

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	20
2.6	Неточность компенсации полюсов объекта управления и качество процесса управления	25
3	Вывод	35

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:

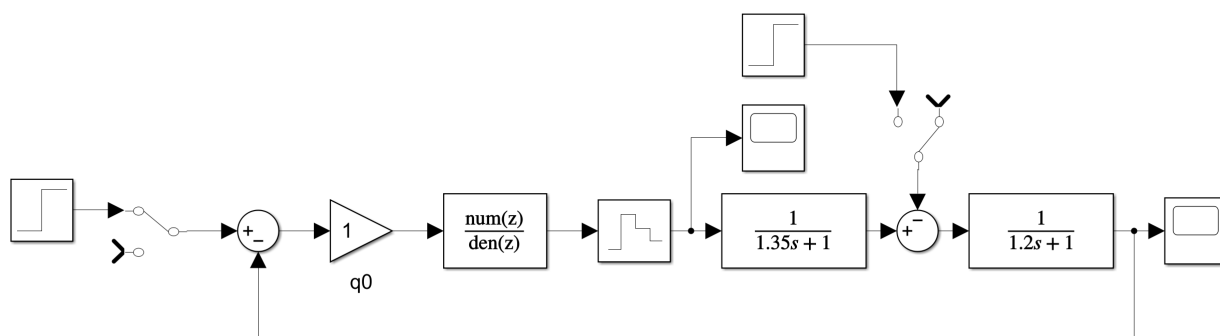


Рис. 1: Схема моделирования цифровой САУ температуры

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 $r(t) = 1$, $T = T_1/2$:

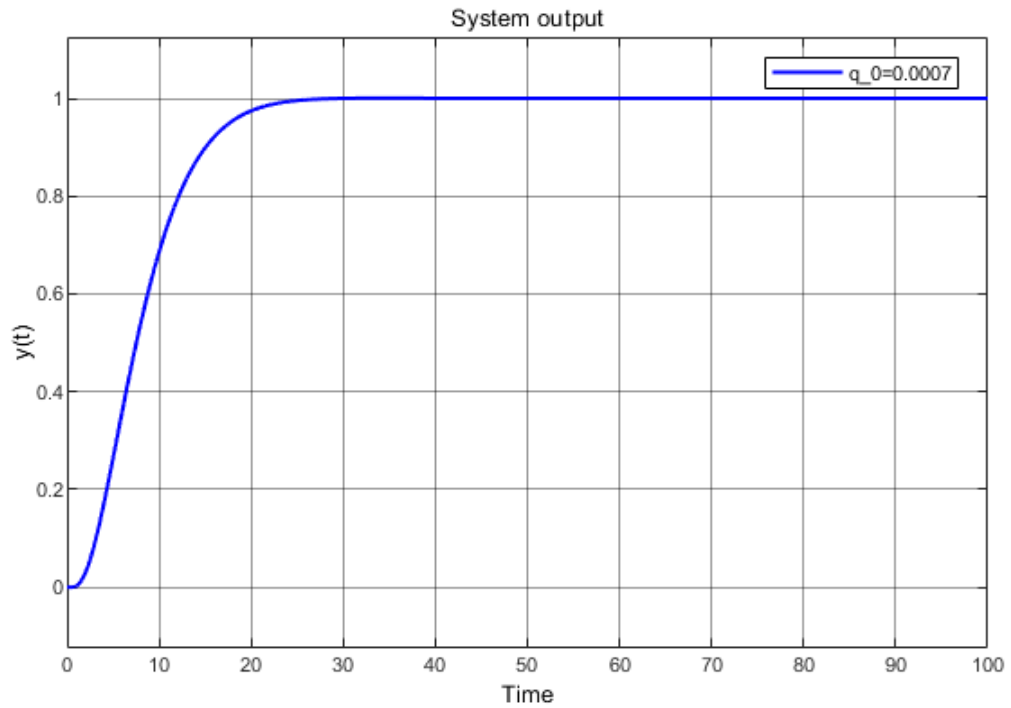


Рис. 2: Выход системы при $q_0 = 0.0007$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

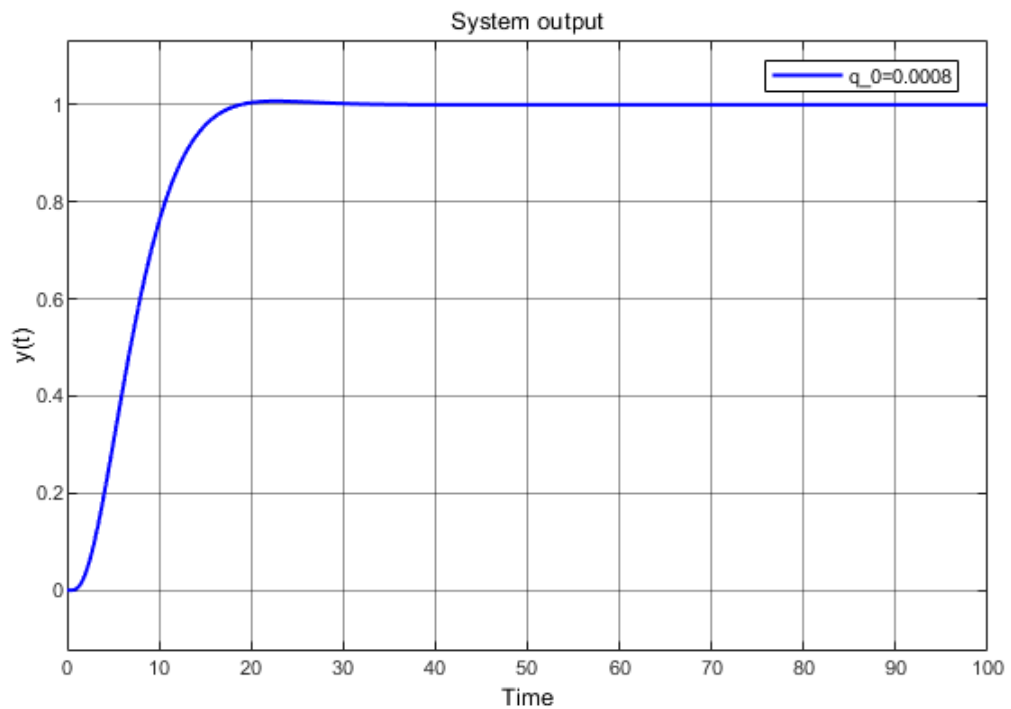


Рис. 3: Выход системы при $q_0 = 0.0008$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

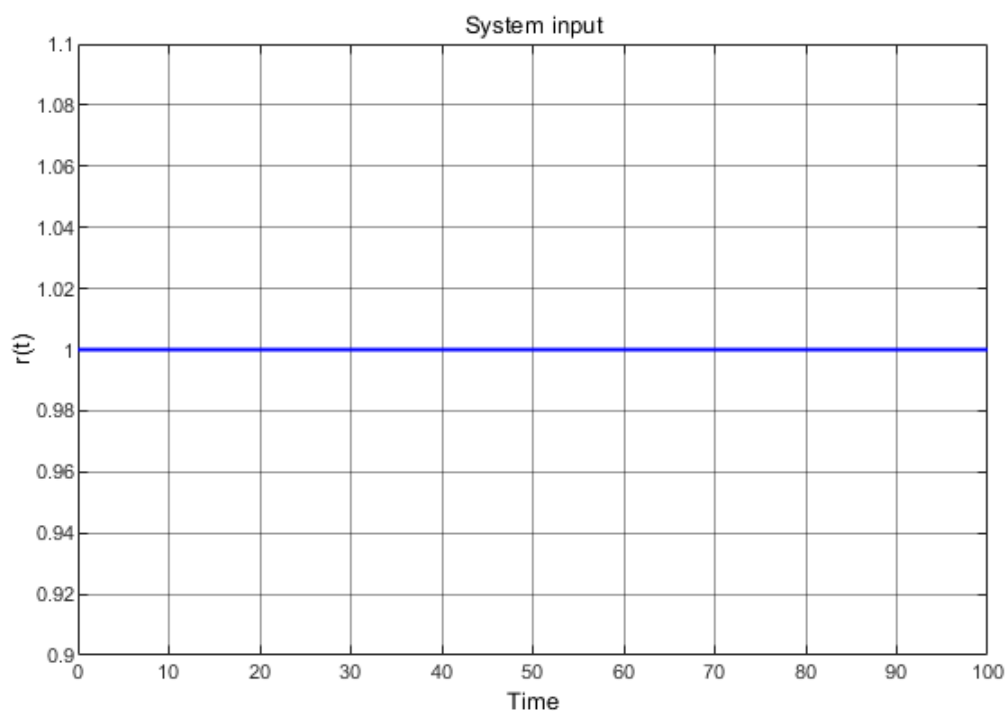


Рис. 4: Задающее воздействие $r(t) = 1$

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 $T = T_1/2$:

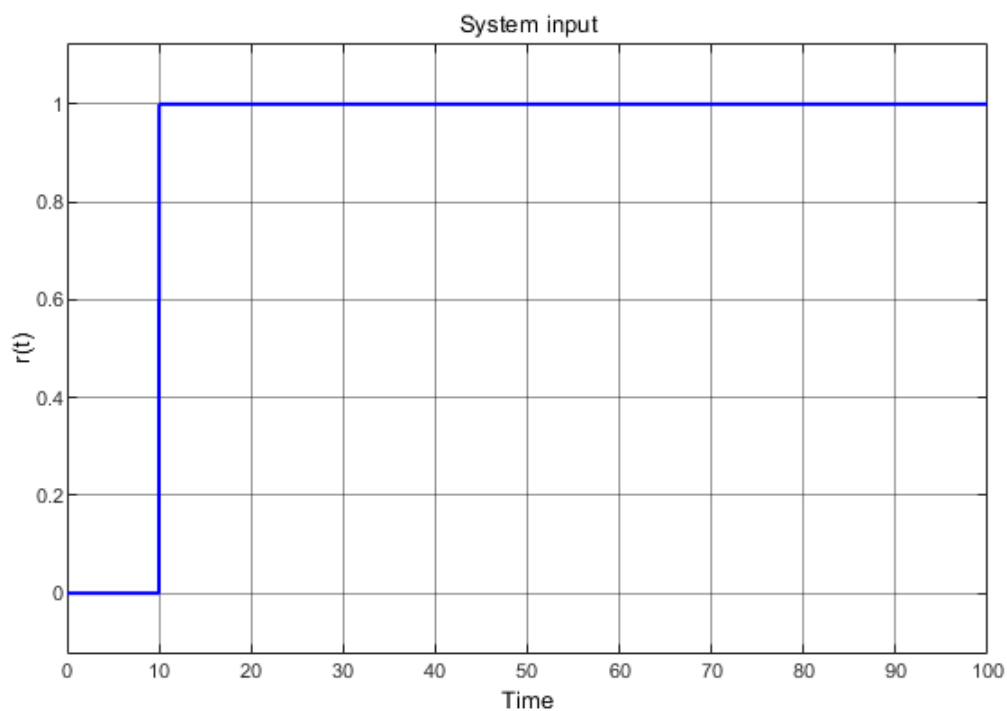


Рис. 5: Задающее воздействие $r_1(t)$

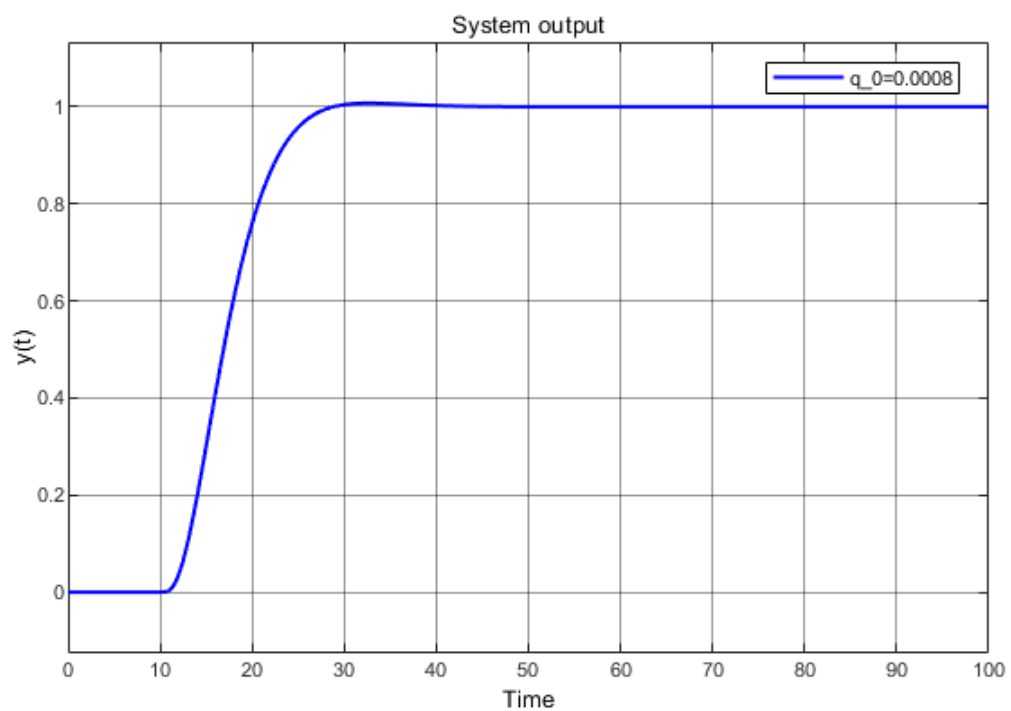


Рис. 6: Выход системы при $r_1(t)$, $T = T_1/2$

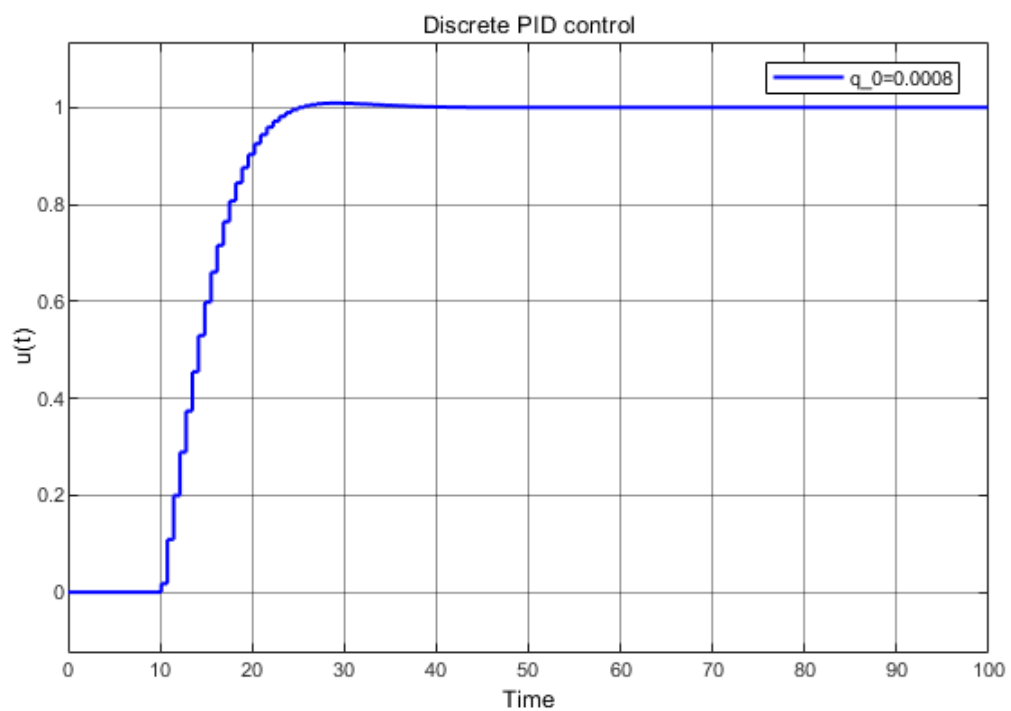


Рис. 7: Дискретный ПИД регулятор при $r_1(t)$, $T = T_1/2$

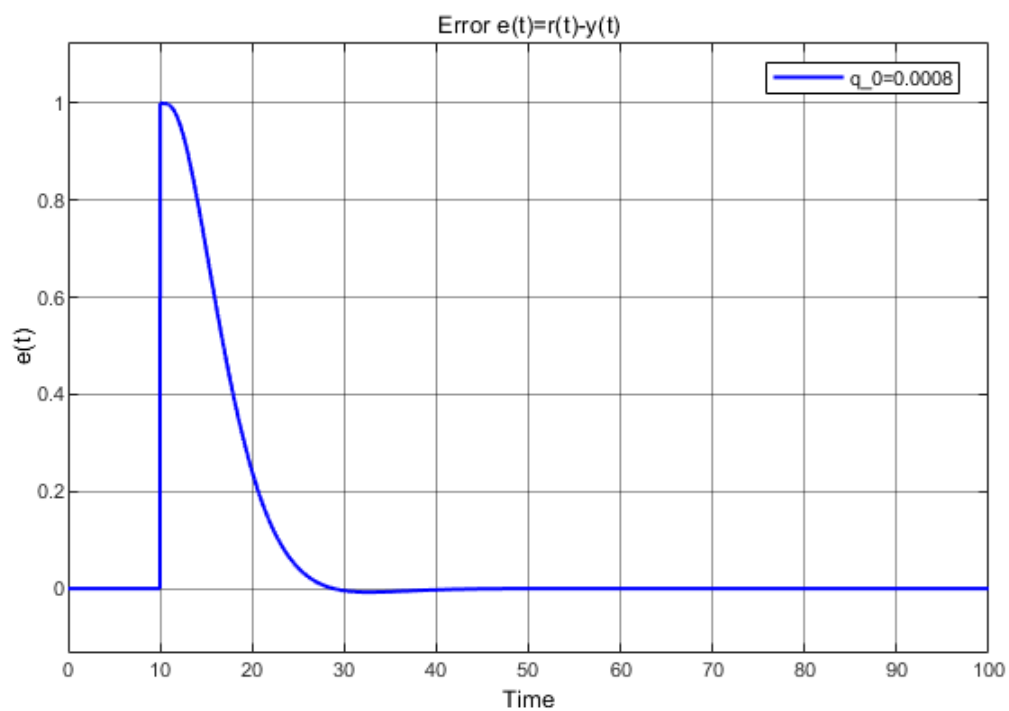


Рис. 8: Ошибка $e = r_1(t) - y(t)$, $T = T_1/2$

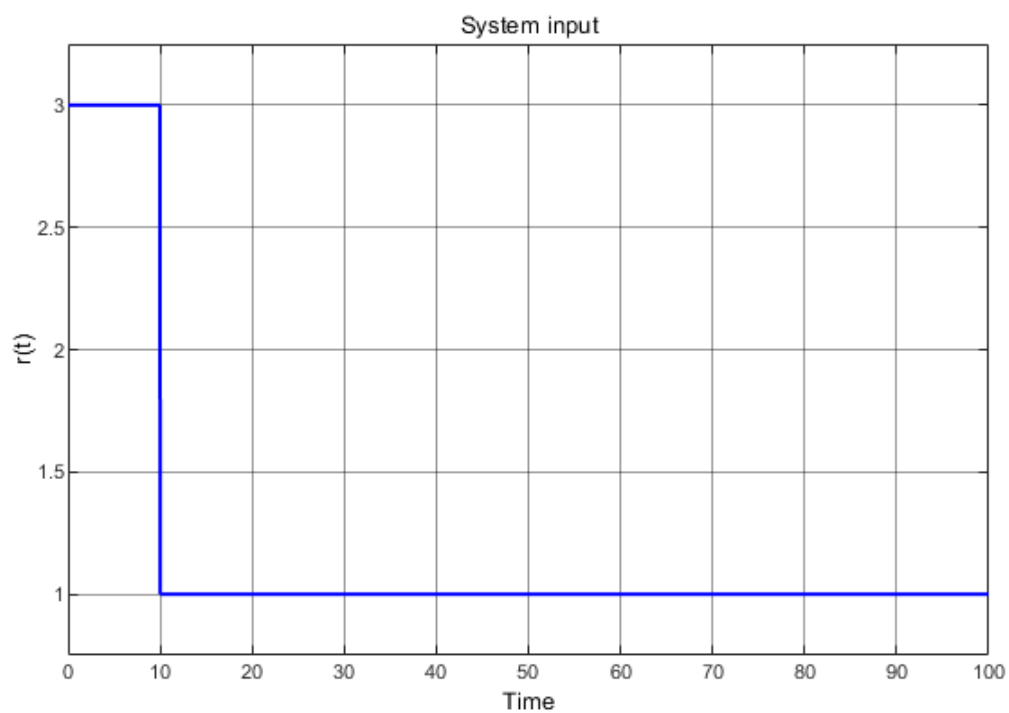


Рис. 9: Задающее воздействие $r_2(t)$

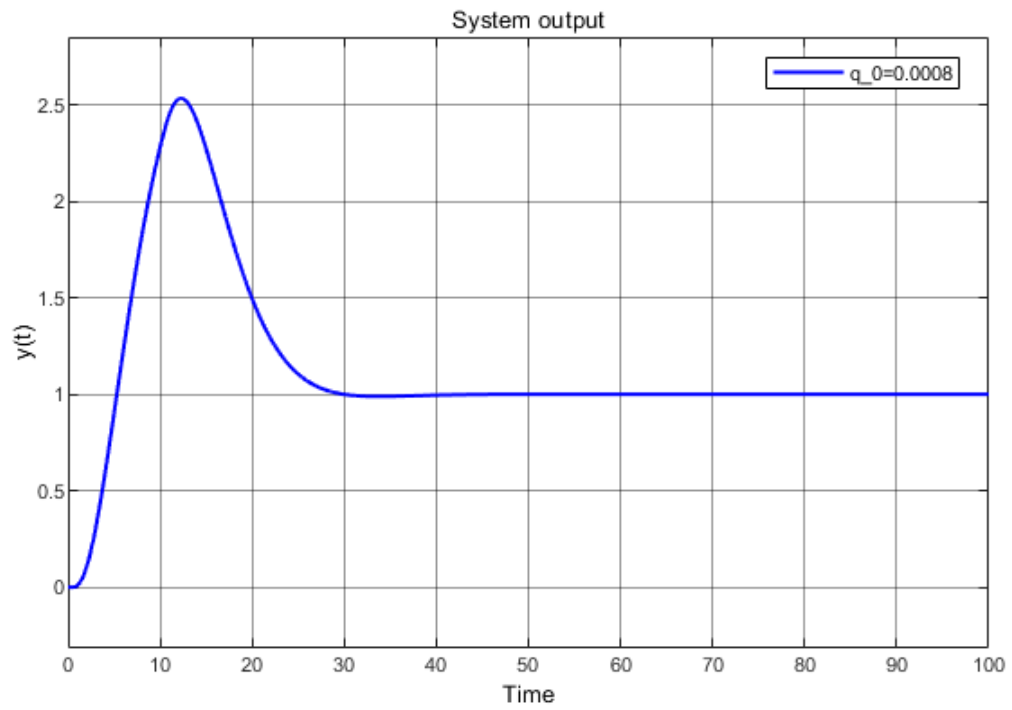


Рис. 10: Выход системы при $r_2(t)$, $T = T_1/2$

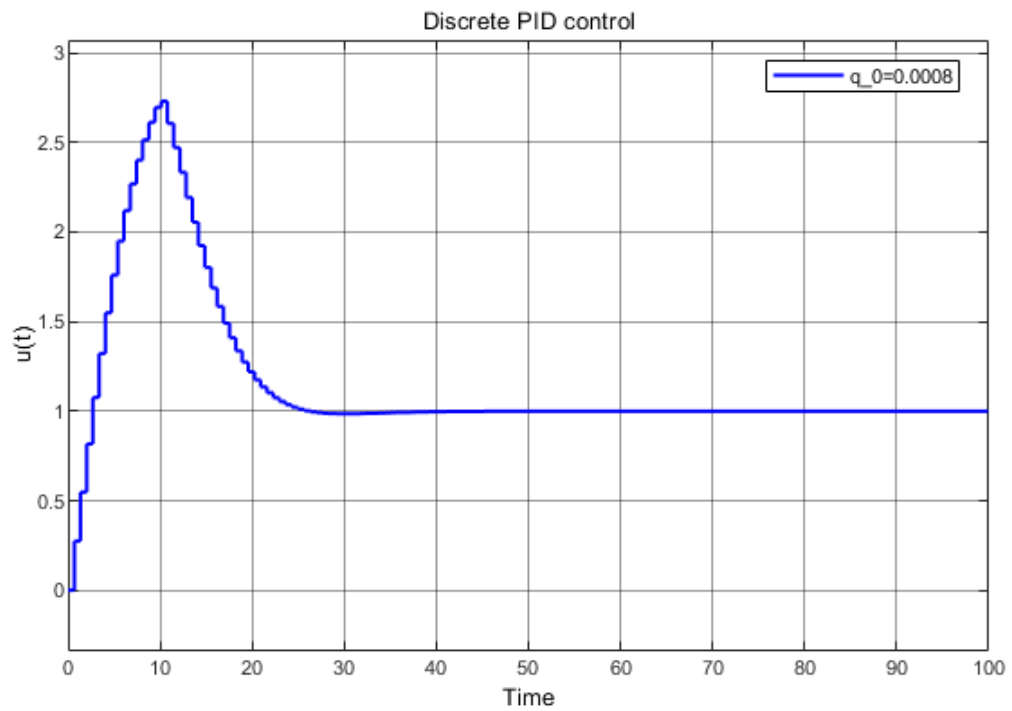


Рис. 11: Дискретный ПИД регулятор при $r_2(t)$, $T = T_1/2$

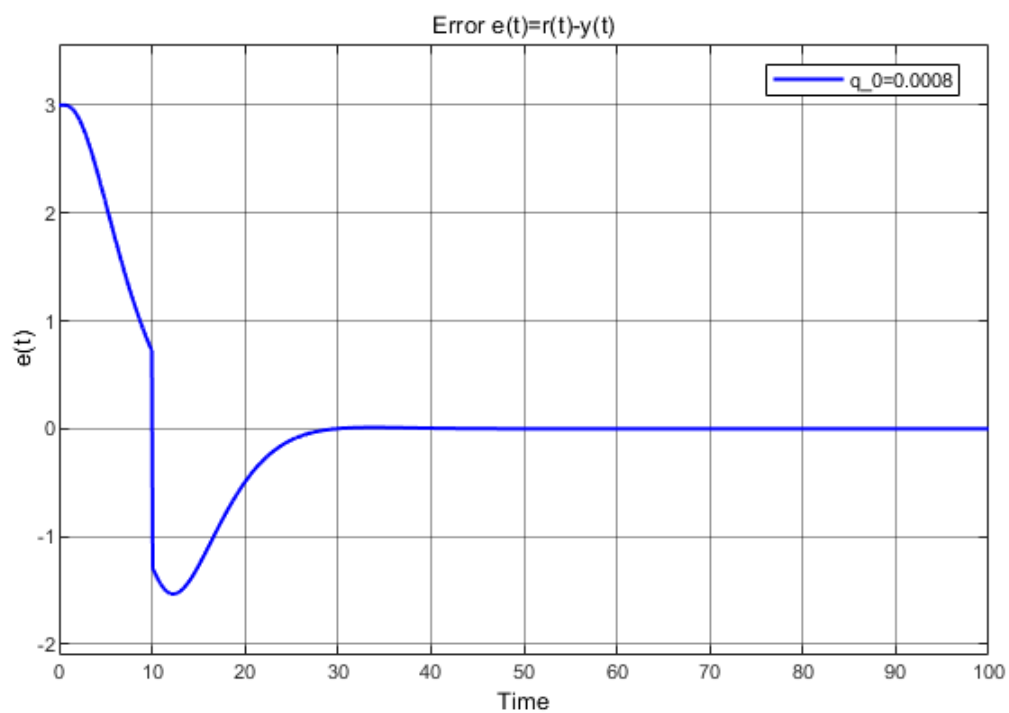


Рис. 12: Ошибка $e = r_2(t) - y(t)$, $T = T_1/2$

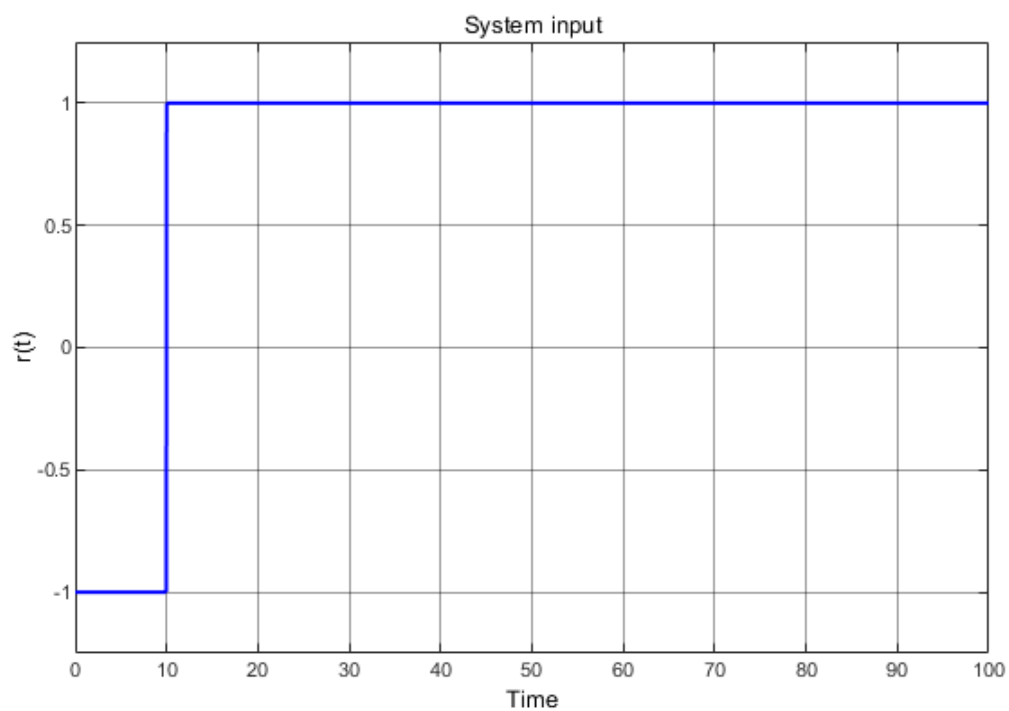


Рис. 13: Задающее воздействие $r_3(t)$

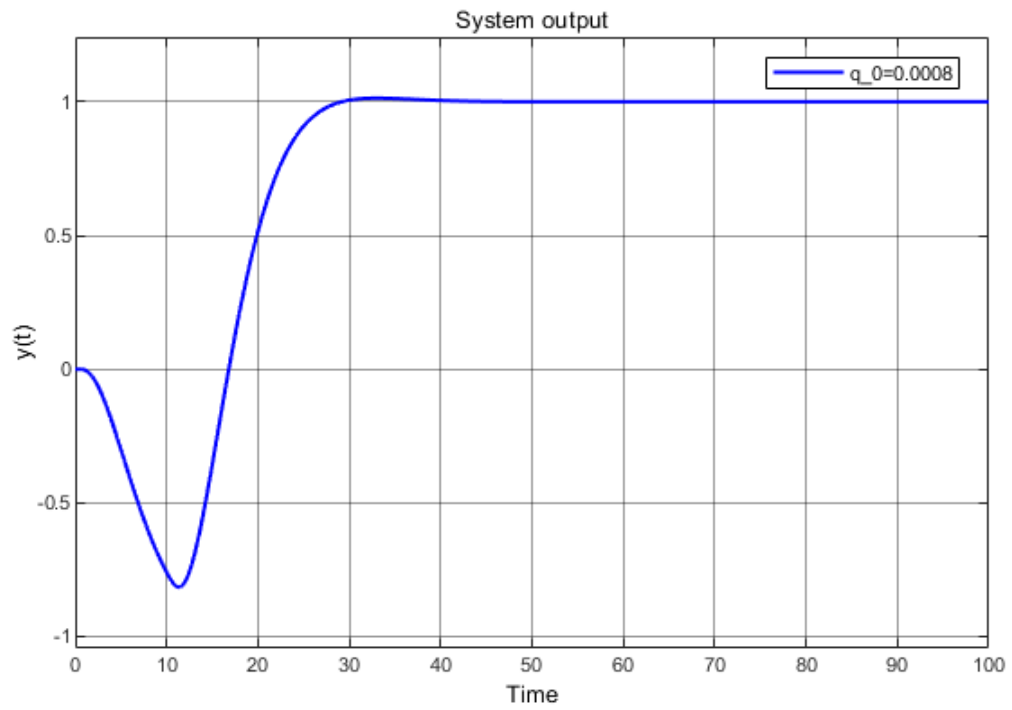


Рис. 14: Выход системы при $r_3(t)$, $T = T_1/2$

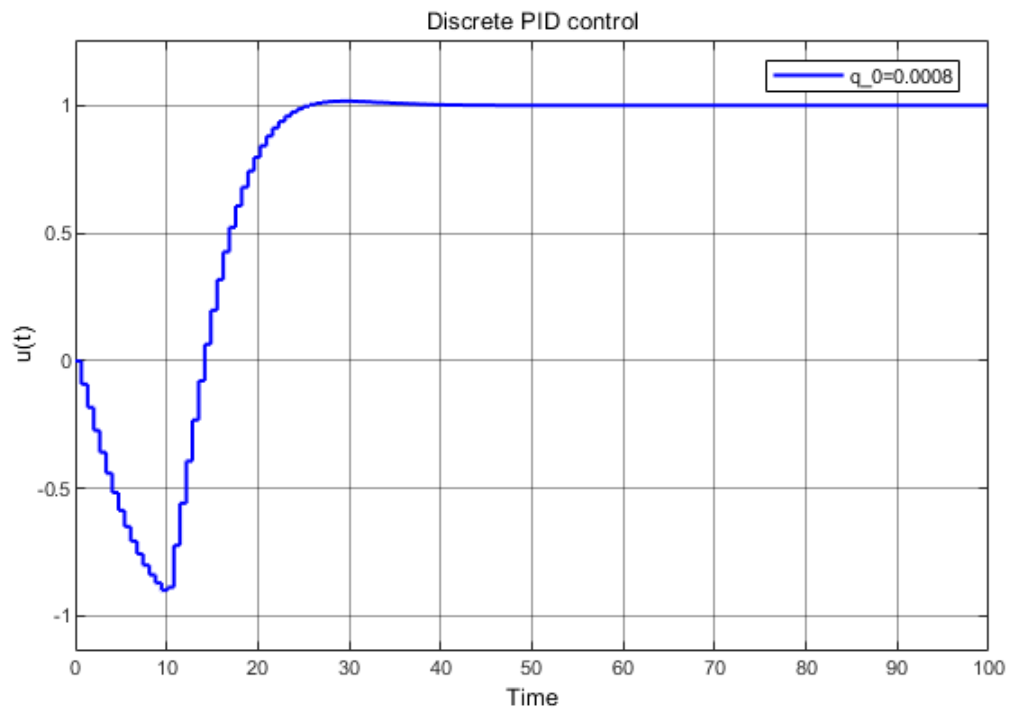


Рис. 15: Дискретный ПИД регулятор при $r_3(t)$, $T = T_1/2$

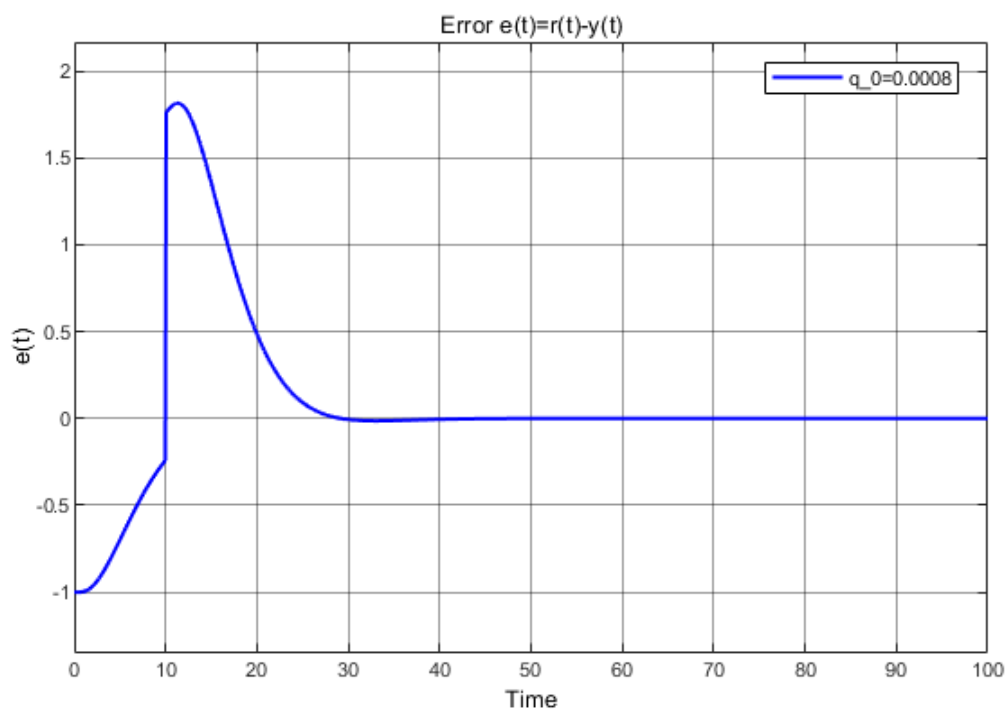


Рис. 16: Ошибка $e = r_3(t) - y(t)$, $T = T_1/2$

Положим $r(t) = 1$ (см. рис. (4)).

Исследуем ступенчатое изменение возмущающего воздействия $d(t)$ полагая, что $d_i(t) = r_i(t)$ (см. рис. (5), (9), (13)) при $T = T_1/2$:

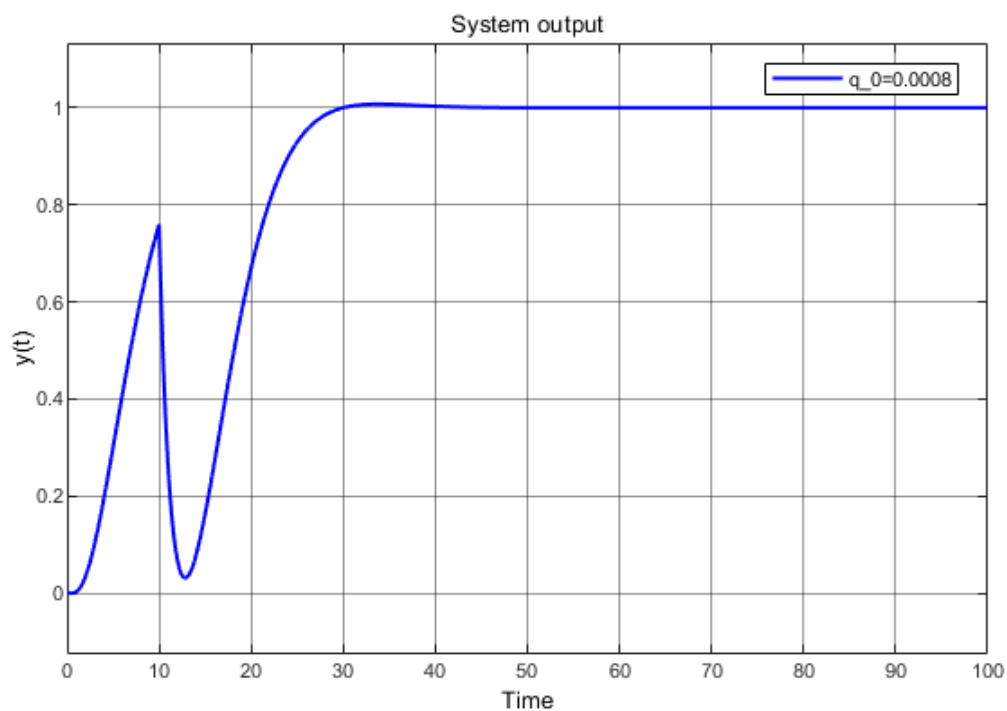


Рис. 17: Выход системы при $d_1(t) = r_1(t)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

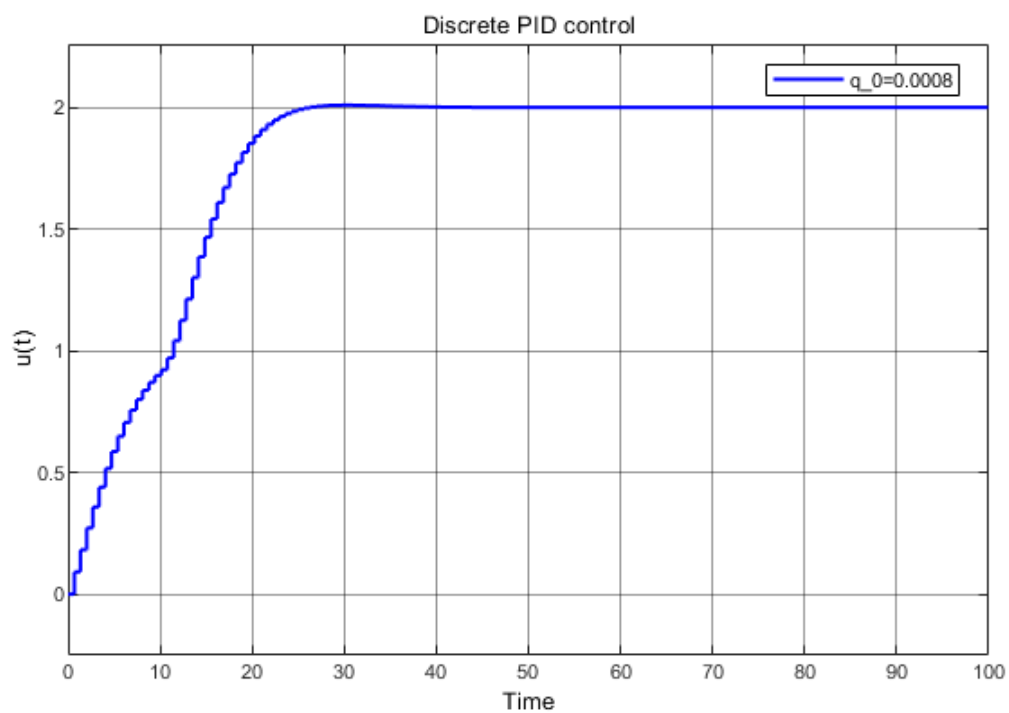


Рис. 18: Дискретный ПИД регулятор при $d_1(t) = r_1(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

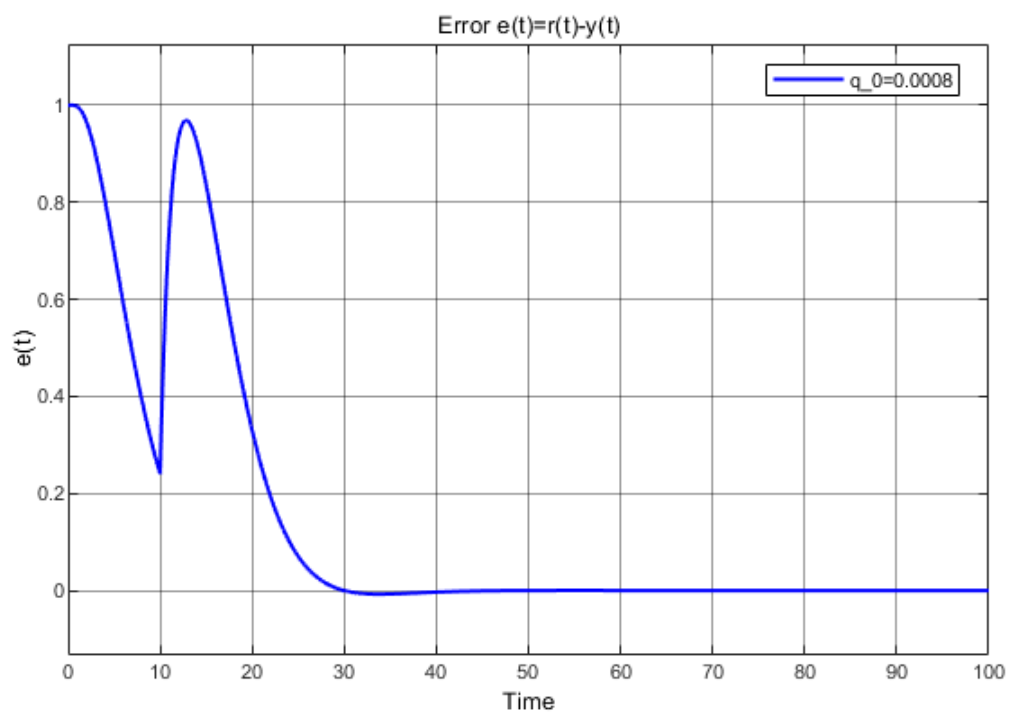


Рис. 19: Ошибка $e = r_1(t) - y(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

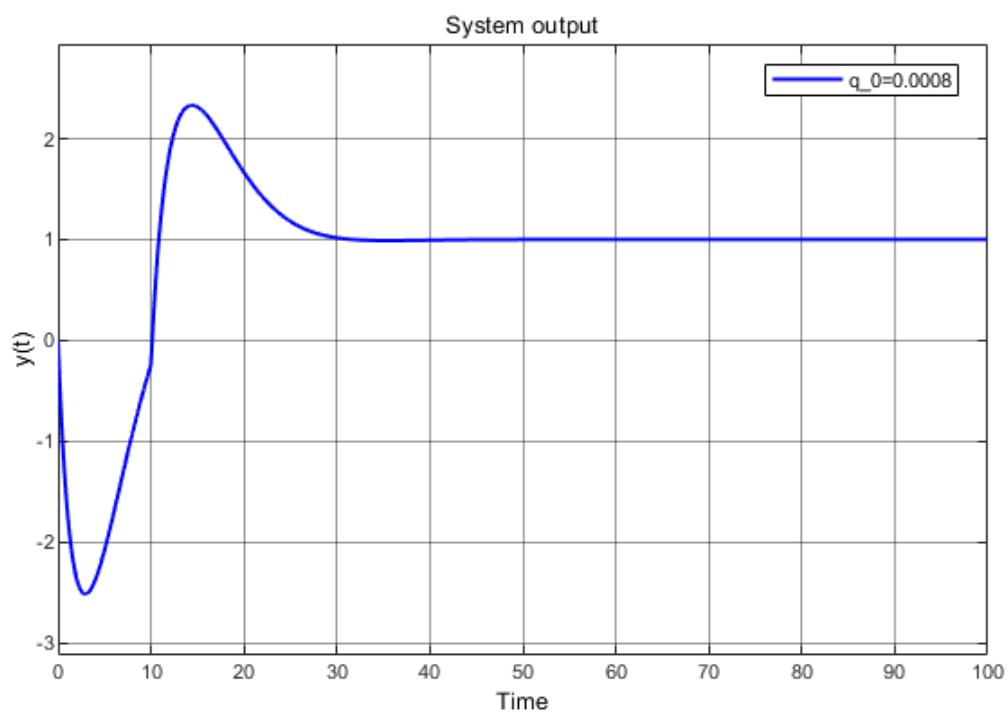


Рис. 20: Выход системы при $d_2(t) = r_2(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

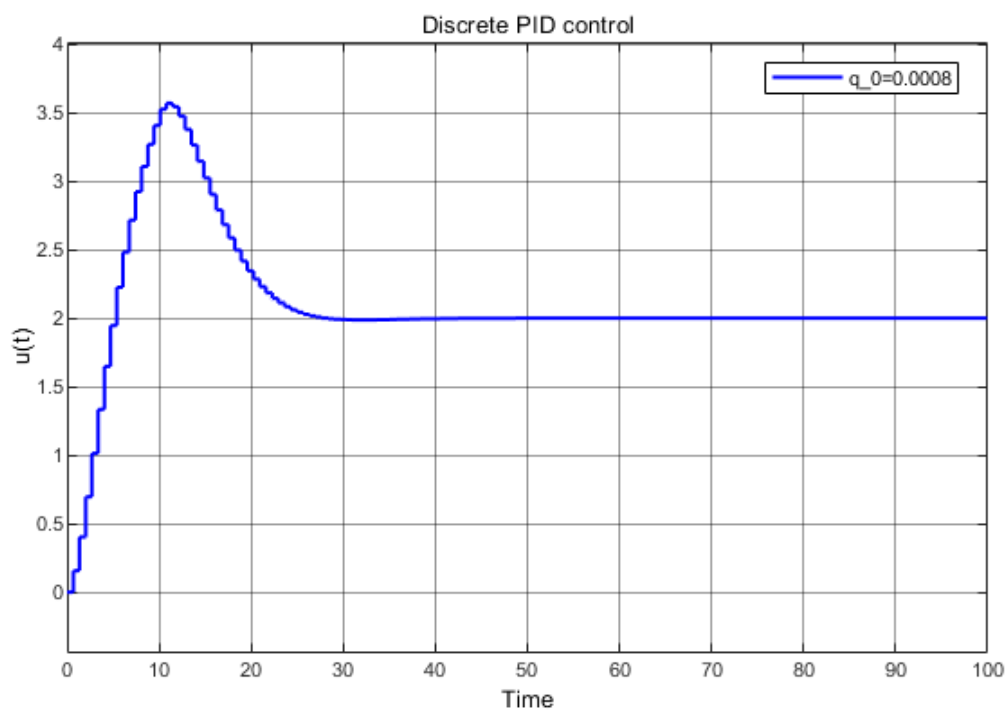


Рис. 21: Дискретный ПИД регулятор при $d_2(t) = r_2(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

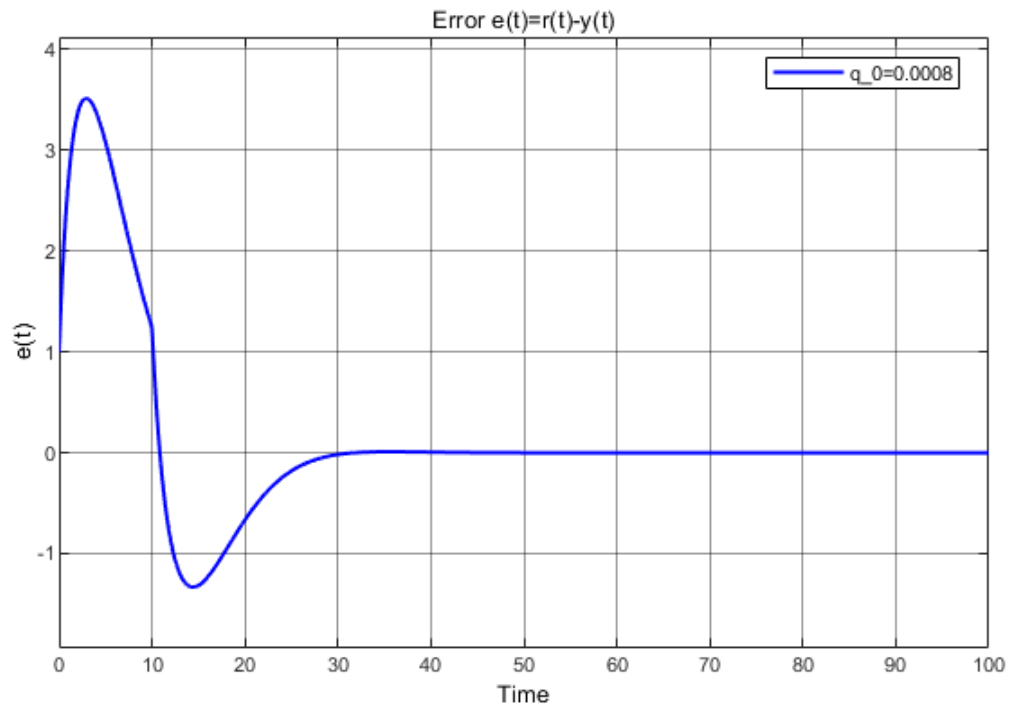


Рис. 22: Ошибка $e = r_2(t) - y(t)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

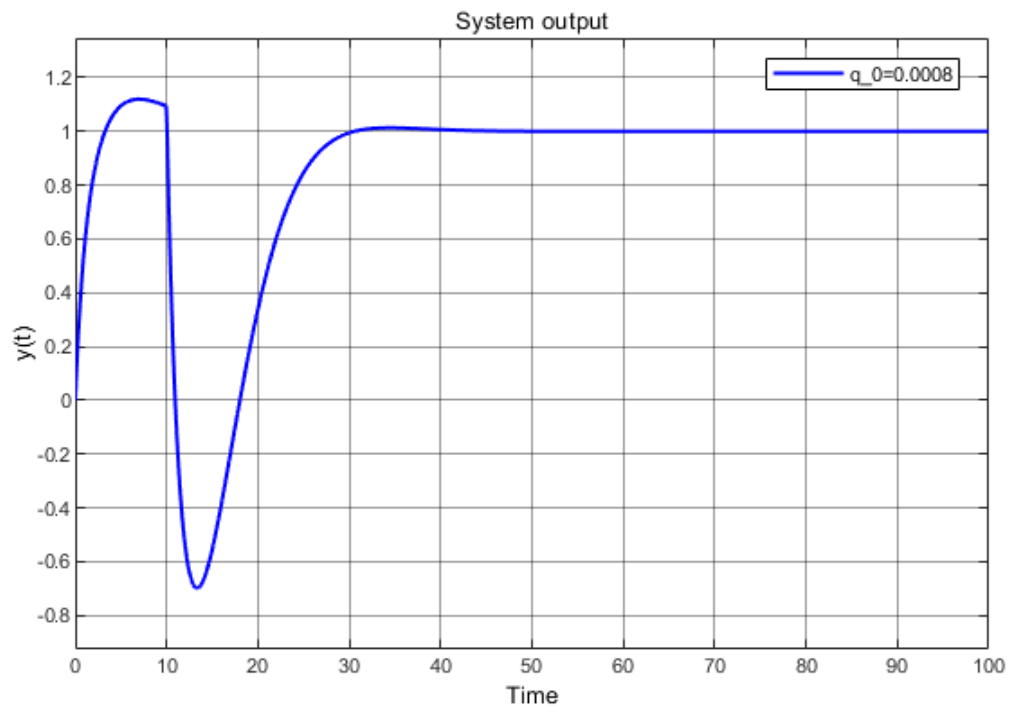


Рис. 23: Выход системы при $d_3(t) = r_3(t)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

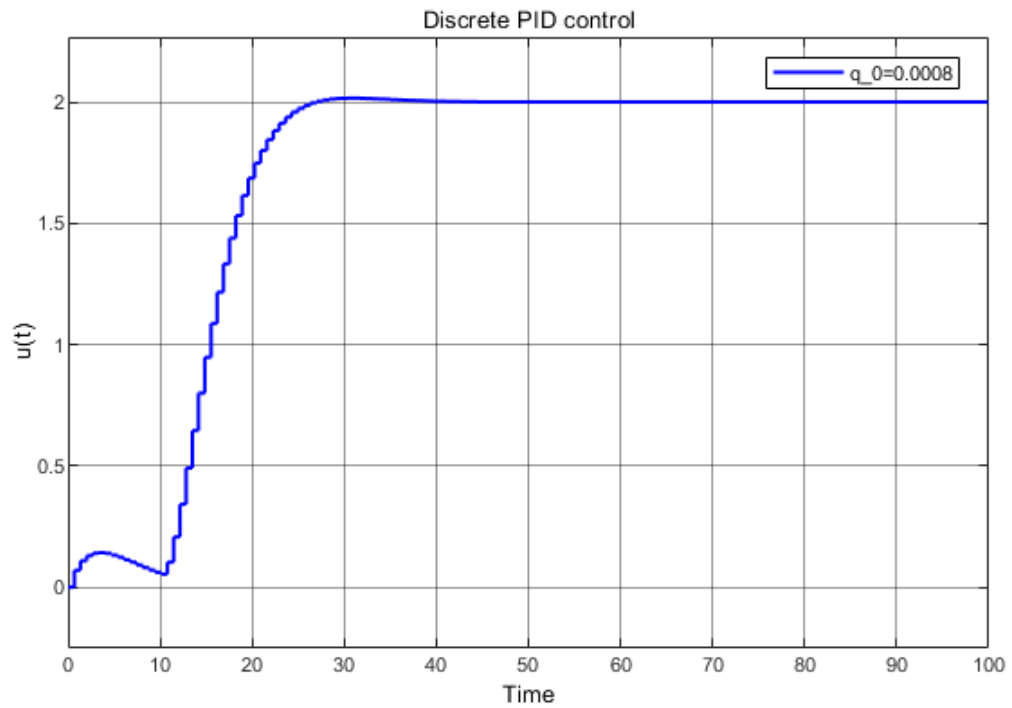


Рис. 24: Дискретный ПИД регулятор при $d_3(t) = r_3(t)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

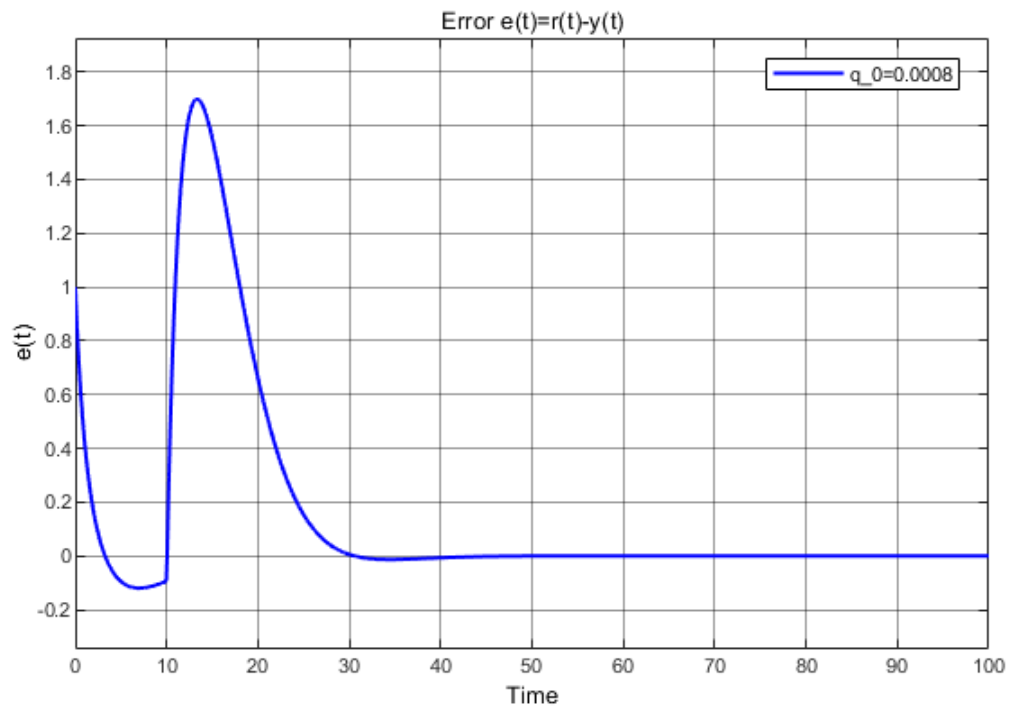


Рис. 25: Ошибка $e = r_3(t) - y(t)$, $r(t) = 1$, $T = T_1/2$

Оставим $r(t) = 1$ (см. рис. (4)).

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

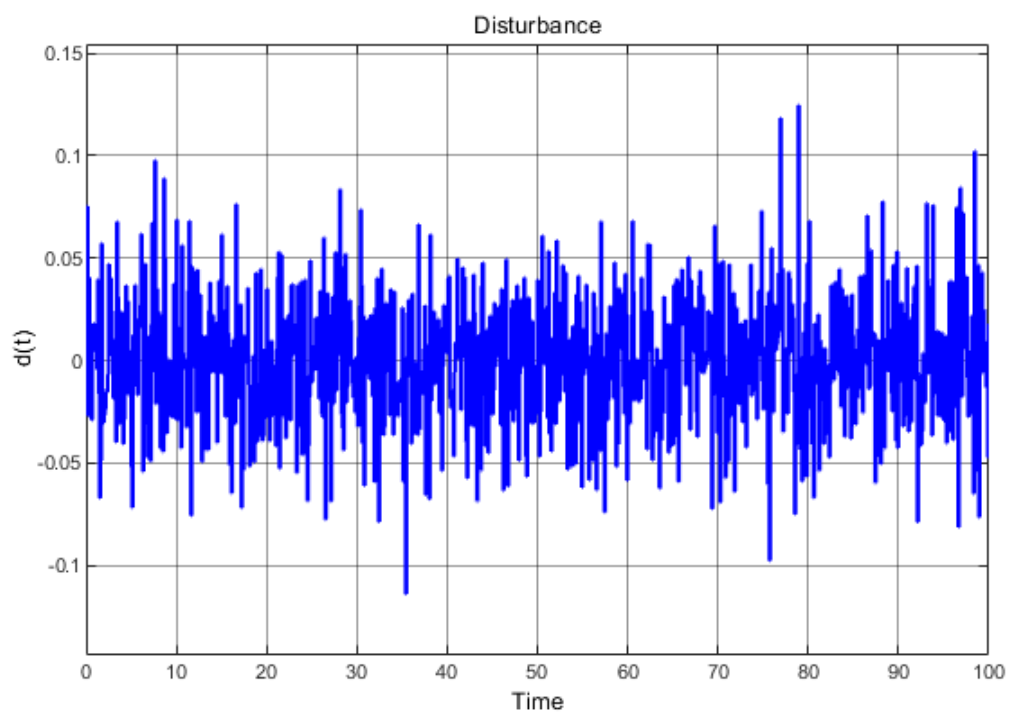


Рис. 26: Возмущающее воздействие $d_{g,1}(t)$

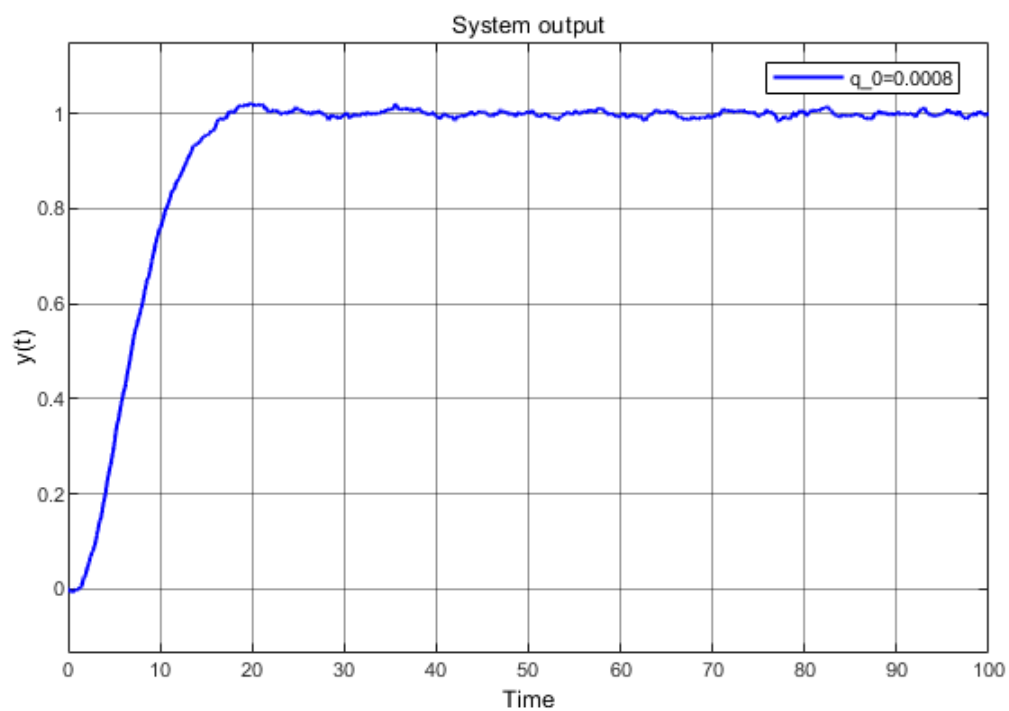


Рис. 27: Выход системы при $d_{g,1}(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

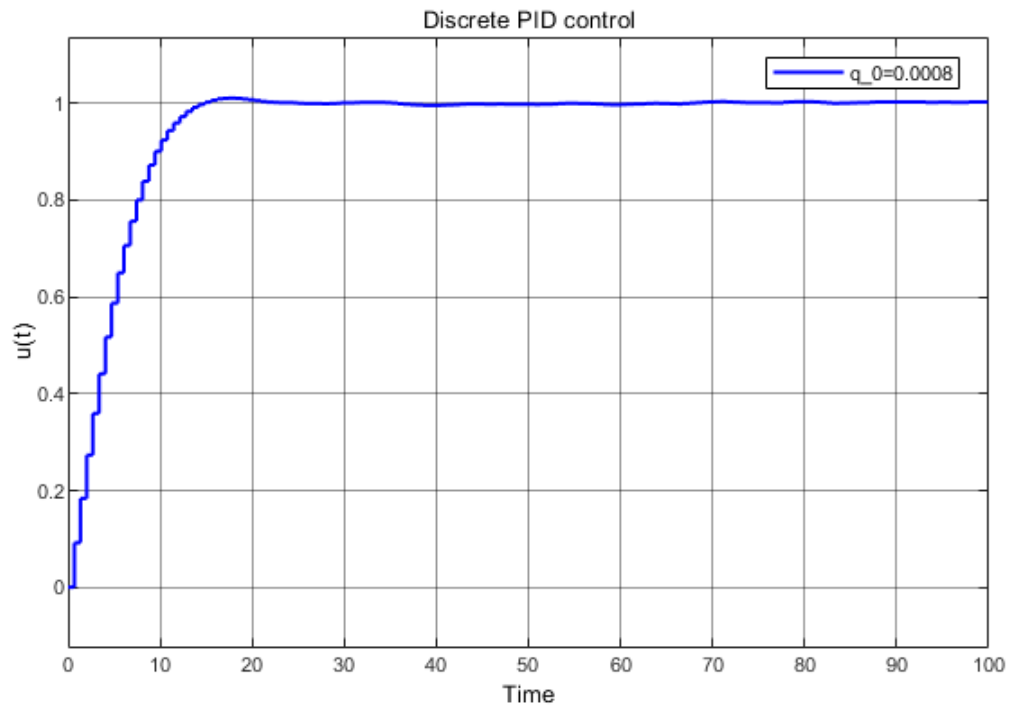


Рис. 28: Дискретный ПИД регулятор при $d_{g,1}(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

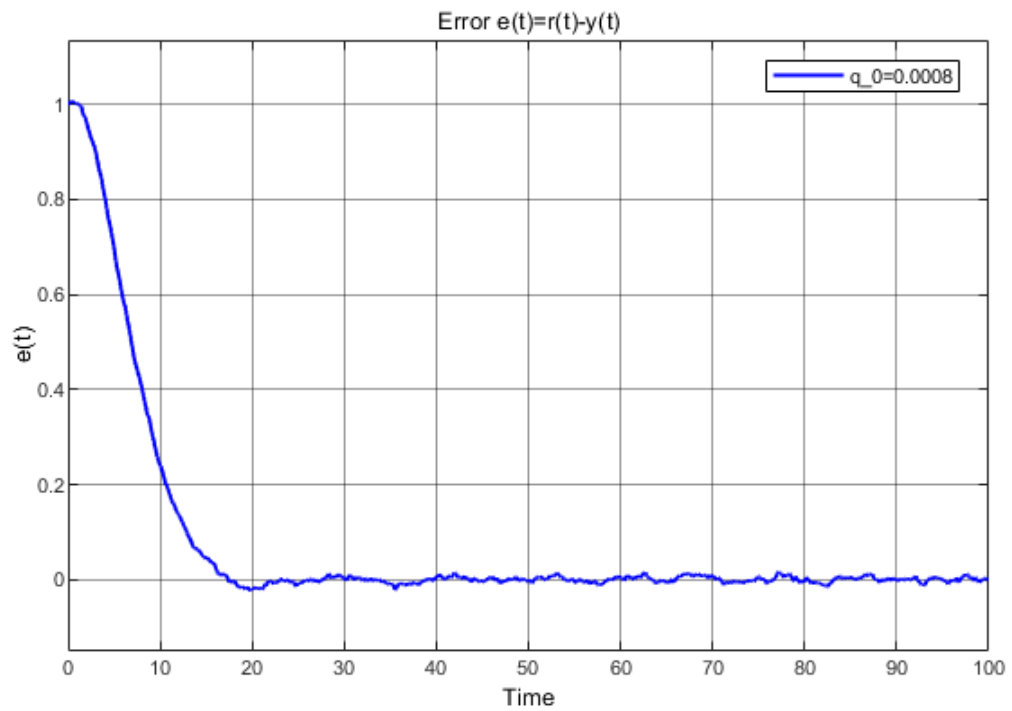


Рис. 29: Ошибка $e = d_{g,1}(t) - y(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

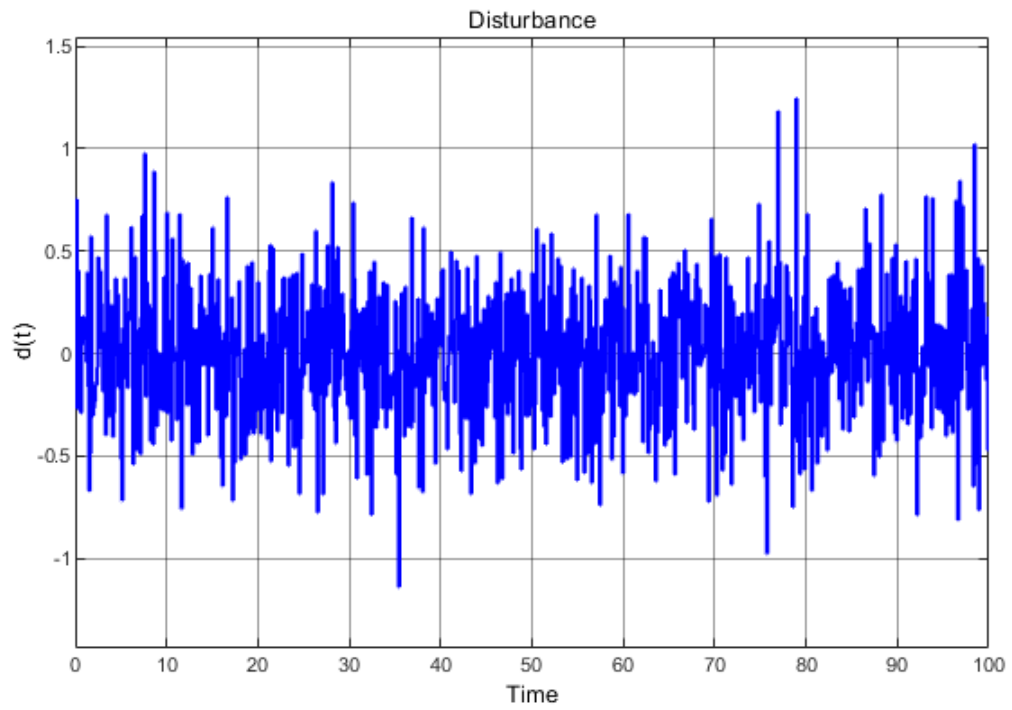


Рис. 30: Возмущающее воздействие $d_{g,2}(t)$

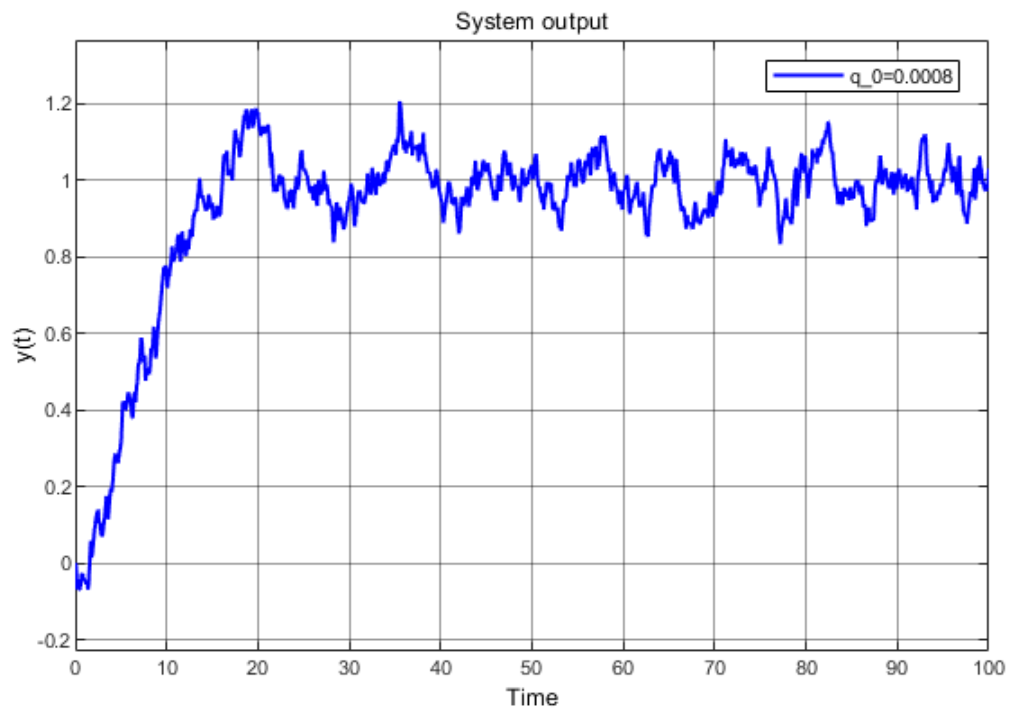


Рис. 31: Выход системы при $d_{g,2}(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

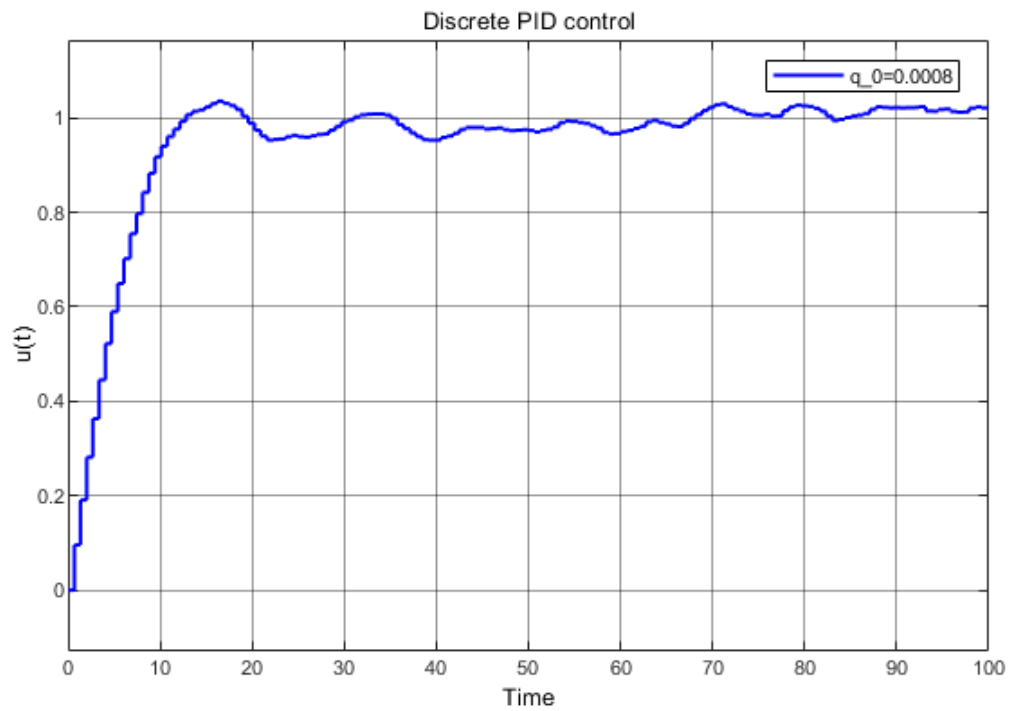


Рис. 32: Дискретный ПИД регулятор при $d_{g,2}(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

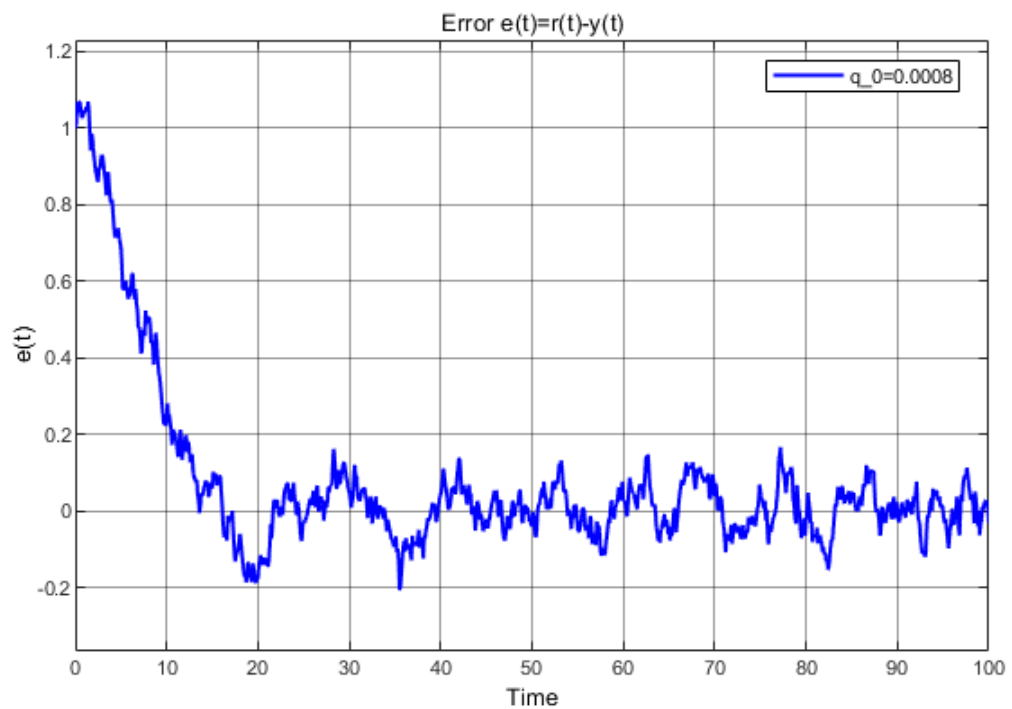


Рис. 33: Ошибка $e = d_{g,2}(t) - y(t), r(t) = 1, T = T_1/2$

Тут будет вывод.

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 $q_0 = 0.0008$, как и ранее.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия (см. рис. (5), (9), (13)) при $T = T_1/4$:

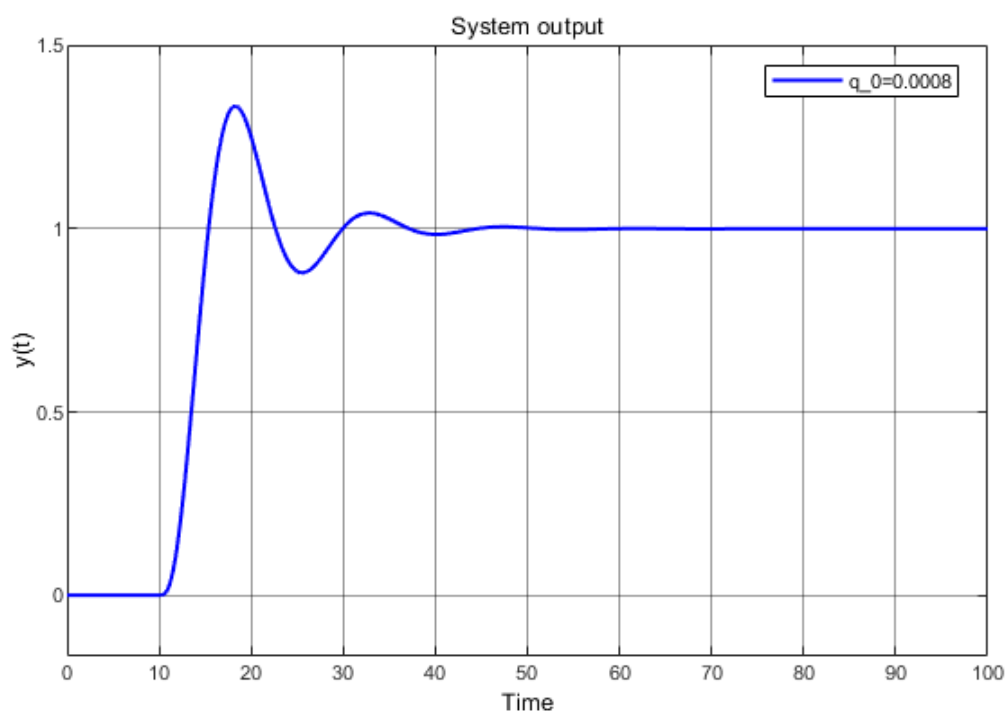


Рис. 34: Выход системы при $r_1(t)$, $T = T_1/4$

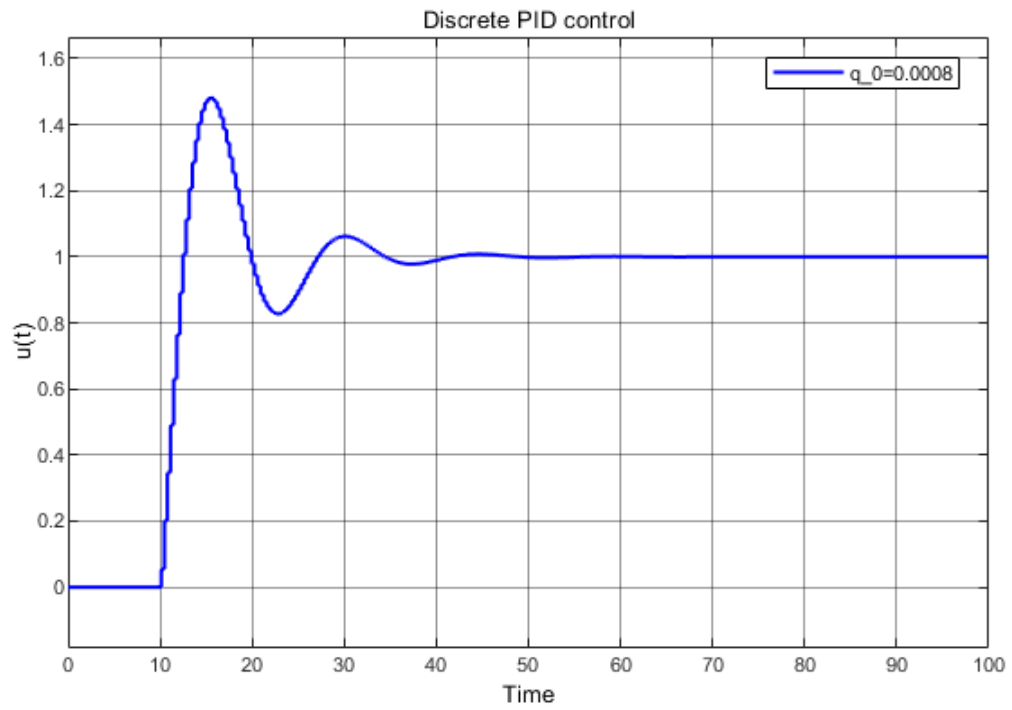


Рис. 35: Дискретный ПИД регулятор при $r_1(t)$, $T = T_1/4$

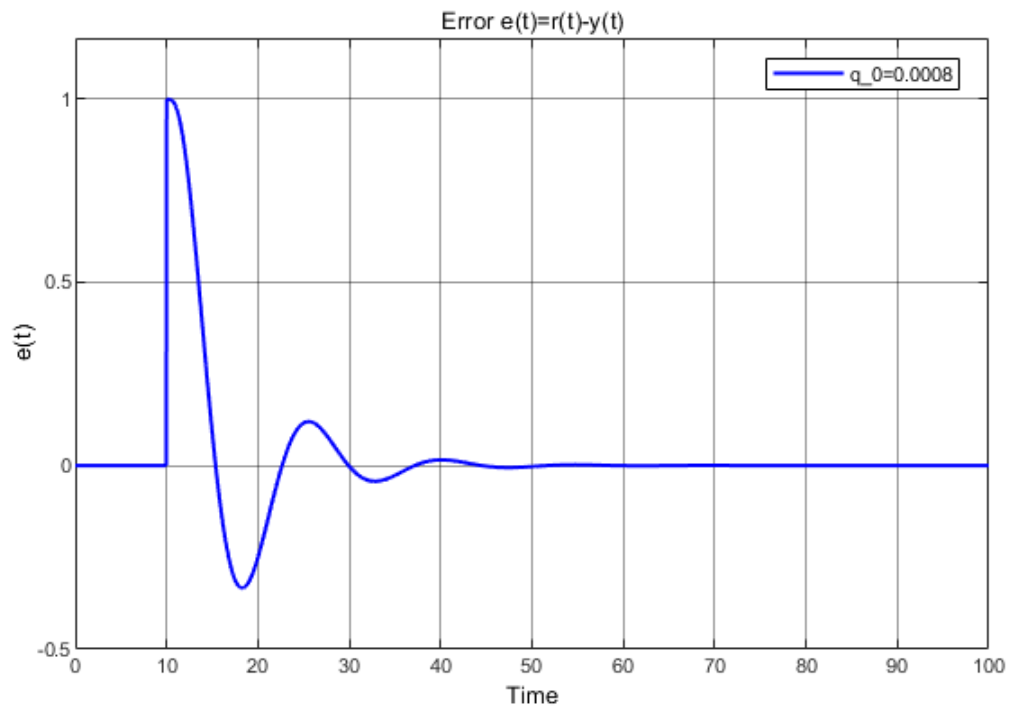


Рис. 36: Ошибка $e = r_1(t) - y(t)$, $T = T_1/4$

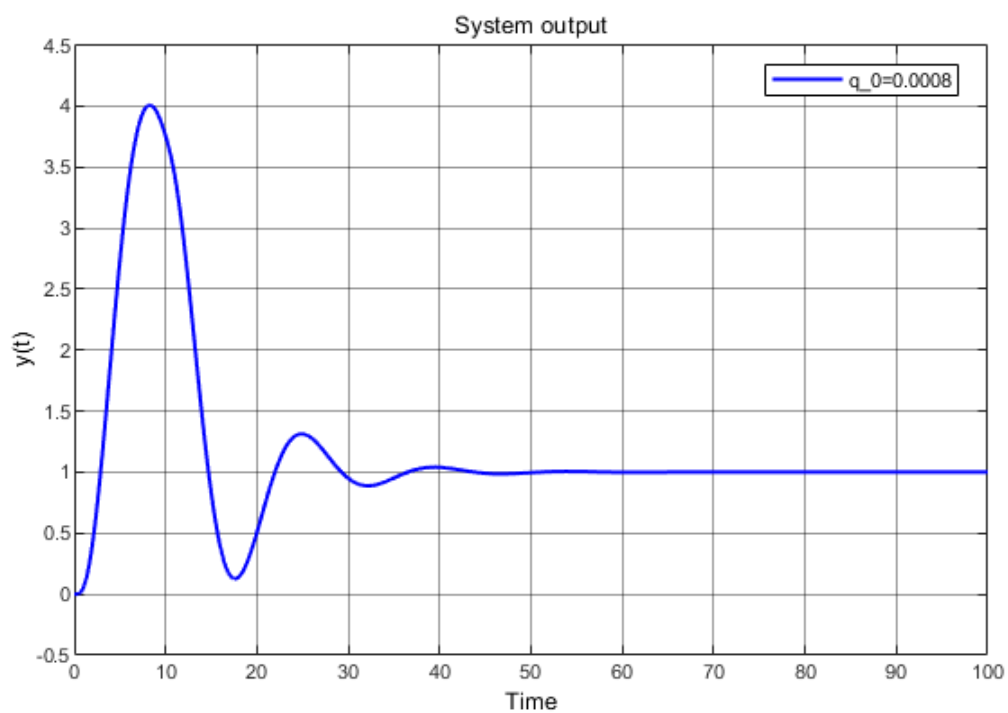


Рис. 37: Выход системы при $r_2(t)$, $T = T_1/4$

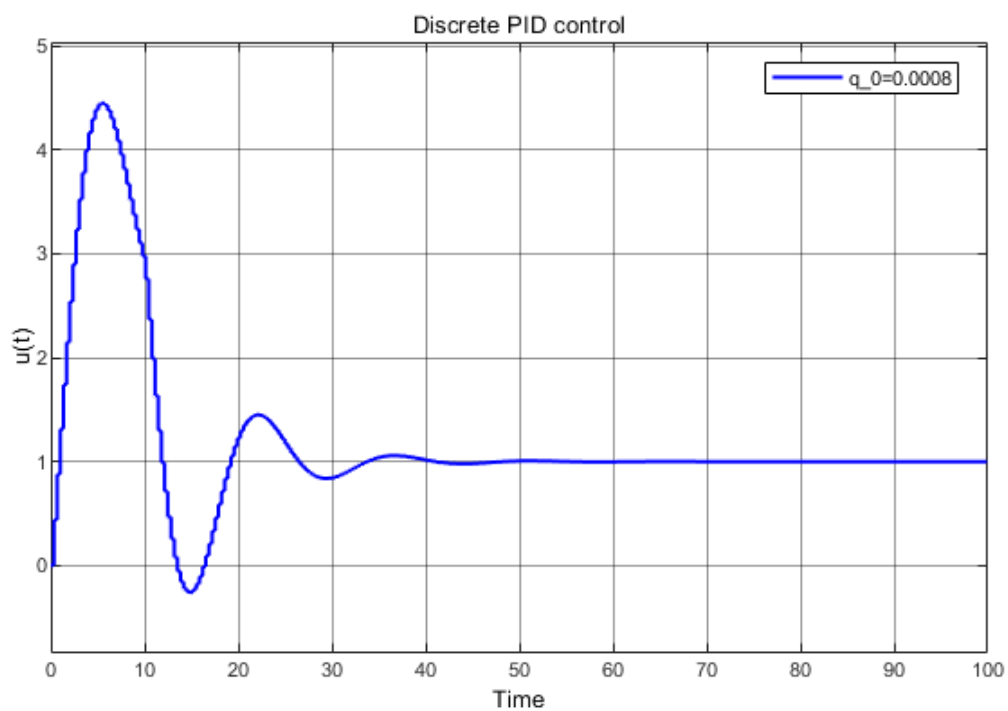


Рис. 38: Дискретный ПИД регулятор при $r_2(t)$, $T = T_1/4$

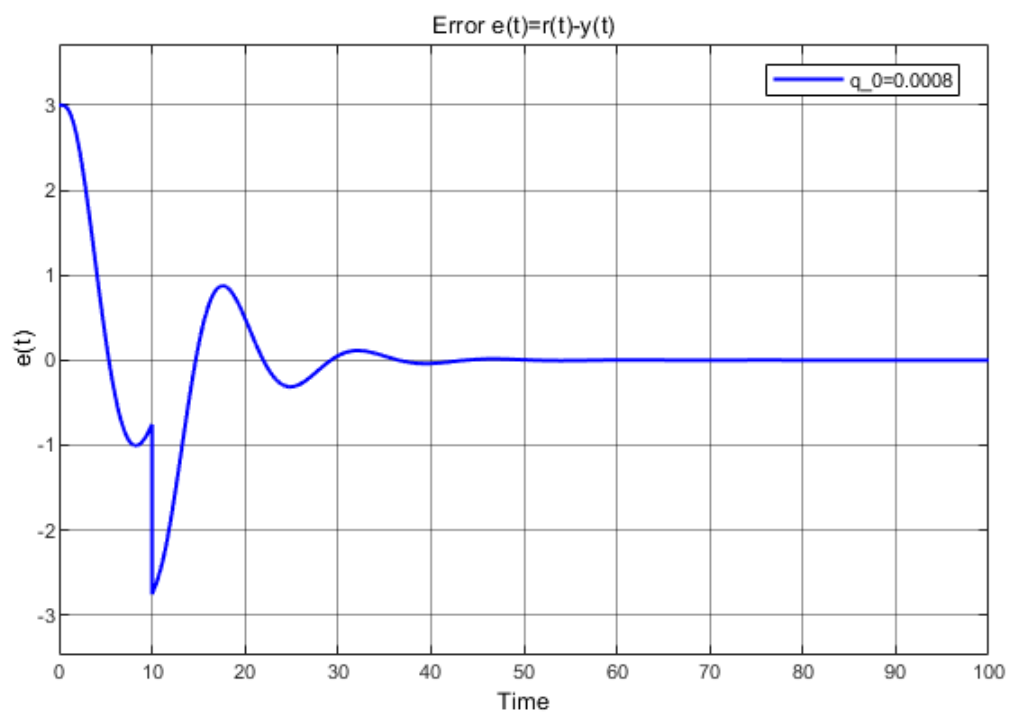


Рис. 39: Ошибка $e = r_2(t) - y(t)$, $T = T_1/4$

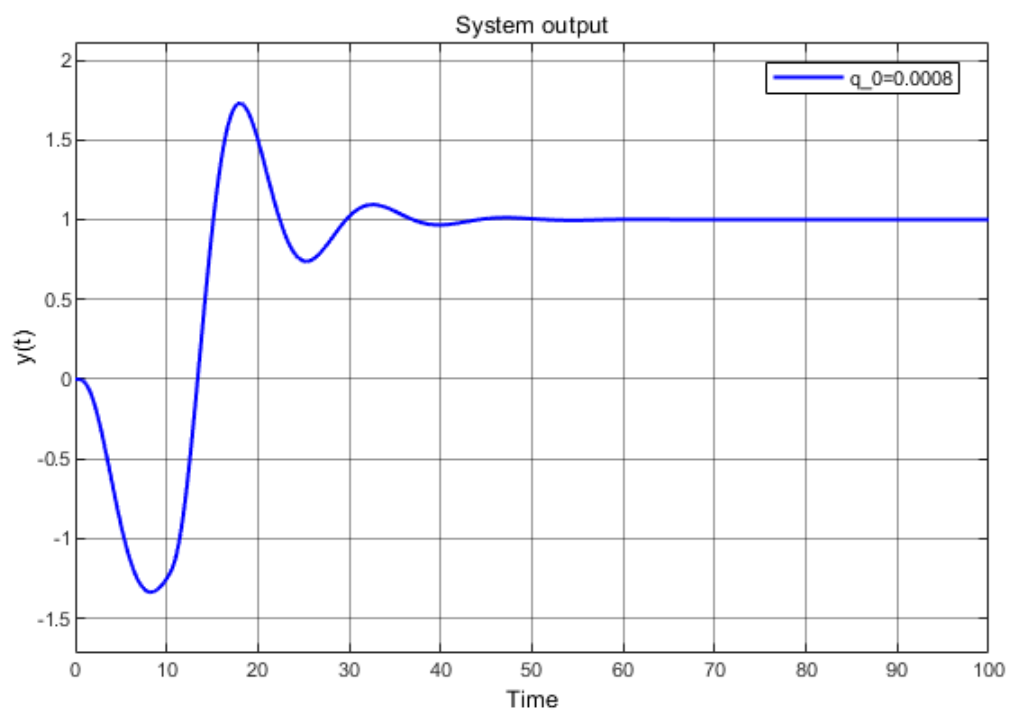


Рис. 40: Выход системы при $r_3(t)$, $T = T_1/4$

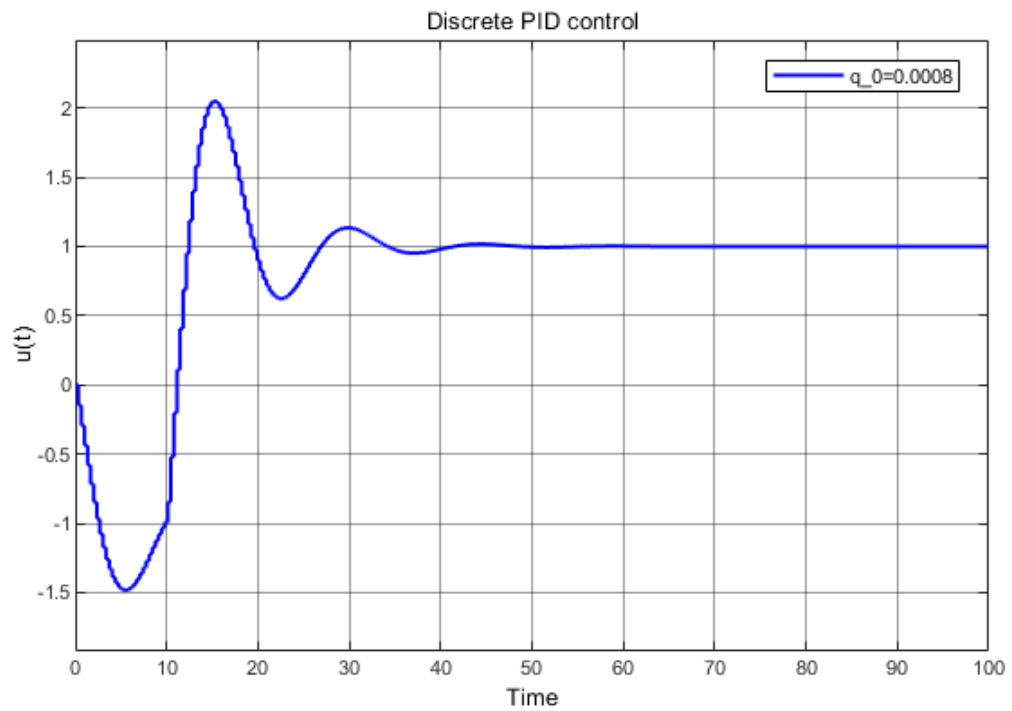


Рис. 41: Дискретный ПИД регулятор при $r_3(t)$, $T = T_1/4$

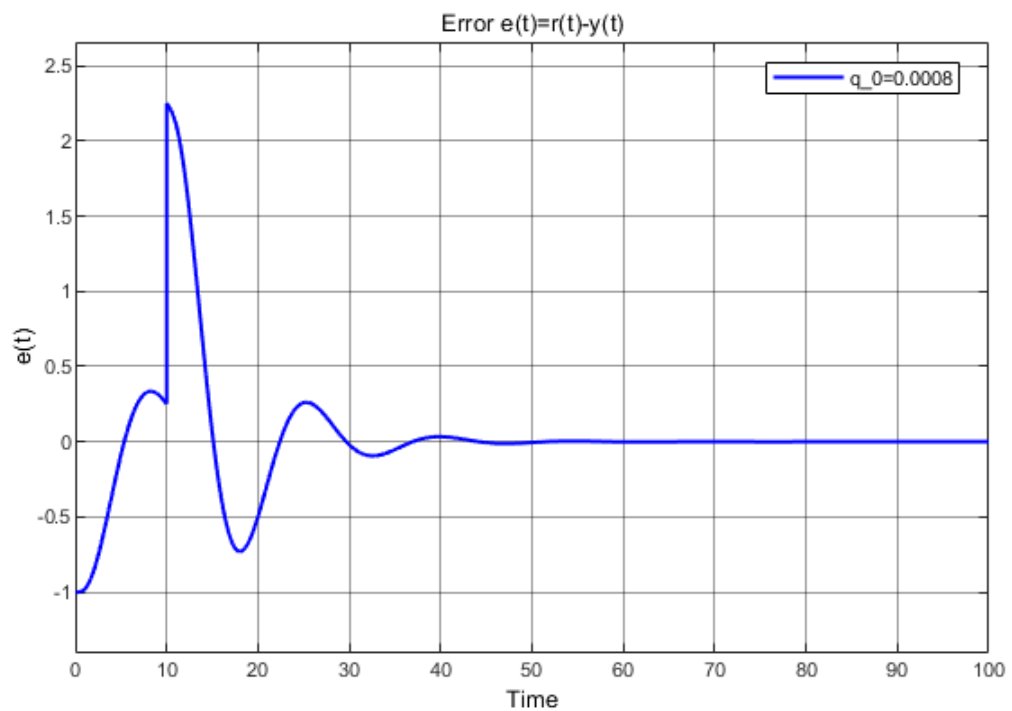


Рис. 42: Ошибка $e = r_3(t) - y(t)$, $T = T_1/4$

Тут будет вывод.

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 $q_0 = 0.0008$, как и ранее.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия (см. рис. (5), (9), (13)) при $T = T_1/4$:

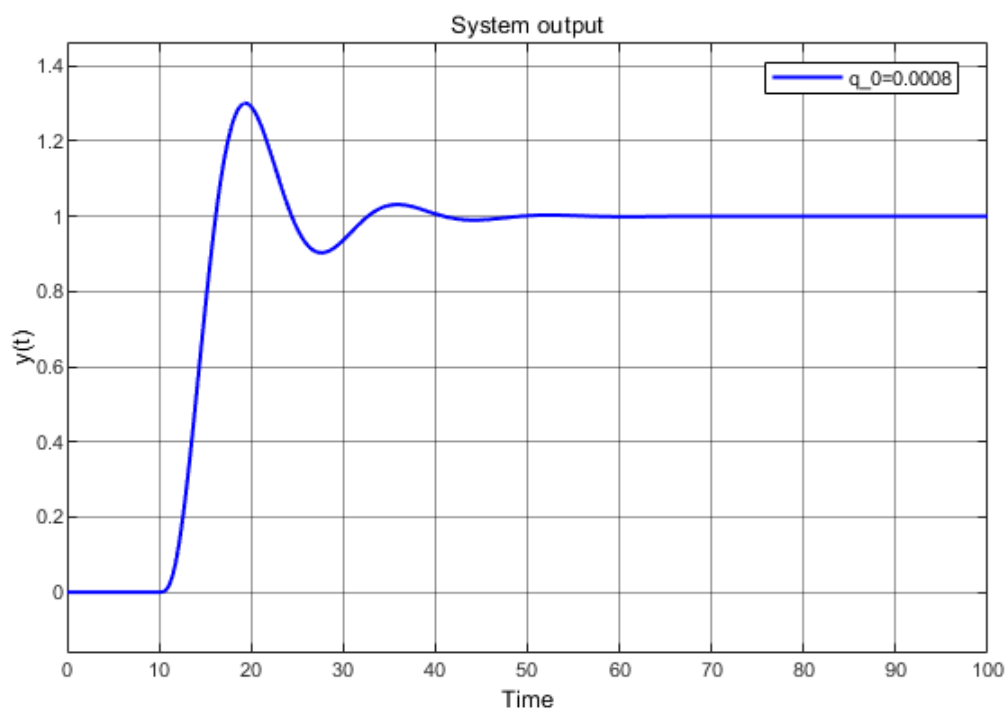


Рис. 43: Выход системы при $r_1(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

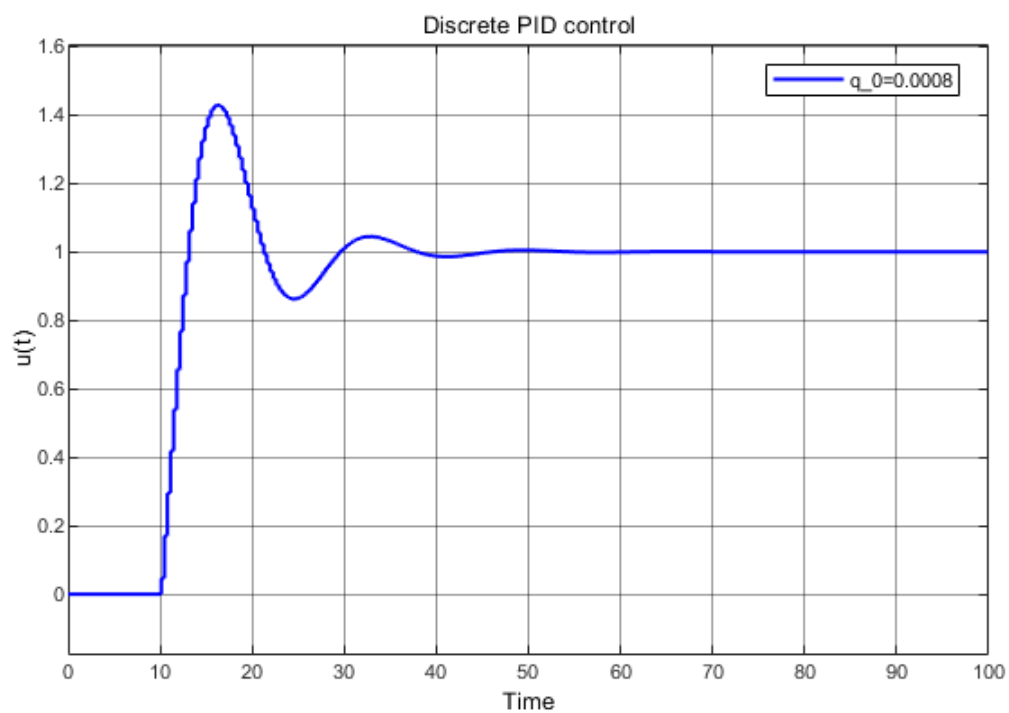


Рис. 44: Дискретный ПИД регулятор при $r_1(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

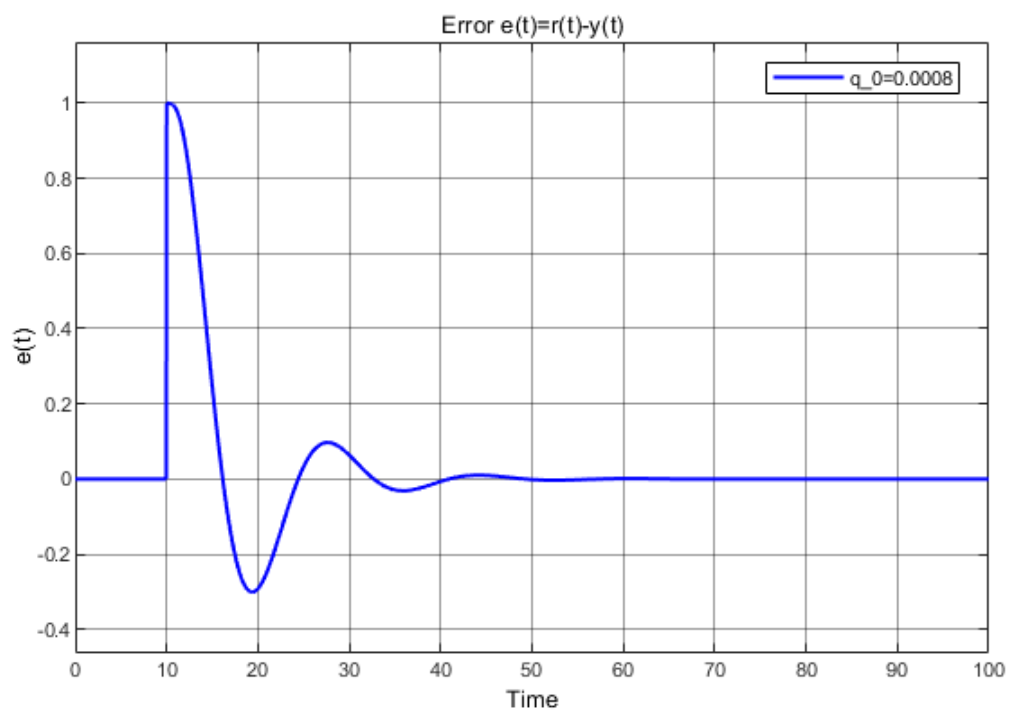


Рис. 45: Ошибка $e = r_1(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

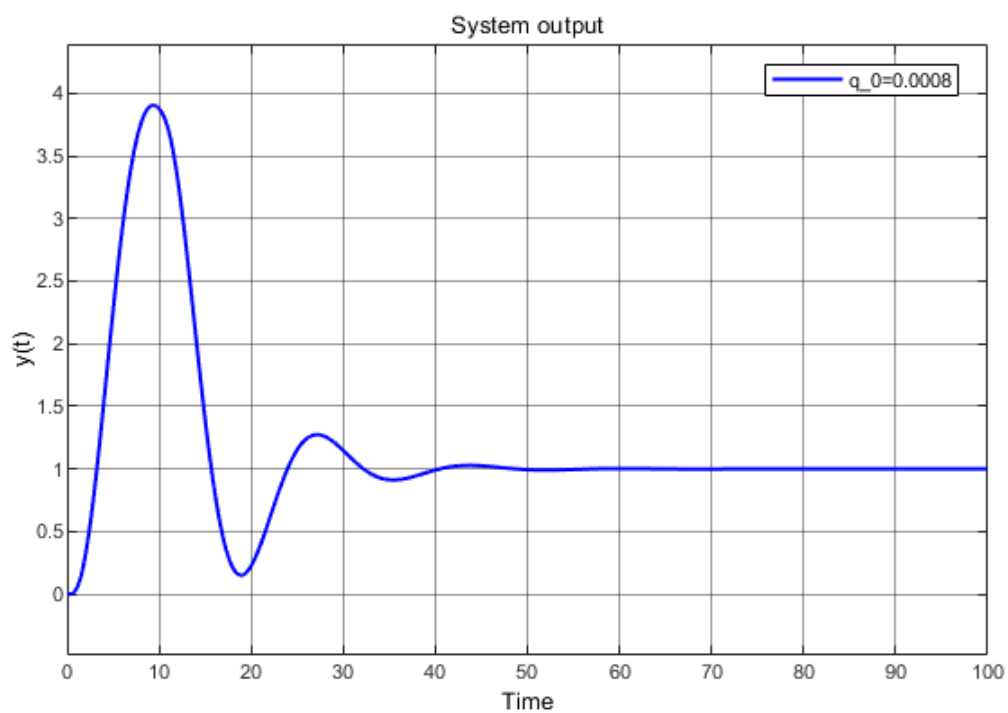


Рис. 46: Выход системы при $r_2(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

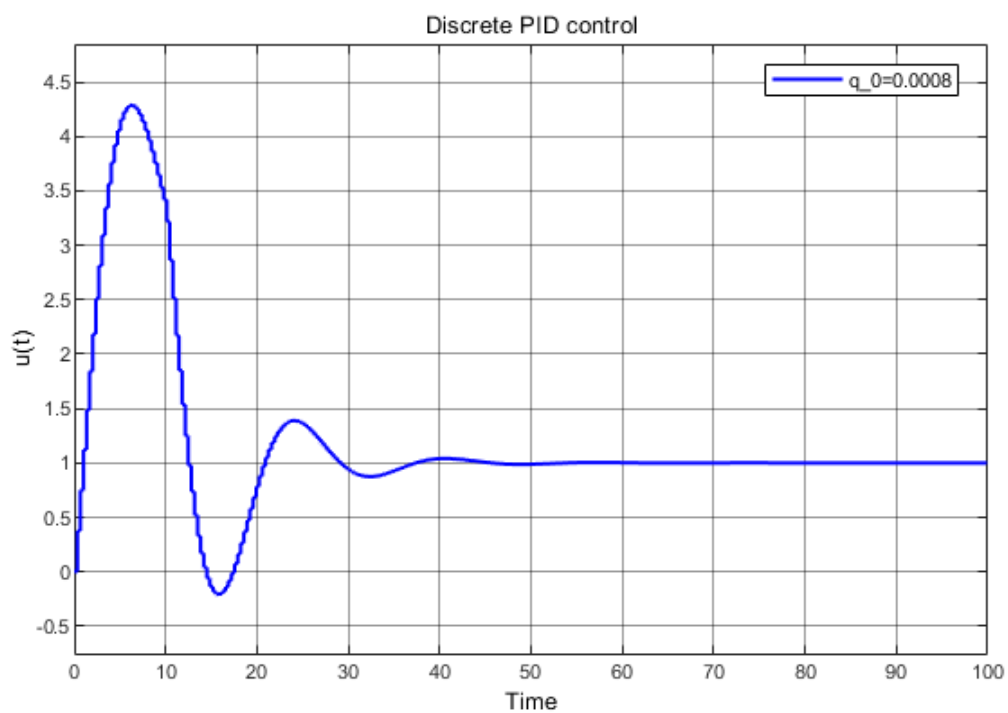


Рис. 47: Дискретный ПИД регулятор при $r_2(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

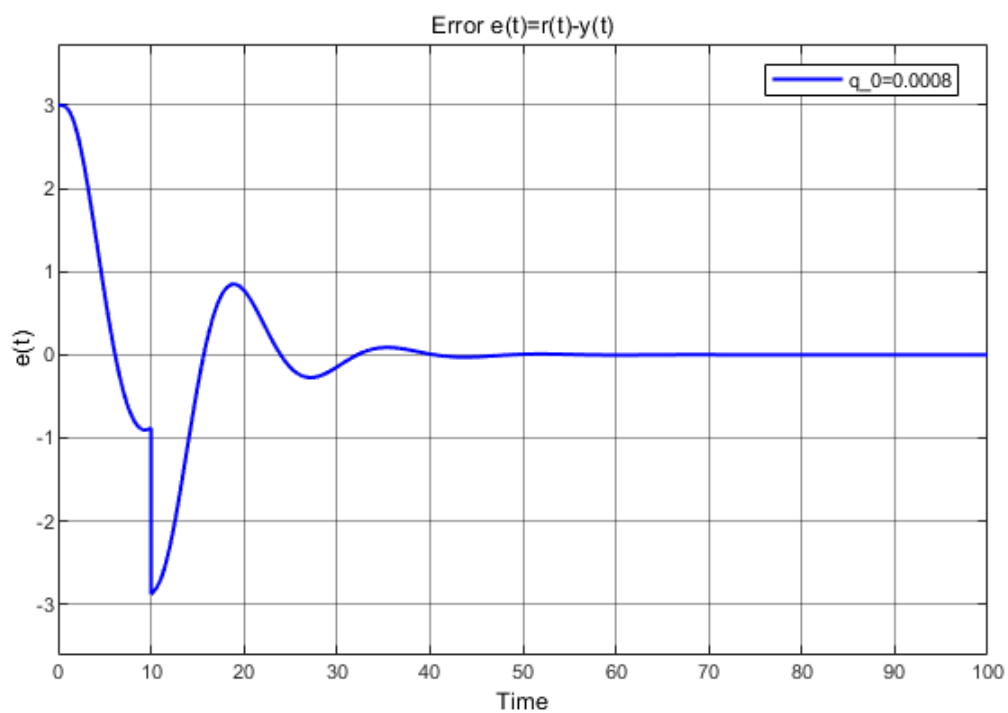


Рис. 48: Ошибка $e = r_2(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

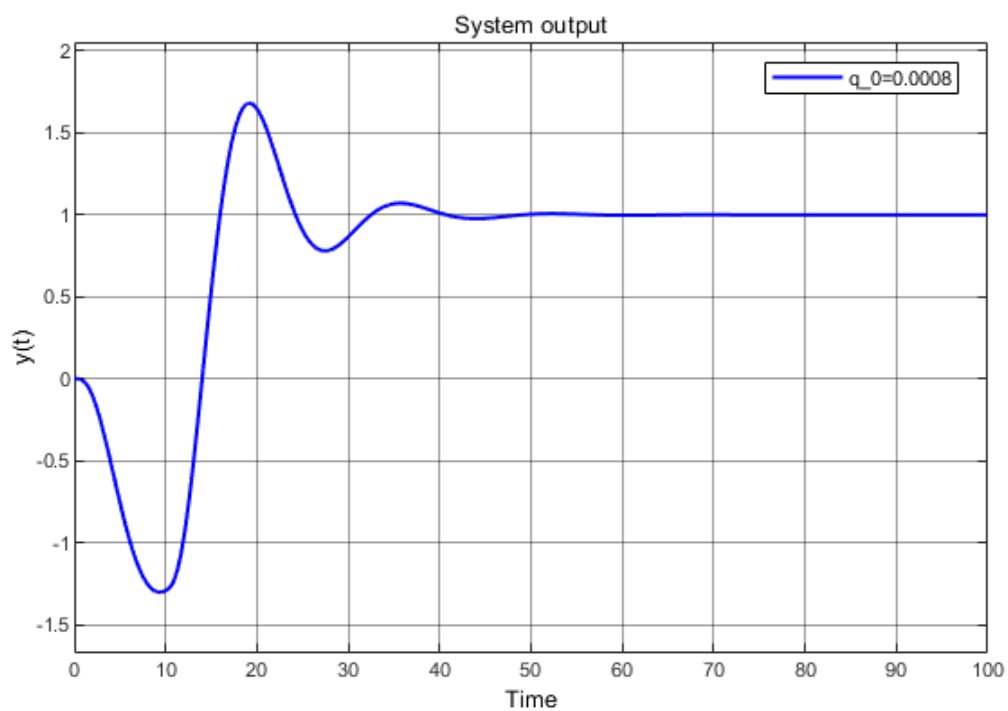


Рис. 49: Выход системы при $r_3(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

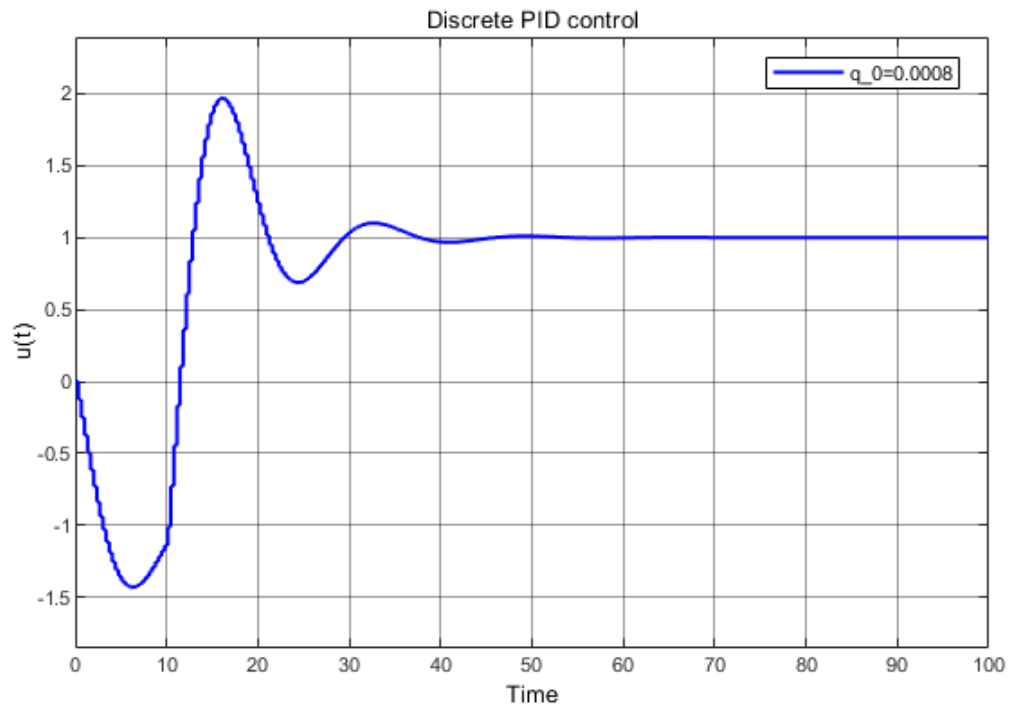


Рис. 50: Дискретный ПИД регулятор при $r_3(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

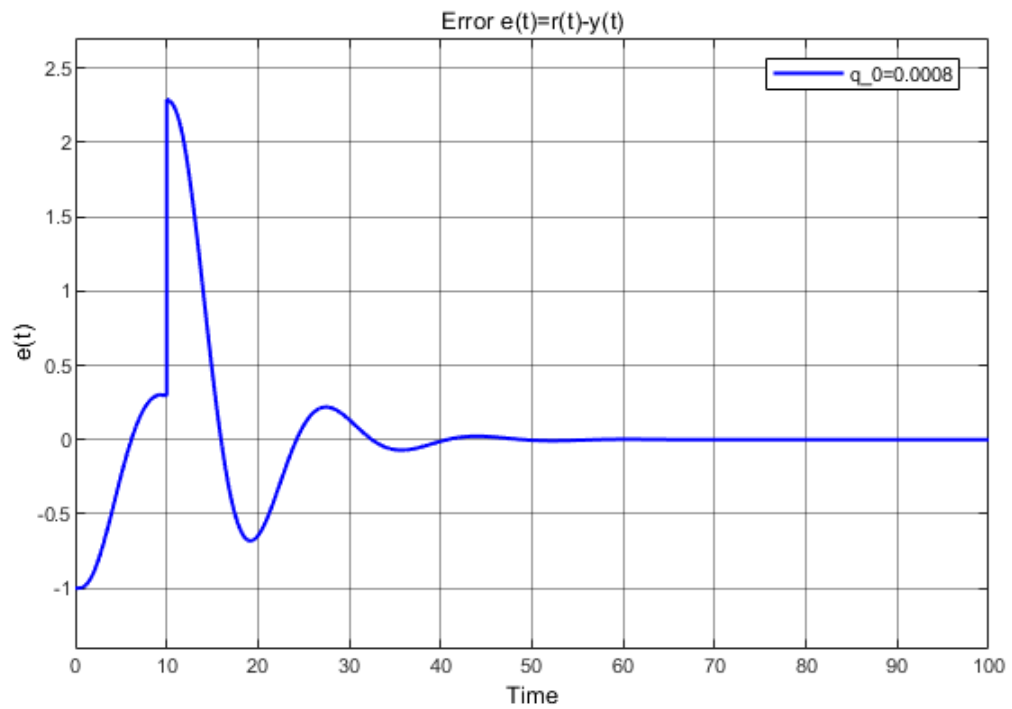


Рис. 51: Ошибка $e = r_3(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 1.44$

Тут будет вывод.

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 $q_0 = 0.0008$, как и ранее.

Исследуем ступенчатое изменение задающего воздействия (см. рис. (5), (9), (13)) при $T = T_1/4$:

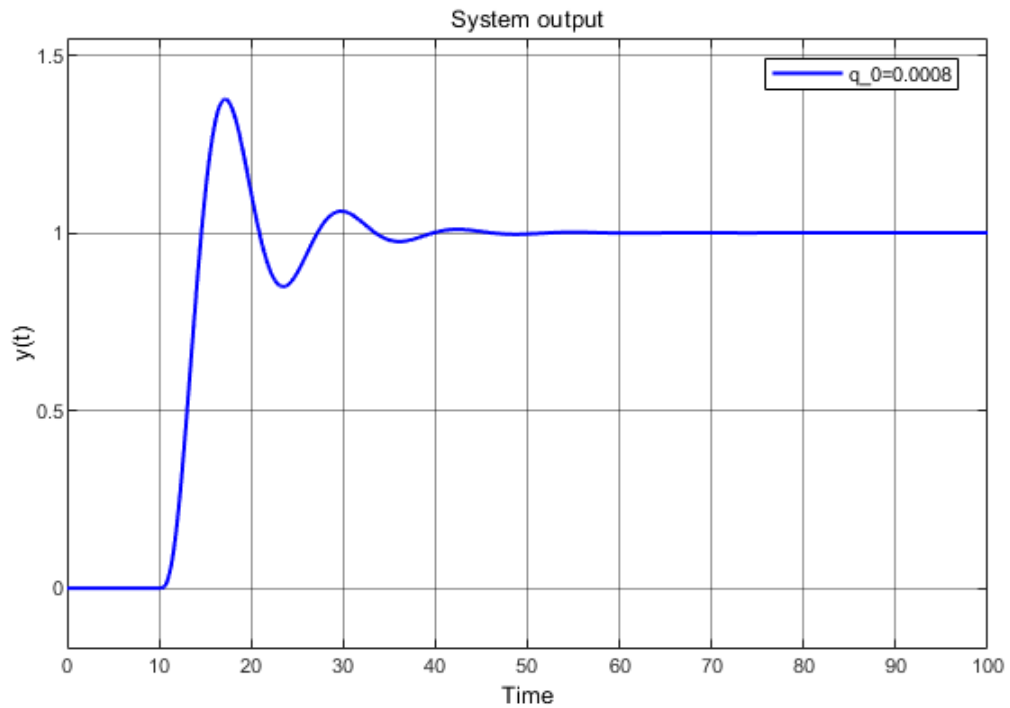


Рис. 52: Выход системы при $r_1(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

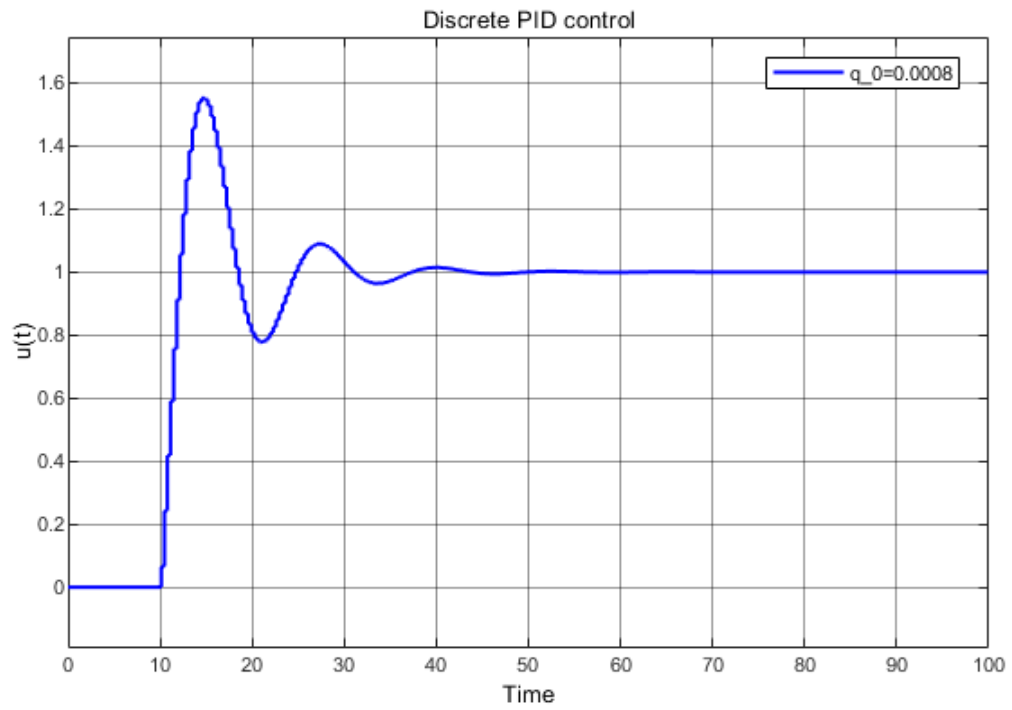


Рис. 53: Дискретный ПИД регулятор при $r_1(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

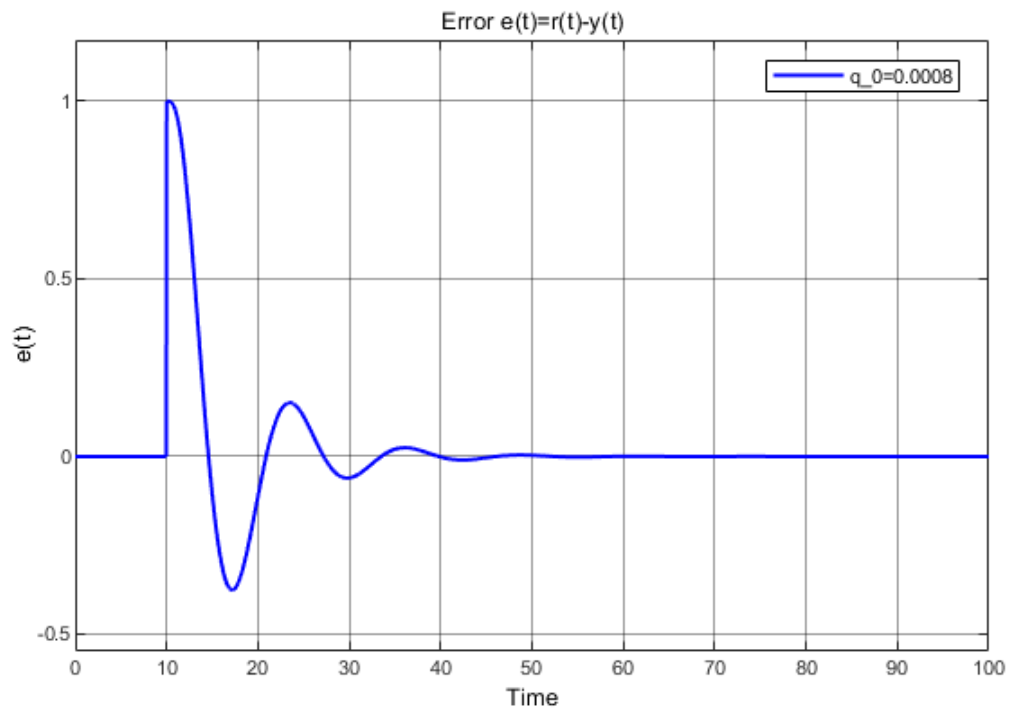


Рис. 54: Ошибка $e = r_1(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

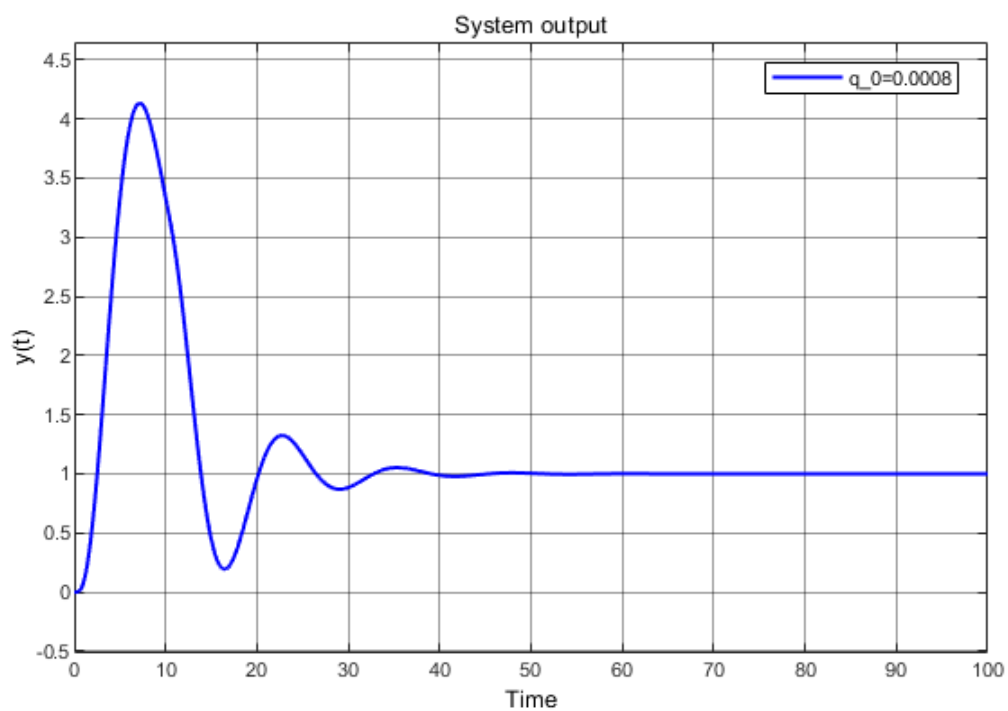


Рис. 55: Выход системы при $r_2(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

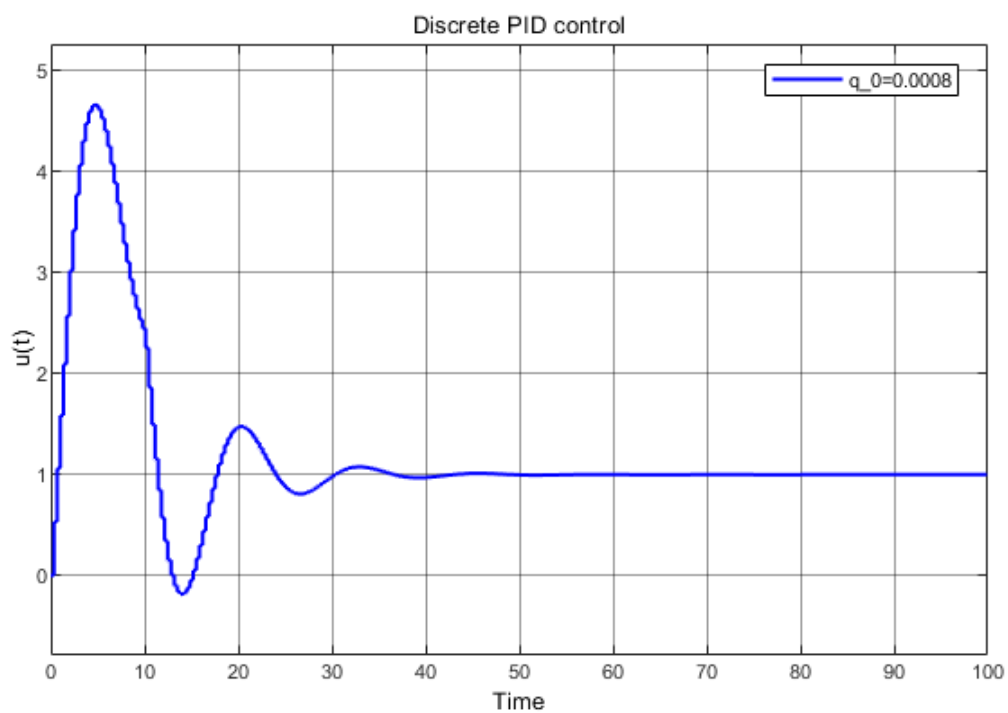


Рис. 56: Дискретный ПИД регулятор при $r_2(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

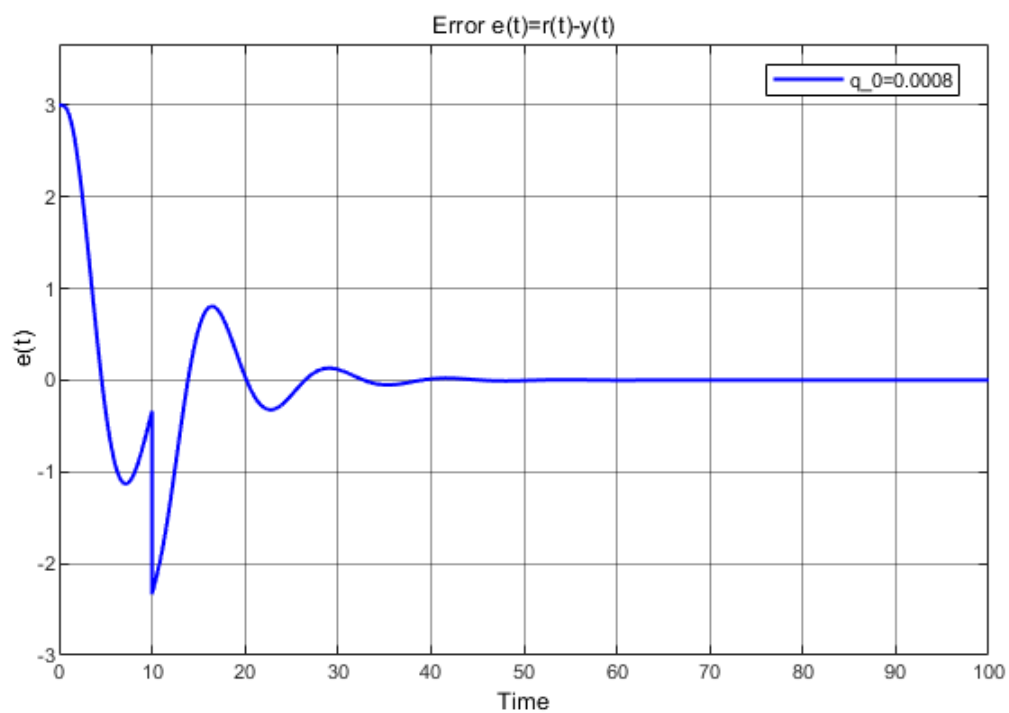


Рис. 57: Ошибка $e = r_2(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

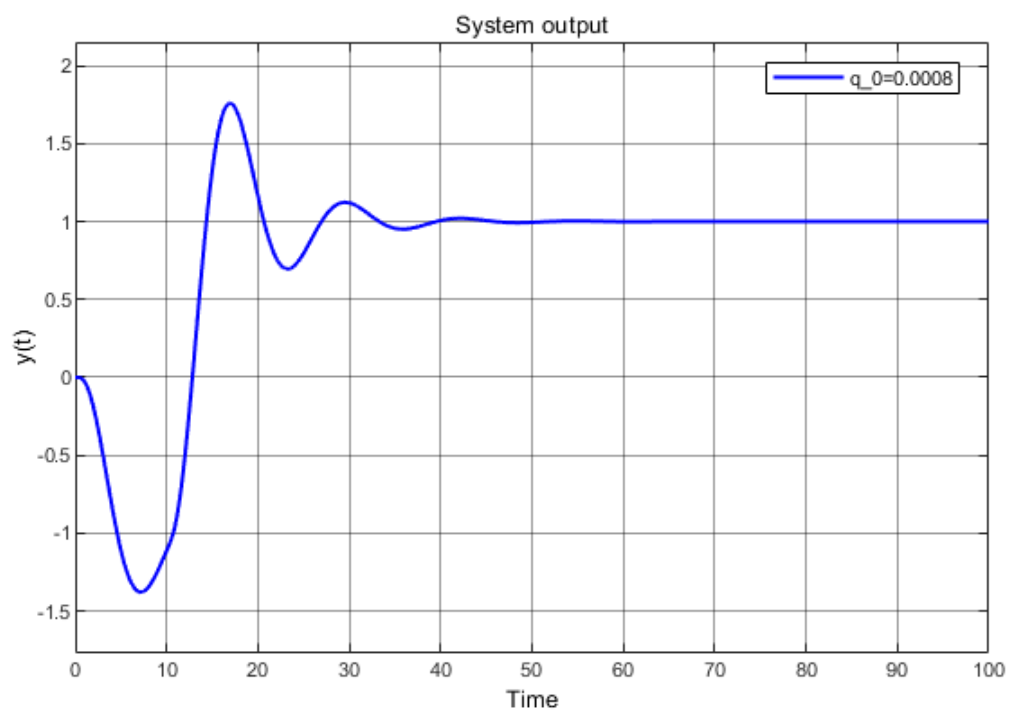


Рис. 58: Выход системы при $r_3(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

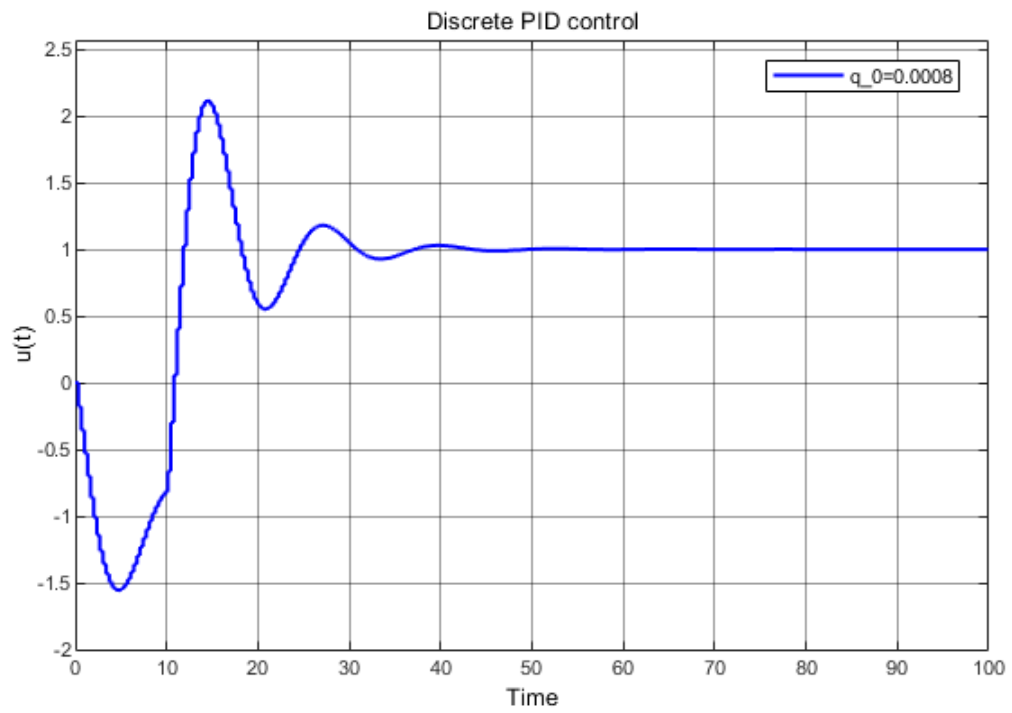


Рис. 59: Дискретный ПИД регулятор при $r_3(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

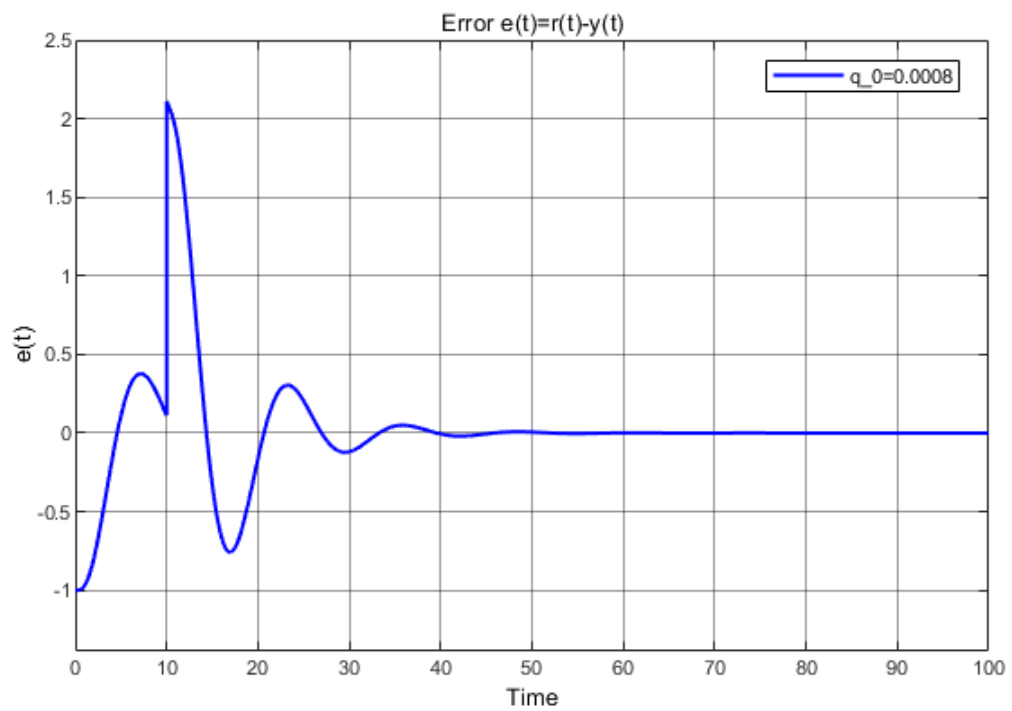


Рис. 60: Ошибка $e = r_3(t) - y(t)$, $T = T_1/4$, $T_2 = 0.96$

Тут будет вывод.

3. Вывод

...