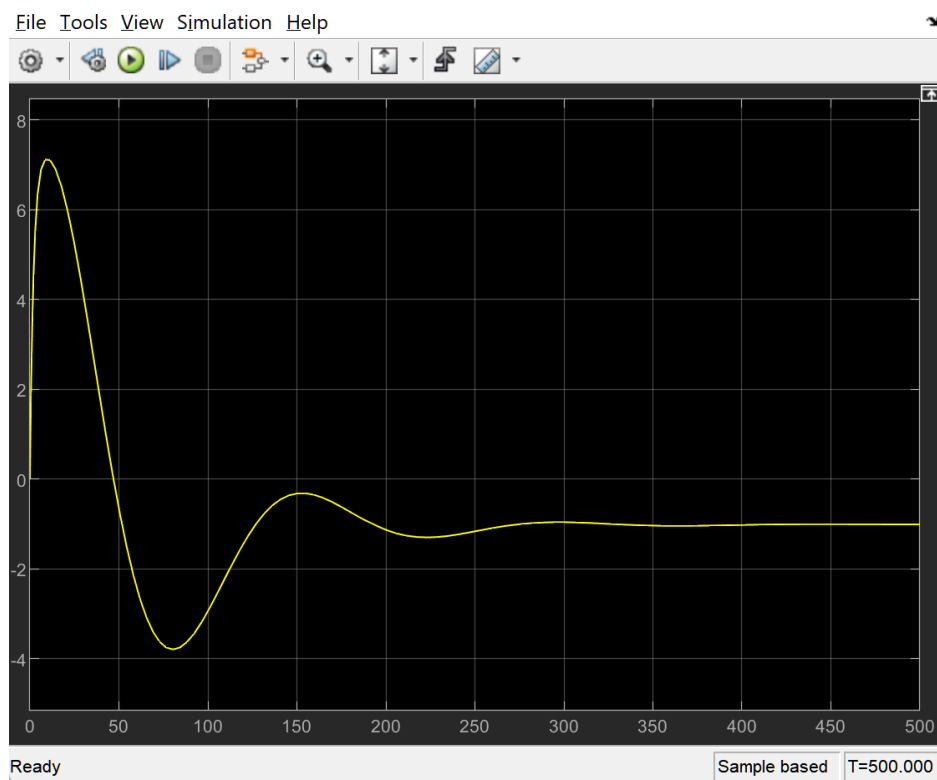


Рисунок 4.4 – График Руля с ПИД-регулятором с внешним возмущением

Сравнение графика Курса ПД-регулятора с графиком Курса ПИД-регулятора с внешним возмущением, можно понять, что интегрирующее слагаемое в ПИД-регуляторе позволяет не потерять намеченный курс, нивелировать возмущение, помеху.

6. Моделирование системы, изменение курса на 90°

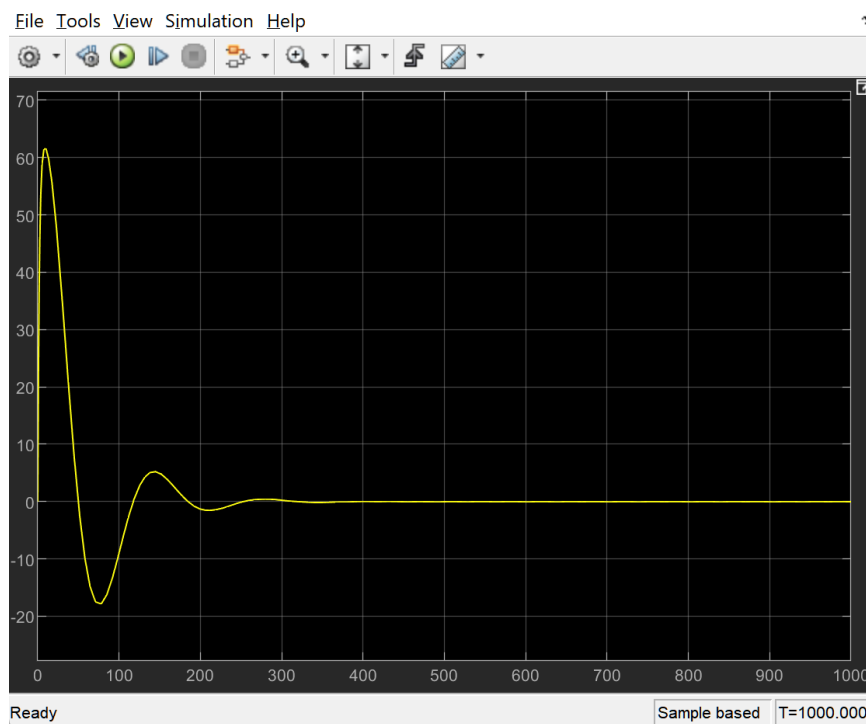


Рисунок 5.1 – График Руля с П-регулятором (90)

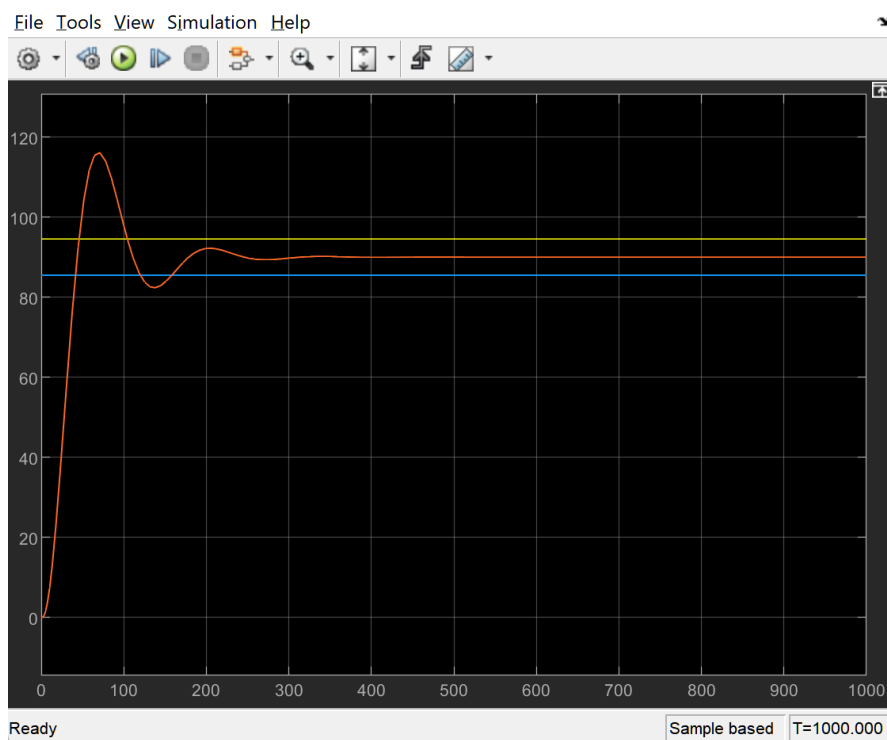


Рисунок 5.2 – График Курса с П-регулятором (90)

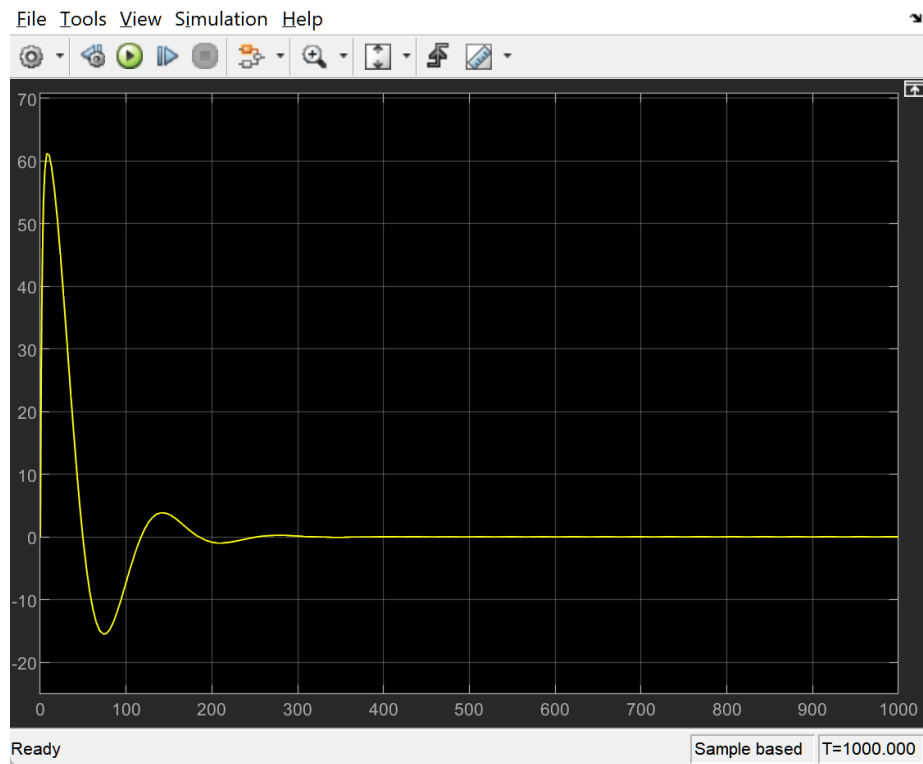


Рисунок 6.1 – График Руля с ПД-регулятором (90)

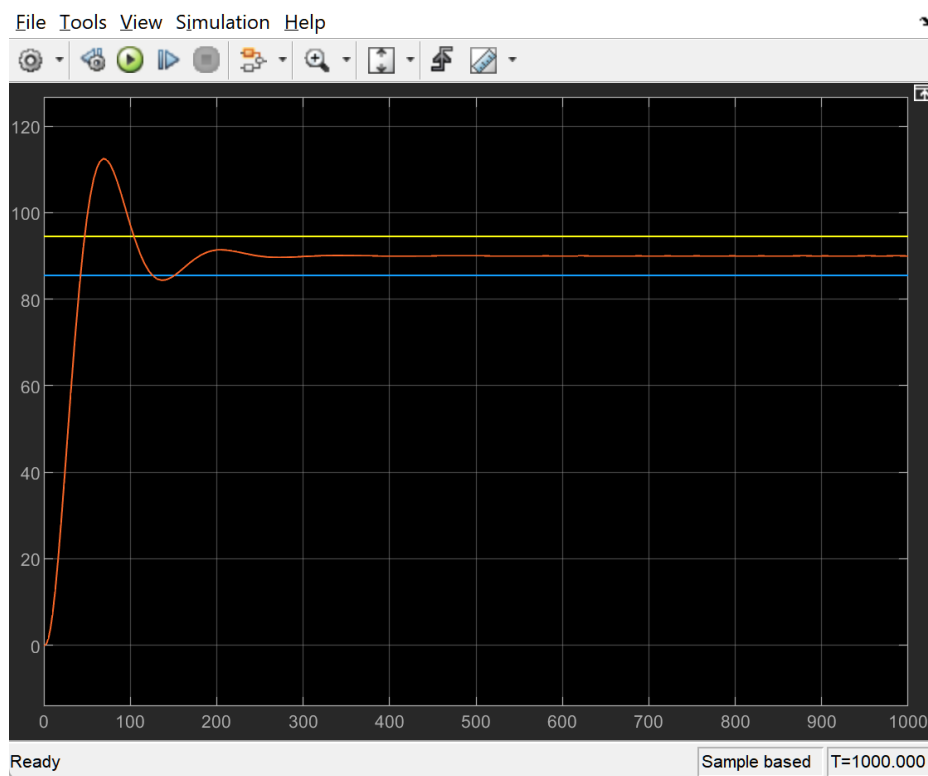


Рисунок 6.2 – График Курса с ПД-регулятором (90)

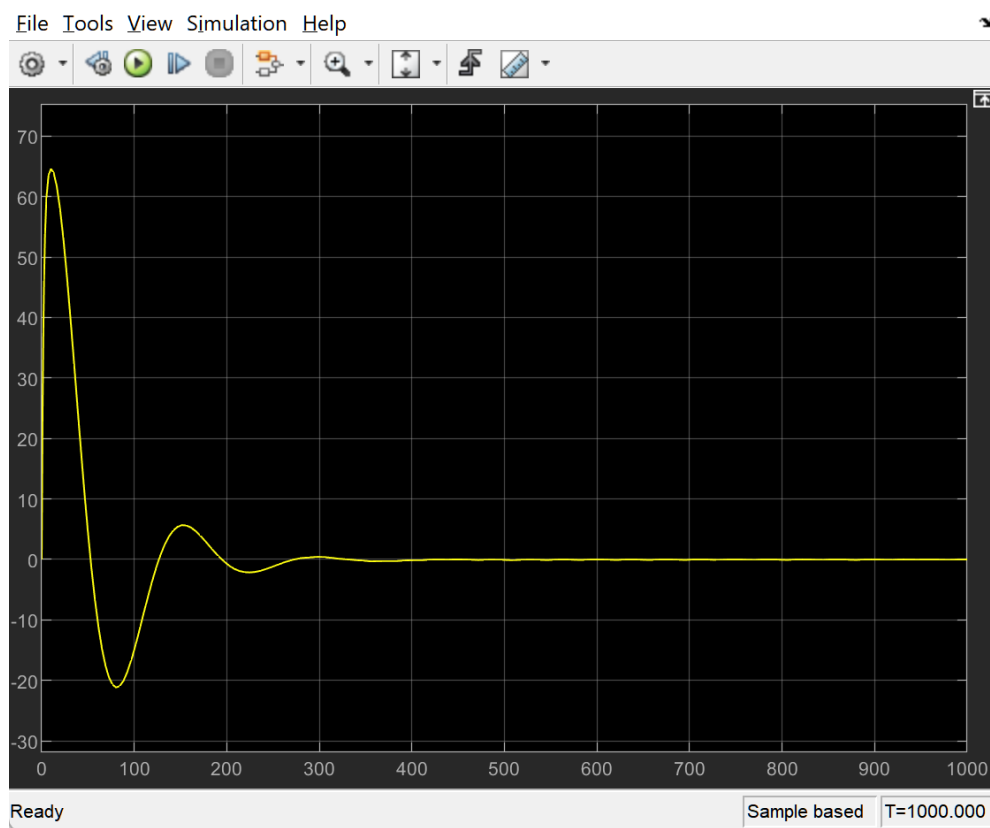


Рисунок 7.1 – График Руля с ПИД-регулятором (90)

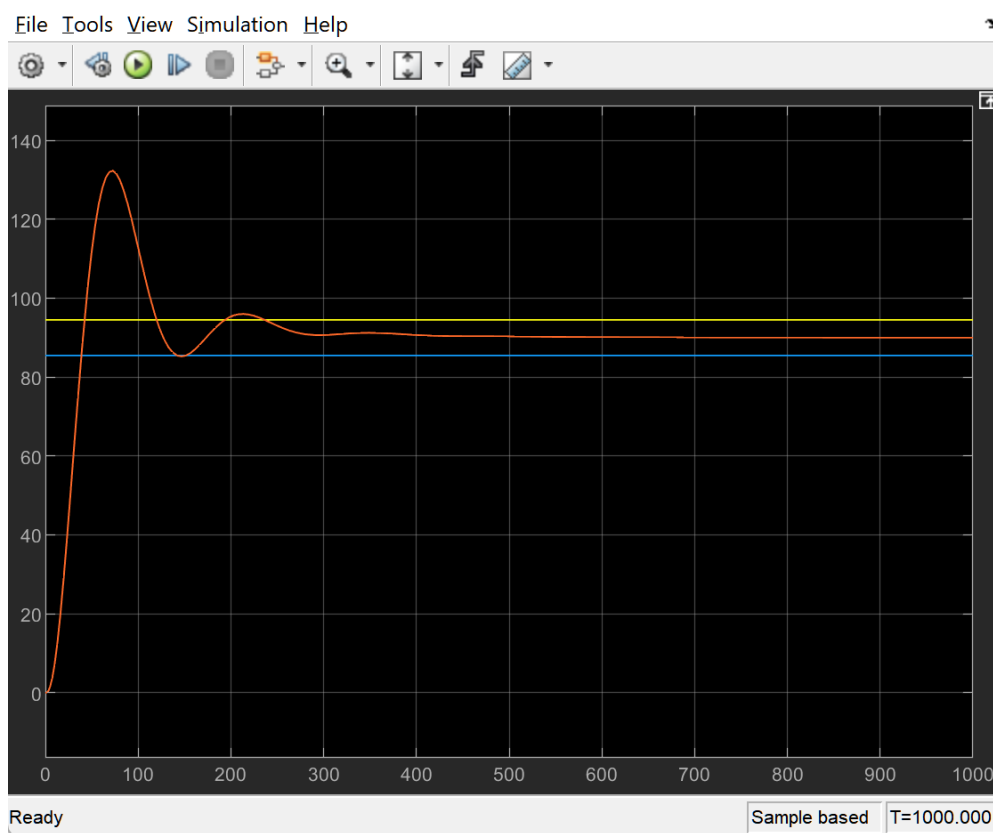


Рисунок 7.3 – График Курса с ПИД-регулятором (90)

ВЫВОД

В ходе выполнения лабораторной работы было проведено моделирование линейной системы стабилизации курса судна с использованием П-, ПД- и ПИД-регуляторов в среде Simulink. Целью являлось сравнение качества переходных процессов при различных структурах регуляторов.

Система с П-регулятором демонстрирует значительное перерегулирование (28%) и длительный переходный процесс (время регулирования ≈ 160 с). Наблюдаются выраженные колебания: курс сначала достигает $12,8^\circ$, затем падает до $9,2^\circ$, после чего постепенно стабилизируется вблизи заданного значения. Однако, несмотря на внешнее отсутствие возмущений, система не обеспечивает идеальной точности — требуется интегральная составляющая для её устранения.

Введение дифференцирующей составляющей в ПД-регулятор позволило снизить перерегулирование до 23% и сократить время регулирования до 150 с. Переходный процесс стал более плавным и устойчивым, что подтверждает положительное влияние учёта скорости изменения ошибки на динамику системы.

Добавление интегрального канала (ПИД-регулятор) обеспечило полное устранение статической ошибки и стабилизацию курса точно на уровне 10° . Однако это достигнуто ценой более сложного переходного процесса: наблюдаются затяжные, но затухающие колебания, а время регулирования увеличилось до 245 с. Также зафиксировано небольшое увеличение перерегулирования (30%), что характерно при не подборе параметров интегральной составляющей.

Таким образом, работа наглядно продемонстрировала компромисс между простотой, быстродействием, точностью и устойчивостью:

- П-регулятор — прост, но неточен;
- ПД-регулятор — быстрее и устойчивее, но не устраняет статическую ошибку;
- ПИД-регулятор — обеспечивает наивысшую точность и компенсирует возмущения, но требует тщательной настройки параметров для предотвращения колебаний.

Полученные результаты подтверждают теоретические положения теории автоматического управления и подчёркивают важность обоснованного выбора структуры регулятора в зависимости от требований к качеству управления.