



Московский государственный технический университет
Факультет ИУ «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ-1 «Системы автоматического управления»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

«Модифицированные ПИД-регуляторы»

по дисциплине

«Основы теории управления»

Выполнили: Мочульский С.А.

Бубелов Ф.Р.

Фигурнов М.В.

Группа: ПС4-62

Проверил: Замараев И.В.

Работа выполнена: 09/03/2025

Отчет сдан: 09/03/2025

Оценка:

Цель работы

Исследование методов построения систем регулирования с различными видами ПИД-регулятора.

Общий порядок выполнения лабораторной работы

1. Построение модели системы с ПИД-регулятором.
2. Использование исходного графика системы в качестве эталона.
3. Создание схемы ПИ-Д регулятора путём переноса дифференцирующего звена в контур обратной связи.
4. Реализация схемы И-ПД регулятора за счёт перемещения дифференцирующего и пропорционального звеньев в цепь обратной связи.
5. Сравнение характеристик модифицированных систем с эталонной (исходной) моделью по графикам переходных процессов.
6. Анализ влияния коэффициентов регуляторов на динамику системы.
Определение оптимальных параметров методом пошагового подбора и оценки переходных процессов при начальной неопределённости.

Теоретическая часть

Основы ПИД-регулирования

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор — ключевой элемент систем автоматического управления, предназначенный для минимизации ошибки слежения между заданным и текущим состоянием объекта. Его работа основана на трёх составляющих:

- **Пропорциональная (P)** — обеспечивает быструю реакцию на отклонение, но может вызывать статическую ошибку.
- **Интегральная (I)** — устраняет статическую ошибку за счёт накопления отклонений во времени.
- **Дифференциальная (D)** — улучшает устойчивость системы, снижая перерегулирование и колебательность.

В классическом ПИД-регуляторе все три компонента вычисляются по ошибке слежения, что может приводить к избыточной чувствительности к шумам и сложностям в настройке.

В этой лабораторной работе мы рассмотрим 2 модификации ПИД-регуляторов.

ПИ-Д регулятор:

дифференциальная составляющая (D) подключается не по ошибке, а к цепи обратной связи. Это снижает влияние шумов на дифференцирующее звено, улучшая устойчивость системы. Однако пропорциональная (P) и интегральная (I) составляющие остаются в прямом канале, сохраняя быстроту реакции.

И-ПД регулятор:

в обратную связь переносятся как дифференциальная (D), так и пропорциональная (P) составляющие. Интегральная (I) остаётся в прямом канале. Такая конфигурация минимизирует влияние возмущений на управление, но может увеличить время переходного процесса.

ПИД-регулятор.

Берем за эталонную схему системы ПИД-регулятора, у которого коэффициенты:

$$K_p = 1, K_i = 1, K_d = 1$$

Схема изображена на Рисунок 1.

В результате были получены графики зависимости амплитуды сигналов (Рисунок 2) и их составляющих от времени (Рисунок 3).

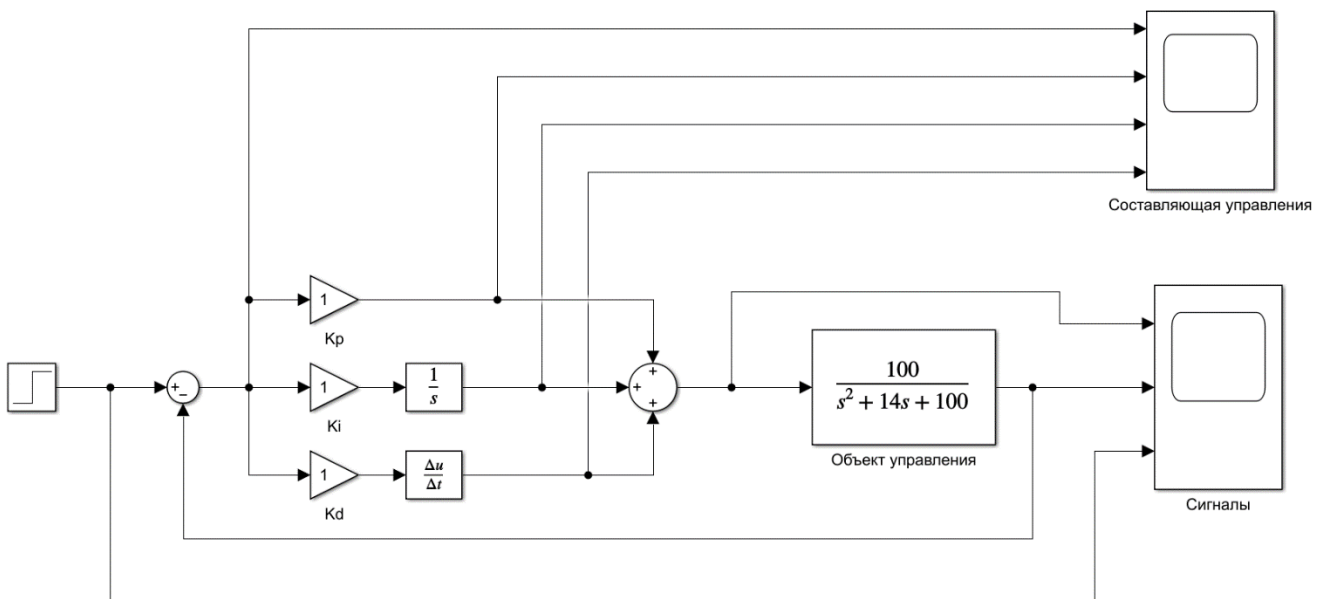


Рисунок 1 ПИД-регулятор в Simulink

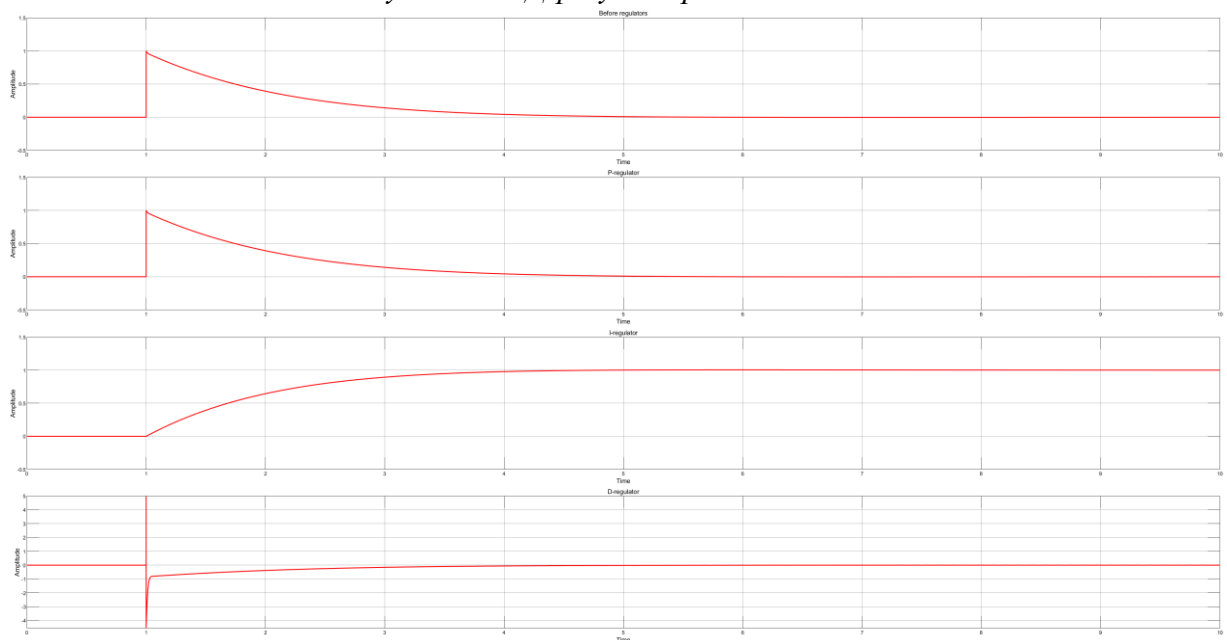


Рисунок 2 Эталонный график составляющих управления

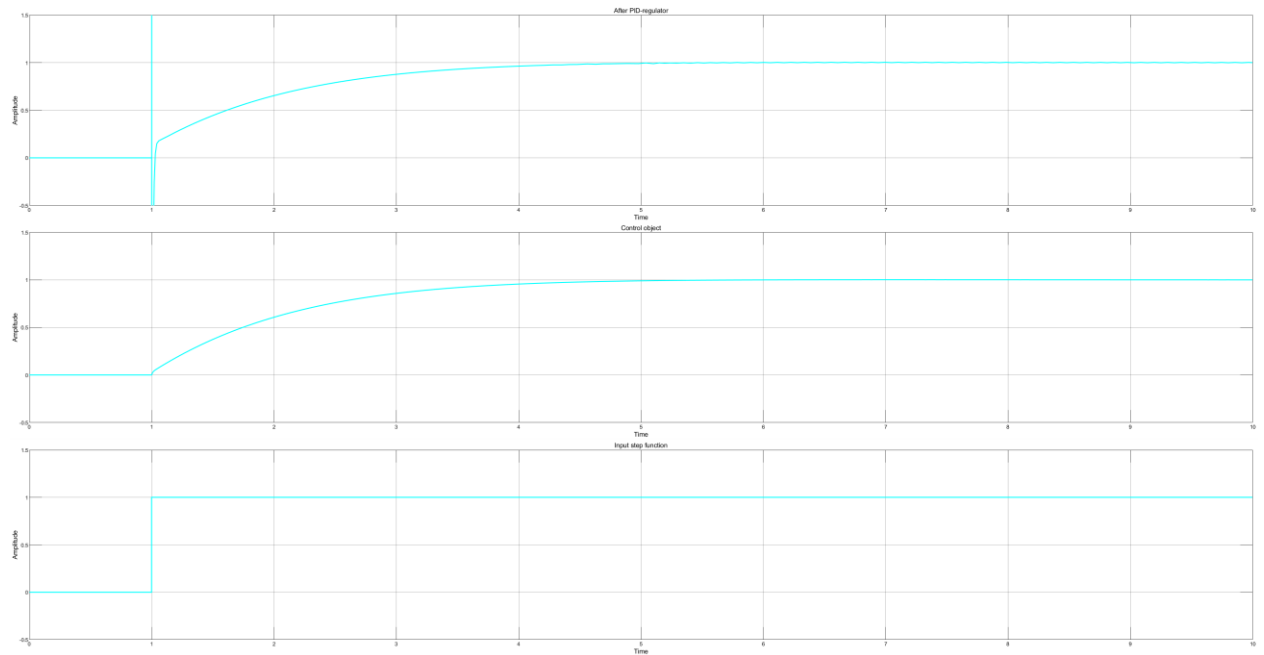


Рисунок 3 Эталонный график сигналов системы

Вывод:

Статическое отклонение в системе отсутствует. Длительность переходного процесса достигает 5 секунд. Управление характеризуется затухающими колебаниями, при этом система сохраняет устойчивость на протяжении всего переходного режима, стабилизируясь в конечном положении.

ПИ-Д-регулятор.

Берем эталонную схему с такими же параметрами и модифицируем ее так, чтобы на вход к дифференциальной составляющей поступает сигнал $y(t)$ (выход системы) через ОС, и получим ПИ-Д-регулятор.

Модифицированная схема представленная на Рисунок 4, а полученные графики на Рисунок 5 и Рисунок 6.

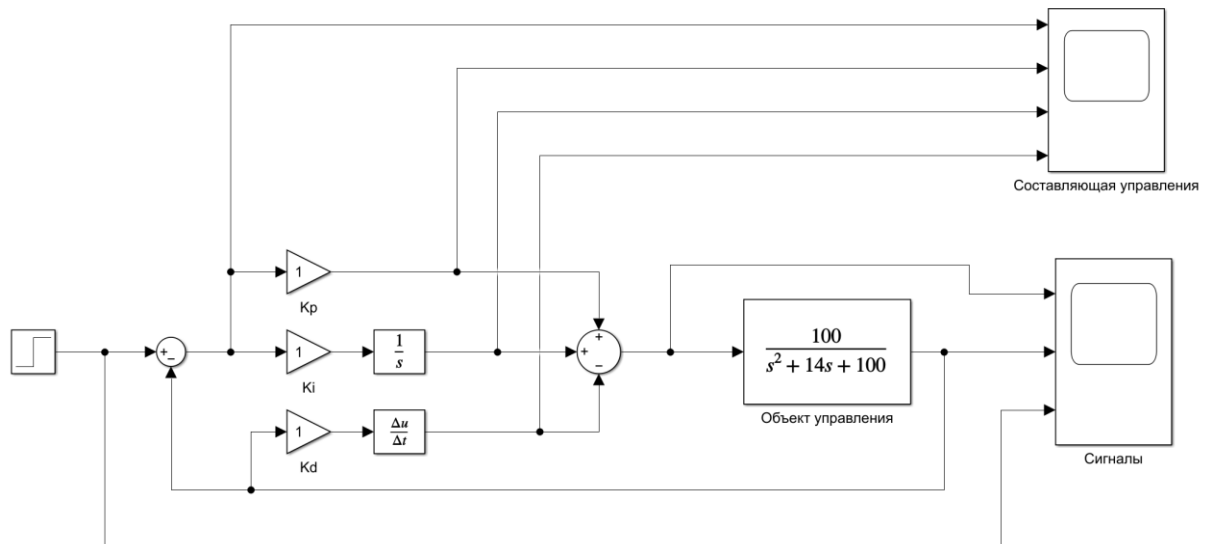


Рисунок 4 Схема ПИ-Д-регулятора

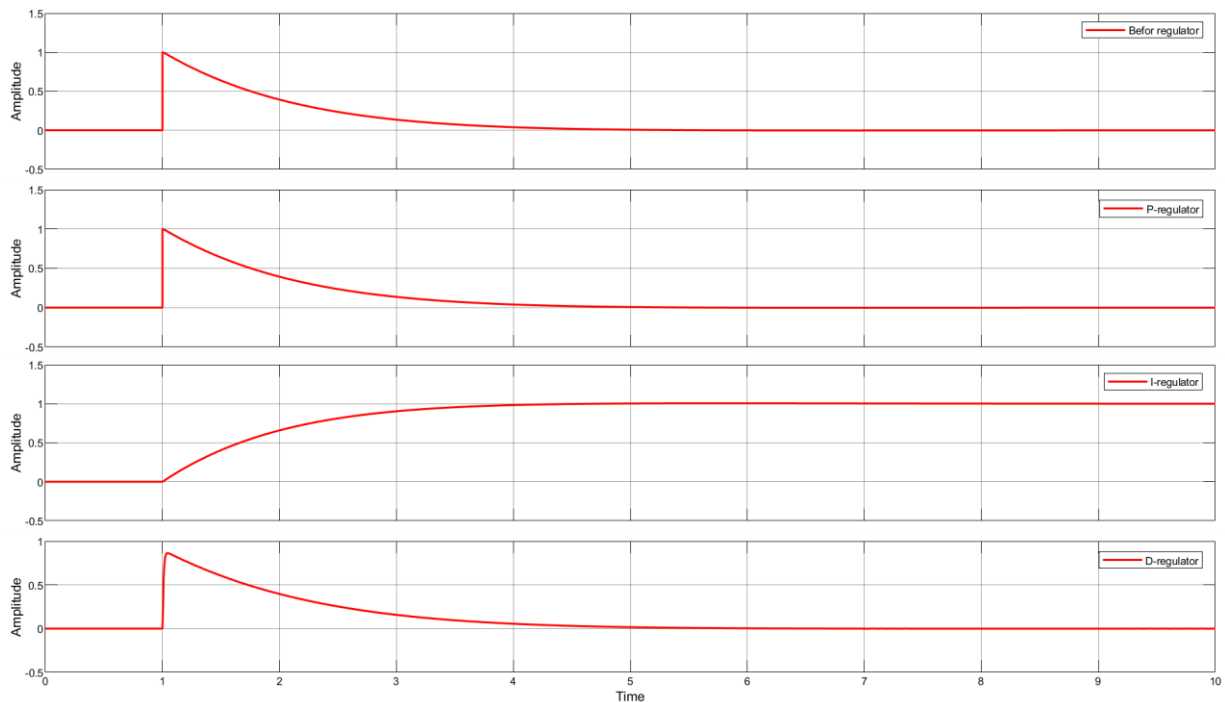


Рисунок 5 График составляющих управления

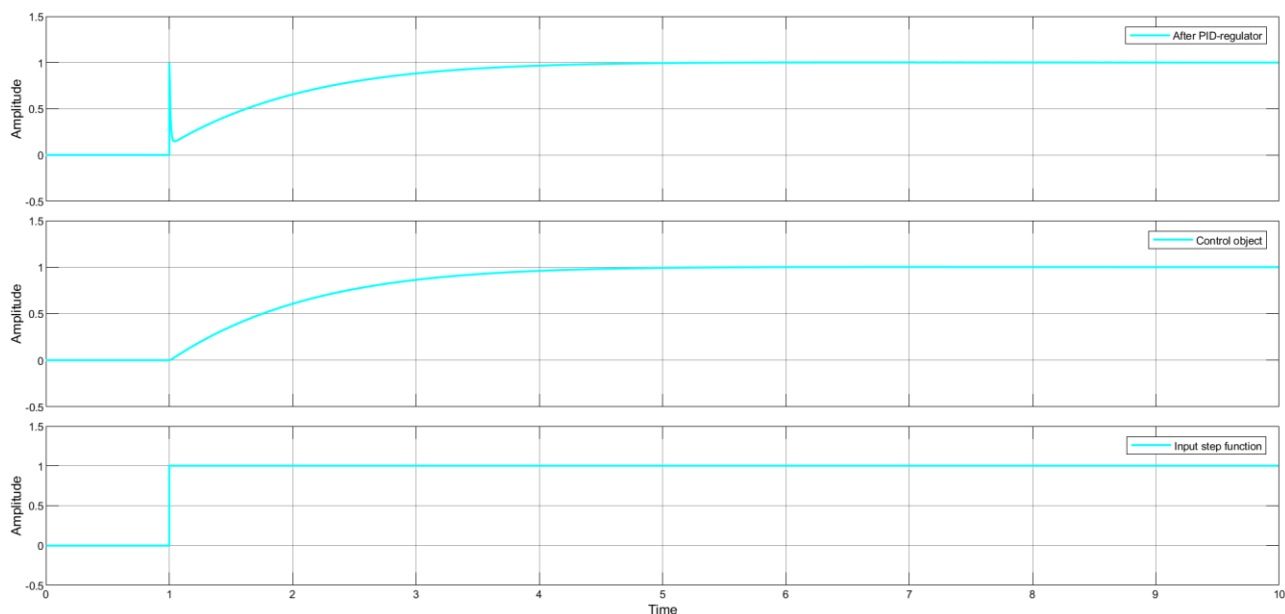


Рисунок 6 График сигналов системы

Вывод:

Изменился сигнал управления, после скачка, на понижающей части сигнал плавно устанавливается к 1. Статическая ошибка отсутствует. Перерегулирование уменьшается. Время переходного процесса незначительно увеличивается (6 сек). Характер управления – затухающее колебание. Система приводится к устойчивому положению.

И-ПД-регулятор.

Берем эталонную схему с такими же параметрами и модифицируем ее так, чтобы на вход к дифференциальной и Пропорциональной составляющими поступает сигнал $y(t)$ (выход системы) через ОС, получим И-ПД-регулятор.

Модифицированная схема представленная на Рисунок 7, а полеченные графики на Рисунок 8 и Рисунок 9.

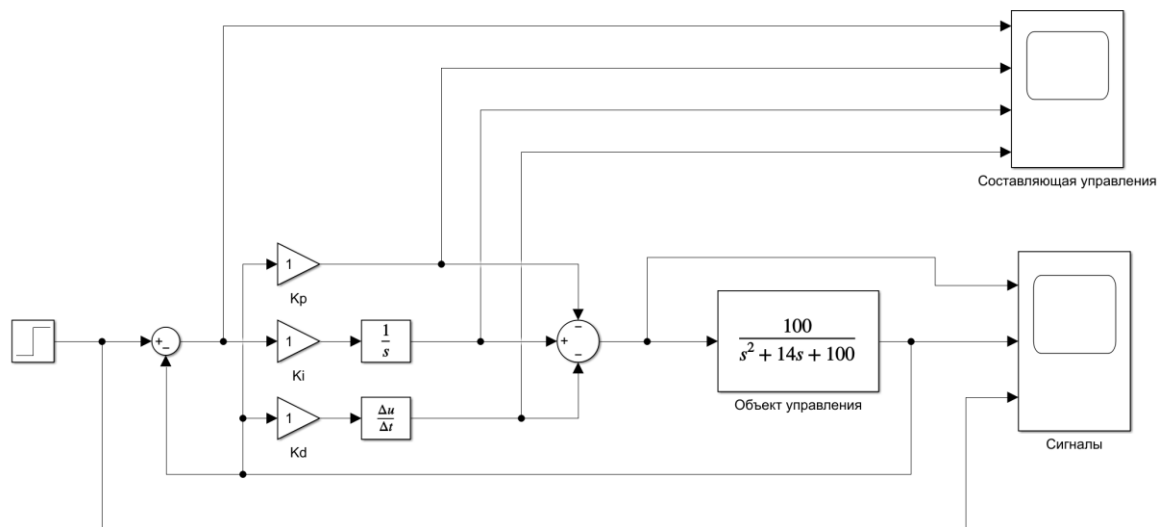


Рисунок 7 Схема И-ПД-регулятора

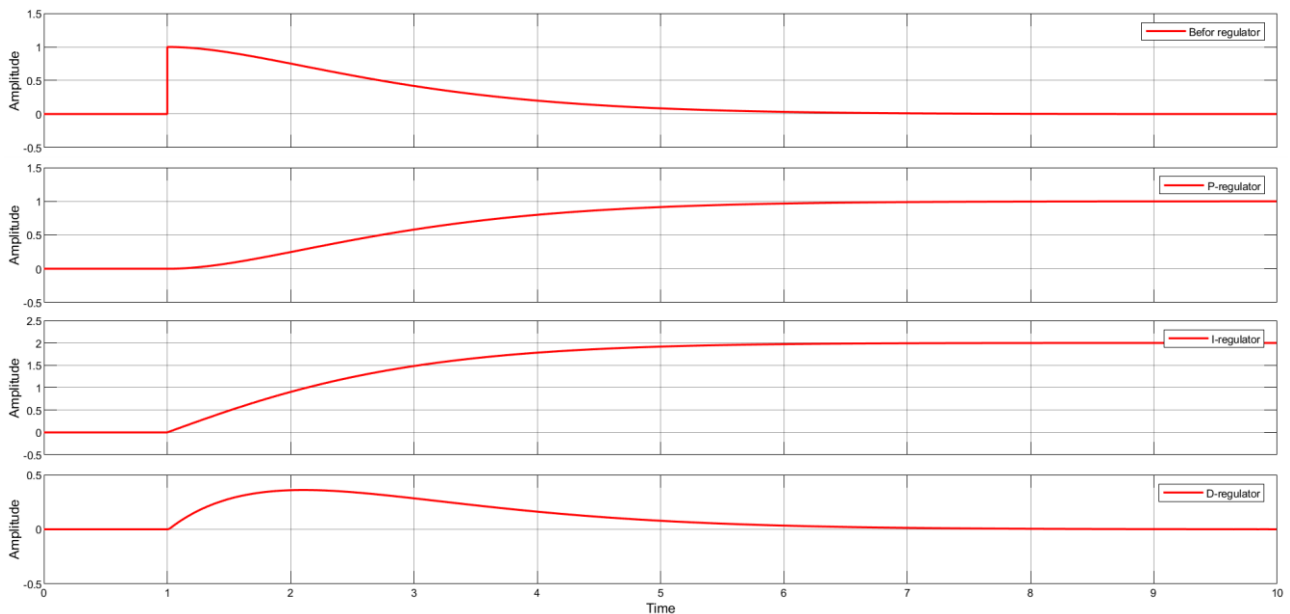


Рисунок 8 График составляющих управления

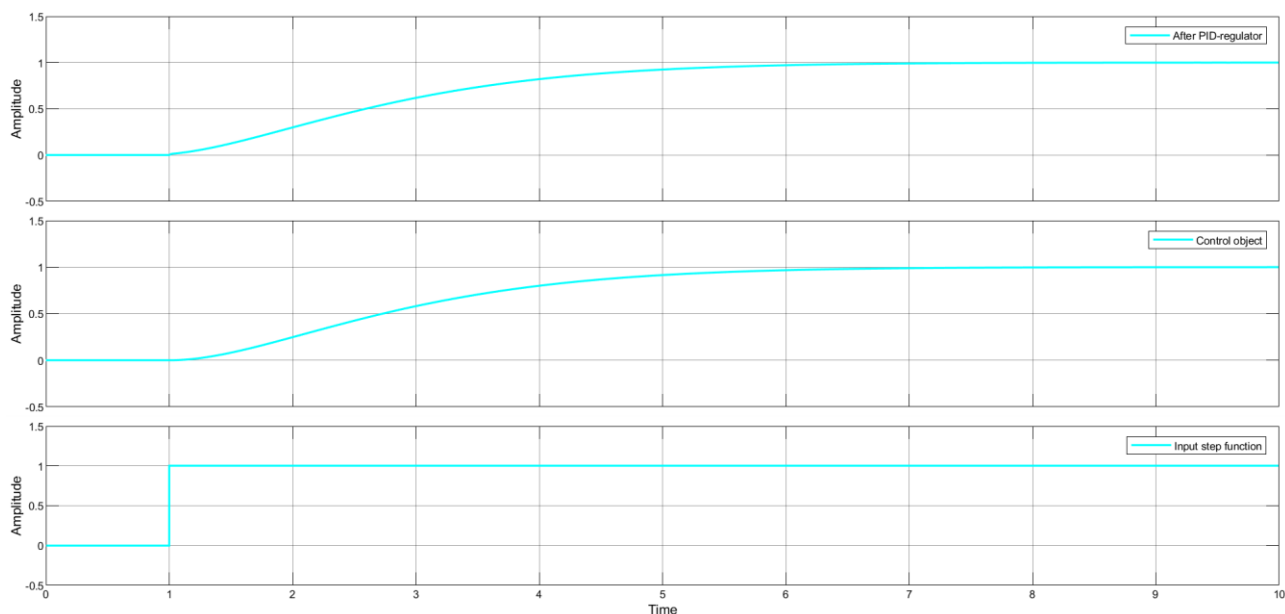


Рисунок 9 График сигналов системы

Вывод:

Поменялся сигнал управления, а именно отсутствует резкий скачек, а просто сигнал плавно устанавливается к 1. Статическая ошибка также отсутствует. Перерегулирование уменьшается. Время переходного процесса незначительно увеличивается в сравнении с прошлым результатом (7 сек). Характер управления – плавное. Система не теряет устойчивости.

Общий вывод

	ПИД	ПИ-Д	И-ПД
Статическая ошибка	Устраняется	Устраняется	Устраняется
Перерегулирование	25 %	15 %	5 %
Время переход проц	5 сек	6 сек	7 сек
Колебательность	Присутствует	Присутствует	Отсутствует
Характер управления	Затухающее колебание	Затухающее колебание	Плавное
Устойчивость	Устойчивый	Устойчивый	Устойчивый

Вывод:

- ПИД-регулятор:
быстрее реагирует, но дает большее перерегулирование и колебания.
- ПИ-Д-регулятор:
чуть плавный отклик, меньше перерегулирование, но время установления увеличивается.
- И-ПД-регулятор:
более плавный отклик, минимальное перерегулирование, но самый медленный.

Исследование коэффициентов ПИ-Д-регулятор.

Берем схему с ПИ-Д-регулятором, и посменно заменяет коэффициенты K_p , K_i , K_d . В ожидаемом результате проверки ожидаются графики зависимости амплитуды сигналов и их составляющих от времени, и их считаем за базу для дальнейшего исследования.

В результате были получены графики зависимости амплитуды сигналов и их составляющих от времени

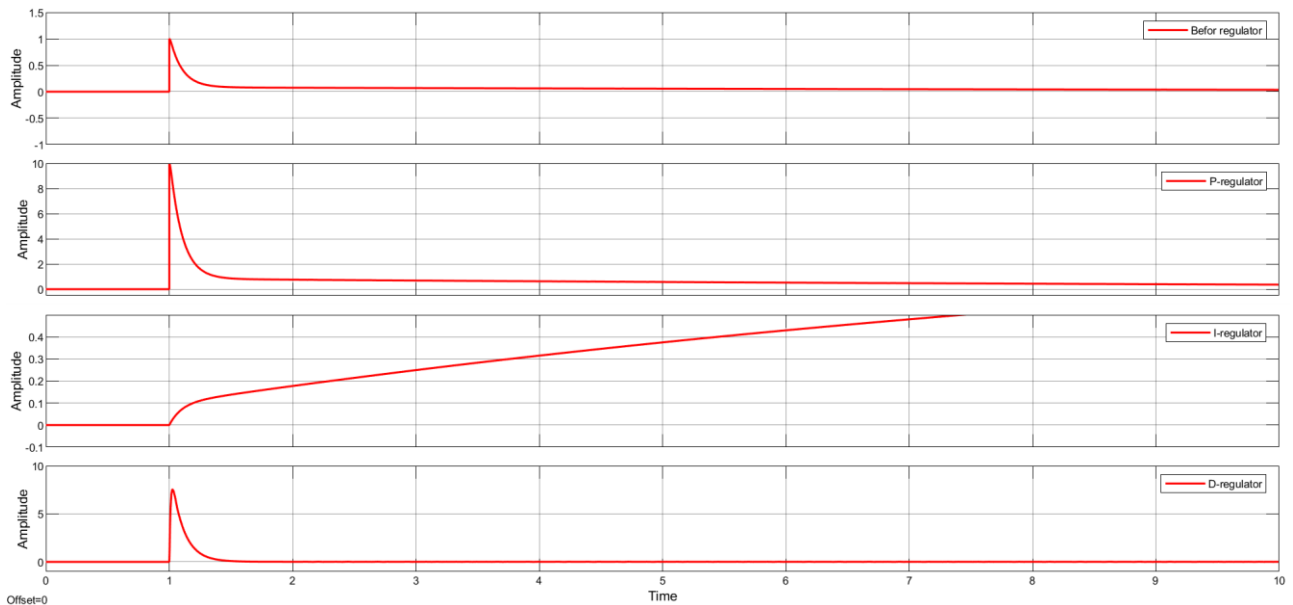


Рисунок 10 График составляющих управления для $K_p = 10$, $K_i = 1$, $K_d = 1$

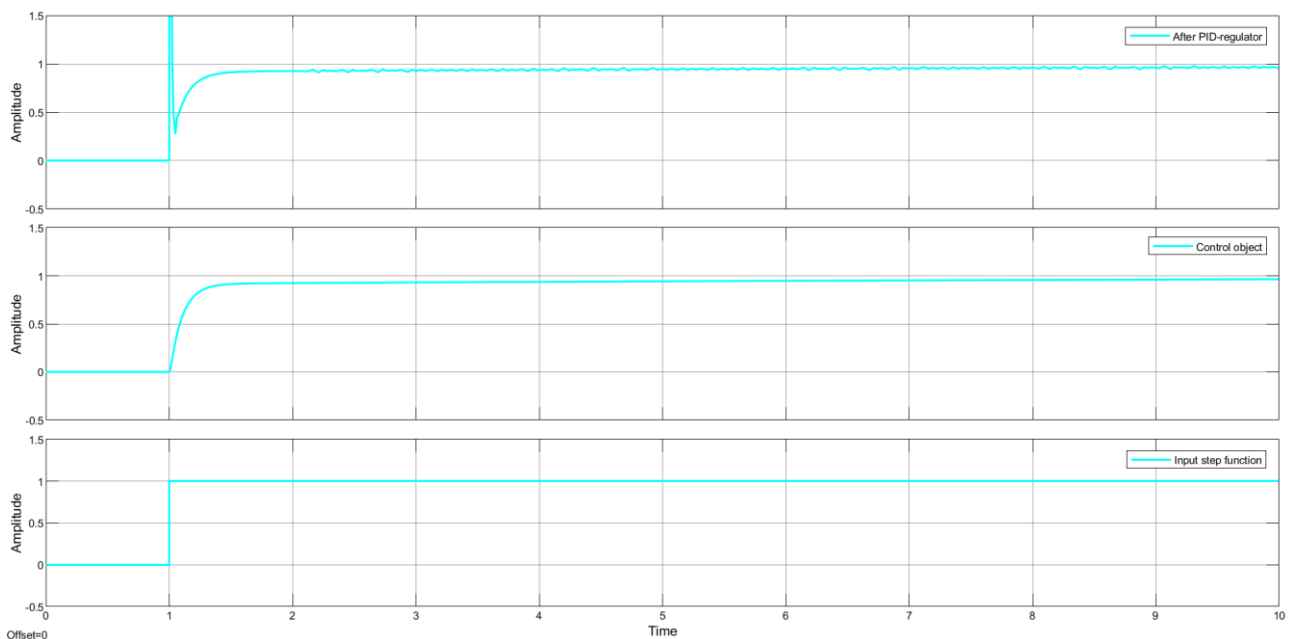


Рисунок 11 График сигналов системы для $K_p = 10$, $K_i = 1$, $K_d = 1$

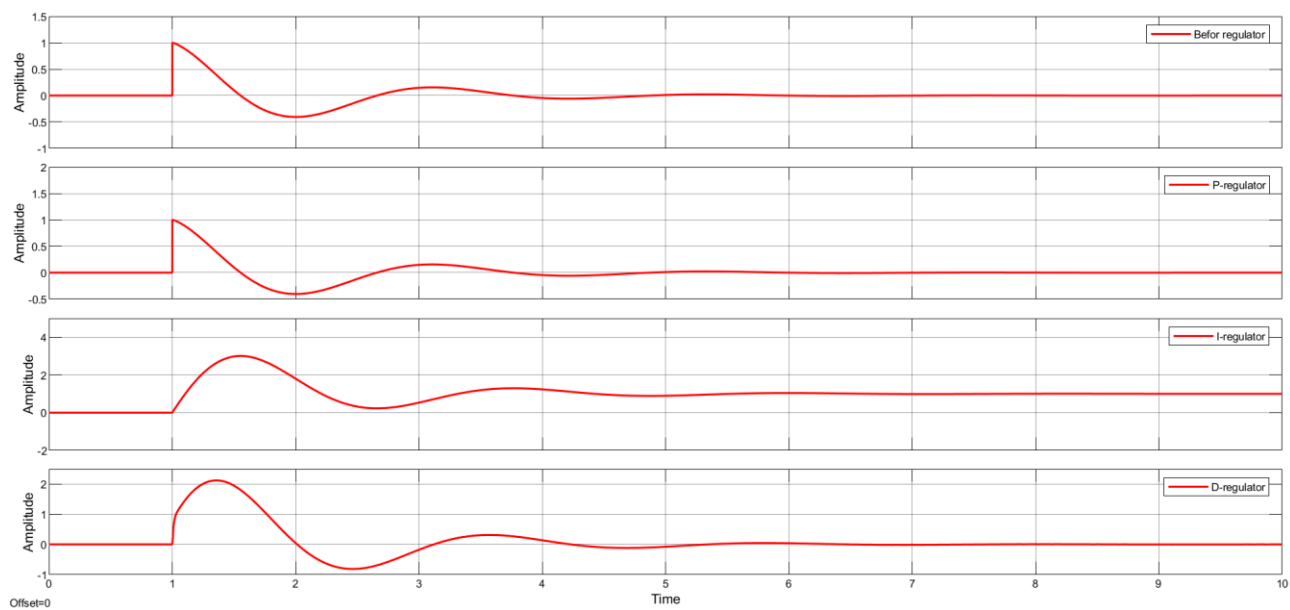


Рисунок 12 График составляющих управления для $K_p = 1$, $K_i = 10$, $K_d = 1$

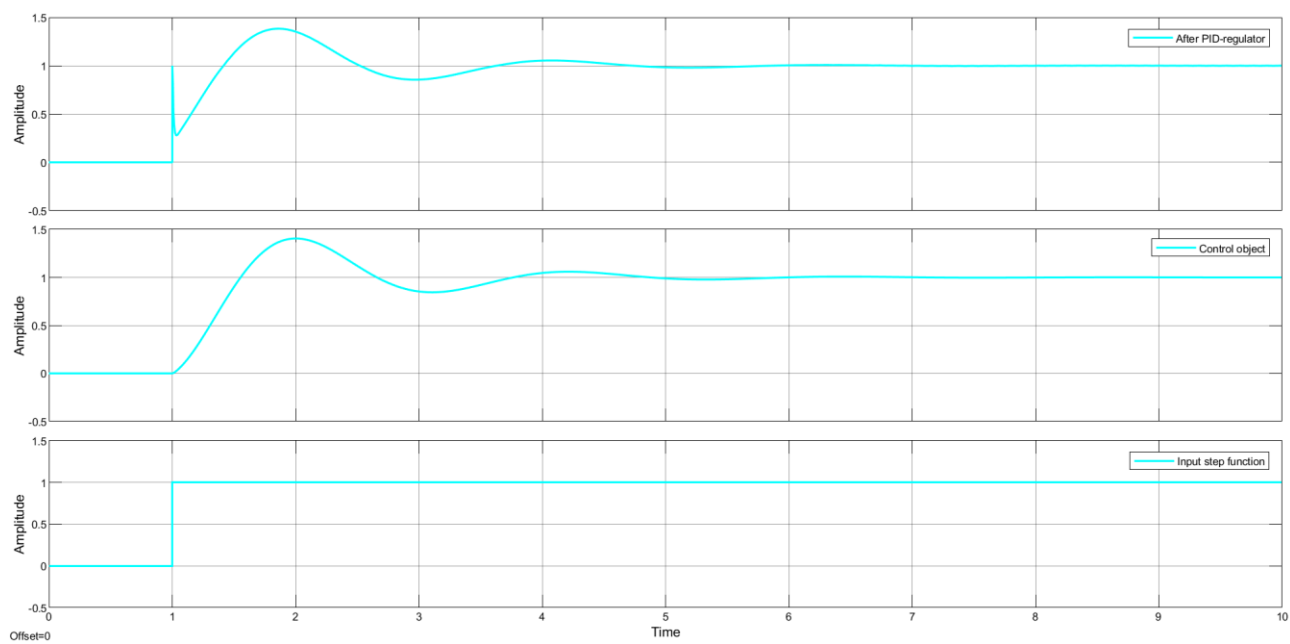


Рисунок 13 График сигналов системы для $K_p = 10$, $K_i = 1$, $K_d = 1$

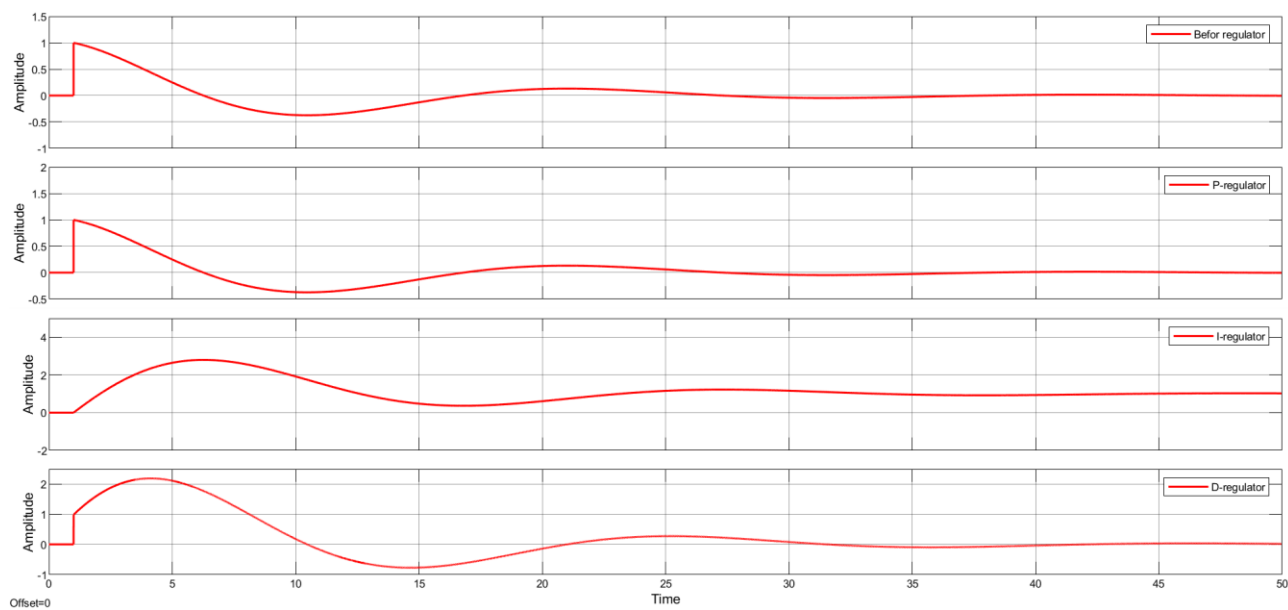


Рисунок 14 График составляющих управления для $K_p = 1$, $K_i = 1$, $K_d = 10$

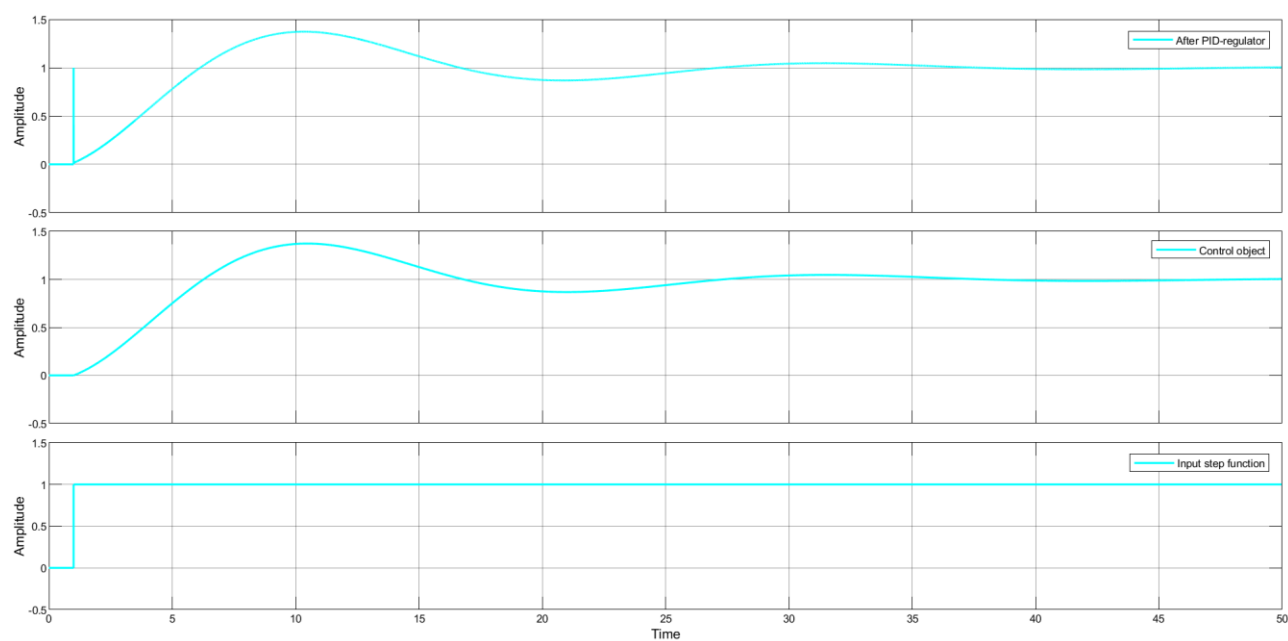


Рисунок 15 График сигналов системы для $K_p = 1$, $K_i = 1$, $K_d = 10$

Вывод:

- **Пропорциональный коэффициент (K_p):**
Повышение K_p сокращает время реакции системы, однако усиливает перерегулирование, что может привести к избыточным колебаниям выходного сигнала.
- **Интегральный коэффициент (K_i):**
Увеличение K_i ускоряет устранение статической ошибки, но провоцирует рост колебательности системы. Чрезмерные значения коэффициента способны нарушить устойчивость, вызывая расходящиеся колебания.
- **Дифференциальный коэффициент (K_d):**
Рост K_d подавляет перерегулирование, улучшая плавность переходного процесса. Однако избыточное значение коэффициента может дестабилизировать систему, особенно при наличии шумов в измерении.

Исследование коэффициентов И-ПД-регулятор.

Берем схему с И-ПД-регулятором, и посменно заменяет коэффициенты K_p , K_i , K_d . В ожидаемом результате проверки ожидаются графики зависимости амплитуды сигналов и их составляющих от времени, и их считаем за базу для дальнейшего исследования.

В результате были получены графики зависимости амплитуды сигналов и их составляющих от времени, показанных на

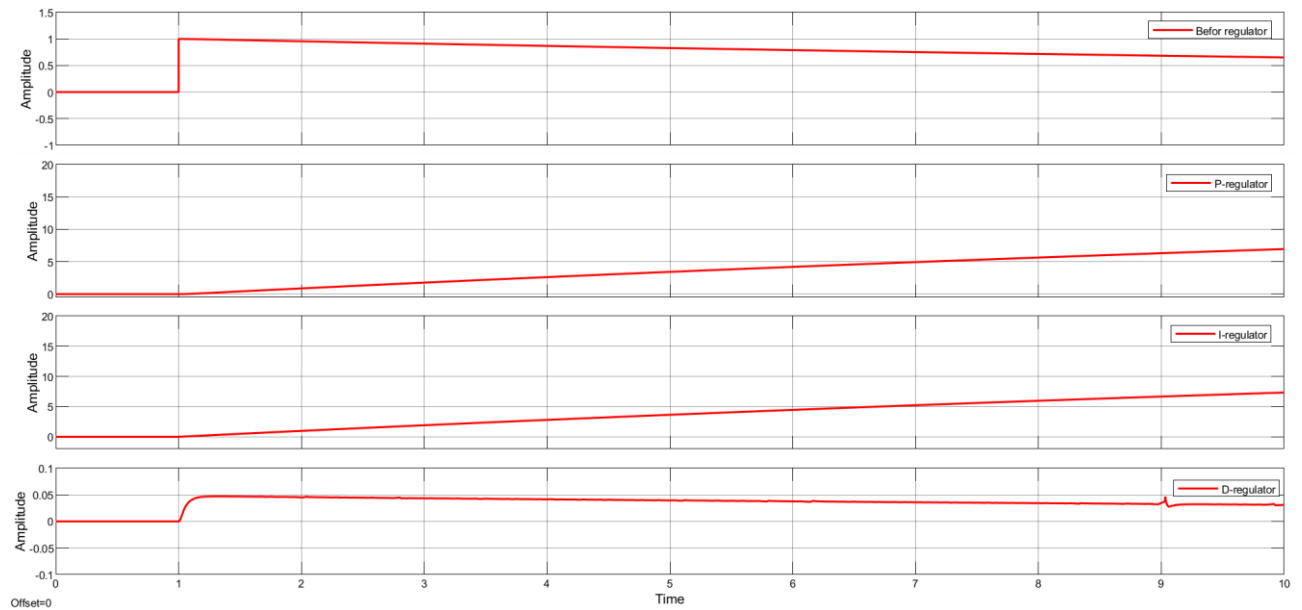


Рисунок 16. График составляющих управления для $K_p = 20$, $K_i = 1$, $K_d = 1$

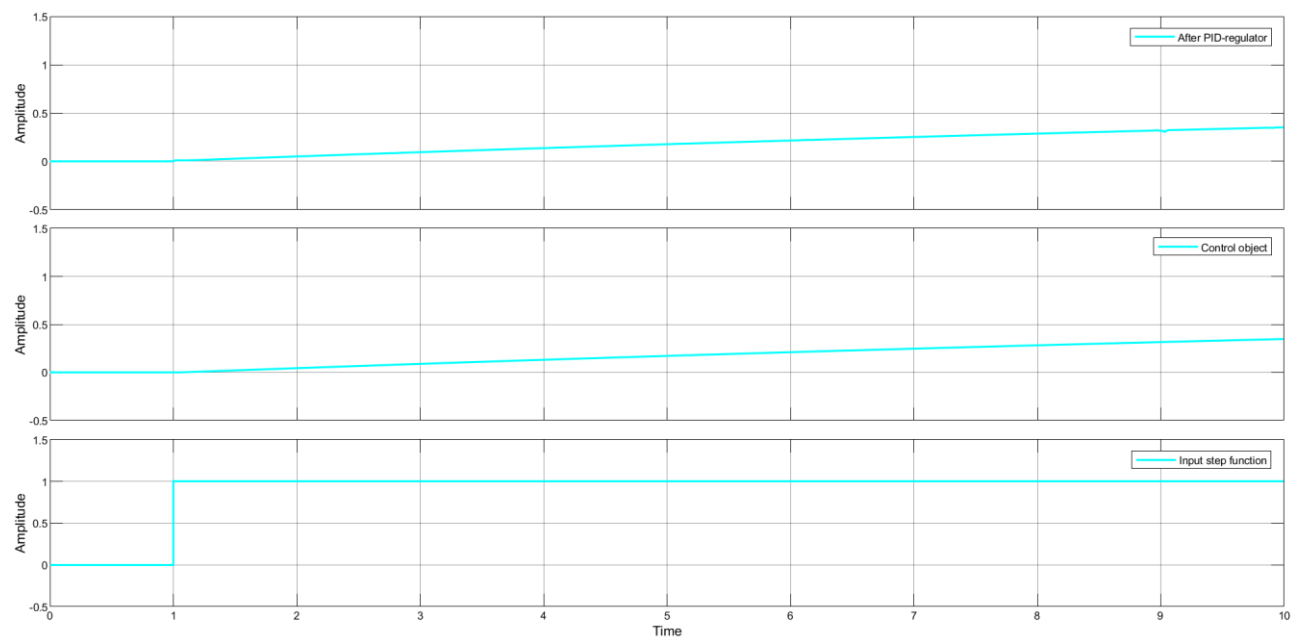


Рисунок 17. График сигналов системы для $K_p = 20$, $K_i = 1$, $K_d = 1$

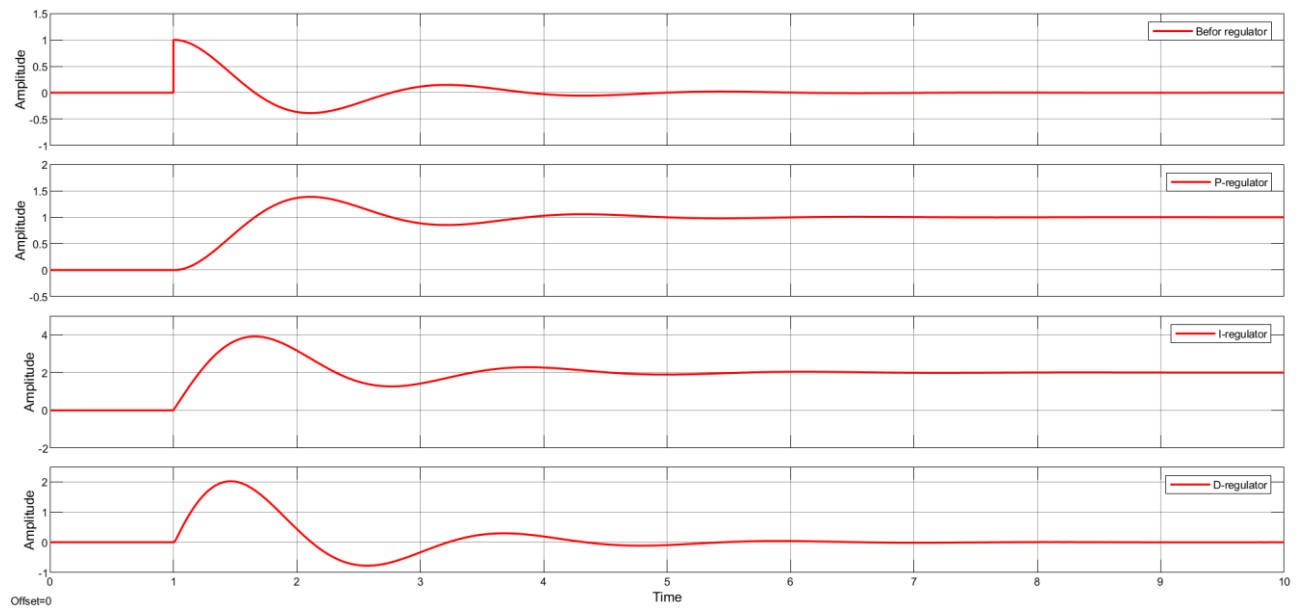


Рисунок 18. График составляющих управления для $K_p = 1$, $K_i = 10$, $K_d = 1$

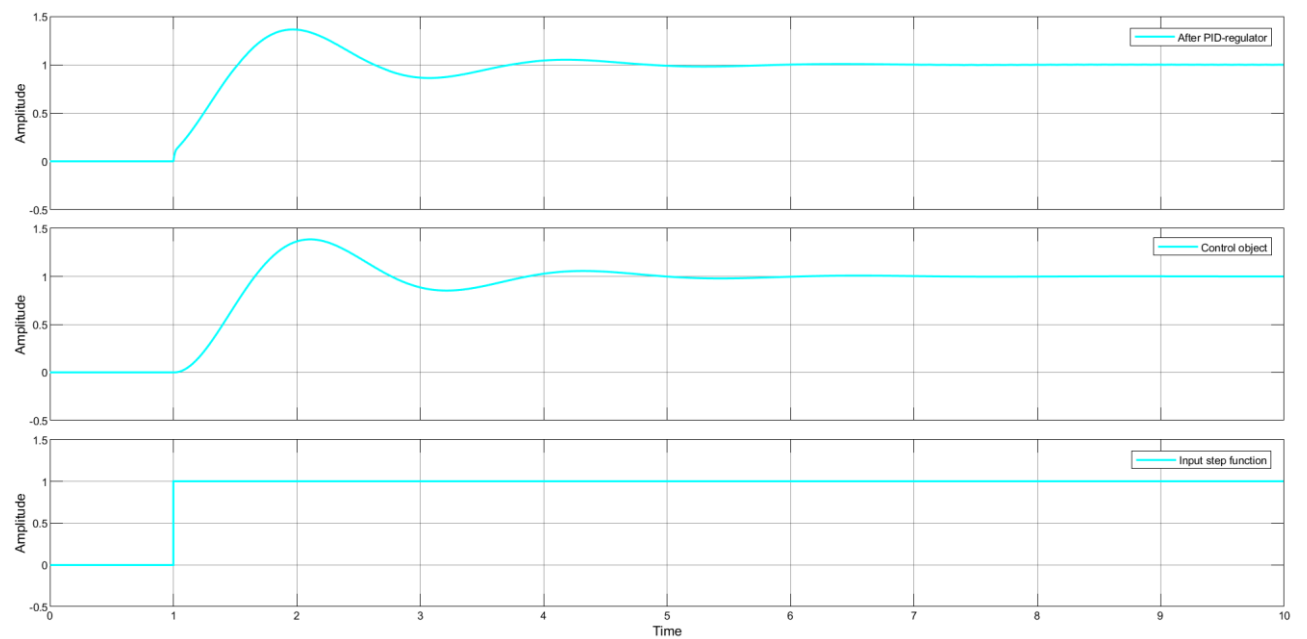


Рисунок 19. График сигналов системы для $K_p = 1$, $K_i = 10$, $K_d = 1$

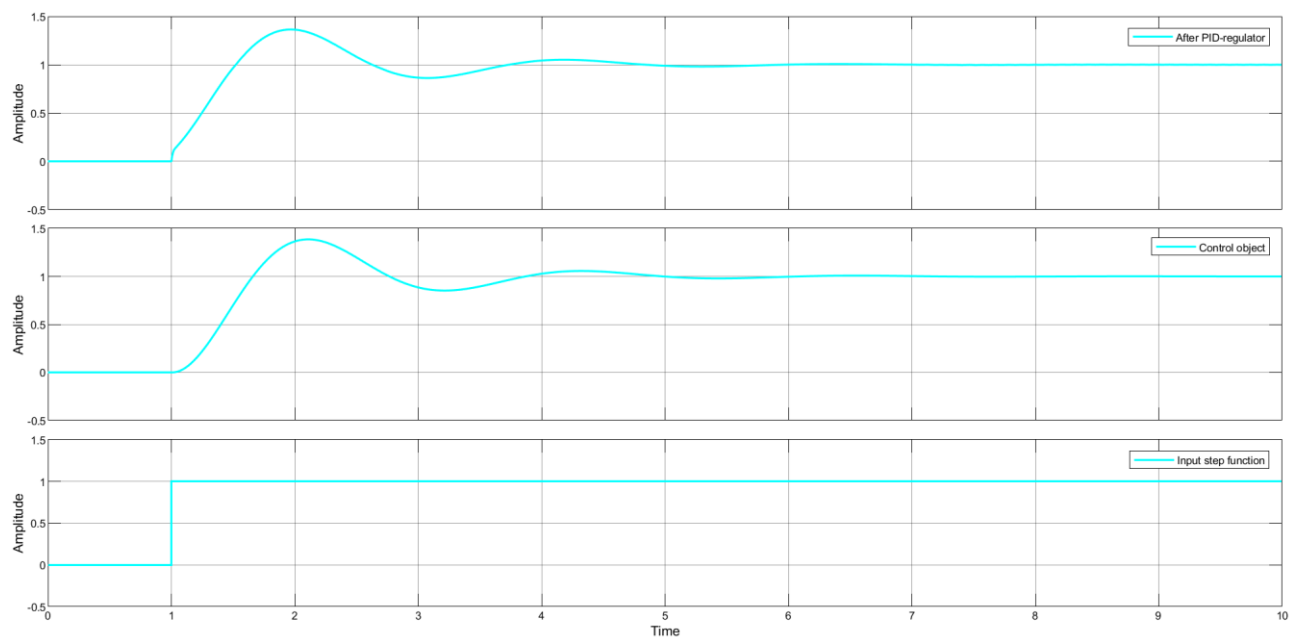


Рисунок 20. График составляющих управления для $K_p = 1$, $K_i = 1$, $K_d = 10$

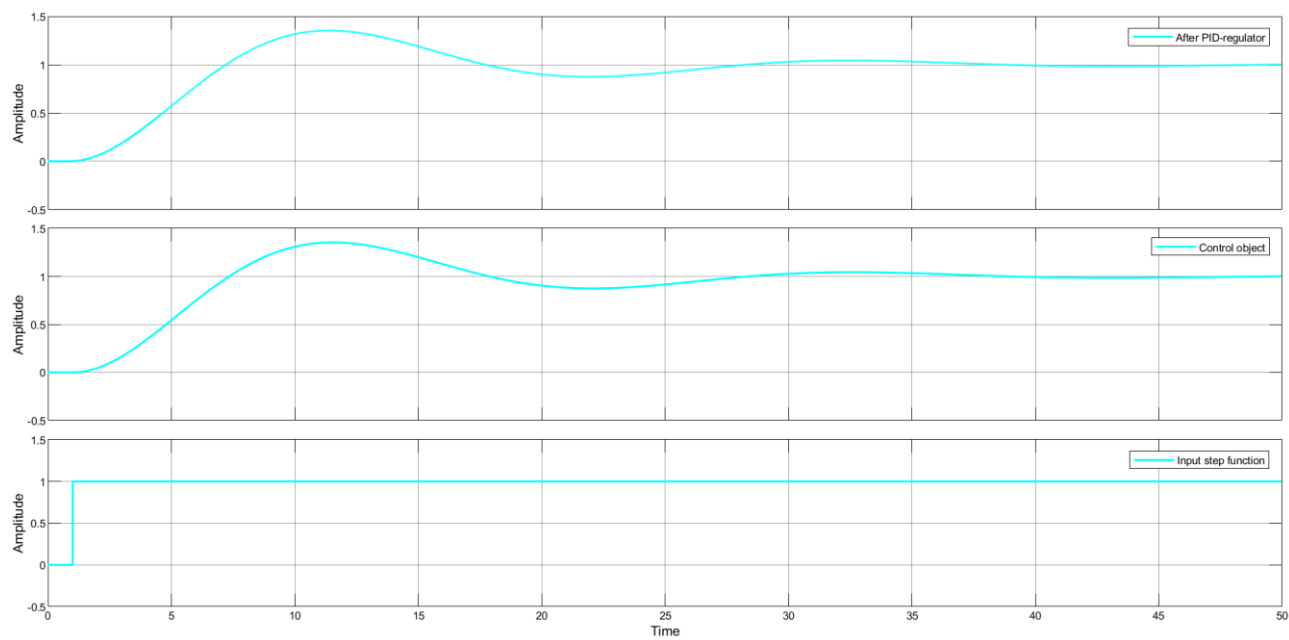


Рисунок 21. График сигналов системы для $K_p = 1$, $K_i = 1$, $K_d = 10$

Вывод:

- **Пропорциональный коэффициент (K_p):**
Увеличение K_p сокращает время отклика системы и снижает уровень перерегулирования, однако приводит к увеличению времени, необходимого для достижения установившегося состояния.
- **Интегральный коэффициент (K_i):**
Повышение K_i усиливает колебания выходного сигнала, что повышает риск нарушения устойчивости системы (например, возникновения незатухающих колебаний).
- **Дифференциальный коэффициент (K_d):**
Рост K_d уменьшает перерегулирование, но замедляет процесс стабилизации системы, увеличивая время установления.

Общий вывод

ПИД-регулятор:

- **Преимущества:** высокая скорость реакции системы.
- **Недостатки:** значительное перерегулирование и колебательность.
- **Область применения:** системы, где критически важна быстрая динамика, а требования к устойчивости второстепенны.

ПИ-Д регулятор:

- **Преимущества:** повышенная устойчивость, сниженное перерегулирование, устойчивость к шумам (за счёт вычисления производной от выходного сигнала $y(t)$, что уменьшает чувствительность к резким изменениям входных воздействий).
- **Недостатки:** более медленный отклик по сравнению с классическим ПИД.
- **Область применения:** системы с зашумлёнными сигналами или требующие сглаживания резких возмущений.

И-ПД регулятор:

- **Преимущества:** максимальная устойчивость, минимальное перерегулирование, плавность переходных процессов.
- **Недостатки:** наиболее длительное время установления режима.
- **Область применения:** системы, где приоритетом являются стабильность и плавность работы, а скорость реакции не критична.