

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Параметрический синтез и исследование цифровой системы управления с П-регулятором и объектом в виде последовательно включённых апериодического и интегрирующего звеньев

из условия обеспечения заданного переходного процесса

1. Исследование эквивалентных аналогового и цифровых П-регуляторов ($\varepsilon = 0$)

Построена модель системы при линейно нарастающем входном воздействии.

Вычислительная задержка отсутствует ($\varepsilon = 0$).

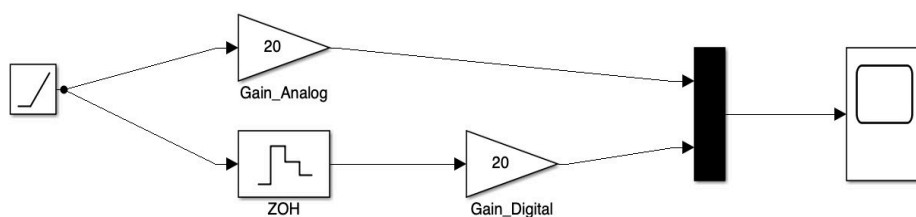


Рисунок 1 – Схема эквивалентных аналогового и цифрового П-регуляторов ($\varepsilon = 0$)

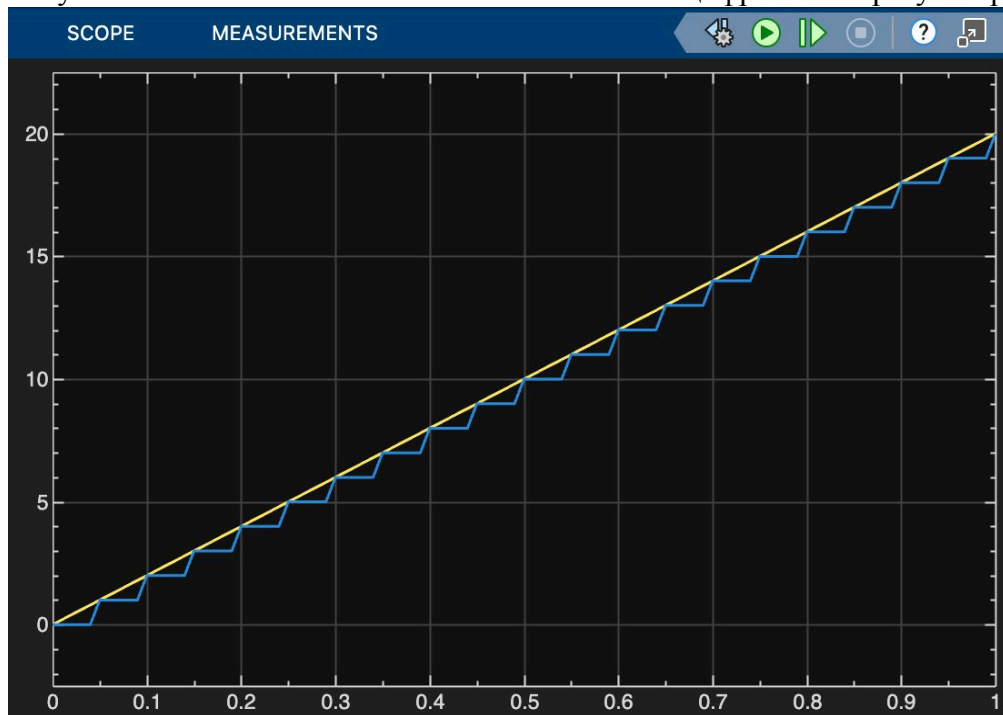


Рисунок 2 – Временные диаграммы работы регуляторов ($\varepsilon = 0$)

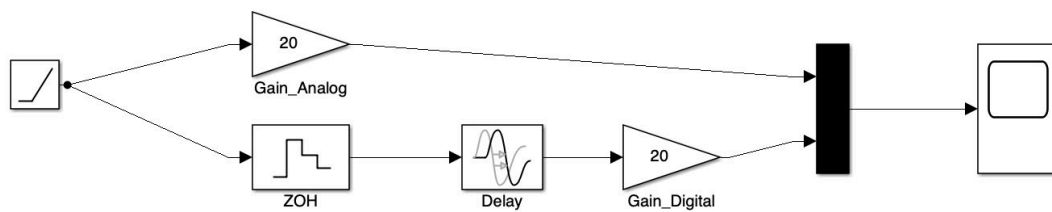


Рисунок 3 – Схема эквивалентных аналогового и цифрового П-регуляторов ($\varepsilon = T_0$)

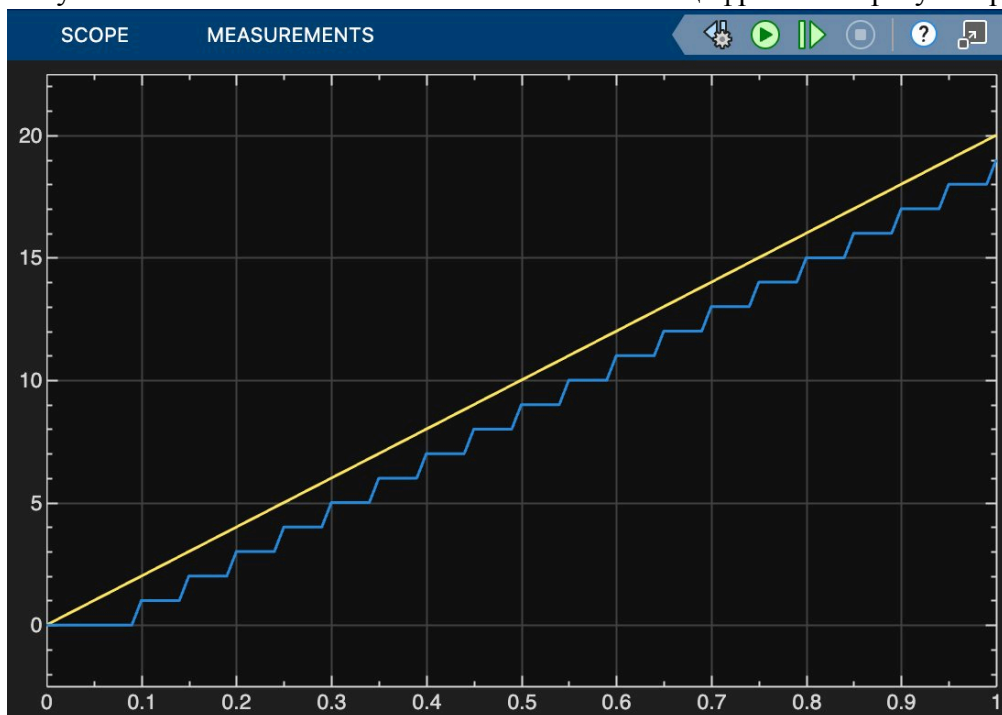


Рисунок 4 – Временные диаграммы работы регуляторов ($\varepsilon = T_0$)

2. Синтез системы методом переоборудования

2.1 Настройка на оптимум по модулю

Задано:

$$T_{\mu 1} = T_I = 0.05$$

Коэффициент регулятора:

$$K_p = 1 / T_I = 20$$

2.2 Определение периода дискретности

Исследованы значения:

$$T_0 = 0.1 \cdot T_{\mu 1} = 0.005$$

$$T_0 = T_{\mu 1} = 0.05$$

Аналоговая система

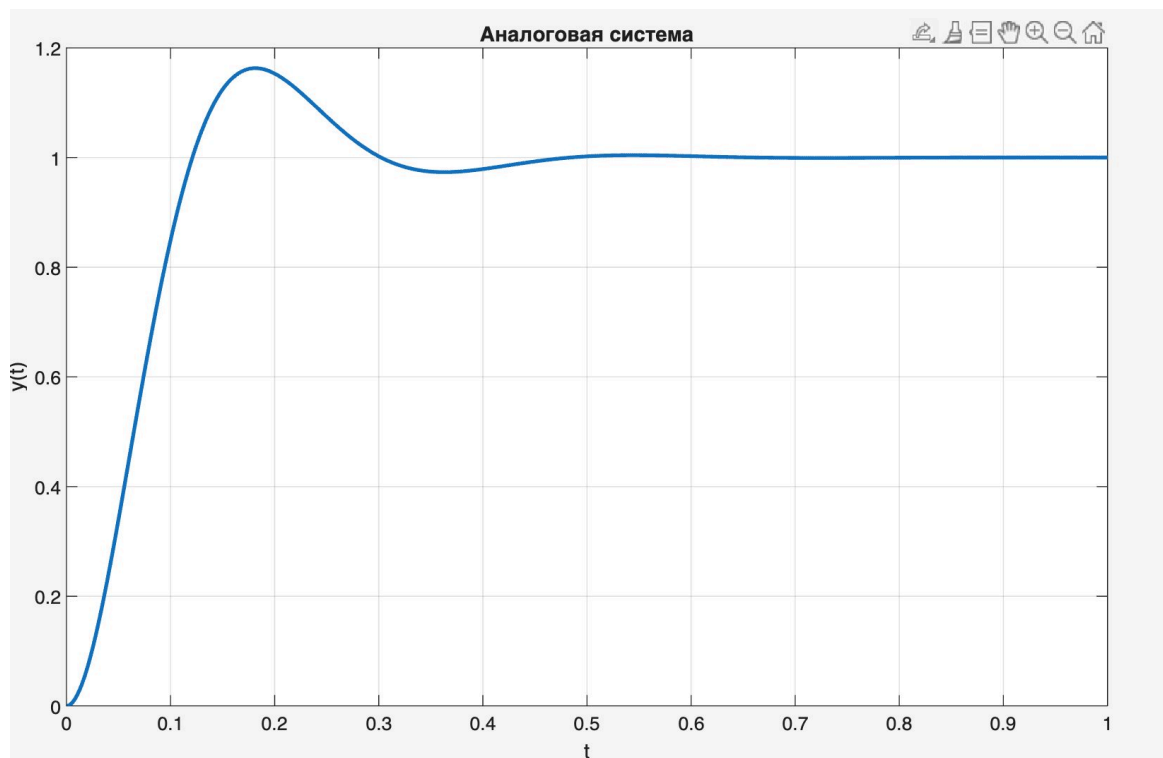


Рисунок 3 – Переходная характеристика аналоговой системы

Время регулирования: $t_{\text{пр}} = 0.4038$ с

Перерегулирование: $\Delta y = 16.29\%$

Цифровая система ($T_0 = 0.005$)

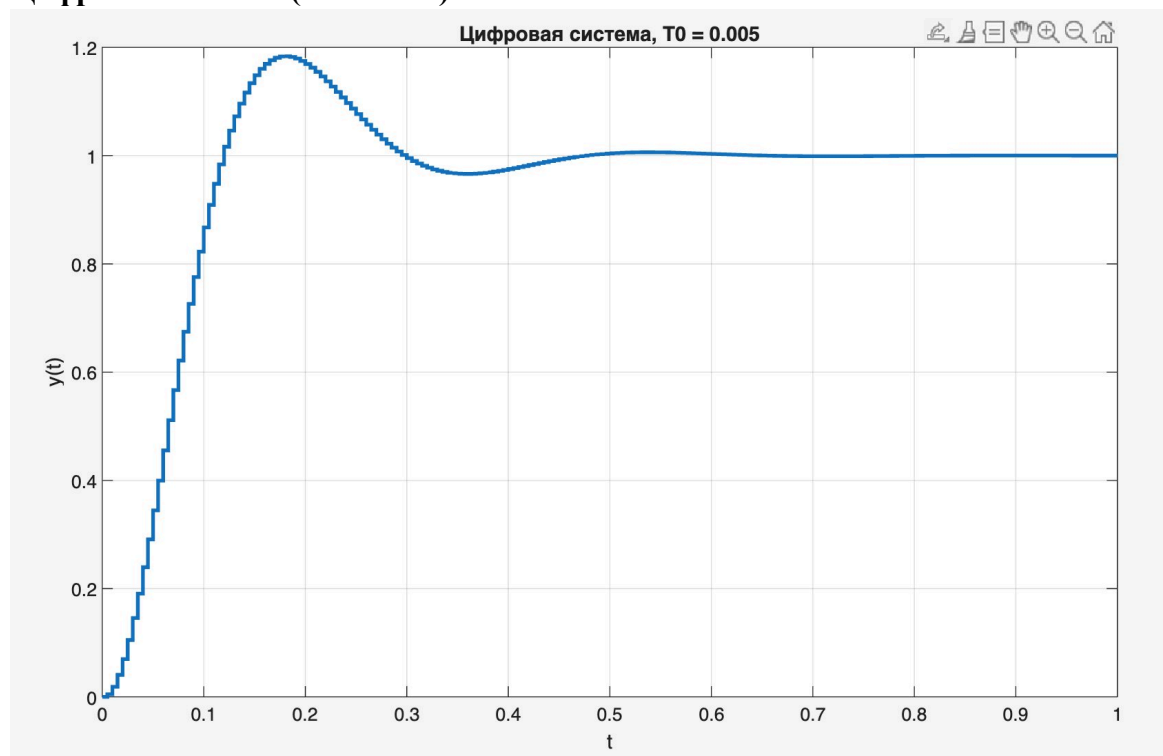


Рисунок 4 – Переходная характеристика цифровой системы ($T_0 = 0.005$)

$t_{\text{пр}} = 0.4150$ с

$\Delta y = 18.37\%$

Цифровая система ($T_0 = 0.05$)

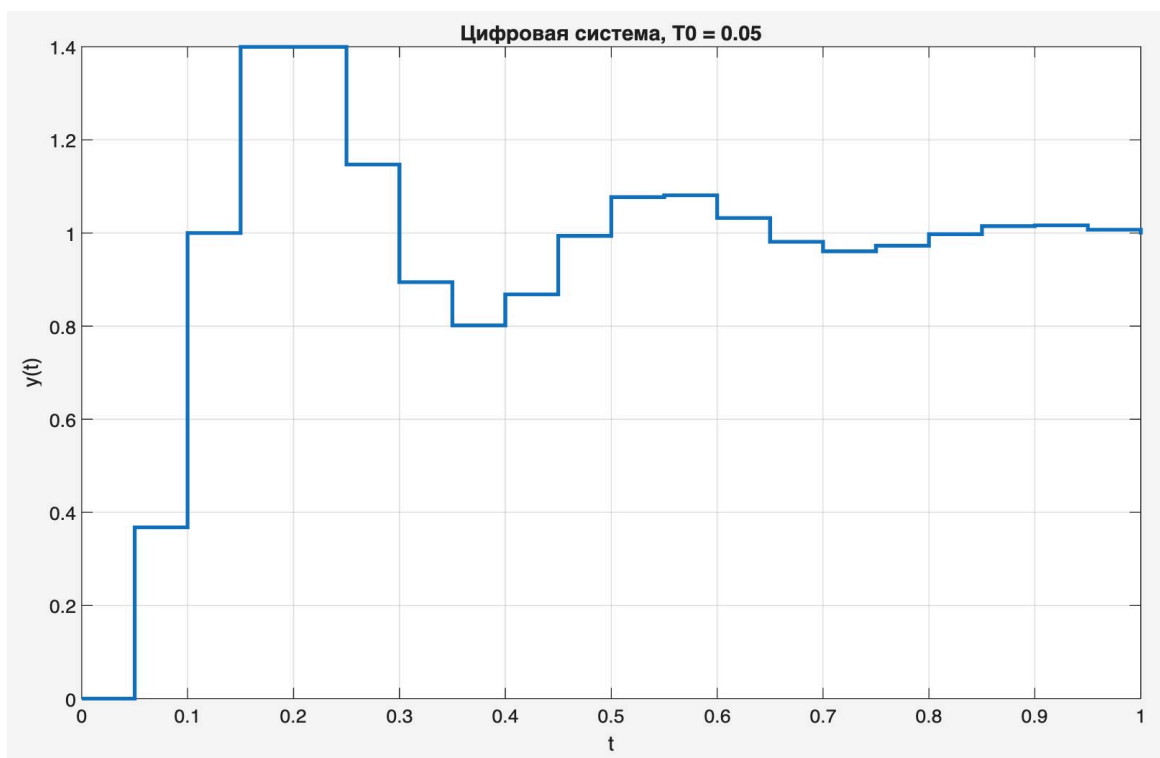


Рисунок 5 – Переходная характеристика цифровой системы ($T_0 = 0.05$)

$t_{тр} = 0.8000$ с

$\Delta y = 39.96$ %

Таблица 1 – Параметры переходных процессов

T_0	$t_{тр}$, с	Δy , %
0.005	0.4150	18.37
0.05	0.8000	39.96

3. Синтез системы с использованием эквивалентной модели ($\varepsilon = 0$)

Режим моделирования: $T_1 = T_0 = 1$

Исходные параметры: $T_1 = 1$, $T_0 = 1$, $K_p = 1$

3.1 Определение постоянной времени $T_{зап}$

Рассмотрены значения: $T_{зап} = 0.1T_0$, $0.4T_0$, $0.9T_0$

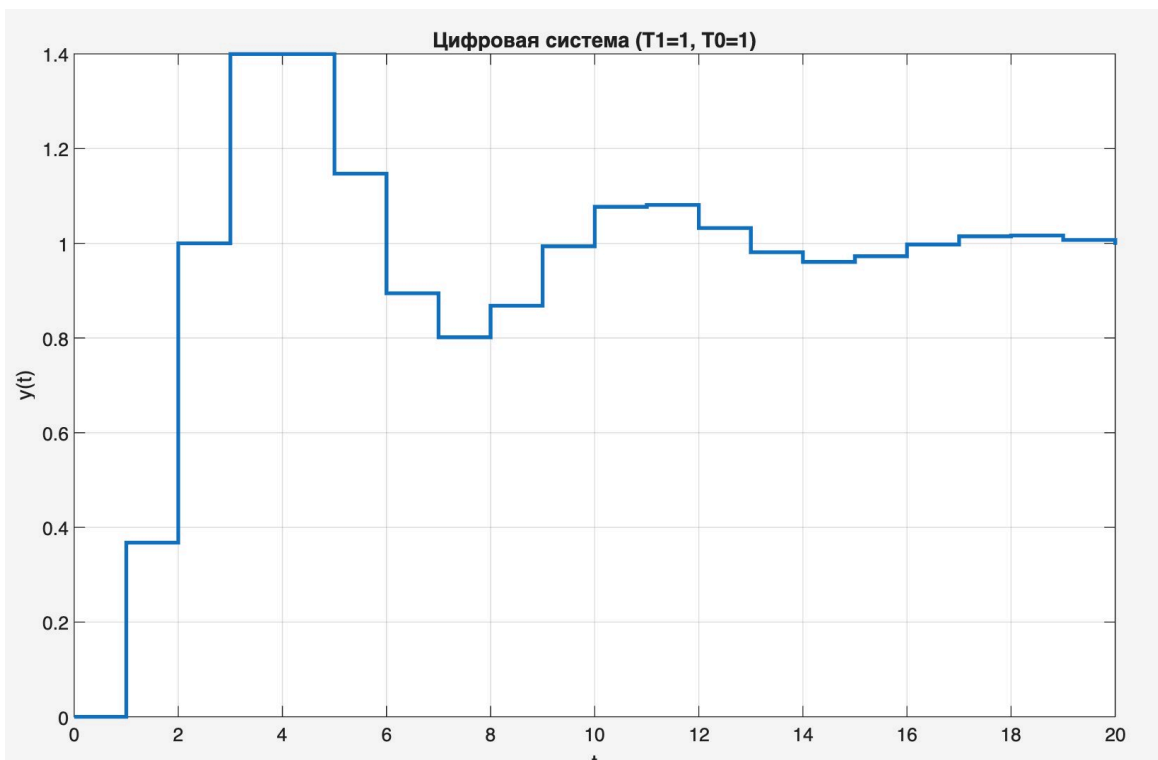


Рисунок 6 – Переходный процесс цифровой системы ($T_1 = T_0 = 1$)

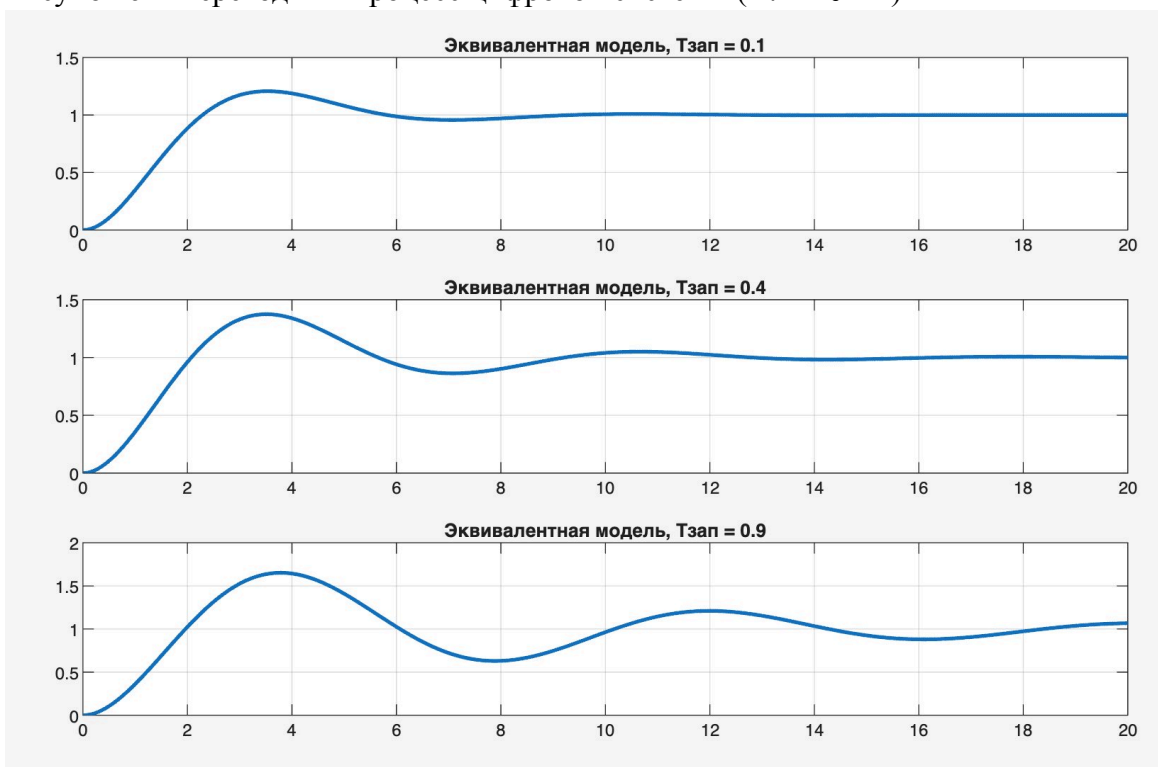


Рисунок 7 – Переходные процессы эквивалентной модели при различных $T_{\text{зап}}$

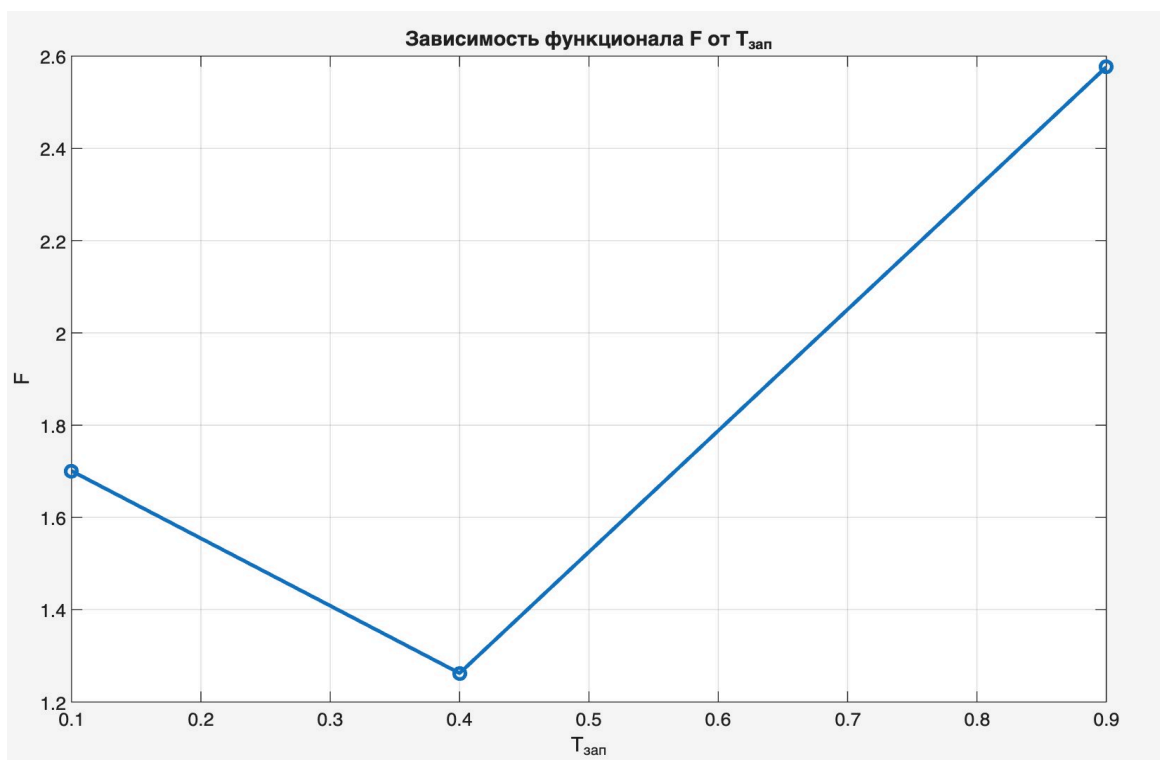


Рисунок 8 – Зависимость функционала F от $T_{\text{зап}}$

Численные значения функционала:

$$F(0.1T_0) = 1.7008$$

$$F(0.4T_0) = 1.2625$$

$$F(0.9T_0) = 2.5765$$

Минимум достигается при $T_{\text{зап}} = 0.4T_0$

Таблица 2 – Значения функционала

Тзап	0.1T ₀	0.4T ₀	0.9T ₀
F	1.7008	1.2625	2.5765

3.3 Настройка полной модели ($\varepsilon = 0$)

$$T_{\mu} = T_1 + T_{\text{зап}}$$

$$T_1 = 1$$

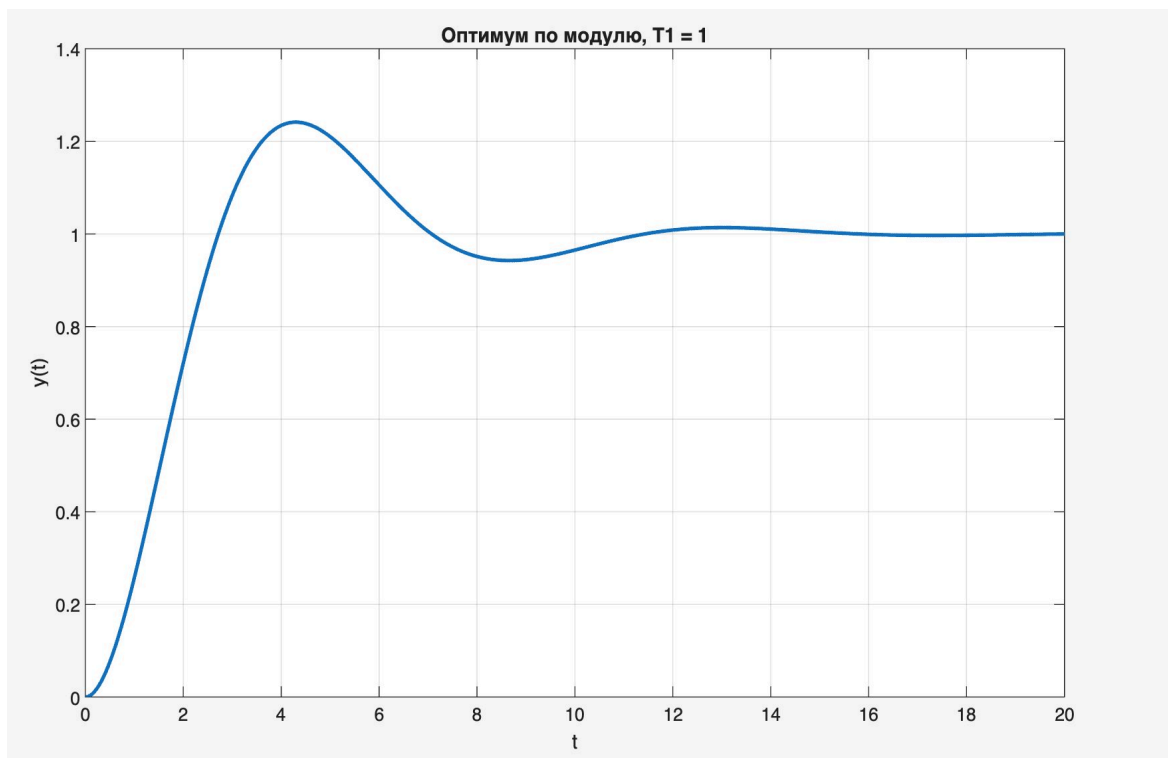


Рисунок 9 – Оптимум по модулю ($\varepsilon = 0$), $T_1 = 1$

$T_\mu = 1.4$

$tr_1 = 10.5523$ с

$\Delta y = 24.13$ %

$T_1 = 0.5$

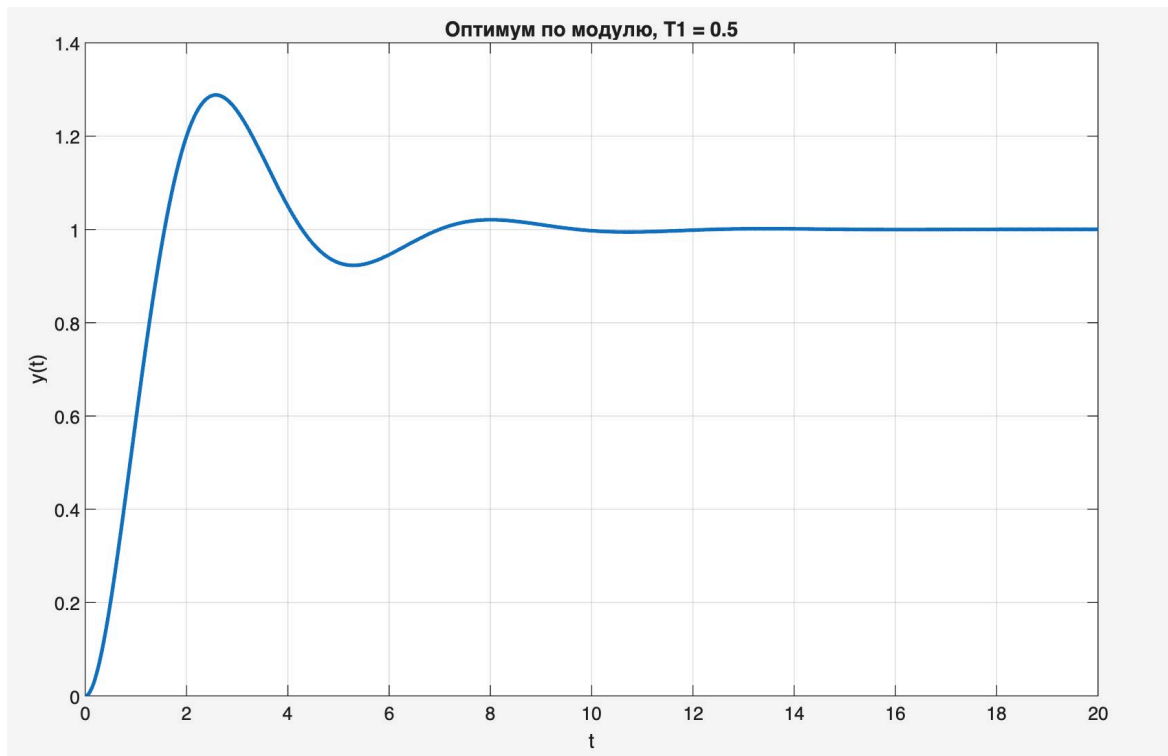


Рисунок 10 – Оптимум по модулю ($\varepsilon = 0$), $T_1 = 0.5$

$T_\mu = 0.9$

$tr_1 = 8.2112$ с

$$\Delta y = 28.80 \%$$

Таблица 3 – Параметры переходных процессов ($\varepsilon = 0$)

T_1	T_μ	$tp1, c$	$\Delta y, \%$
1	1.4	10.5523	24.13
0.5	0.9	8.2112	28.80

4. Синтез системы ($\varepsilon = T_0$)

$$T_\mu = T_1 + T_{зан} + T_0$$

$$T_0 = 0.05, T_{зан} = 0.02$$

$$T_1 = 1$$

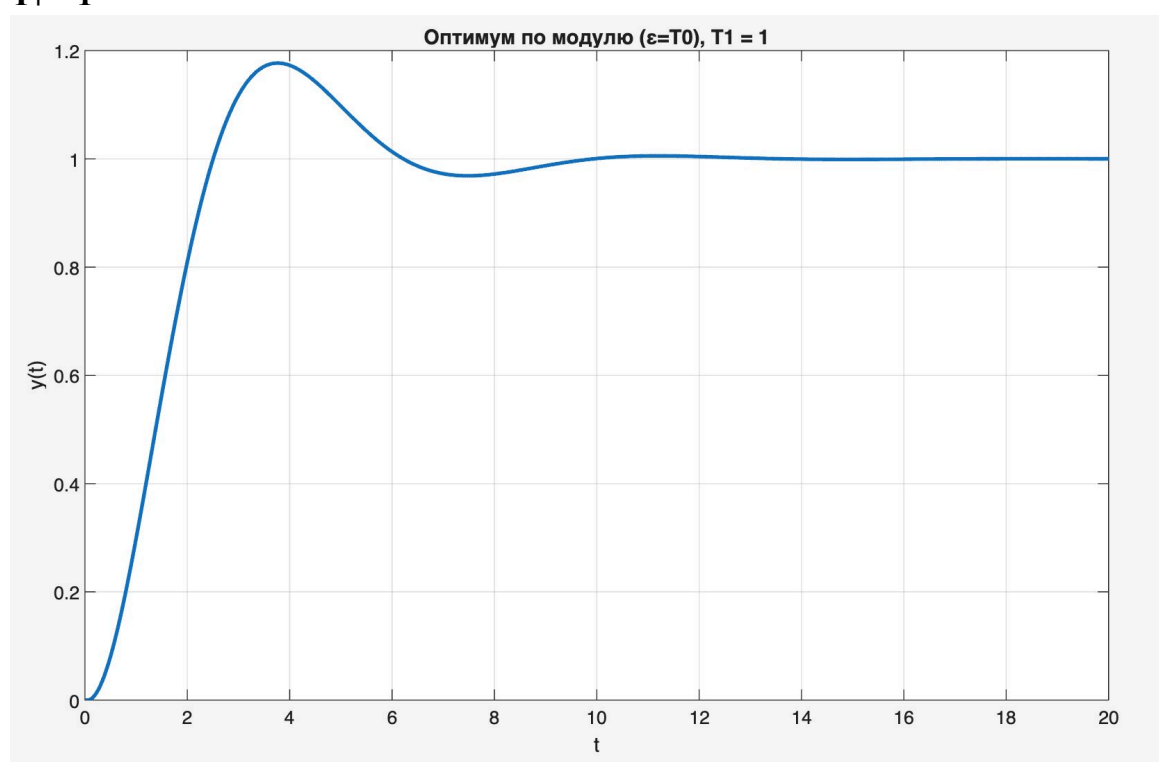


Рисунок 11 – Оптимум по модулю ($\varepsilon = T_0$), $T_1 = 1$

$$T_\mu = 1.07$$

$$tp1 = 8.5539 c$$

$$\Delta y = 17.69 \%$$

$$T_1 = 0.5$$

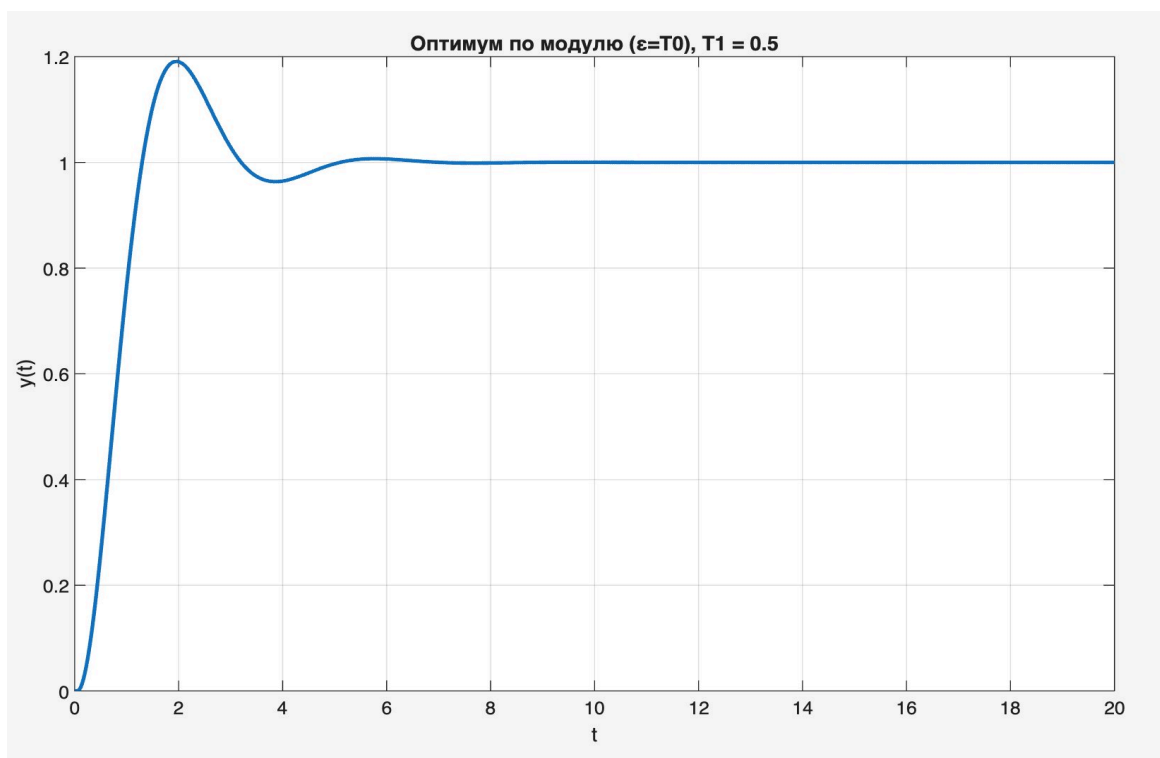


Рисунок 12 – Оптимум по модулю ($\varepsilon = T_0$), $T_1 = 0.5$

$T_\mu = 0.57$

$tp1 = 4.4986$ с

$\Delta y = 19.10\%$

Таблица 4 – Параметры переходных процессов ($\varepsilon = T_0$)

T_1	T_μ	$tp1$, с	Δy , %
1	1.07	8.5539	17.69
0.5	0.57	4.4986	19.10

Примечание – $tp2$ не определялось в рамках данной работы

5. Синтез системы при биномиальной настройке

5.1 Закон биномиальной настройки

Биномиальная настройка П-регулятора определяется выражением: $K_p = 1 / (4 \cdot T_1)$.

Рассмотрены случаи: $T_1 = 1$ и $T_1 = 0.5$.

5.2 Исследование влияния периода дискретности (аналог п.2)

Рассмотрены значения: $T_0 = 0.1T_{\mu 1} = 0.005$, $T_0 = T_{\mu 1} = 0.05$.

T_1	T_0	trp , с	Δy , %
1	0.005	11.6550	0
1	0.05	11.5500	0
0.5	0.005	5.8200	0

0.5	0.05	5.7000	0
-----	------	--------	---

Таблица 5.1 – Параметры переходных процессов (биномиальная настройка)

Вывод: биномиальная настройка обеспечивает апериодический переходный процесс без перерегулирования. Изменение периода дискретности практически не влияет на динамику.

5.3 Определение $T_{зап}$ по минимуму функционала (аналог п.3)

Функционал: $F = \int |y(t) - y_{э}(t)| dt$. Рассмотрены: $T_{зап} = 0.1T_0, 0.4T_0, 0.9T_0$.

$T_{зап}$	$0.1T_0$	$0.4T_0$	$0.9T_0$
F	0.02480	0.02494	0.03452

Таблица 5.2 – Значения функционала F (биномиальная настройка)

Минимум достигается при $T_{зап} = 0.1T_0 = 0.005$.

5.4 Настройка полной модели при $\varepsilon = 0$ (аналог п.3.3)

$T_{\mu} = T_1 + T_{зап}$. Процесс апериодический, второй максимум отсутствует.

T_1	T_{μ}	$tp1, c$	$\Delta y, \%$
1	1.02	11.5738	0
0.5	0.52	5.7394	0

Таблица 5.3 – Параметры переходных процессов ($\varepsilon = 0$, биномиальная настройка)

5.5 Настройка при $\varepsilon = T_0$ (аналог п.4)

$T_{\mu} = T_1 + T_{зап} + T_0$. Перерегулирование отсутствует, $tp2$ не определяется.

T_1	T_{μ}	$tp1, c$	$\Delta y, \%$
1	1.07	11.3352	0
0.5	0.57	5.4961	0

Таблица 5.4 – Параметры переходных процессов ($\varepsilon = T_0$, биномиальная настройка)

$$Kp = 1 / (4 \cdot T_1)$$

$$T_1 = 1$$

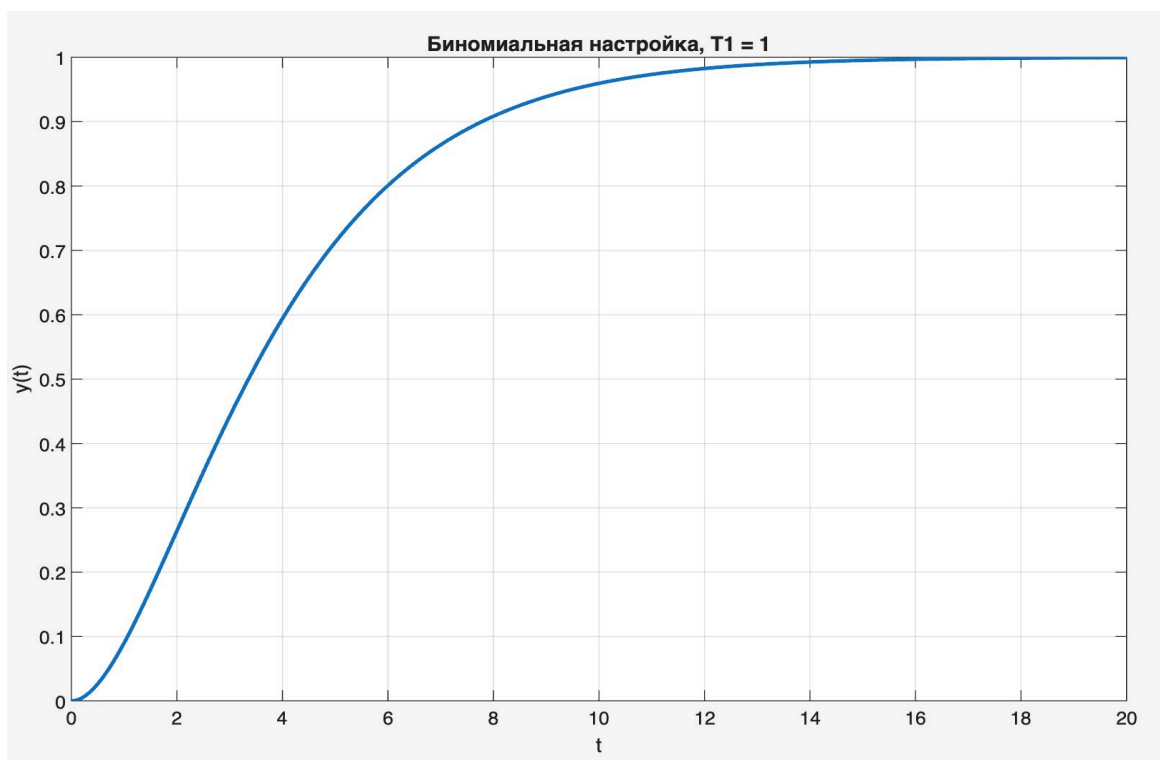


Рисунок 13 – Биномиальная настройка, $T_1 = 1$

$K_p = 0.25$

$t_p = 11.6682$ с

$\Delta y = 0\%$

$T_1 = 0.5$

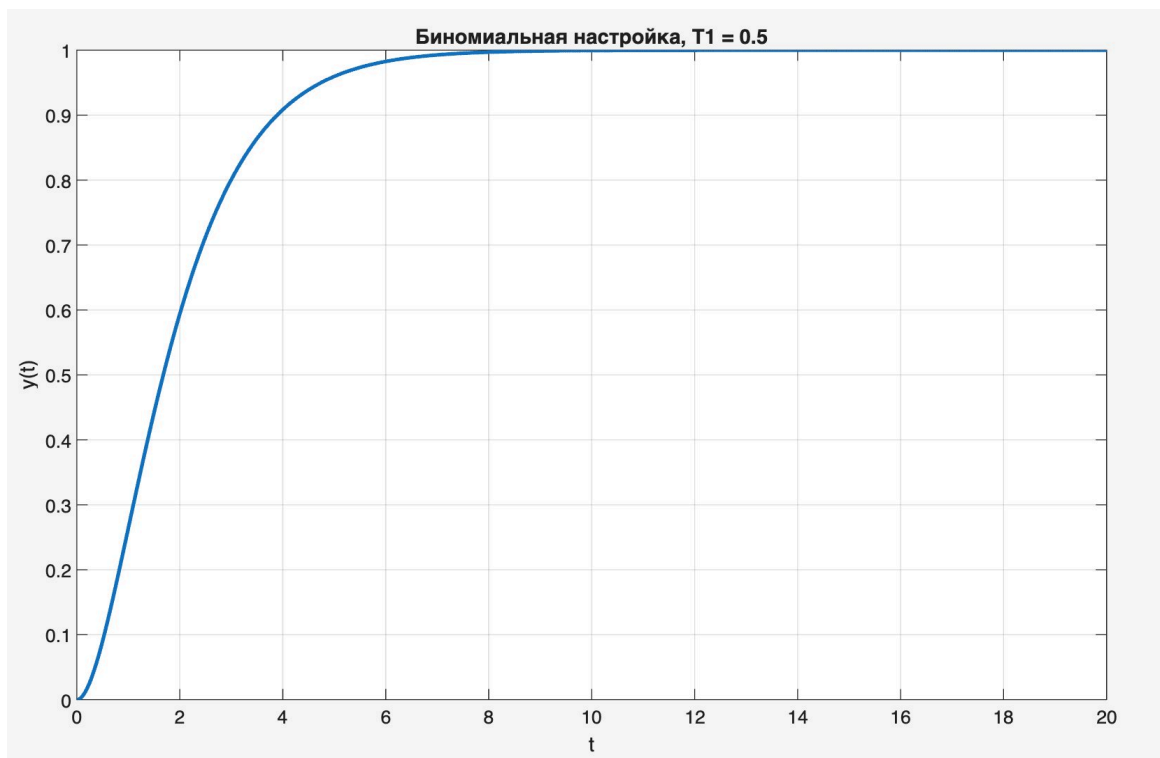


Рисунок 14 – Биномиальная настройка, $T_1 = 0.5$

$K_p = 0.5$

$t_p = 5.8341$ с

$$\Delta y = 0 \%$$

Итоговый вывод по биномиальной настройке

Биномиальная настройка обеспечивает аperiodический характер переходного процесса и полностью устраняет перерегулирование во всех режимах моделирования. Система слабо чувствительна к изменению периода дискретности. Наилучшее совпадение цифровой системы и эквивалентной модели достигается при $T_{\text{зап}} = 0.1T_0$. По сравнению с оптимумом по модулю биномиальная настройка приводит к увеличению времени регулирования, однако полностью исключает колебательность.

Вывод

В работе выполнен параметрический синтез цифровой системы управления с П-регулятором. Исследовано влияние периода дискретности и вычислительной задержки на качество переходного процесса.

Установлено, что увеличение периода дискретности ухудшает динамические показатели; наилучшее совпадение цифровой системы и эквивалентной модели достигается при $T_{\text{зап}} = 0.4T_0$; учёт вычислительной задержки уменьшает перерегулирование; биномиальная настройка обеспечивает отсутствие перерегулирования при увеличении времени регулирования.