

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. Р3441
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	10
2.6	Неточность компенсации полюсов объекта управления и качество процесса управления	12
3	Вывод	16

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:

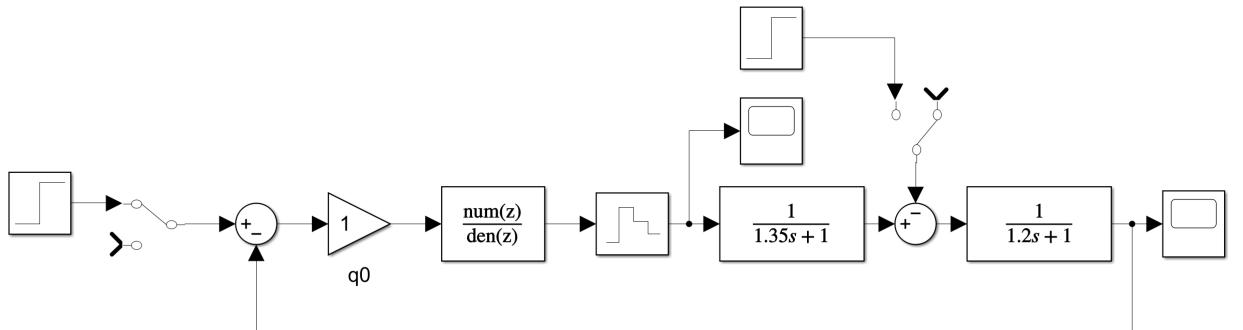


Рис. 1: Схема моделирования цифровой САУ температуры

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:

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

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

Задающее/возмущающее ступенчатое воздействие:

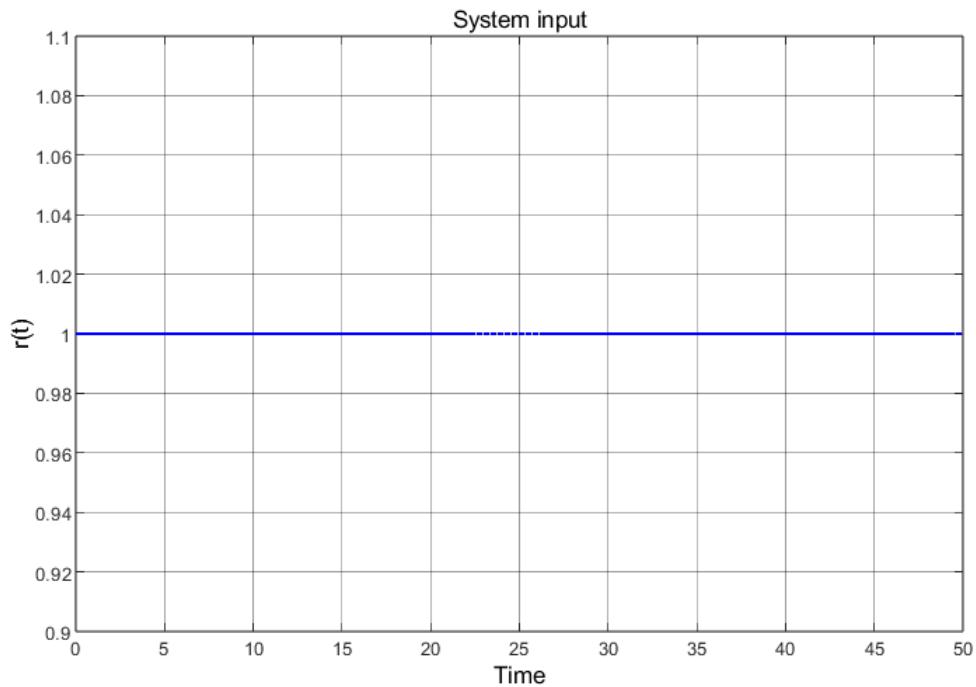


Рис. 2: Задающее/возмущающее воздействие $r(t) = d(t) = 1$

Значение $q_0 = 0.001$, при котором система имеет слабоколебательные переходные процессы:

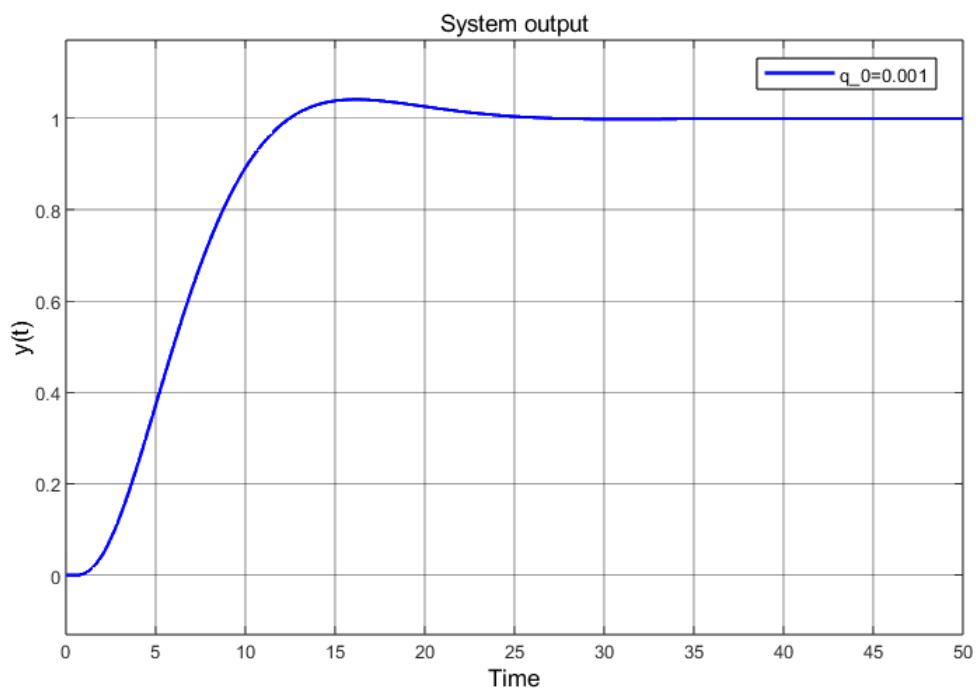


Рис. 3: Выход системы при $q_0 = 0.001, r(t) = 1, T = T_1/2$

2.4. Процессы на выходе дискретного регулятора и системы

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

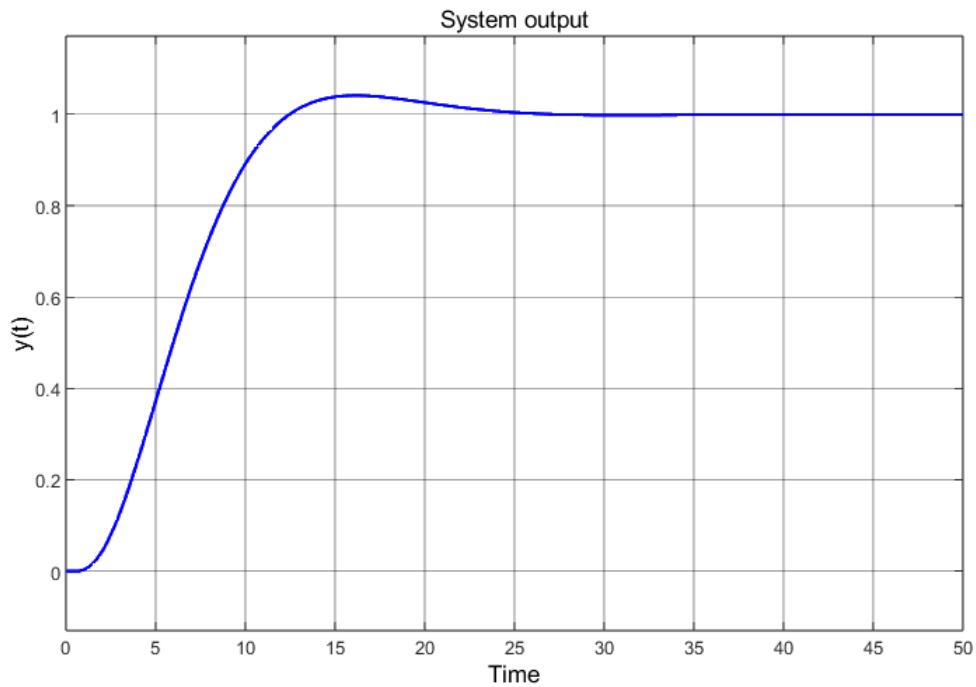


Рис. 4: Выход системы при $r(t) = 1, T = T_1/2$

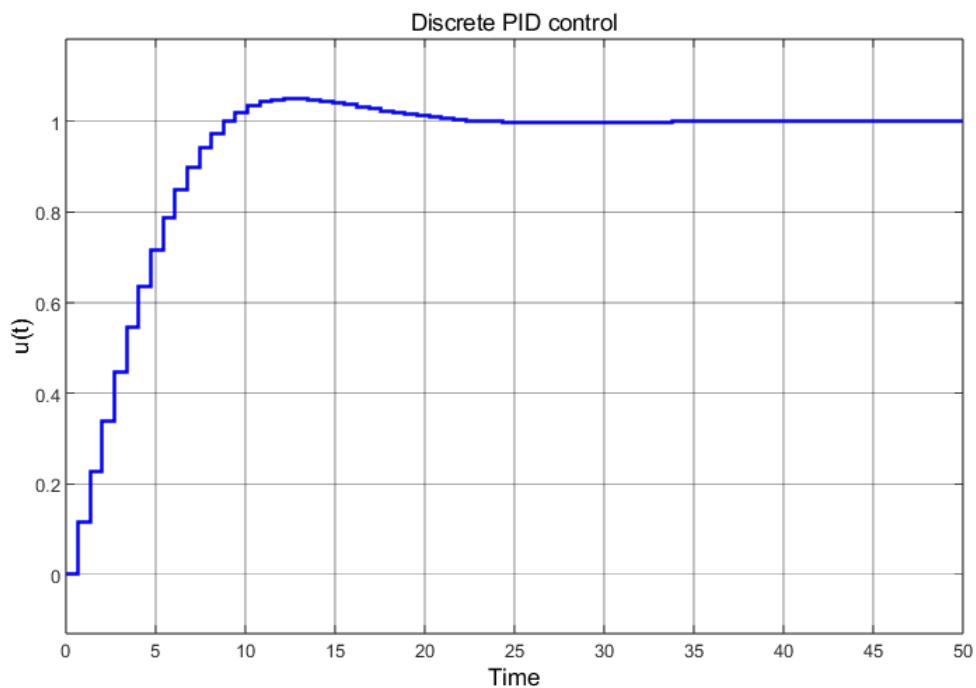


Рис. 5: Выход дискретного ПИД регулятора при $r(t) = 1, T = T_1/2$

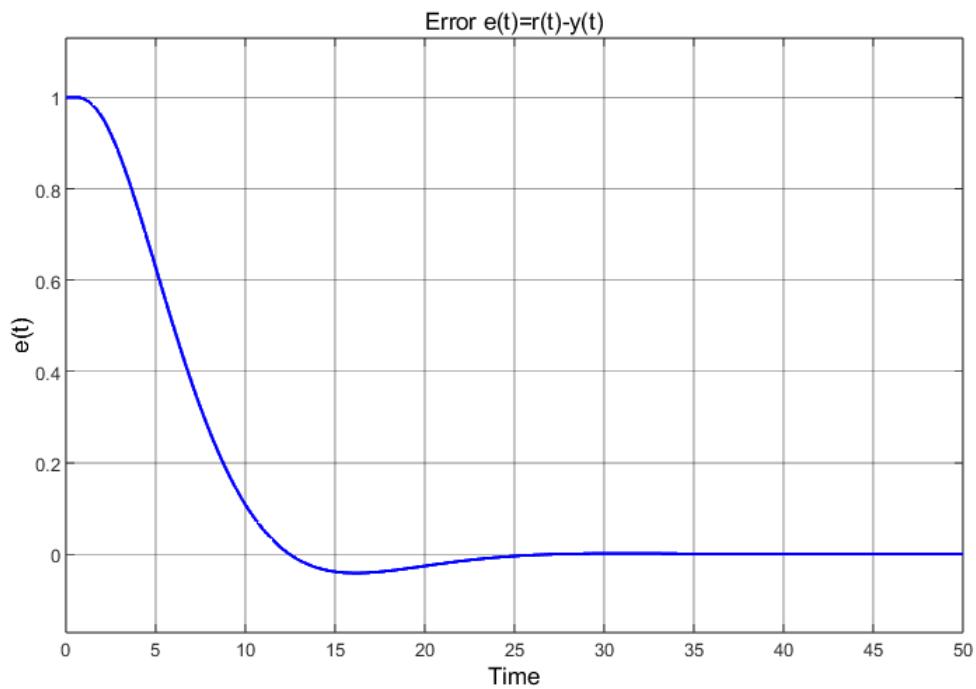


Рис. 6: Ошибка $e = r(t) - y(t)$, $T = T_1/2$

Исследуем ступенчатое изменение возмущающего воздействия:

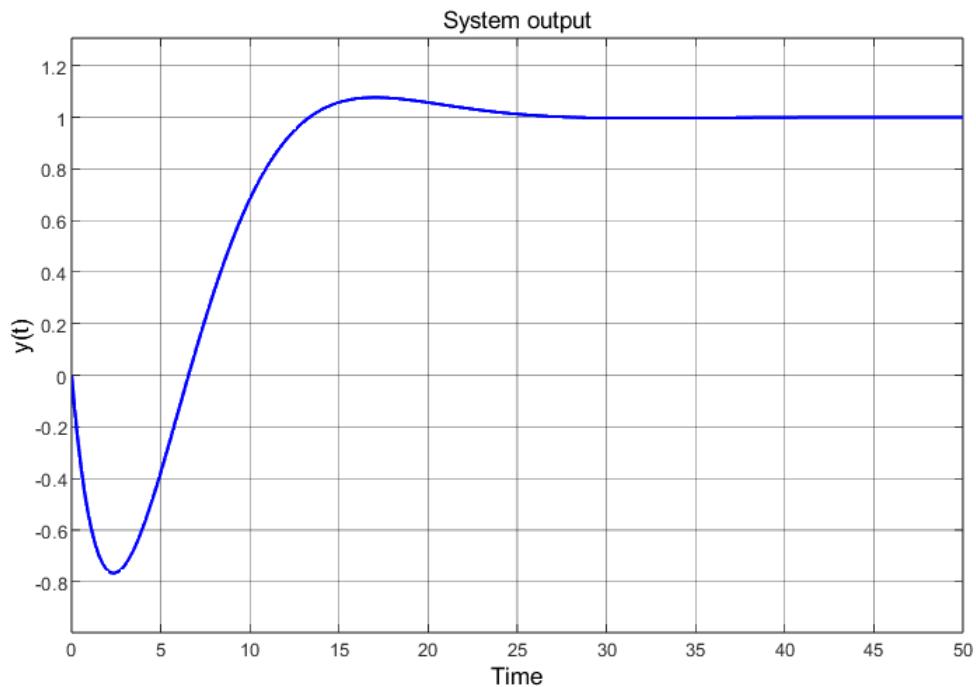


Рис. 7: Выход системы при $d(t) = 1$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

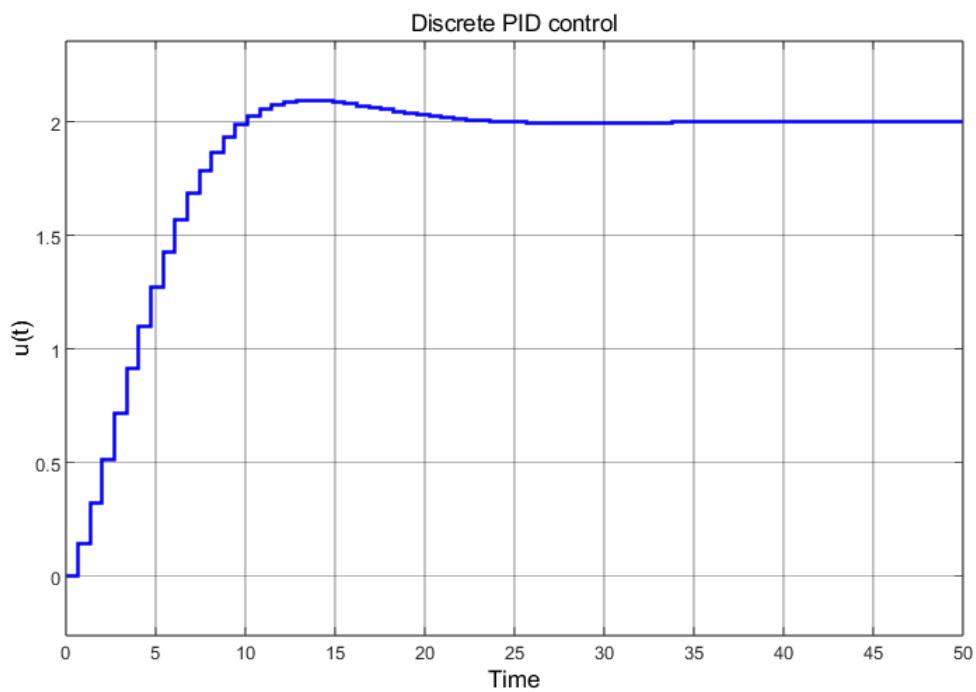


Рис. 8: Выход дискретного ПИД регулятора при $d(t) = 1, r(t) = 1, T = T_1/2$

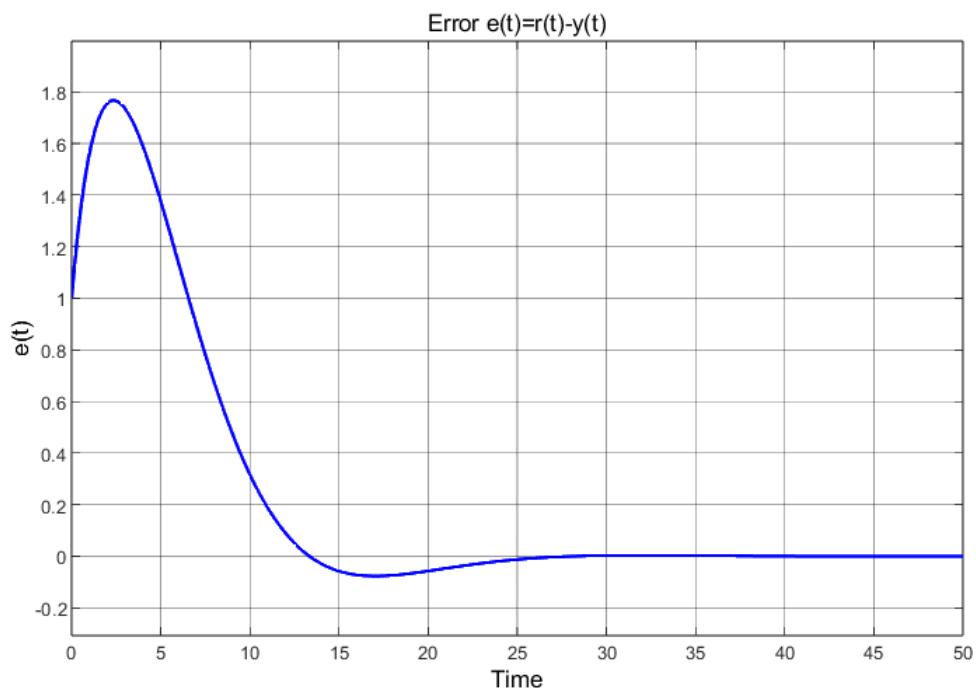


Рис. 9: Ошибка $e = r(t) - y(t), r(t) = 1, d(t) = 1, T = T_1/2$

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

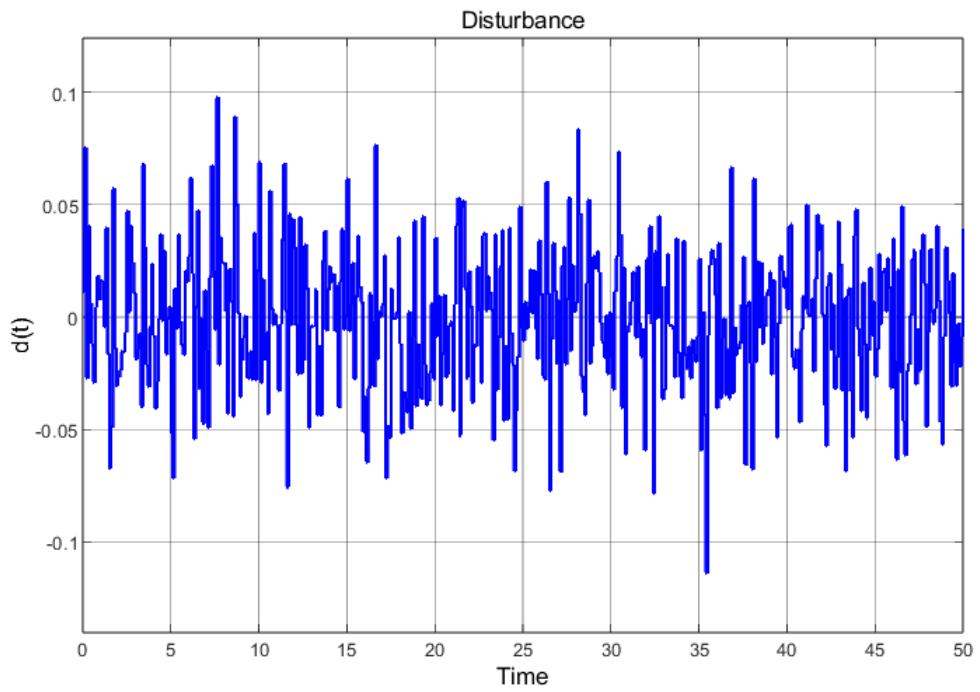


Рис. 10: Возмущающее воздействие $d_g(t)$

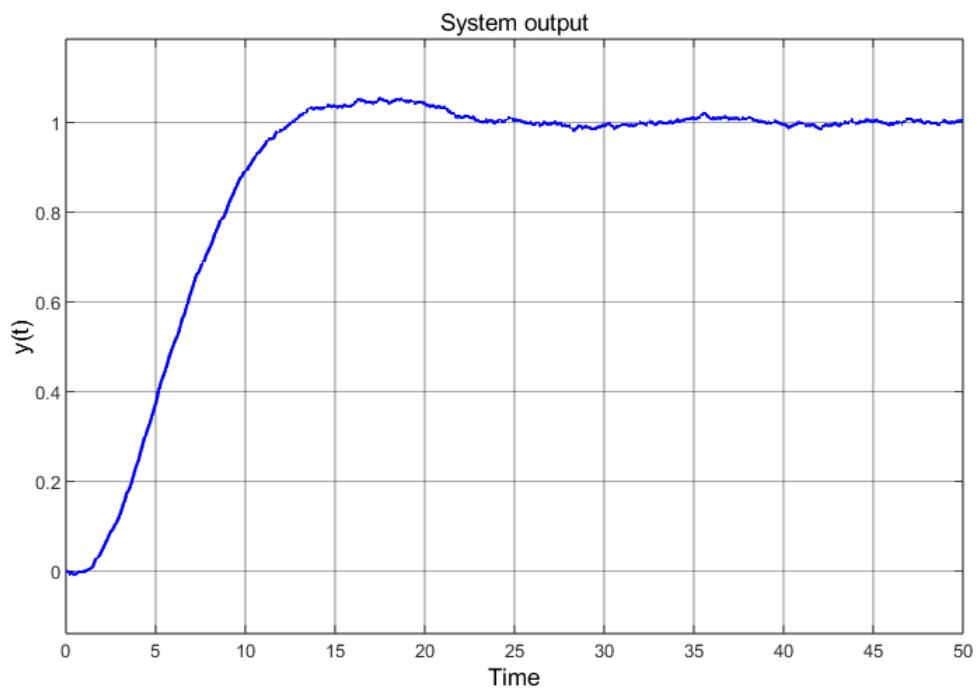


Рис. 11: Выход системы при $d_g(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

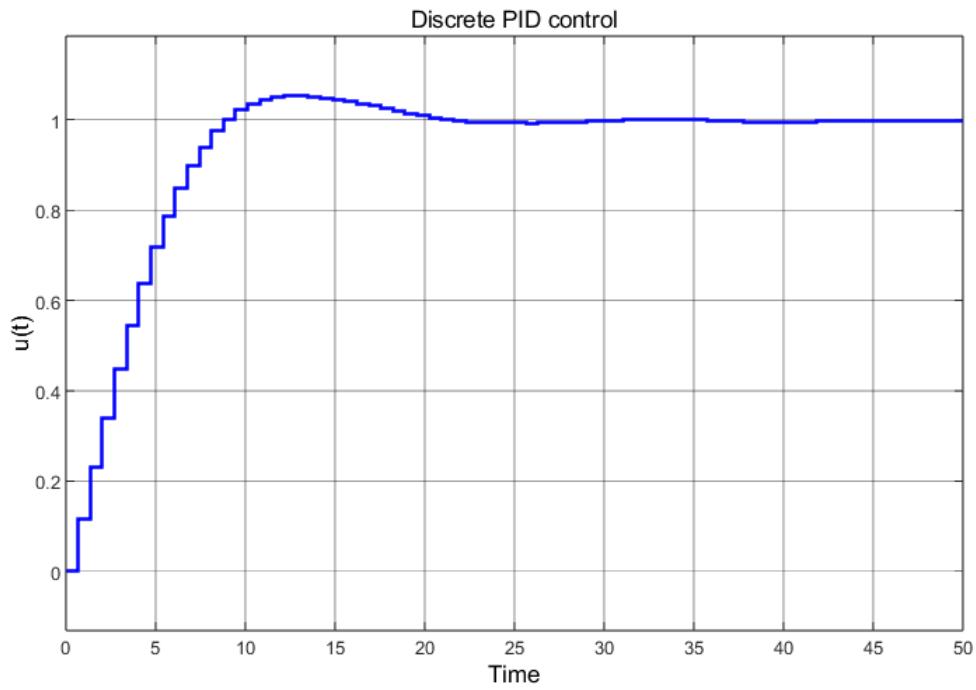


Рис. 12: Выход дискретного ПИД регулятора при $d_g(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

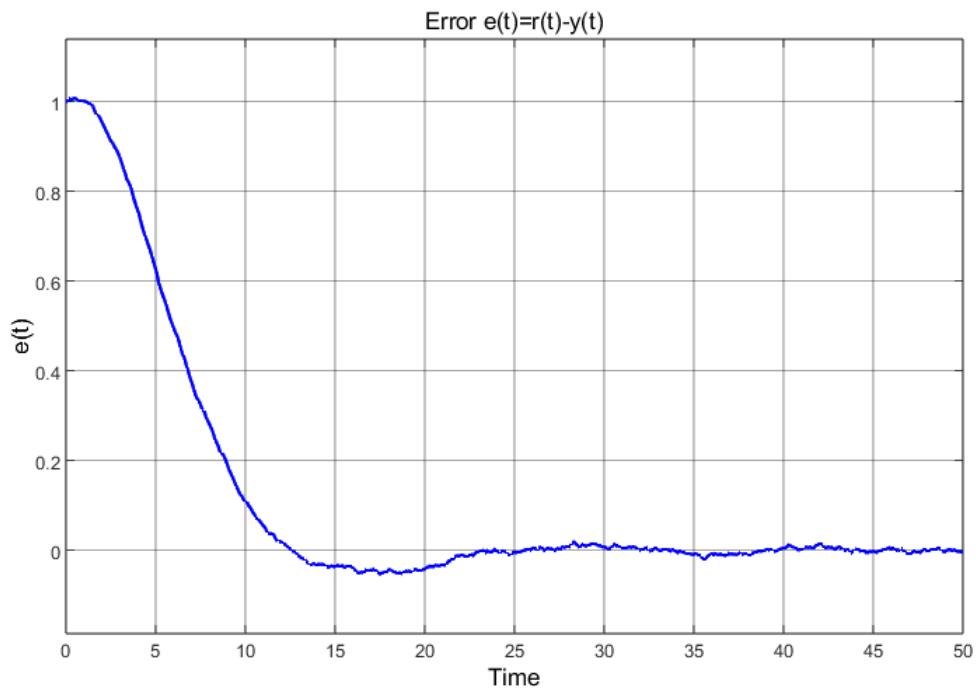


Рис. 13: Ошибка $e = d_g(t) - y(t)$, $r(t) = 1, T = T_1/2$

При наличии ступенчатого возмущения время переходного процесса увеличивается, управления затрачивается больше.

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:

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

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

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

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

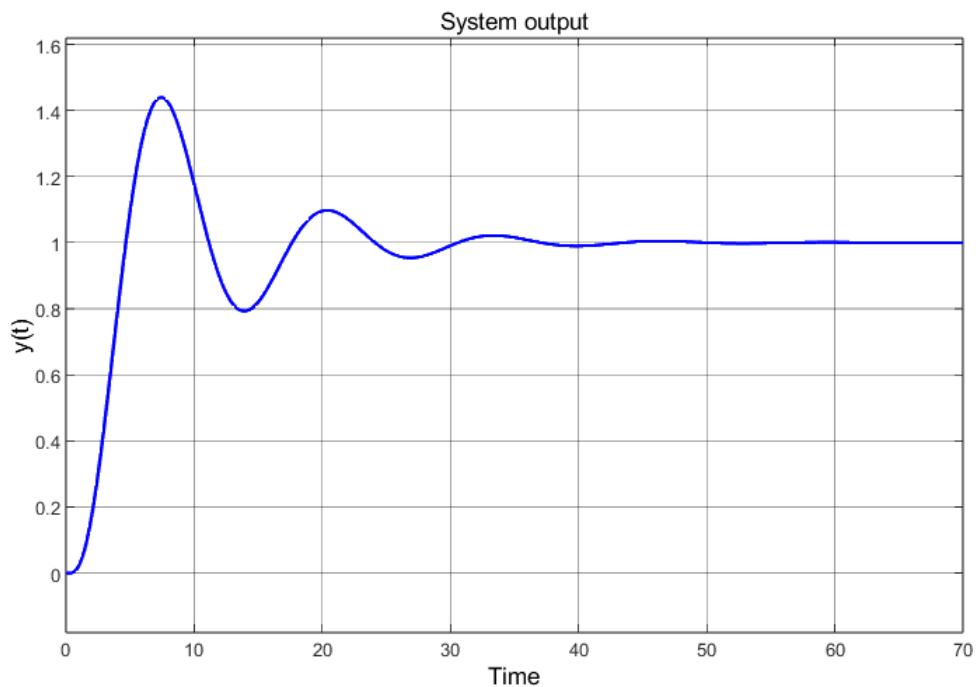


Рис. 14: Выход системы при $r(t) = 1, T = T_1/4$

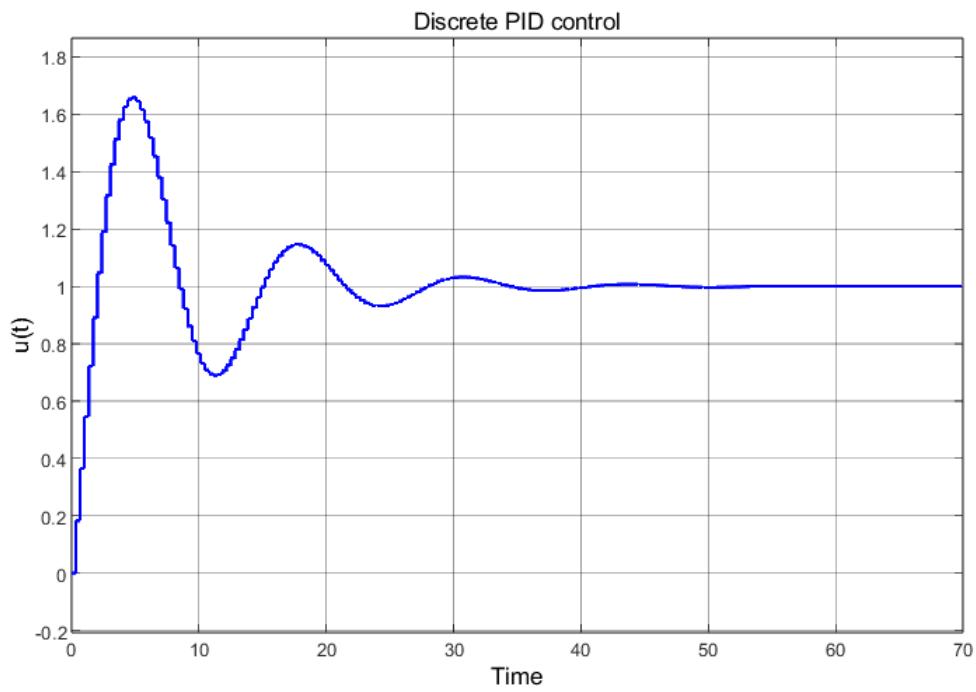


Рис. 15: Выход дискретного ПИД регулятора при $r(t) = 1, T = T_1/4$

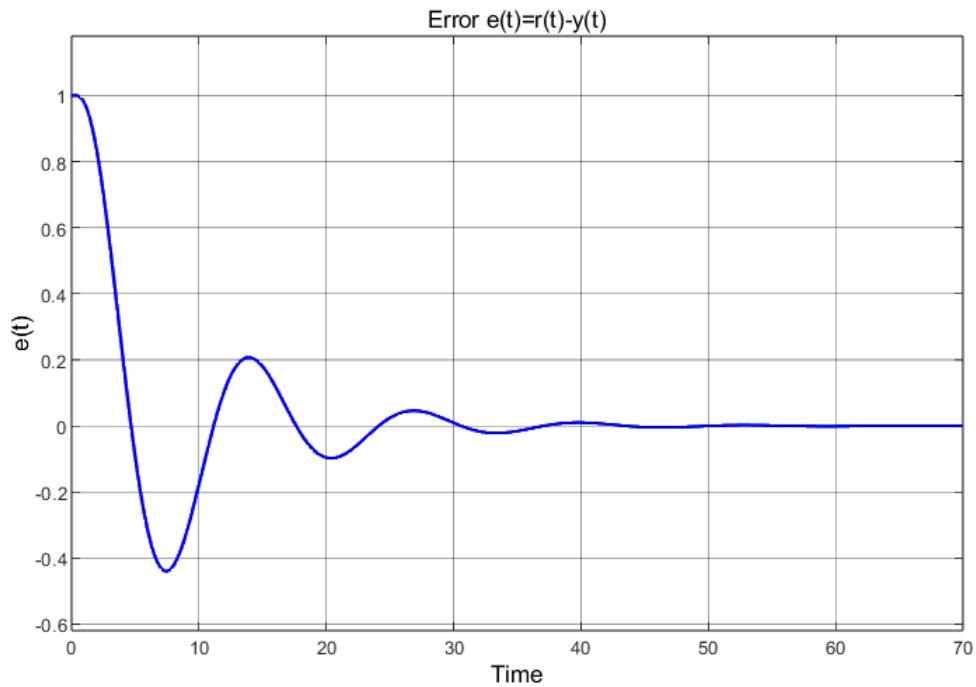


Рис. 16: Ошибка $e = r(t) - y(t), T = T_1/4$

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:

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

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_2+20\%}} \approx 0.791,$$

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

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

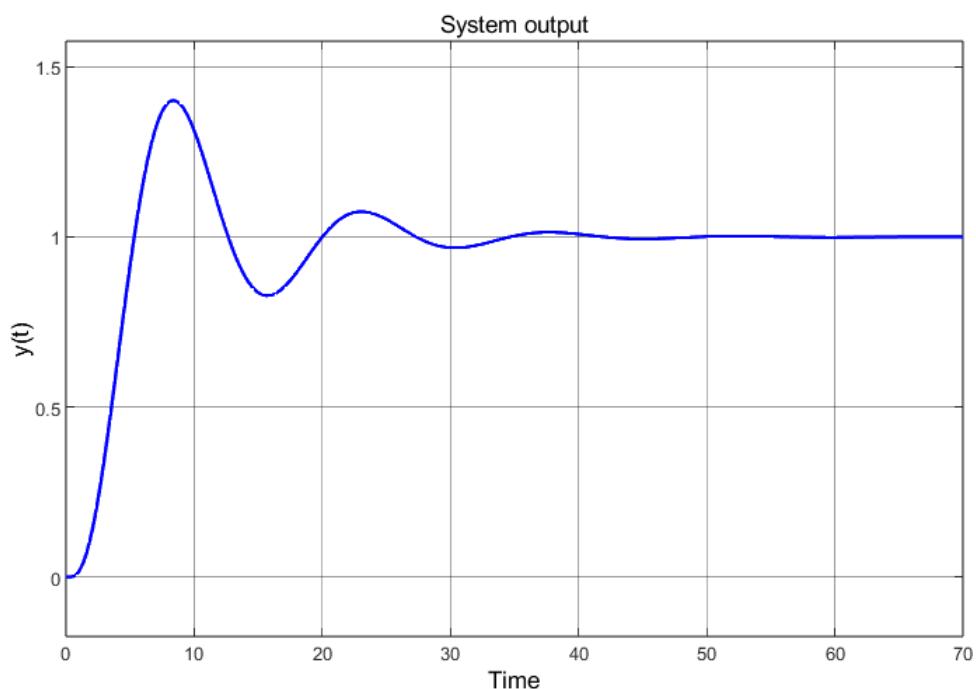


Рис. 17: Выход системы при $r(t) = 1, T = T_1/4, T_2 = 1.44$

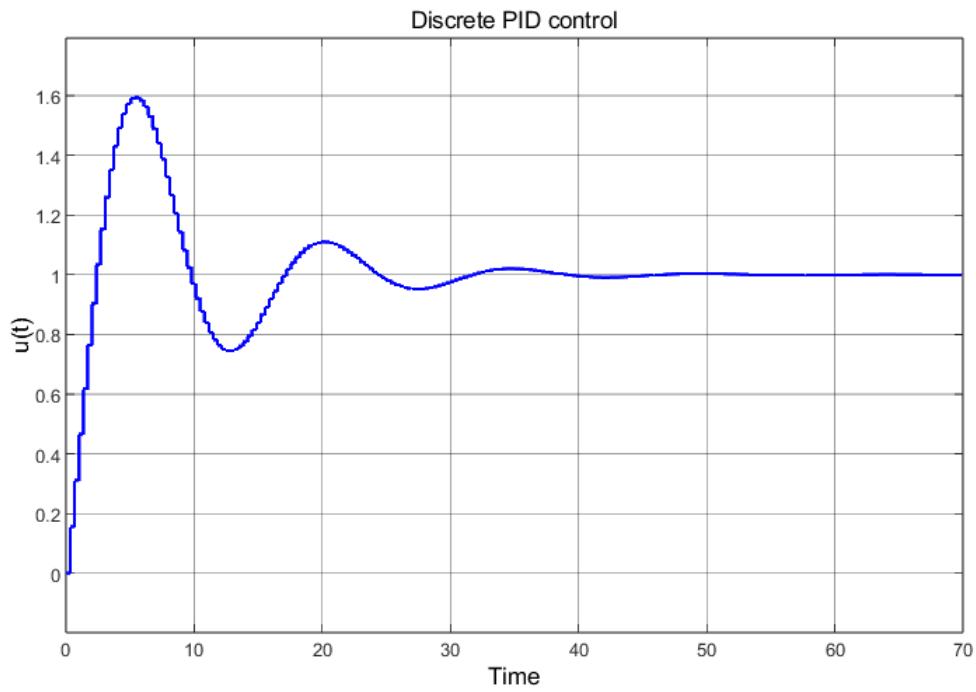


Рис. 18: Выход дискретного ПИД регулятора при $r(t) = 1, T = T_1/4, T_2 = 1.44$

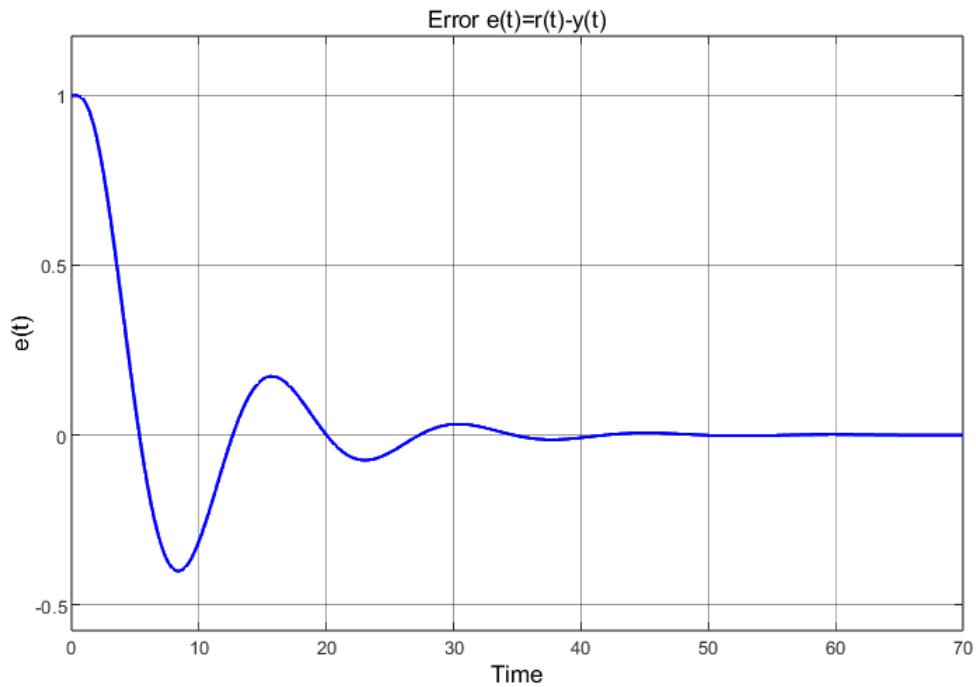


Рис. 19: Ошибка $e = r(t) - y(t), T = T_1/4, T_2 = 1.44$

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%: $T_{2-20\%} = 0.8 \cdot T_2 = 0.96$.

Рассчитаем параметры дискретного регулятора и установим их в модель:

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

$$z_2 = d_2 = e^{-\frac{T}{T_2-20\%}} \approx 0.704,$$

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

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

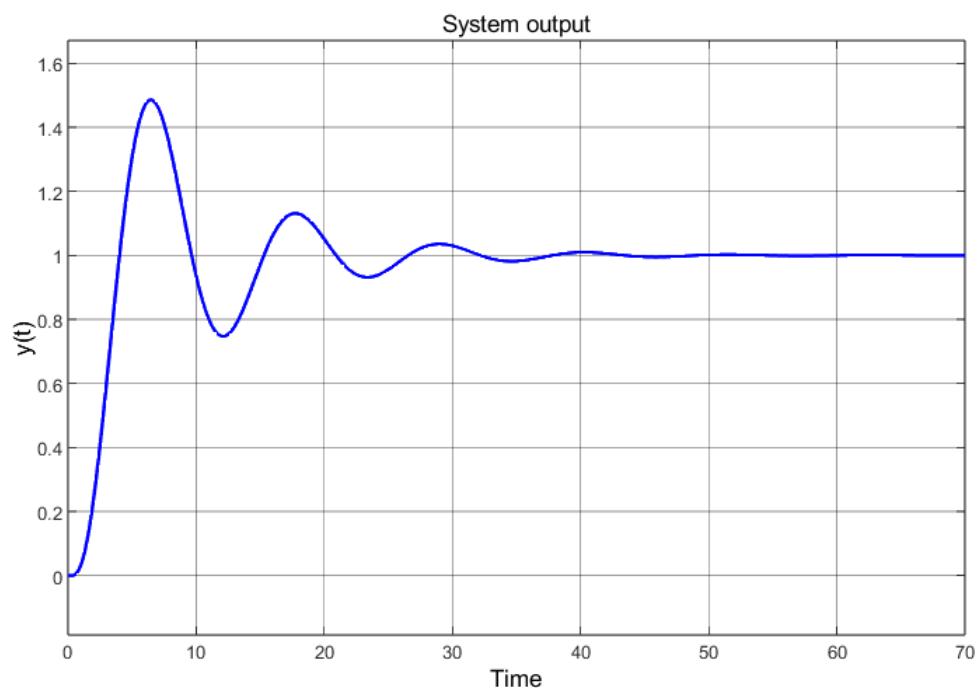


Рис. 20: Выход системы при $r(t) = 1, T = T_1/4, T_2 = 0.96$

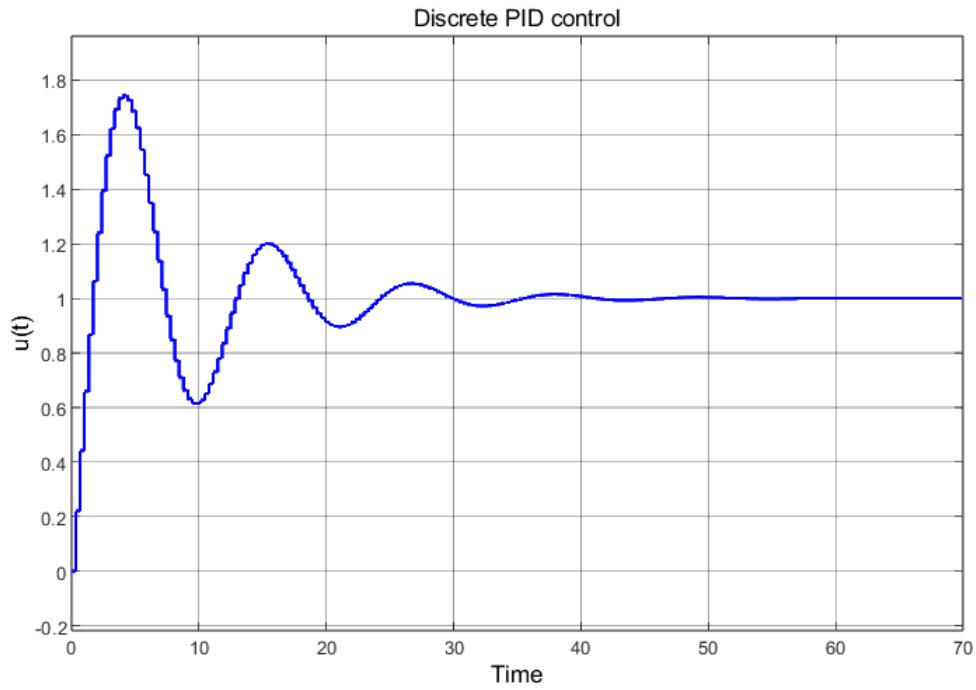


Рис. 21: Выход дискретного ПИД регулятора при $r(t) = 1, T = T_1/4, T_2 = 0.96$

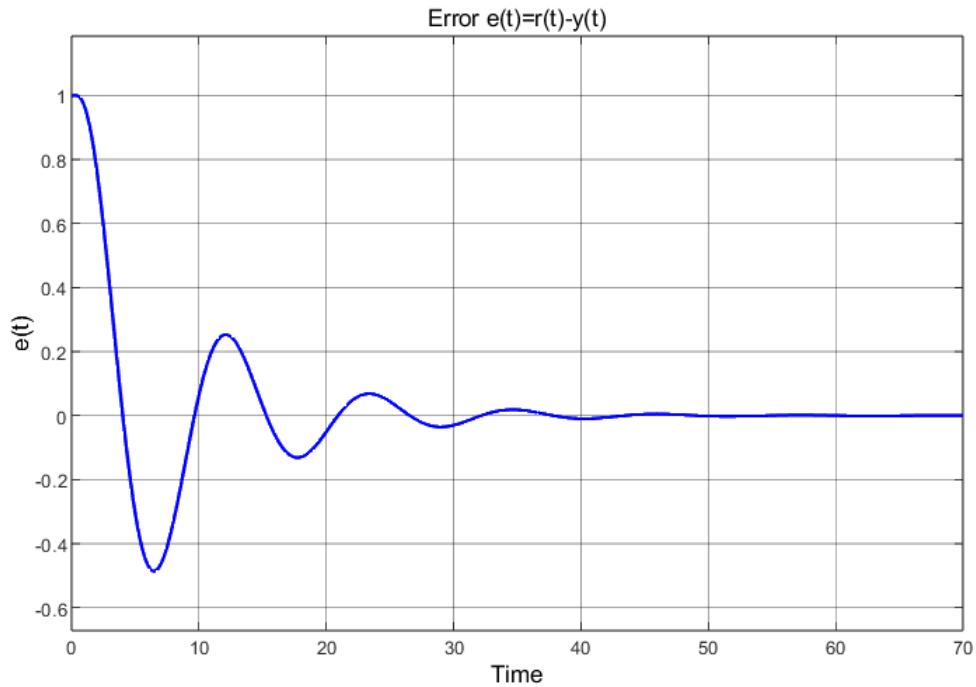


Рис. 22: Ошибка $e = r(t) - y(t), T = T_1/4, T_2 = 0.96$

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 возмущения и случайного шума на поведение системы и регулятора. Был сделан вывод, что в первом случае воздействия почти не влияют на слабоколебательность процесса, во втором 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.