

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3
по дисциплине
«ДИСКРЕТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»
на тему
«ДИСКРЕТНЫЙ ПИД РЕГУЛЯТОР»
Вариант 20

Выполнил: студент гр. R3441
Румянцев А. А.

Проверил: преподаватель
Краснов А. Ю.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1	Исходные данные	3
2	Выполнение работы	3
2.1	Модель системы	3
2.2	Значения параметров схемы	3
2.3	Значение коэффициента передачи регулятора	4
2.4	Процессы на выходе дискретного регулятора и системы	5
2.5	Период дискретизации и качество процесса управления	11
2.6	Неточность компенсации полюсов объекта управления и качество процесса управления	13
3	Вывод	17

1. Исходные данные

Исходные данные варианта 20:

T_1	T_2
1.35	1.2

T_1, T_2 – постоянные времени ОУ.

2. Выполнение работы

2.1. Модель системы

Модель системы в Simulink:

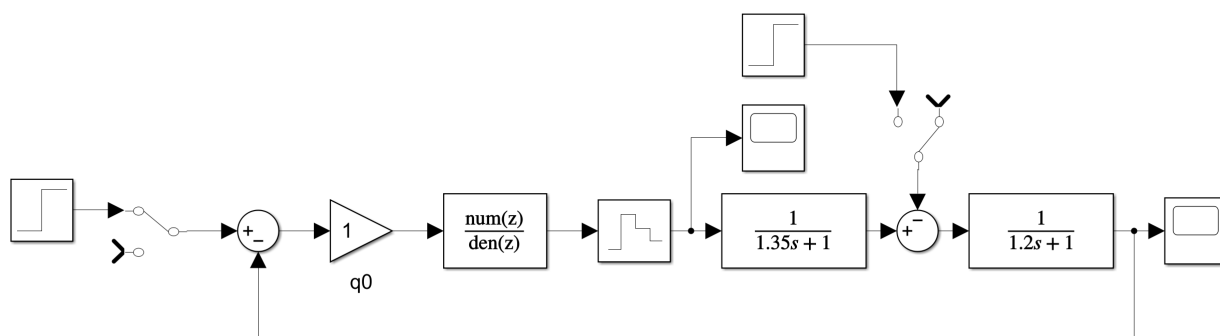


Рис. 1: Схема моделирования цифровой САУ температуры

2.2. Значения параметров схемы

Установим значение периода дискретизации в модели экстраполятора нулевого порядка $T = T_1/2 \approx 0.675$.

Рассчитаем значения полюсов приведенной непрерывной части:

$$z_1 = d_1 = e^{-\frac{T}{T_1}} \approx 0.607,$$

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_2}} \approx 0.570$$

Посчитаем значения коэффициентов полинома дискретного регулятора:

$$\text{num}(z) = z^2 + (-d_1 - d_2)z + d_1d_2 = z^2 - 1.176z + 0.346$$

Установим полученные коэффициенты полинома в блок Discrete Transfer Fcn и значения постоянных времени T_1, T_2 в модель ОУ.

2.3. Значение коэффициента передачи регулятора

Проверим выход системы при значениях коэффициента передачи регулятора $q_0 = 0.0007, q_0 = 0.0008$ при задающем воздействии $r(t) = 1, T = T_1/2$:

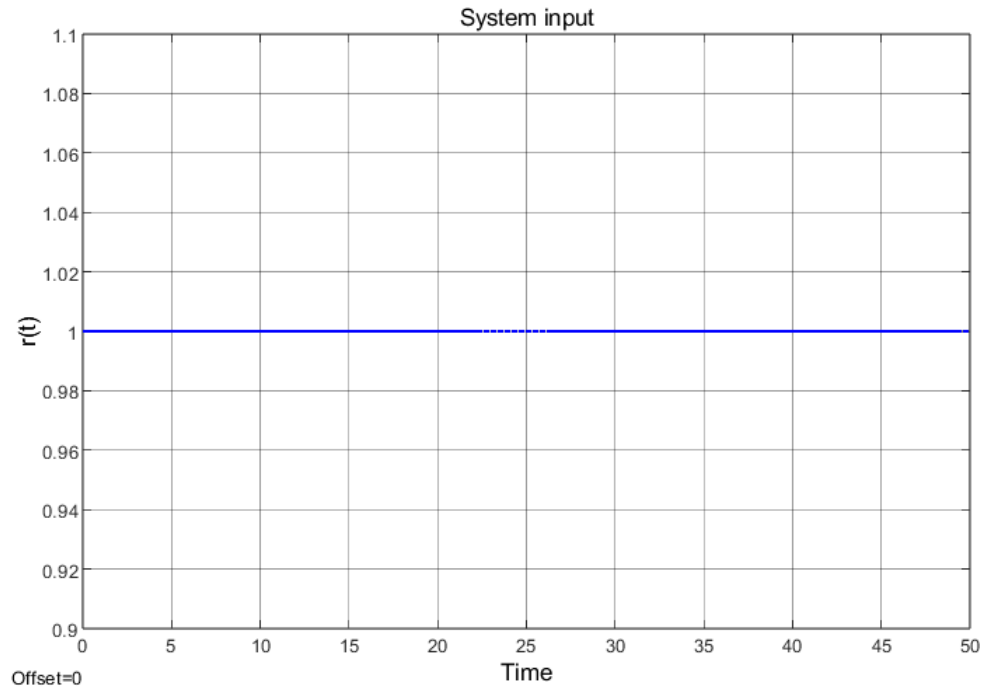


Рис. 2: Задающее воздействие $r(t) = 1$

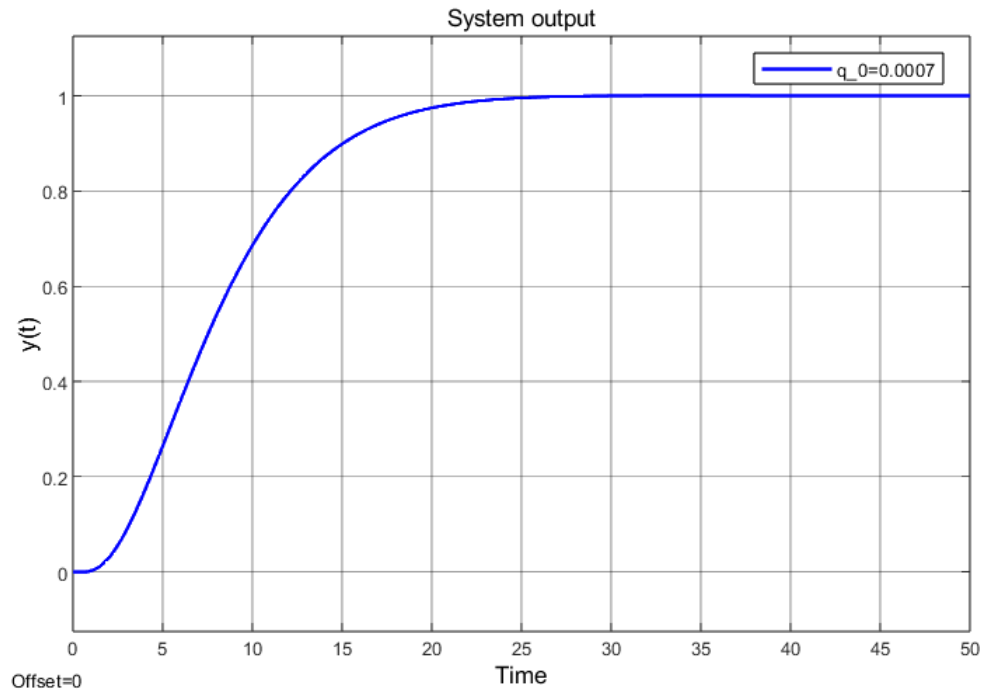


Рис. 3: Выход системы при $q_0 = 0.0007, r(t) = 1, T = T_1/2$

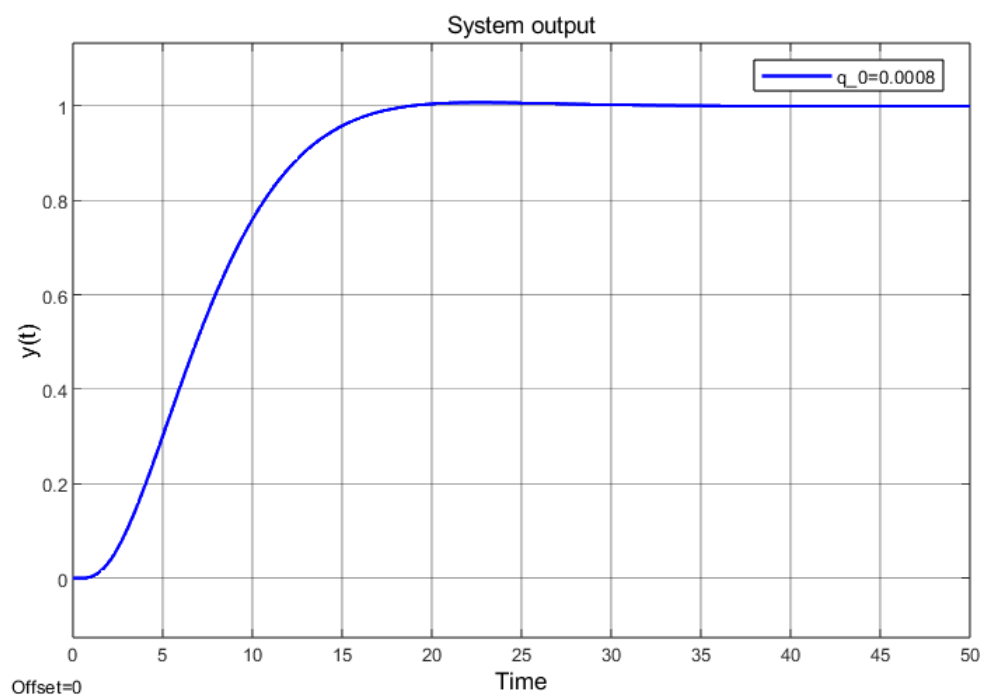


Рис. 4: Выход системы при $q_0 = 0.0008, r(t) = 1, T = T_1/2$

При $q_0 = 0.0008$ система устойчива и имеет слабоколебательные переходные процессы, при $q_0 < 0.0008$ сходится монотонно.

2.4. Процессы на выходе дискретного регулятора и системы

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия при $T = T_1/2$:

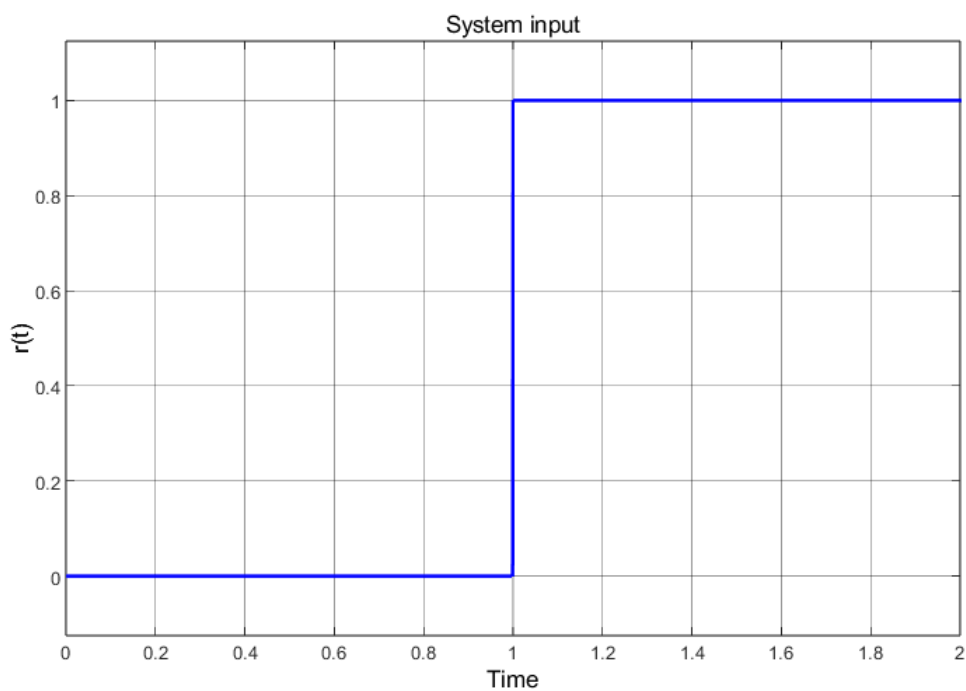


Рис. 5: Задающее воздействие $r(t) = \text{step}(t = 1, t_0 = 0, t_1 = 1)$

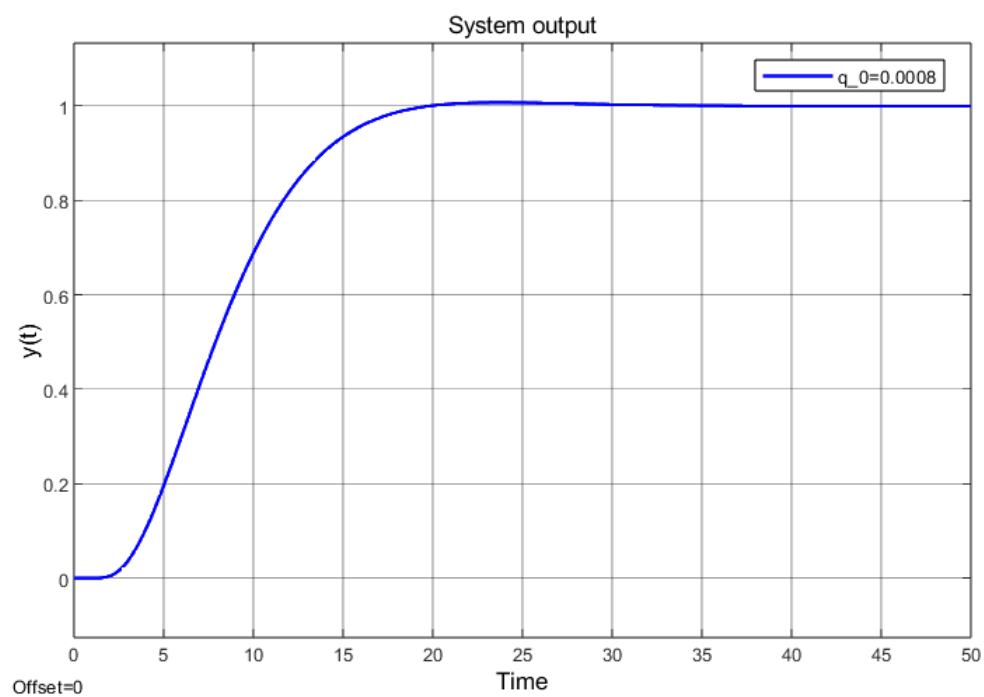


Рис. 6: Выход системы при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/2$

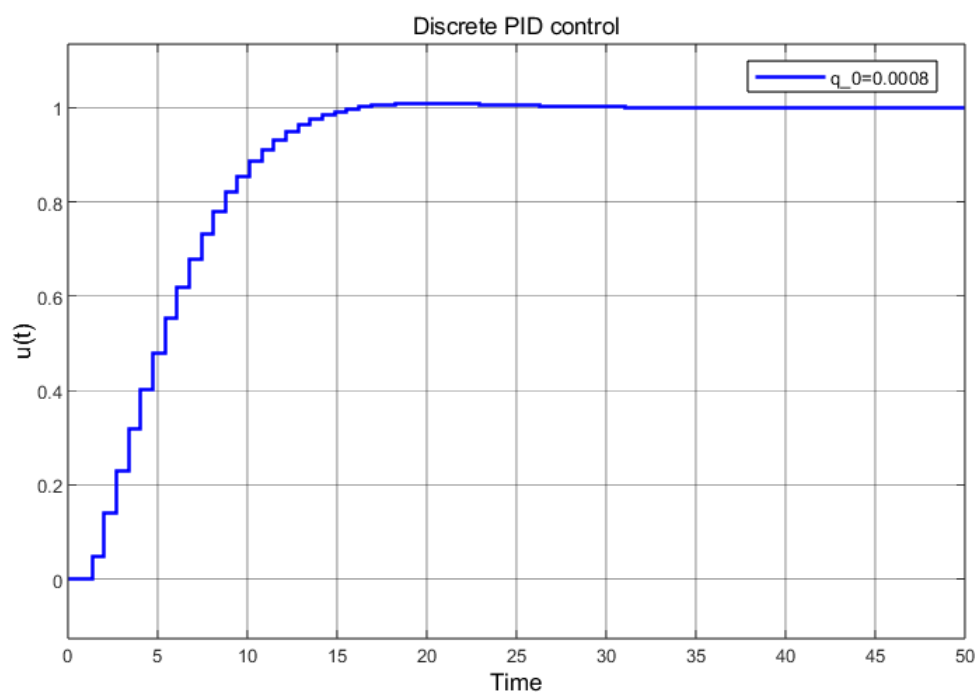


Рис. 7: Дискретный ПИД регулятор при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/2$

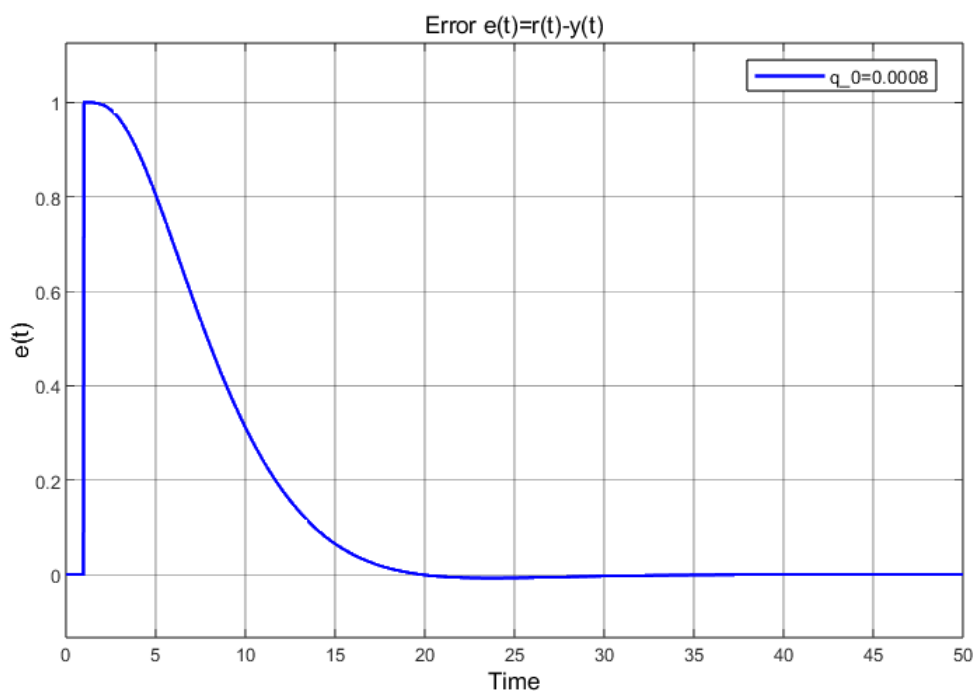


Рис. 8: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $T = T_1/2$

Исследуем ступенчатое изменение возмущающего воздействия $d(t) = \text{step}(1, 0, 1)$ (см. рис. 5) при $r(t) = 1$, $T = T_1/2$:

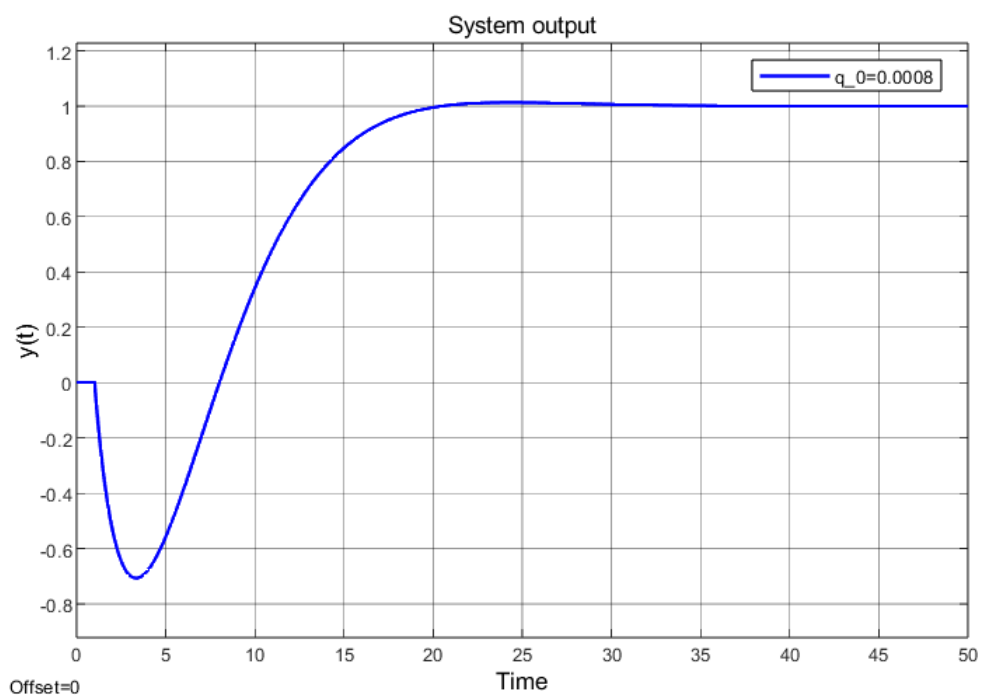


Рис. 9: Выход системы при $d(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

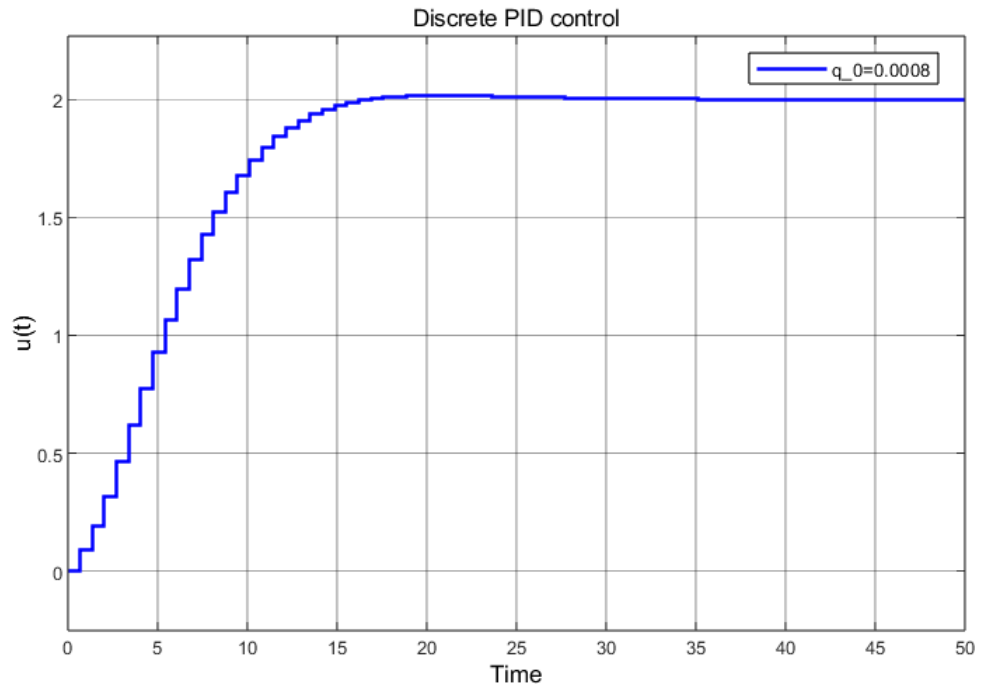


Рис. 10: Дискретный ПИД регулятор при $d(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

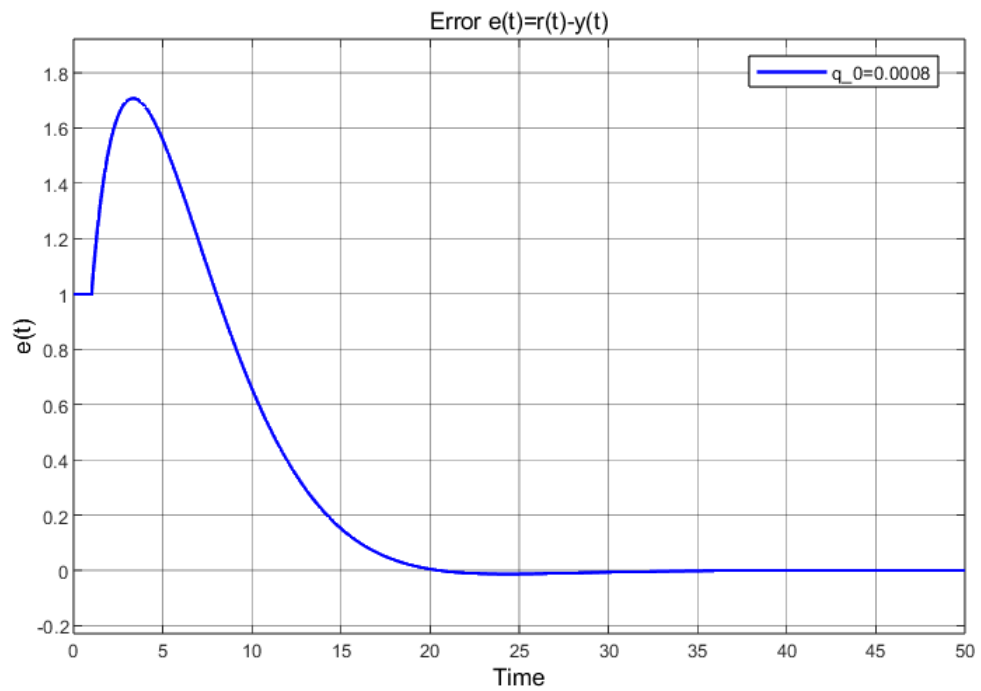


Рис. 11: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $r(t) = 1$, $d(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/2$

Исследуем возмущающее воздействие, изменяющееся по случайному закону (гауссовский шум) при $T = T_1/2$:

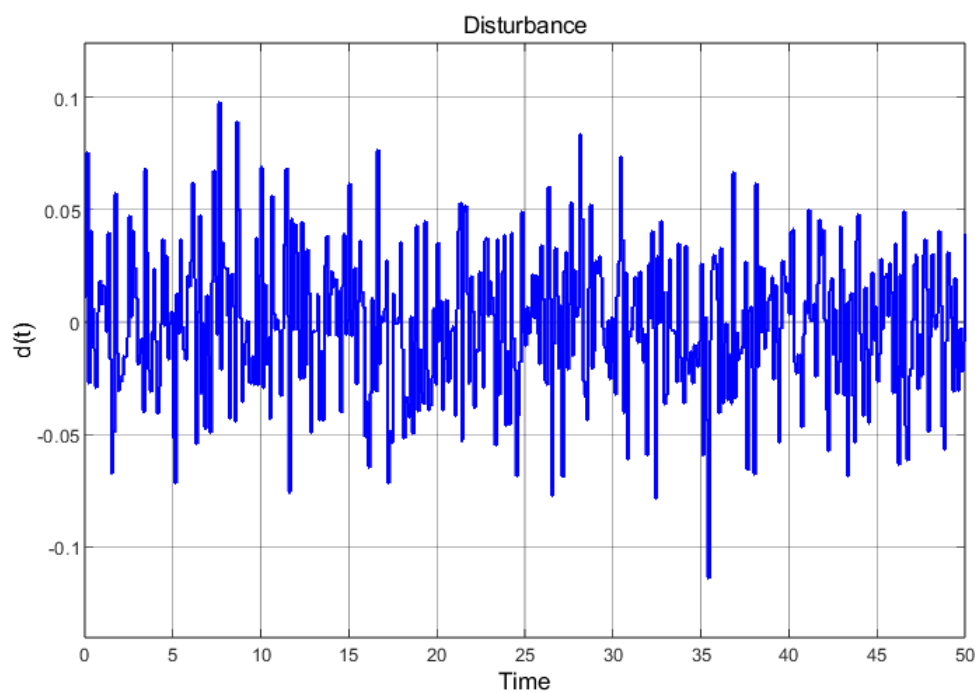


Рис. 12: Возмущающее воздействие $d_g(t)$

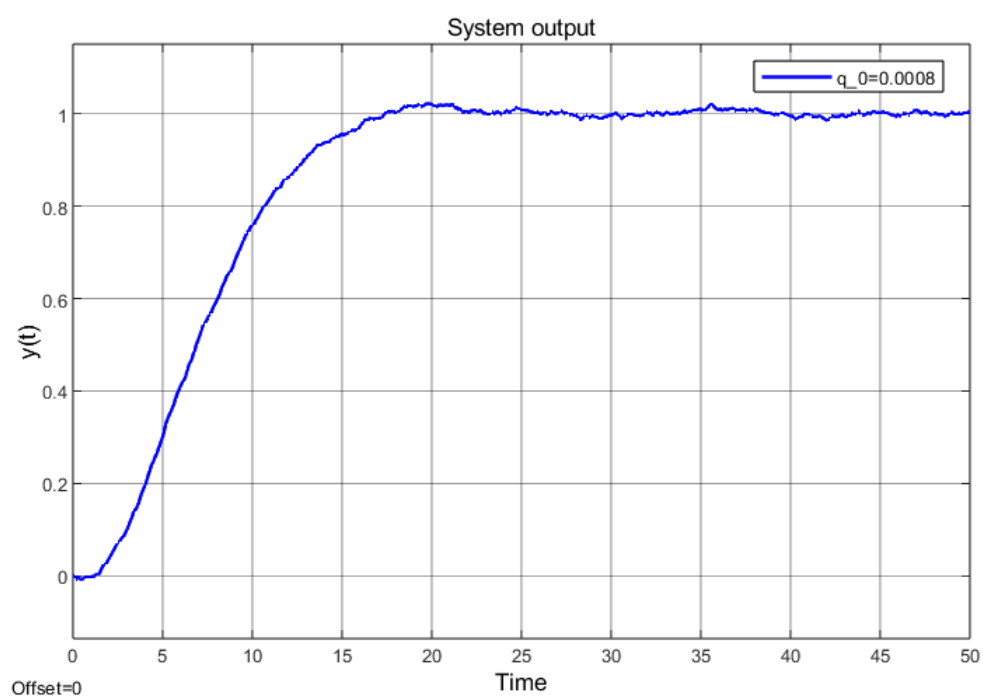


Рис. 13: Выход системы при $d_g(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

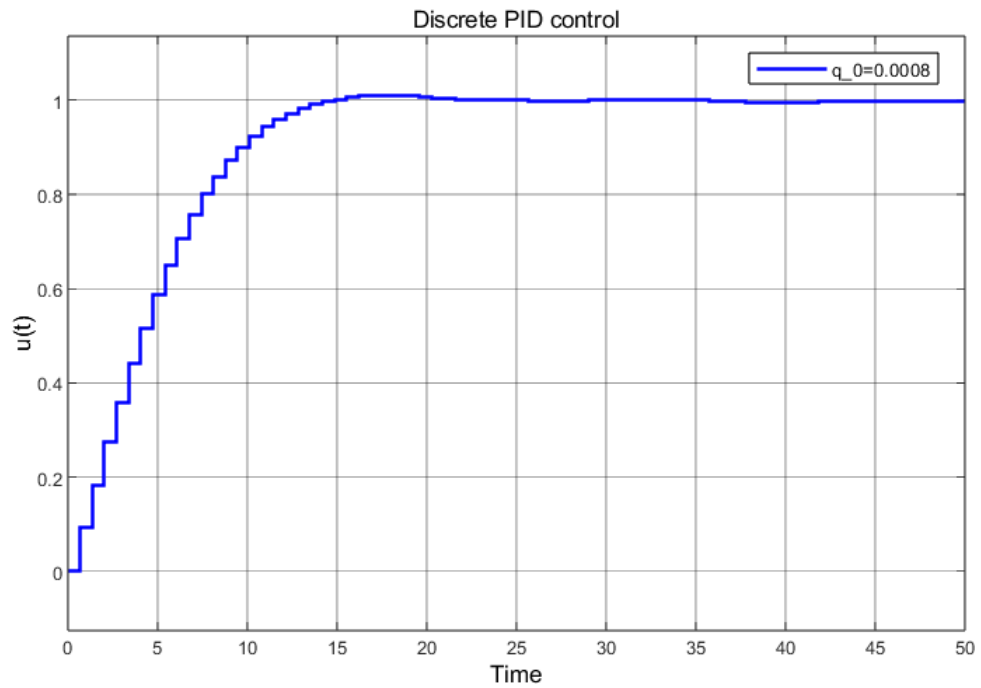


Рис. 14: Дискретный ПИД регулятор при $d_g(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

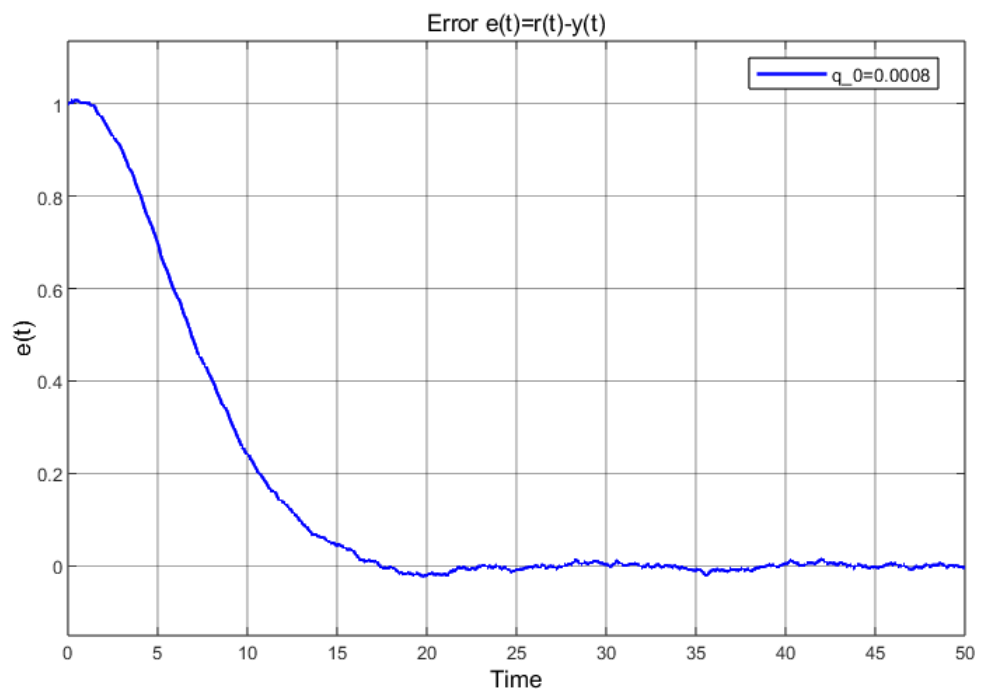


Рис. 15: Ошибка $e = d_g(t) - y(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

При ступенчатом входном воздействии время переходного процесса несколько больше, чем в случае $r(t) = 1$.

При наличии возмущения время переходного процесса увеличивается.

При воздействии небольшого случайного шума система колеблется около положения равновесия – случайный шум нельзя скомпенсировать полностью.

2.5. Период дискретизации и качество процесса управления

Установим значение периода дискретизации в модели экстраполятора нулевого порядка $T = T_1/4 \approx 0.338$.

Рассчитаем и установим значения параметров дискретного регулятора:

$$z_1 = d_1 = e^{-\frac{T}{T_1}} \approx 0.779,$$

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_2}} \approx 0.755,$$

$$\text{num}(z) = z^2 + (-d_1 - d_2)z + d_1d_2 = z^2 - 1.534z + 0.588$$

Положим $q_0 = 0.0008$.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия при $T = T_1/4$:

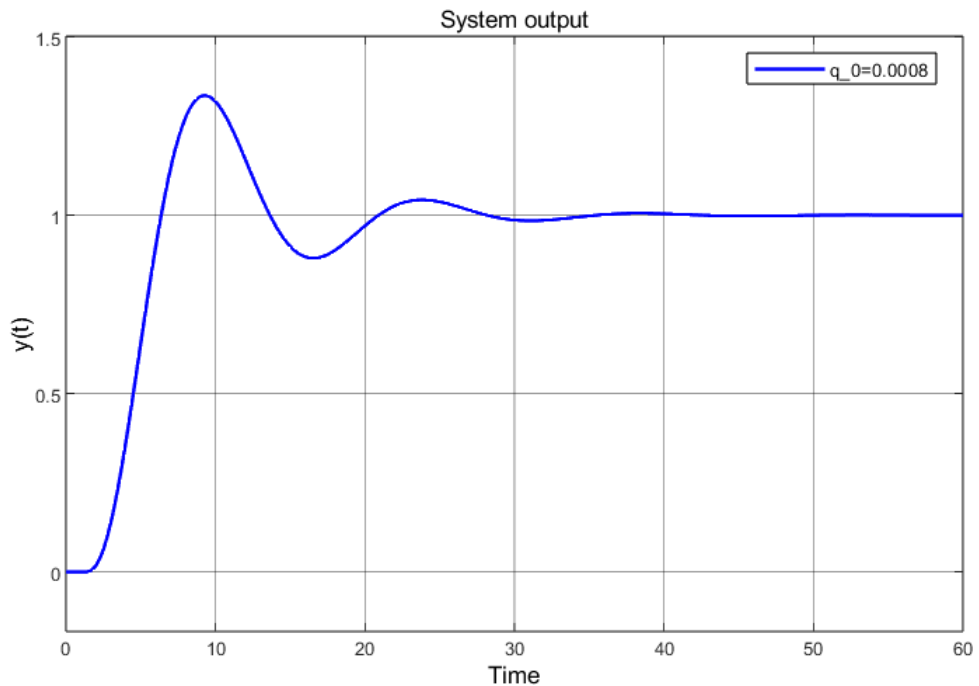


Рис. 16: Выход системы при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$

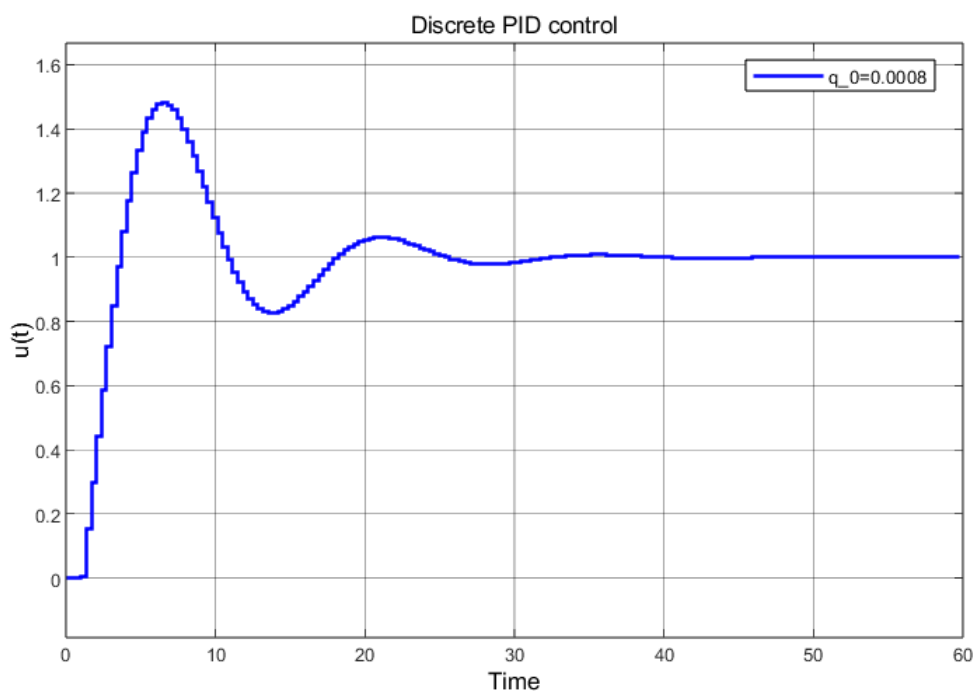


Рис. 17: Дискретный ПИД регулятор при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$

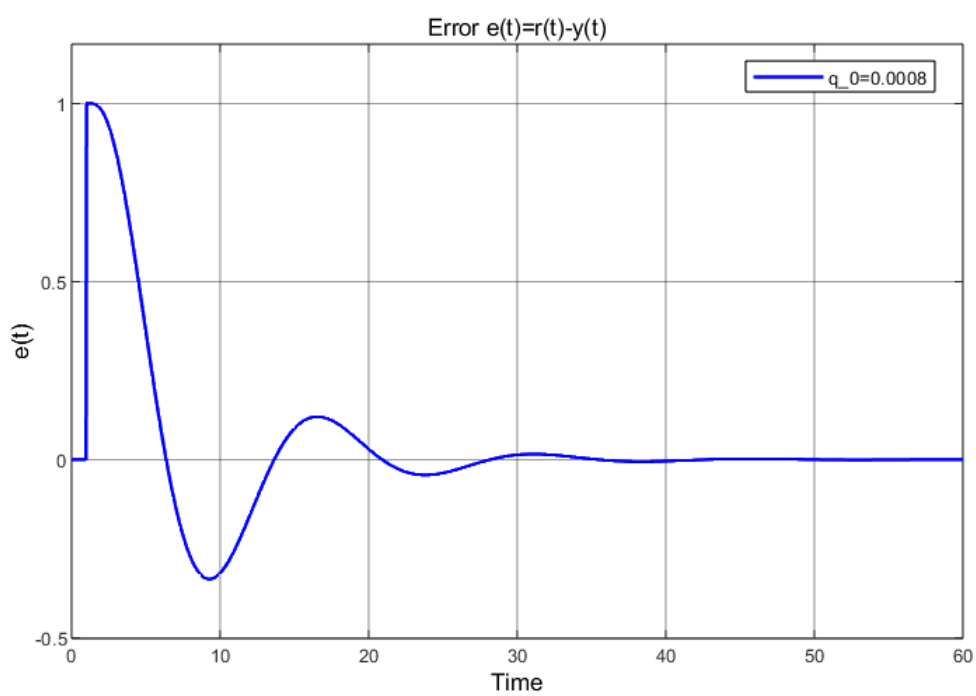


Рис. 18: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $T = T_1/4$

При уменьшении периода дискретизации в системе стало больше осцилляций, время переходного процесса увеличилось, управления стало затрачиваться больше.

2.6. Неточность компенсации полюсов объекта управления и качество процесса управления

Увеличим значение постоянной времени T_2 ОУ на 20%: $T_{2+20\%} = 1.2 \cdot T_2 = 1.44$.

Примем $T = T_1/4$.

Рассчитаем параметры дискретного регулятора и установим их в модель:

$$z_1 = d_1 = e^{-\frac{T}{T_1}} \approx 0.779,$$

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_{2+20\%}}} \approx 0.791,$$

$$\text{num}(z) = z^2 + (-d_1 - d_2)z + d_1d_2 = z^2 - 1.570z + 0.616$$

Положим $q_0 = 0.0008$.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия при $T = T_1/4$:

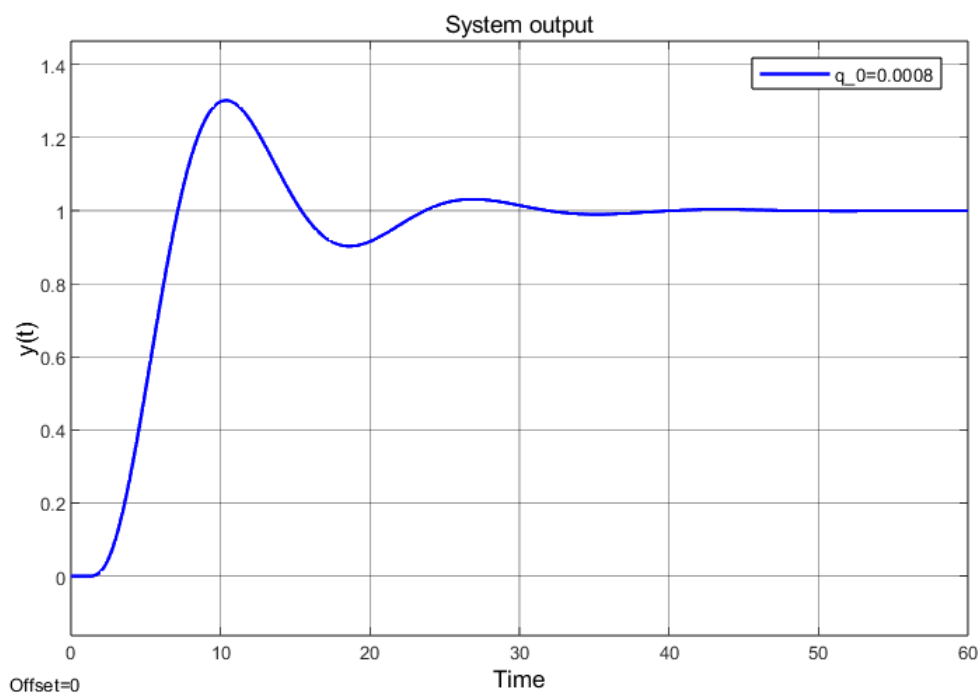


Рис. 19: Выход системы при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

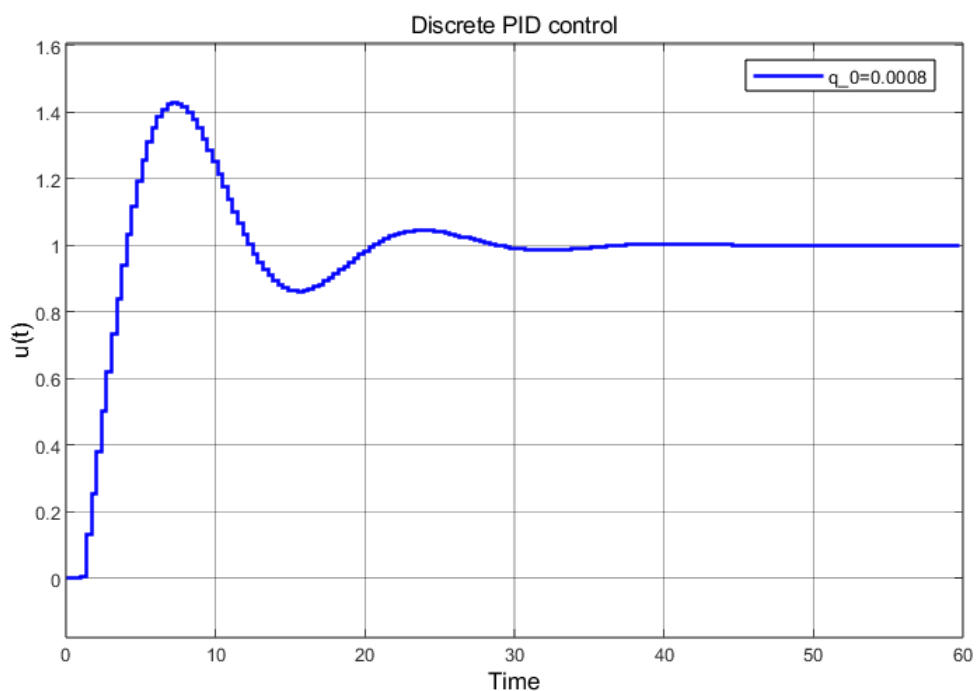


Рис. 20: Дискретный ПИД регулятор при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

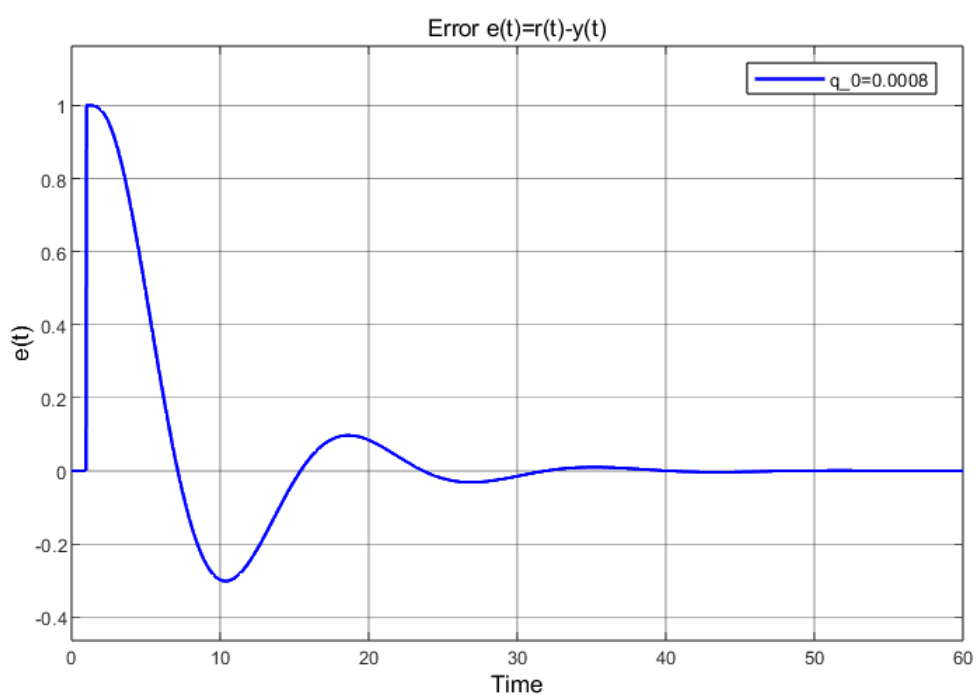


Рис. 21: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

В системе стало больше осцилляций, время переходного процесса увеличилось, управления затрачивается больше.

По сравнению со случаем исследования периода дискретизации амплитуды колебаний несколько меньше.

Уменьшим значение постоянной времени T_2 на 20%: $T_{2-20\%} = 0.8 \cdot T_2 = 0.96$.

Примем $T = T_1/4$.

Рассчитаем параметры дискретного регулятора и установим их в модель:

$$z_1 = d_1 = e^{-\frac{T}{T_1}} \approx 0.779,$$

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_{2-20\%}}} \approx 0.704,$$

$$\text{num}(z) = z^2 + (-d_1 - d_2)z + d_1d_2 = z^2 - 1.482z + 0.548$$

Положим $q_0 = 0.0008$.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия при $T = T_1/4$:

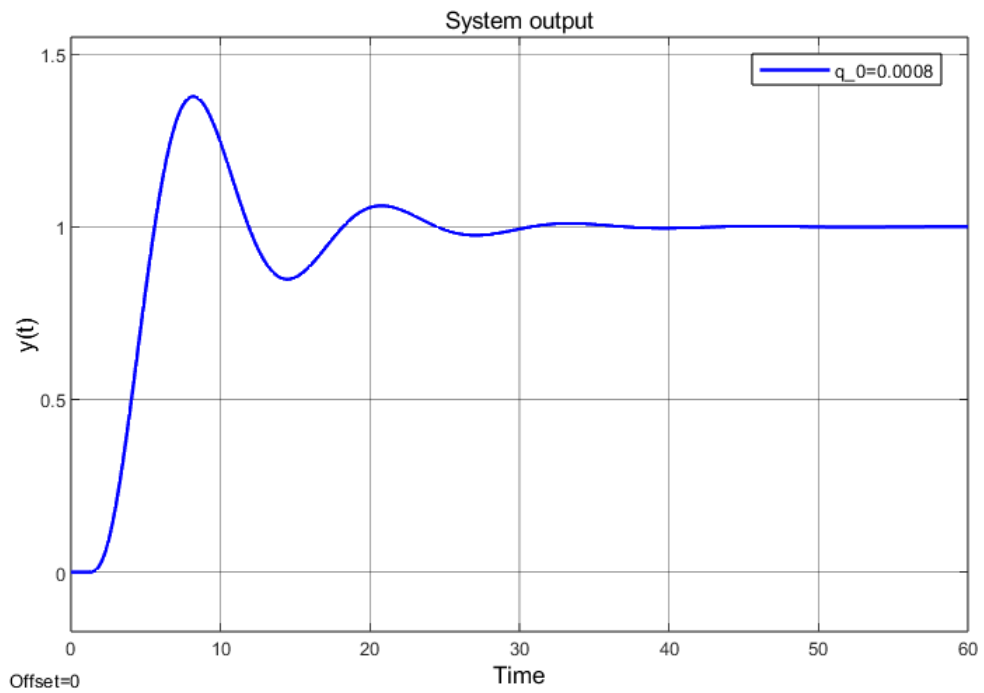


Рис. 22: Выход системы при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

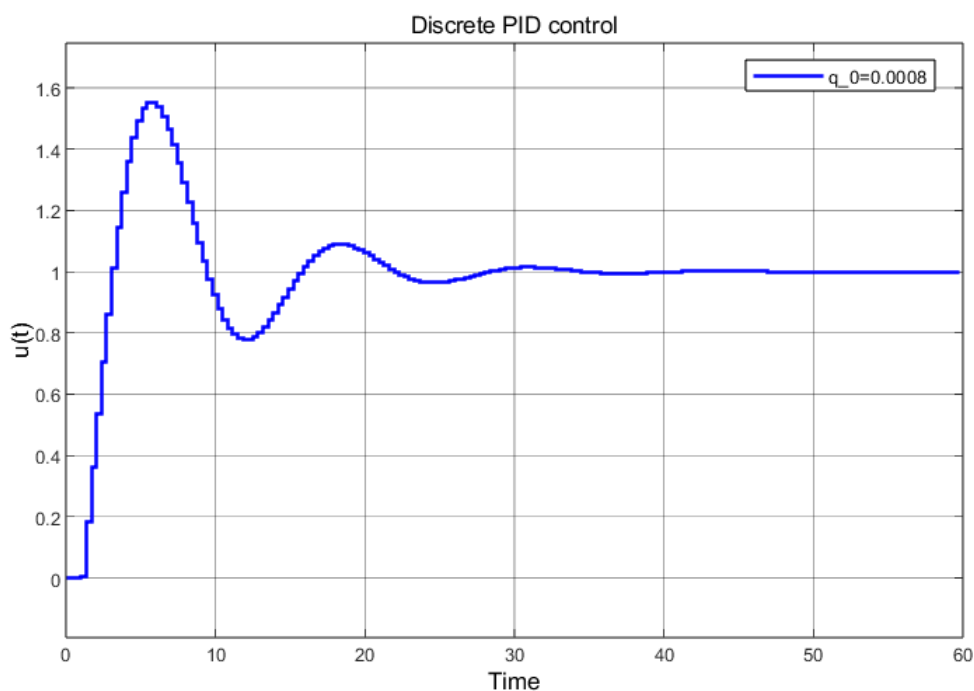


Рис. 23: Дискретный ПИД регулятор при $r(t) = \text{step}(1, 0, 1)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

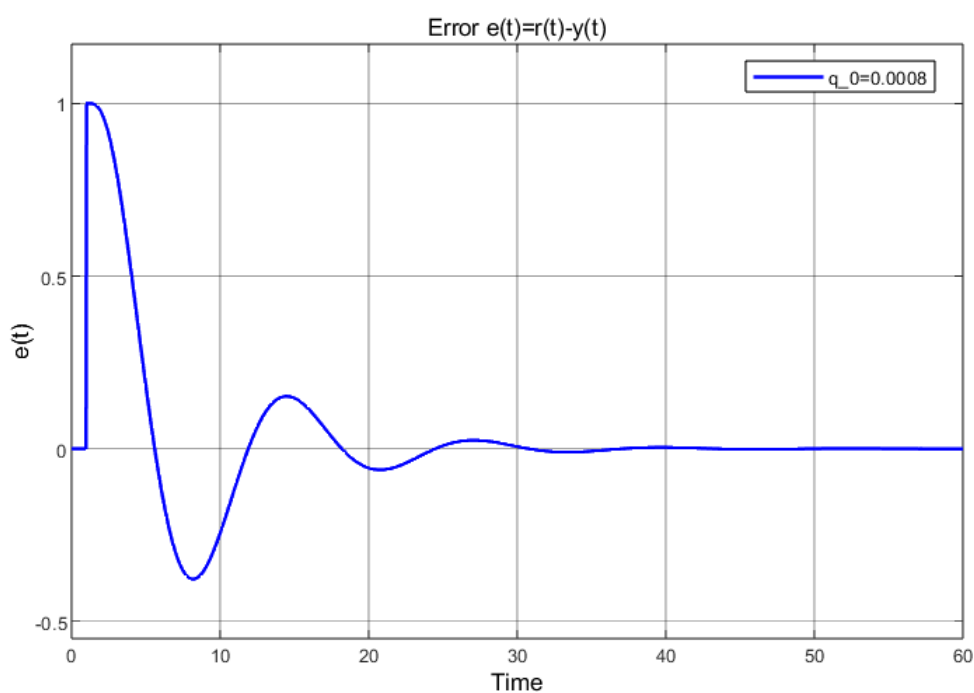


Рис. 24: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

В системе появились осцилляции, время переходного процесса увеличилось, управления затрачивается больше.

Амплитуды колебаний в этом случае несколько больше, чем в исследованиях периода дискретизации и $T_{2+20\%}$.

3. Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была исследована модель цифровой САУ температуры. Было подобрано значение коэффициента передачи регулятора для устойчивого слабоколебательного процесса. Было исследовано влияние ступенчатого задающего воздействия и возмущения, а также случайного шума на поведение системы и регулятора. Был сделан вывод, что такие воздействия почти не влияют на слабоколебательность процесса и время переходного процесса, кроме случайного шума – в его случае система колеблется около положения равновесия, так как случайный шум нельзя полностью скомпенсировать. Было исследовано влияние на модель периода дискретизации и неточности компенсации полюсов ОУ. Результаты моделирования показали, что в этих случаях в системе становится больше осцилляций, время переходного процесса увеличивается, управления затрачивается больше.