

## 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 ( $\varepsilon = 0$ ).

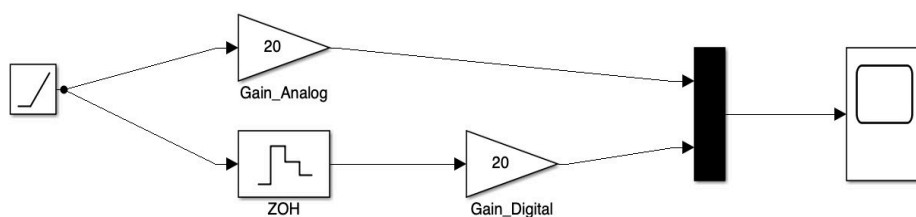


Рисунок 1 – Схема эквивалентных аналогового и цифрового П-регуляторов ( $\varepsilon = 0$ )

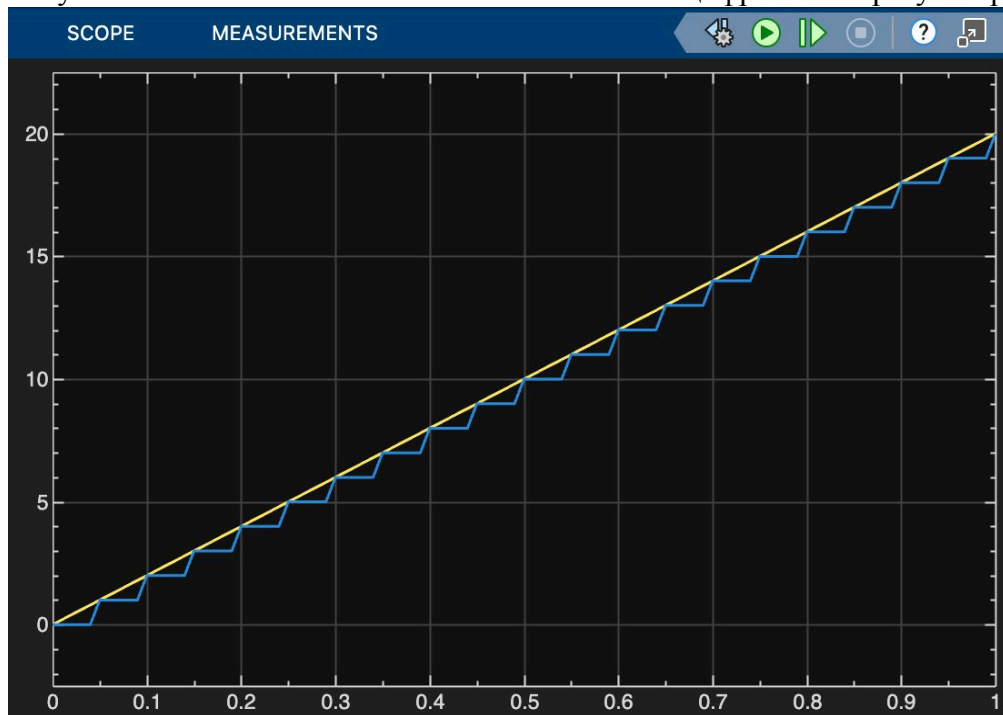


Рисунок 2 – Временные диаграммы работы регуляторов ( $\varepsilon = 0$ )

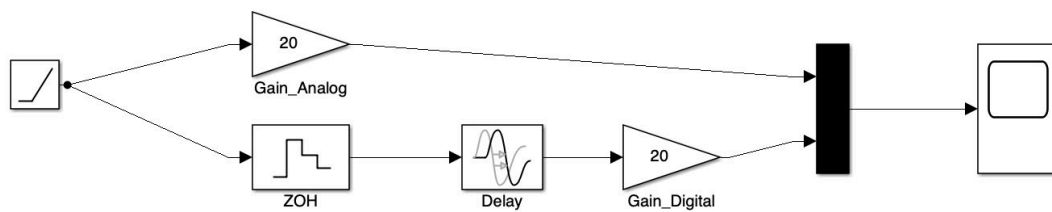


Рисунок 3 – Схема эквивалентных аналогового и цифрового П-регуляторов ( $\varepsilon = T_0$ )

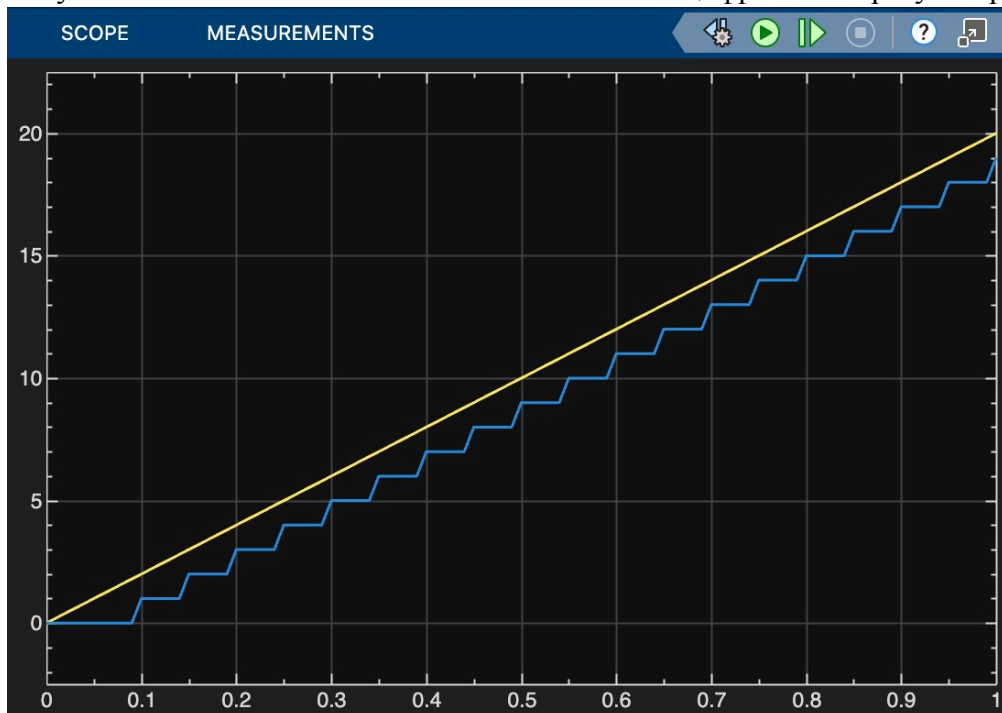


Рисунок 4 – Временные диаграммы работы регуляторов ( $\varepsilon = T_0$ )

## 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**

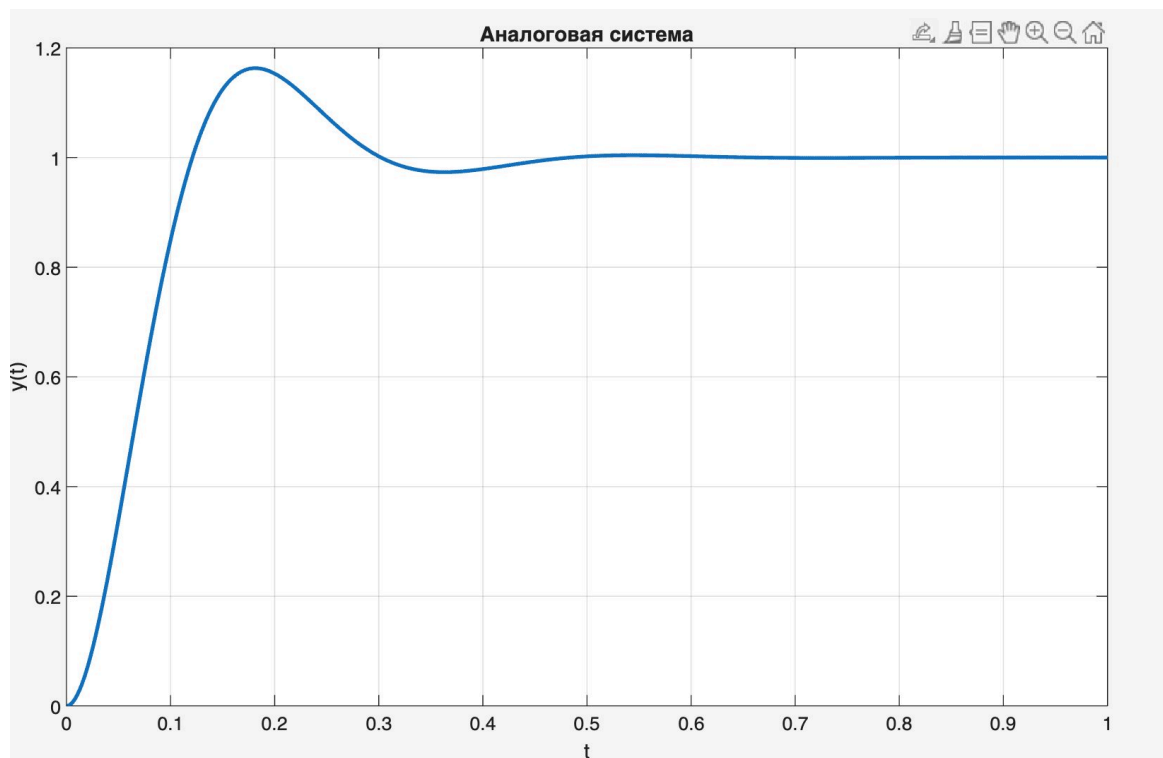


Рисунок 3 – Переходная характеристика аналоговой системы

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

Перерегулирование:  $\Delta y = 16.29\%$

**Цифровая система ( $T_0 = 0.005$ )**

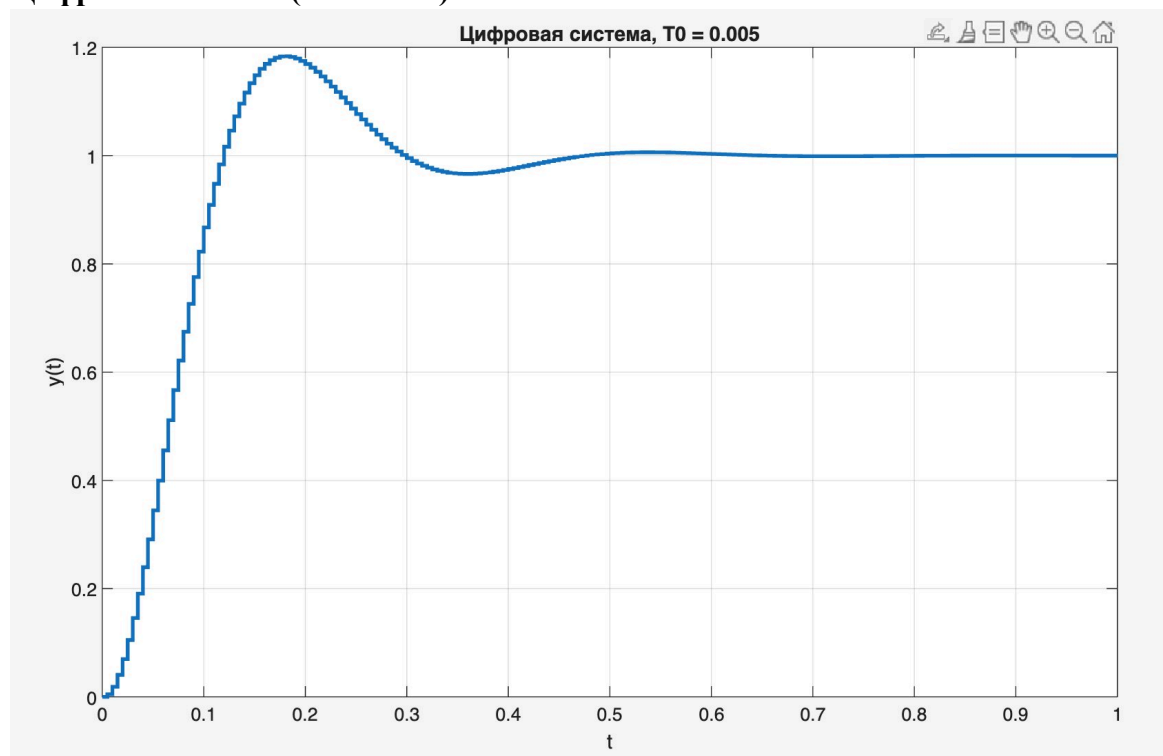


Рисунок 4 – Переходная характеристика цифровой системы ( $T_0 = 0.005$ )

$t_{\text{пр}} = 0.4150$  с

$\Delta y = 18.37\%$

**Цифровая система ( $T_0 = 0.05$ )**

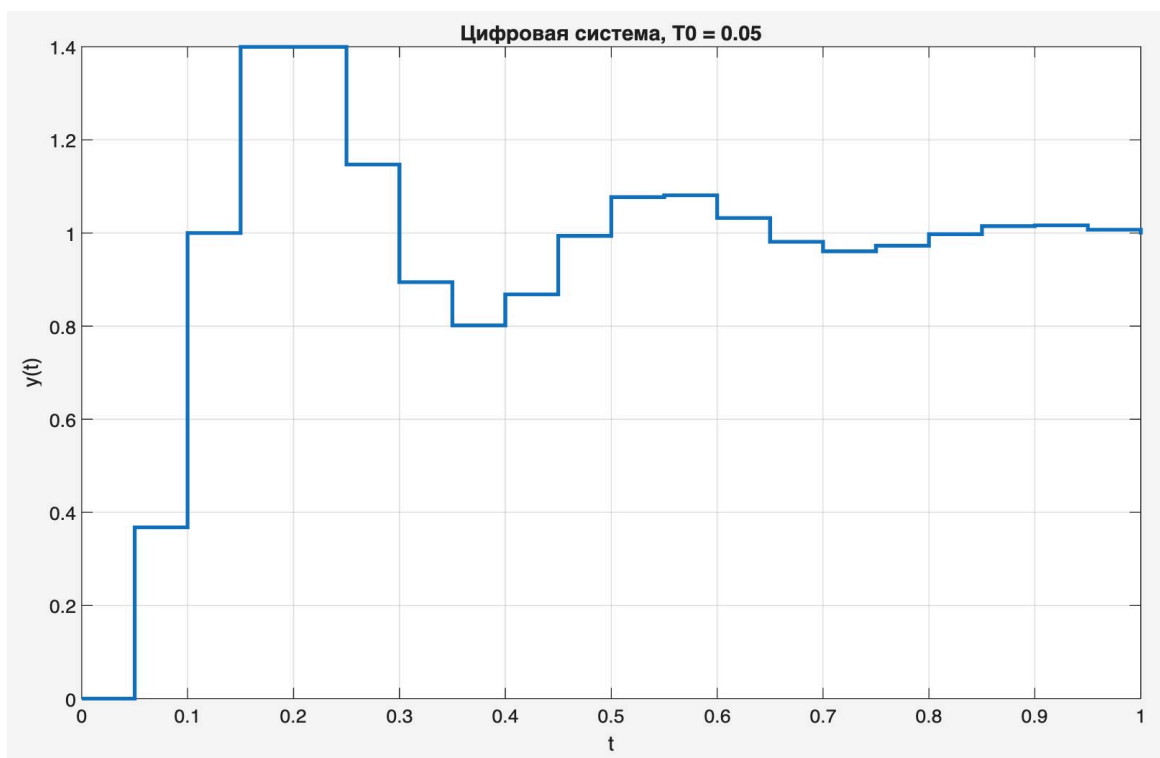


Рисунок 5 – Переходная характеристика цифровой системы ( $T_0 = 0.05$ )

$t_{тр} = 0.8000$  с

$\Delta y = 39.96$  %

Таблица 1 – Параметры переходных процессов

$T_0$	$t_{тр}$ , с	$\Delta y$ , %
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:  $T_{зап} = 0.1T_0$ ,  $0.4T_0$ ,  $0.9T_0$

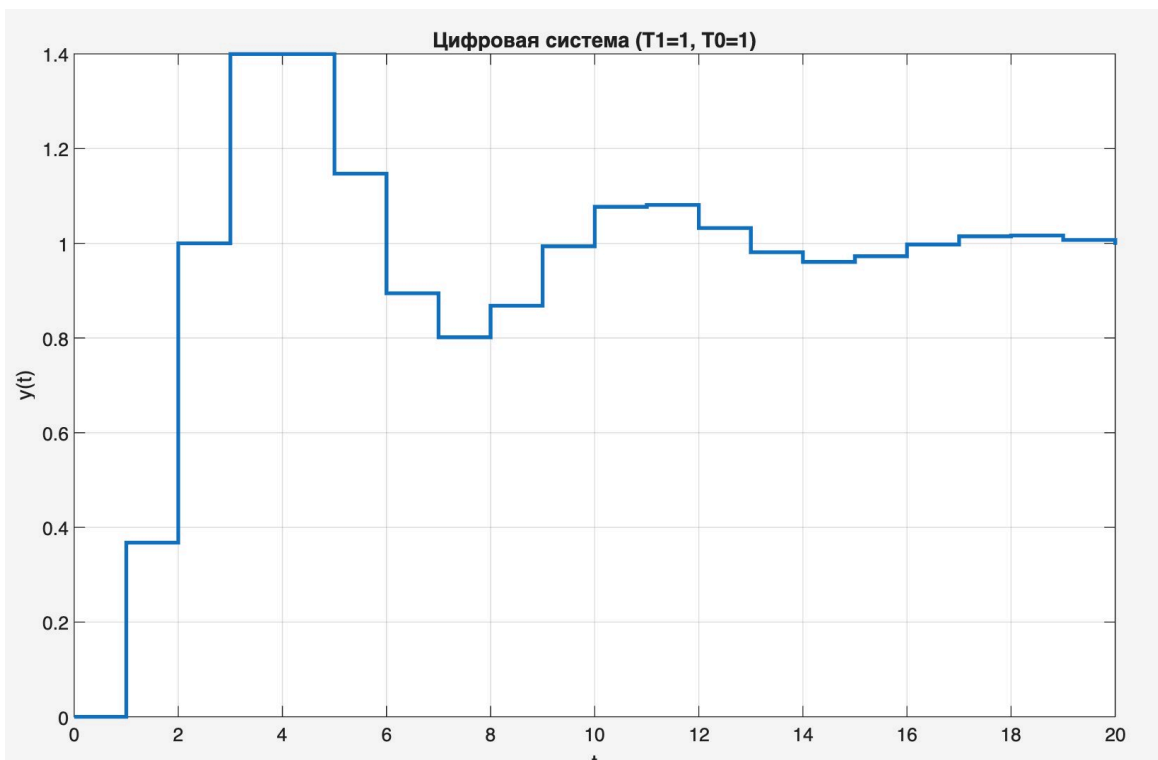


Рисунок 6 – Переходный процесс цифровой системы ( $T_1 = T_0 = 1$ )

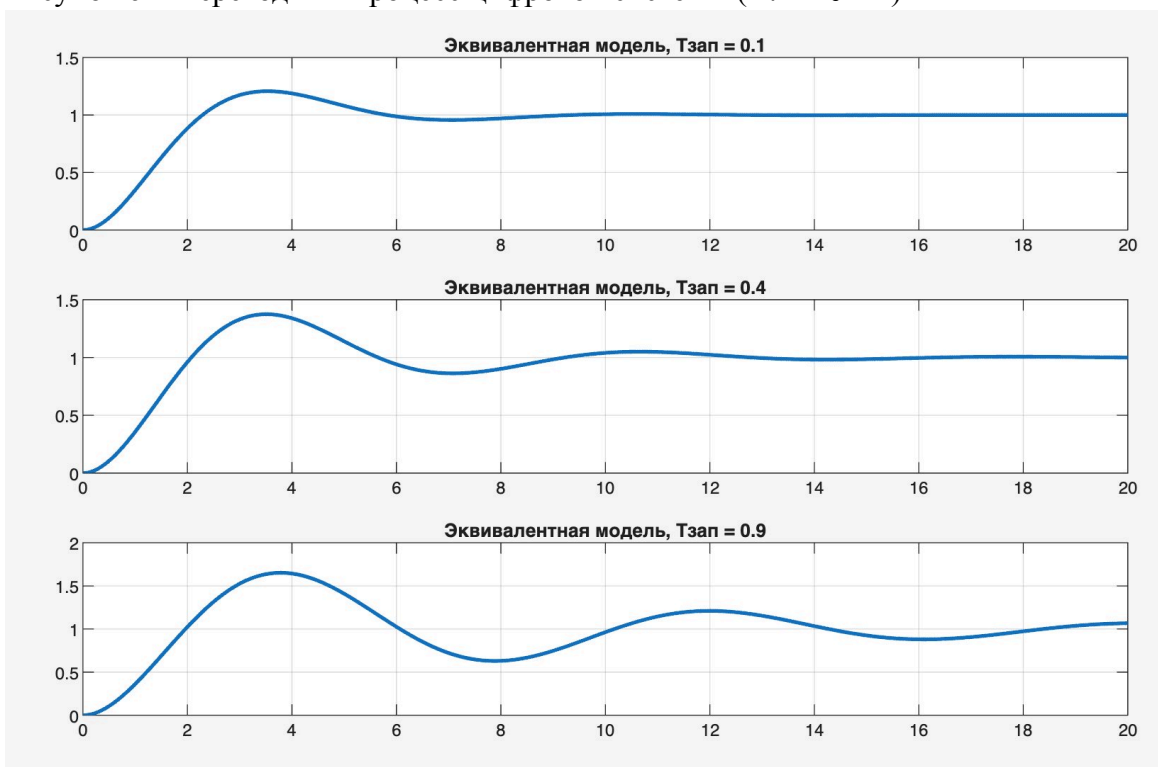


Рисунок 7 – Переходные процессы эквивалентной модели при различных  $T_{\text{зап}}$

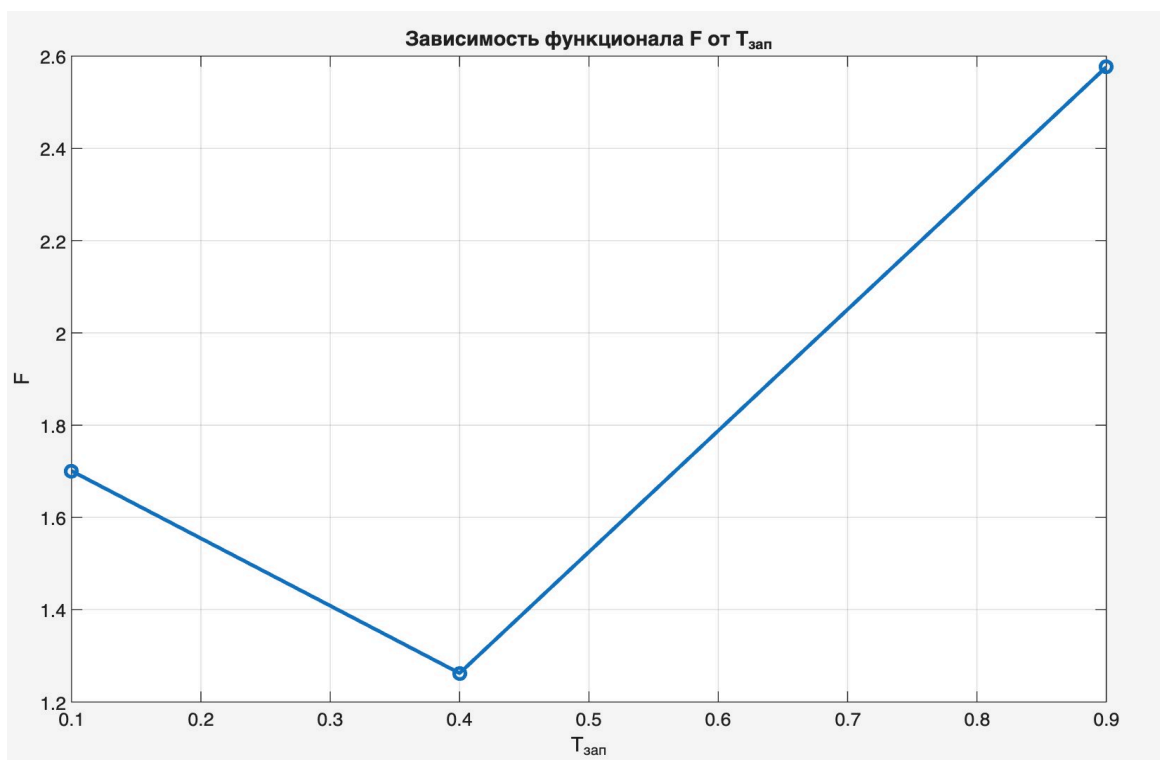


Рисунок 8 – Зависимость функционала F от  $T_{\text{зап}}$

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 <sub>0</sub>	0.4T <sub>0</sub>	0.9T <sub>0</sub>
F	1.7008	1.2625	2.5765

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

$$T_{\mu} = T_1 + T_{\text{зап}}$$

$$T_1 = 1$$

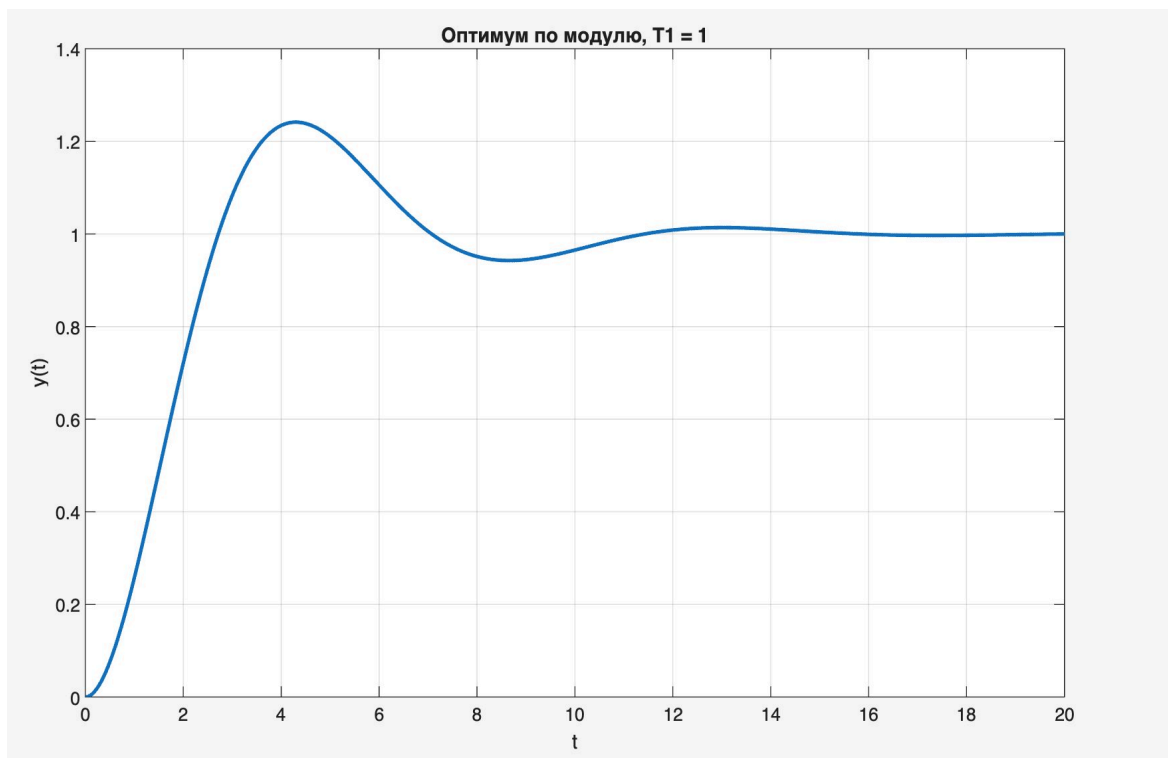


Рисунок 9 – Оптимум по модулю ( $\varepsilon = 0$ ),  $T_1 = 1$

$T_\mu = 1.4$

$tr_1 = 10.5523$  с

$\Delta y = 24.13$  %

**$T_1 = 0.5$**

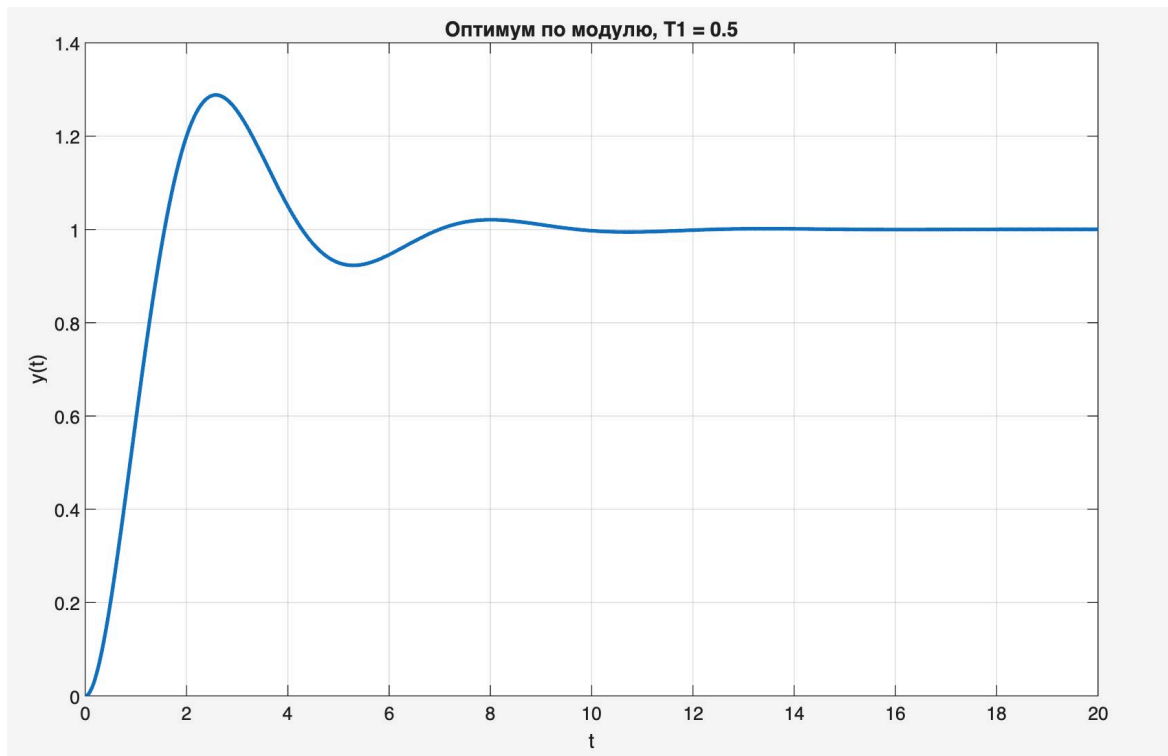


Рисунок 10 – Оптимум по модулю ( $\varepsilon = 0$ ),  $T_1 = 0.5$

$T_\mu = 0.9$

$tr_1 = 8.2112$  с

$$\Delta y = 28.80 \%$$

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

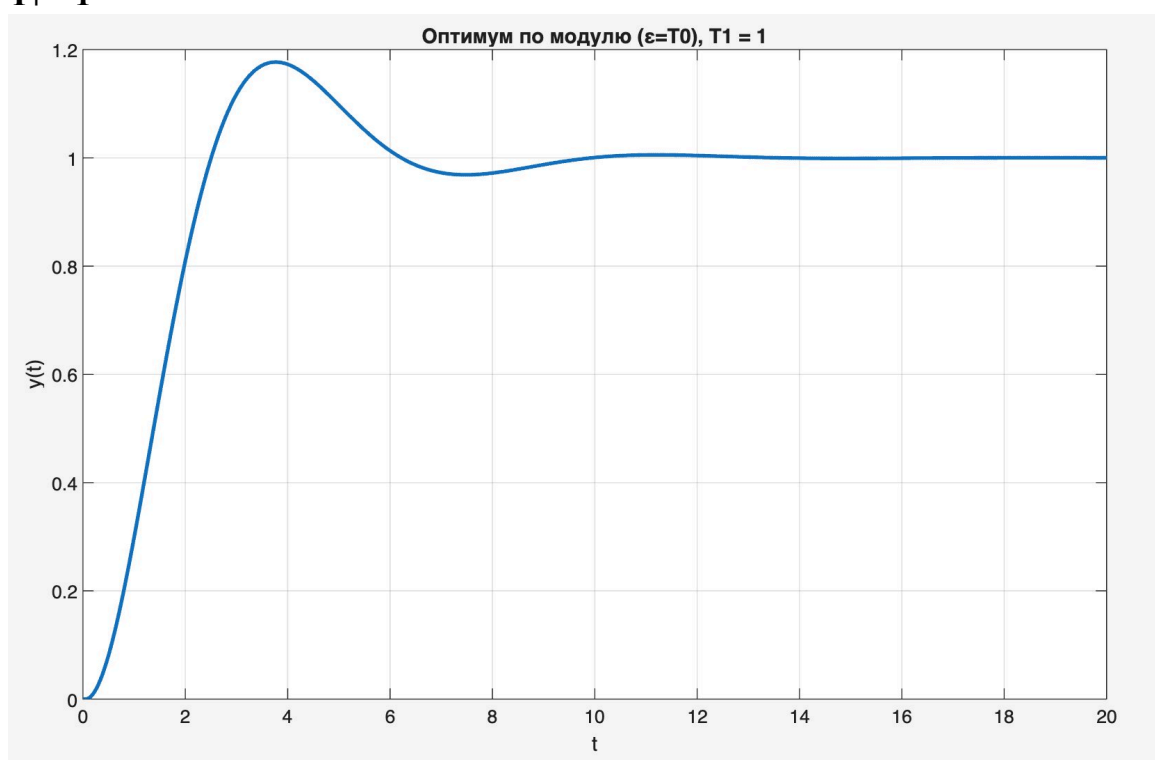
$T_1$	$T_\mu$	$tp1, c$	$\Delta y, \%$
1	1.4	10.5523	24.13
0.5	0.9	8.2112	28.80

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

$$T_\mu = T_1 + T_{зап} + T_0$$

$$T_0 = 0.05, T_{зап} = 0.02$$

$$T_1 = 1$$



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

$$T_\mu = 1.07$$

$$tp1 = 8.5539 c$$

$$\Delta y = 17.69 \%$$

$$T_1 = 0.5$$



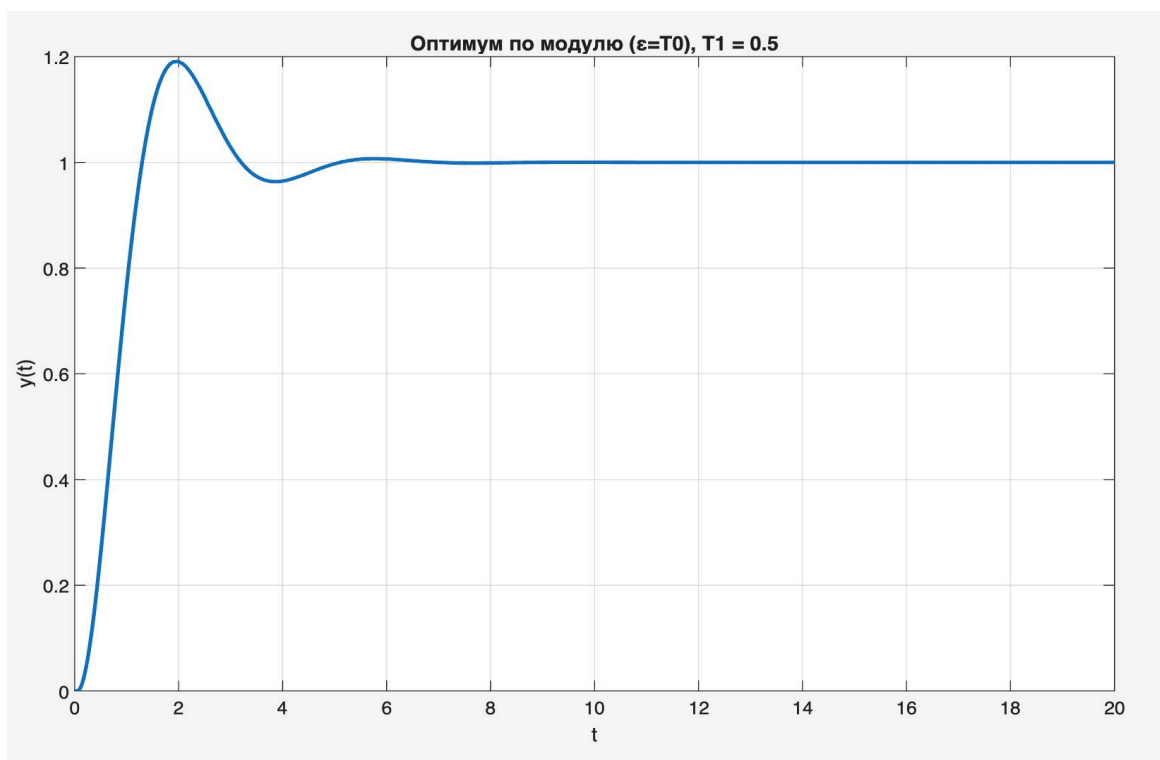


Рисунок 12 – Оптимум по модулю ( $\varepsilon = T_0$ ),  $T_1 = 0.5$

$T_\mu = 0.57$

$tp1 = 4.4986$  с

$\Delta y = 19.10\%$

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

$T_1$	$T_\mu$	$tp1$ , с	$\Delta y$ , %
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	$\Delta y$ , %
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:  $F = \int |y(t) - y_z(t)| dt$ . 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.

$T_1$	$T_\mu$	$tp1, c$	$\Delta y, \%$
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.

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

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

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

$$T_1 = 1$$

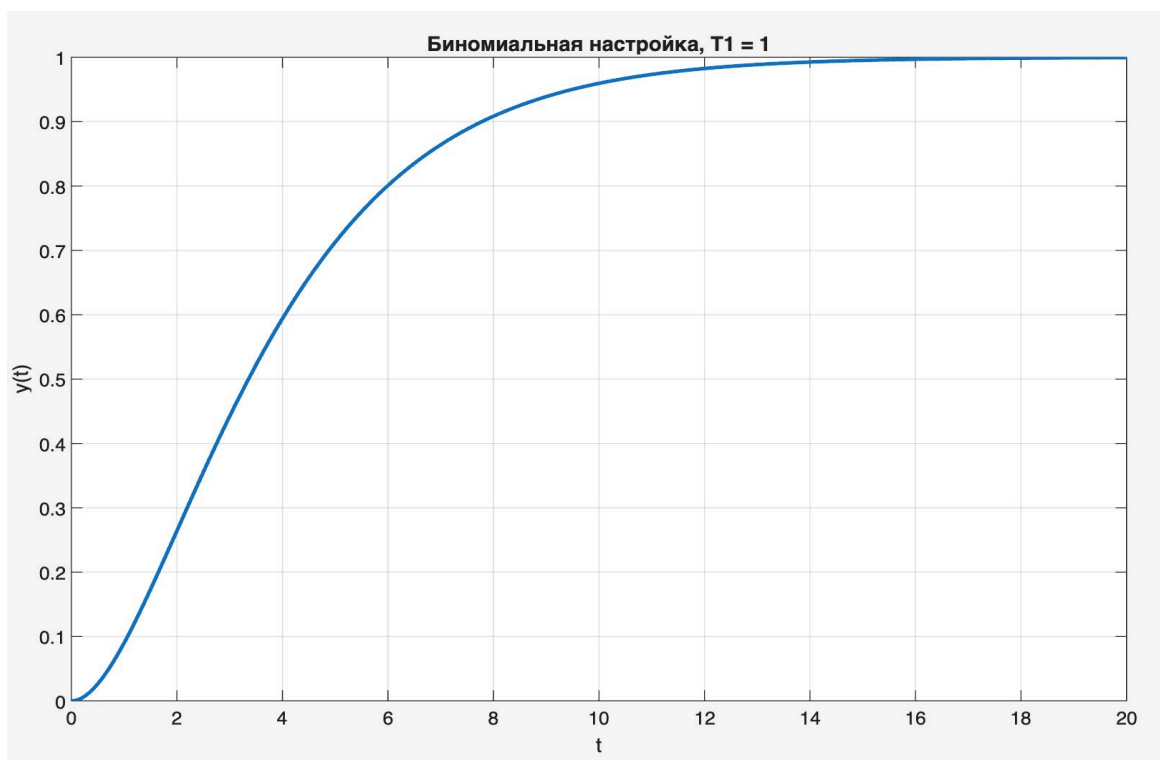


Рисунок 13 – Биномиальная настройка,  $T_1 = 1$

$K_p = 0.25$

$t_p = 11.6682$  с

$\Delta y = 0\%$

**$T_1 = 0.5$**

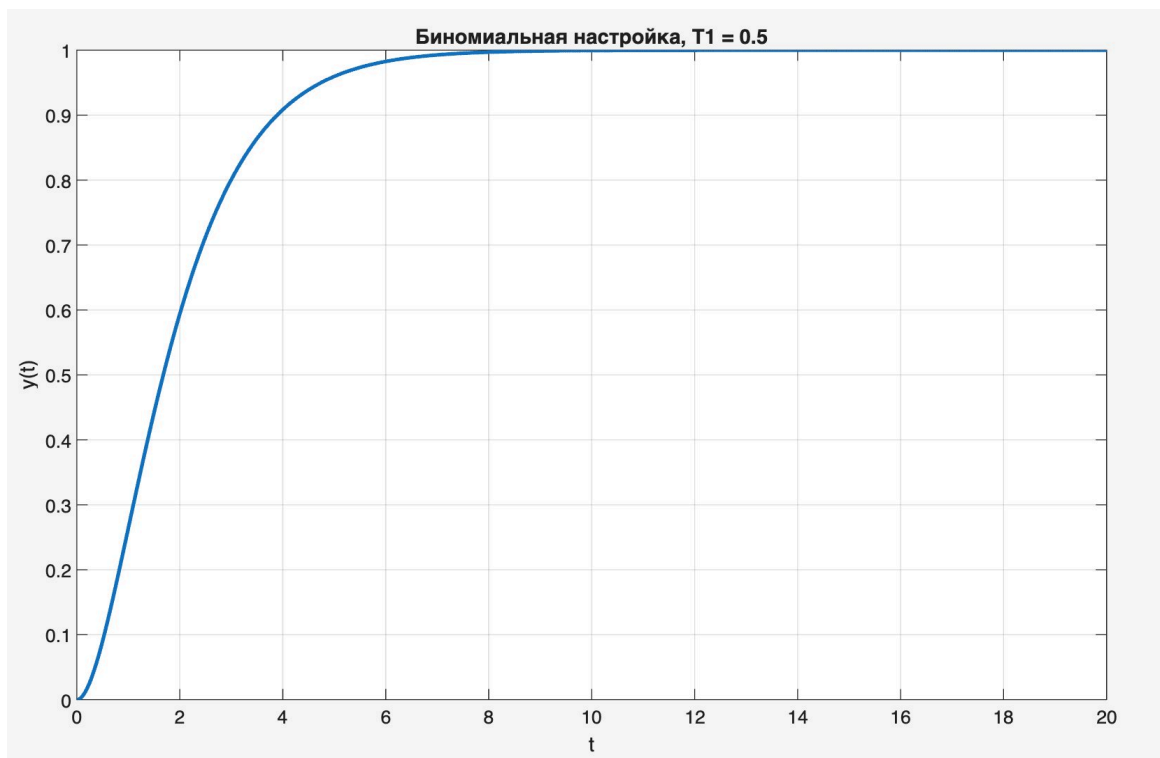


Рисунок 14 – Биномиальная настройка,  $T_1 = 0.5$

$K_p = 0.5$

$t_p = 5.8341$  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  $T_{зап} = 0.1T_0$ . 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  $T_{зап} = 0.4T_0$ ; учёт вычислительной задержки уменьшает перерегулирование; биномиальная настройка обеспечивает отсутствие перерегулирования при увеличении времени регулирования.