

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Параметрический синтез и исследование цифровой системы управления с И-регулятором и апериодическим звеном

1. Цель работы

Целью работы является синтез цифровой системы управления с интегральным регулятором и объектом в виде апериодического звена первого порядка, а также исследование влияния периода дискретизации и вычислительной задержки на качество переходного процесса.

2. Исходные данные

Объект управления — апериодическое звено первого порядка:

$$W_o(s) = 1 / (T_1 s + 1)$$

И-регулятор:

$$W_p(s) = K / s$$

Рассматриваются значения: $T_1 = 1; 0.5; 0.25$

3. Синтез методом переоборудования ($\varepsilon = 0$)

3.1 Исследование влияния периода дискретизации

Рассматриваются значения $T_0 = 0,1T_{\mu 1}$, $T_0 = T_{\mu 1}$, где $T_{\mu 1} = T_1$.

Структурная схема аналоговой системы:

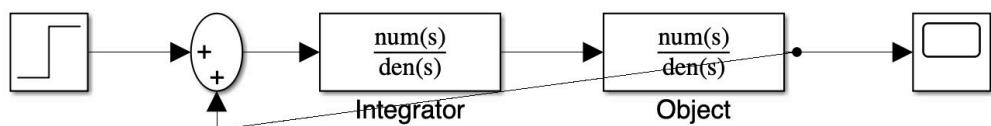


Рисунок 3.1a – Структурная схема аналоговой системы

Структурная схема цифровой системы с ZOH:

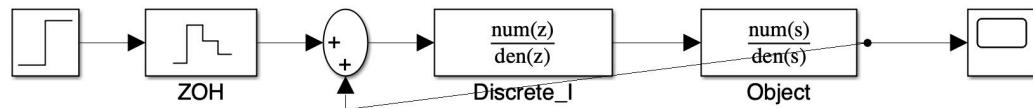


Рисунок 3.1b – Структурная схема цифровой системы (ZOH)

Переходные процессы при различных значениях T_0 :

$$T_0 = 0,1T_{\mu 1}$$

Цифровая система $T_0=0.1$

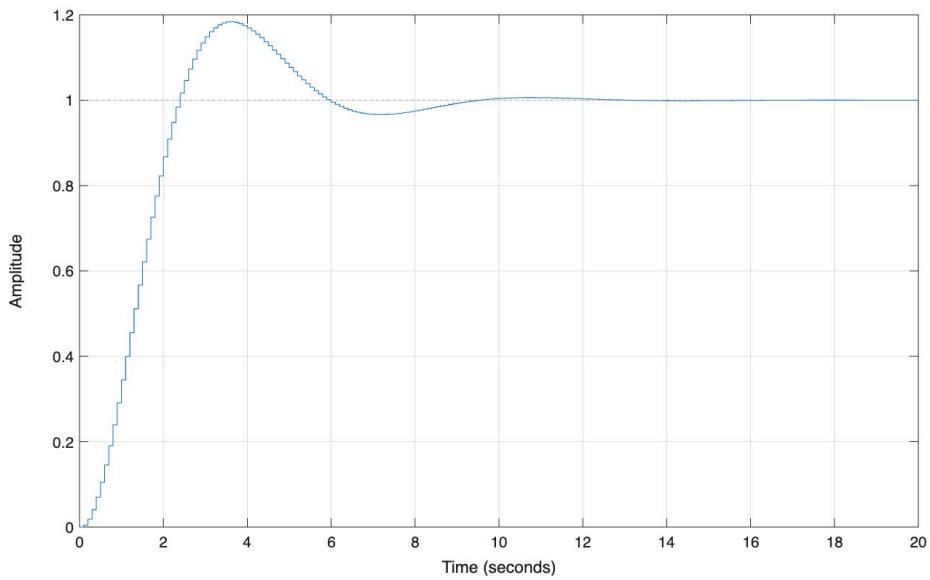


Рисунок 1 – Переходный процесс цифровой системы при $T_0 = 0,1 T\mu l$
 $T_0 = T\mu l$

Цифровая система $T_0=1$

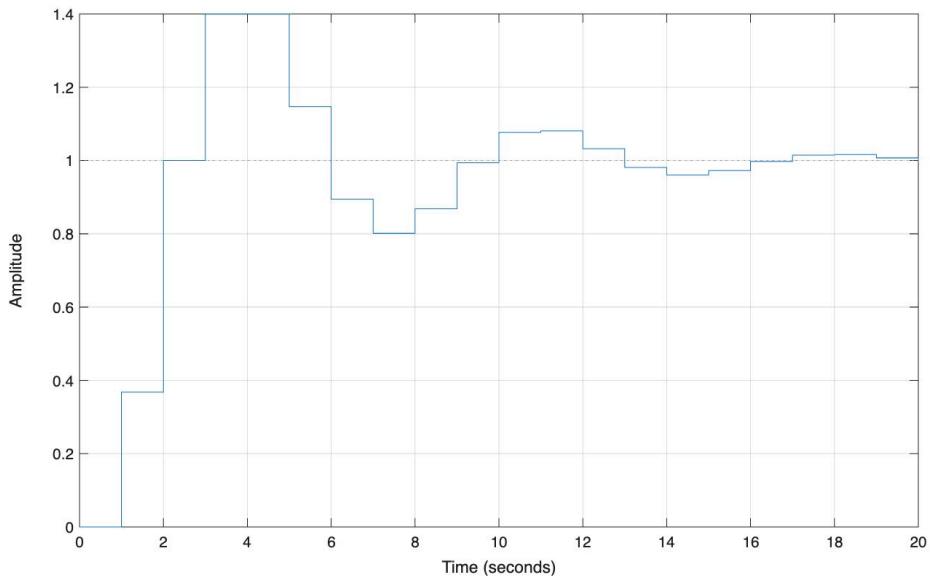


Рисунок 2 – Переходный процесс цифровой системы при $T_0 = T\mu l$
Таблица 1 – Параметры переходных процессов

T_1	T_0	$tp1, \text{с}$	$tp2, \text{с}$	$\Delta y, \%$
1	$0,1 T\mu l$	2.300	5.900	18.37
1	$T\mu l$	1.000	2.000	39.96
0.5	$0,1 T\mu l$	1.150	2.950	18.37
0.5	$T\mu l$	0.500	1.000	39.96
0.25	$0,1 T\mu l$	0.575	1.475	18.37
0.25	$T\mu l$	0.250	0.500	39.96

Вывод: увеличение периода дискретизации приводит к росту перерегулирования и ухудшению качества переходного процесса.

4. Определение Тзап по минимуму функционала

Структурная схема эквивалентной модели с блоком Тзап:

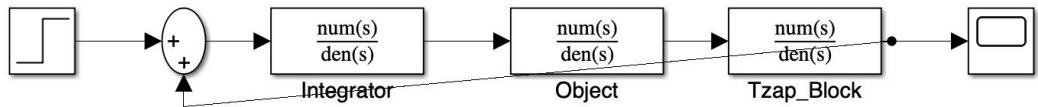


Рисунок 4а – Структурная схема эквивалентной модели системы

Рассматриваются значения: Тзап = 0,1Т₀; 0,4Т₀; 0,9Т₀

Минимизируется функционал:

$$F = \int_0^T |y(t) - y_{\text{э}}(t)| dt$$

Тзап = 0,1Т₀

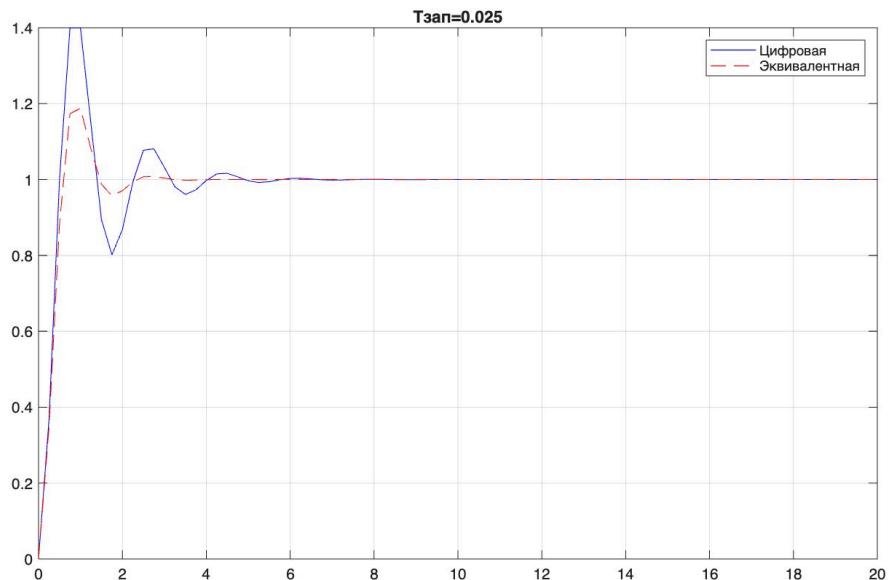


Рисунок 3 – Сравнение процессов при Тзап = 0,1Т₀

Тзап = 0,4Т₀

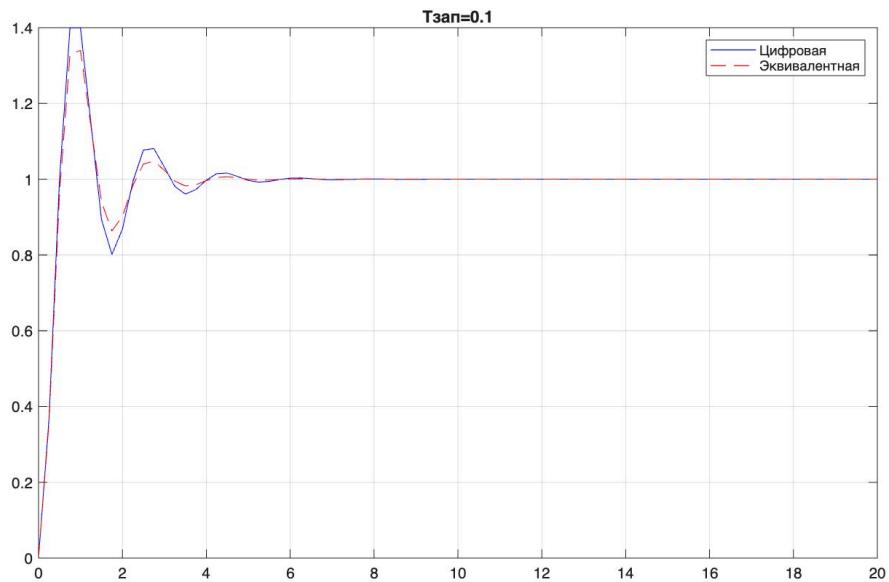


Рисунок 4 – Сравнение процессов при $T_{зап} = 0,4T_0$

$T_{зап} = 0,9T_0$

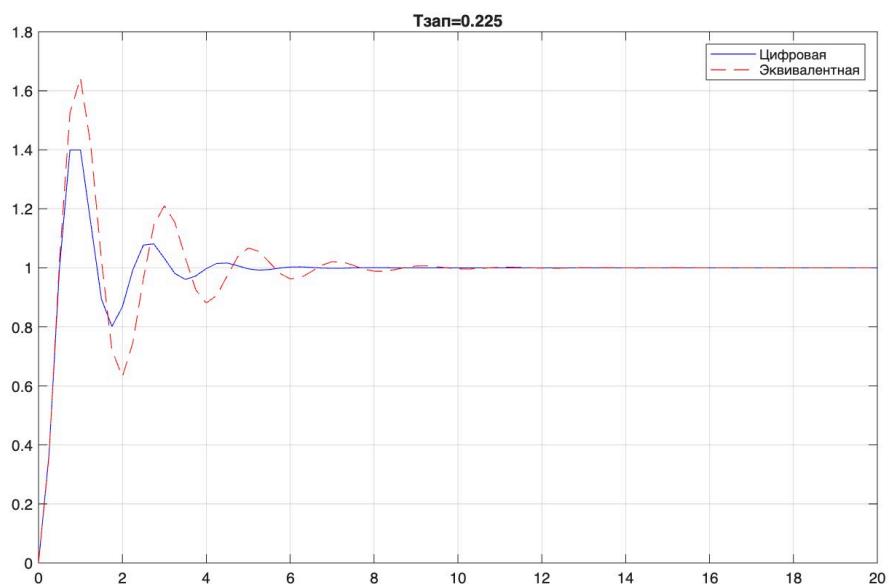


Рисунок 5 – Сравнение процессов при $T_{зап} = 0,9T_0$

Таблица 2 – Значения функционала F

Тзап	$0,1T_0$	$0,4T_0$	$0,9T_0$
F	0.410	0.239	0.688

Минимальное значение функционала достигается при: $T_{зап} = 0,4T_0$

График зависимости функционала F от Тзап:

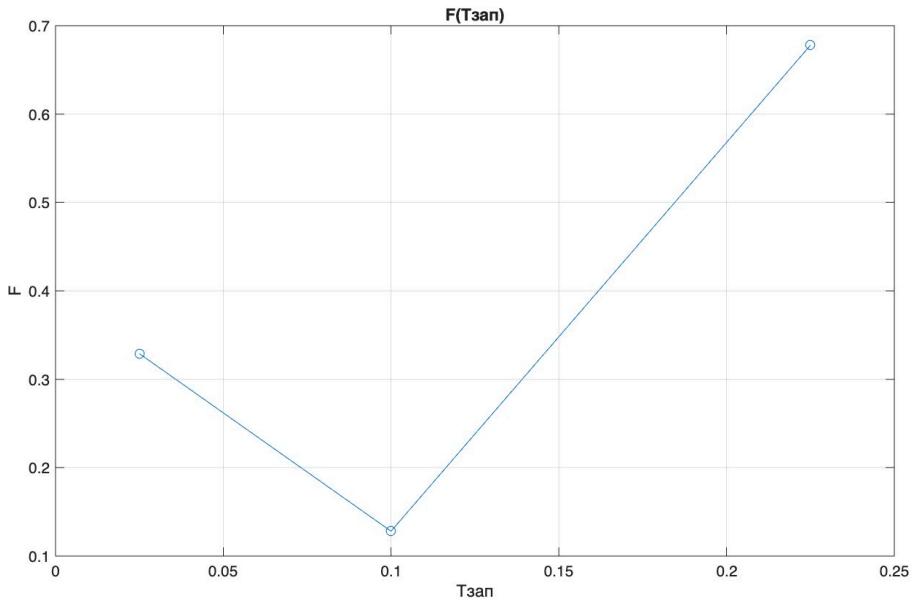


Рисунок 4b – Зависимость функционала F от $T_{зап}$

5. Настройка по оптимуму по модулю ($\varepsilon = 0$)

Малая некомпенсированная постоянная времени:

$$T\mu = T_1 + T_{зап}$$

$$T_1 = 1$$

Оптимум по модулю $\varepsilon=0$ $T1=1$

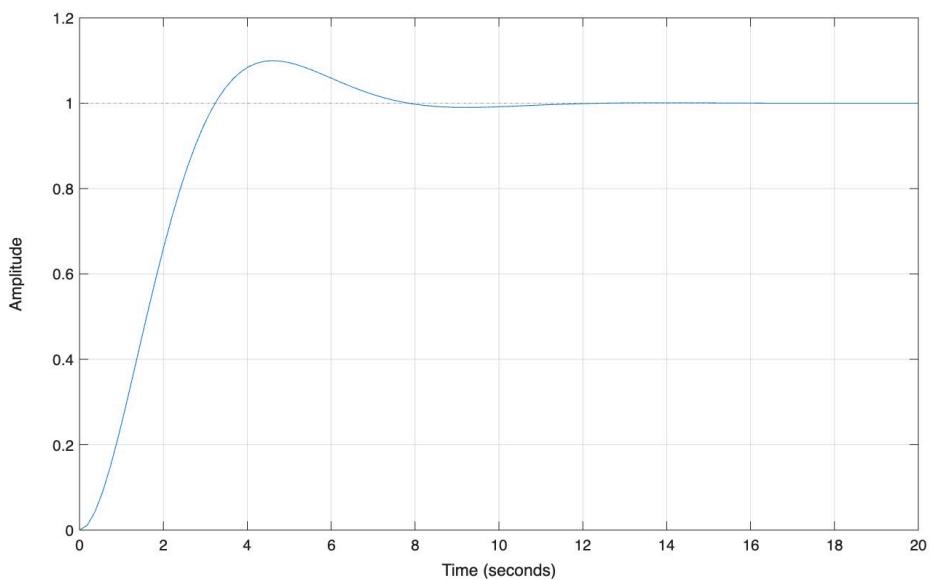


Рисунок 6 – Оптимум по модулю при $T_1 = 1$

$$T_1 = 0.5$$

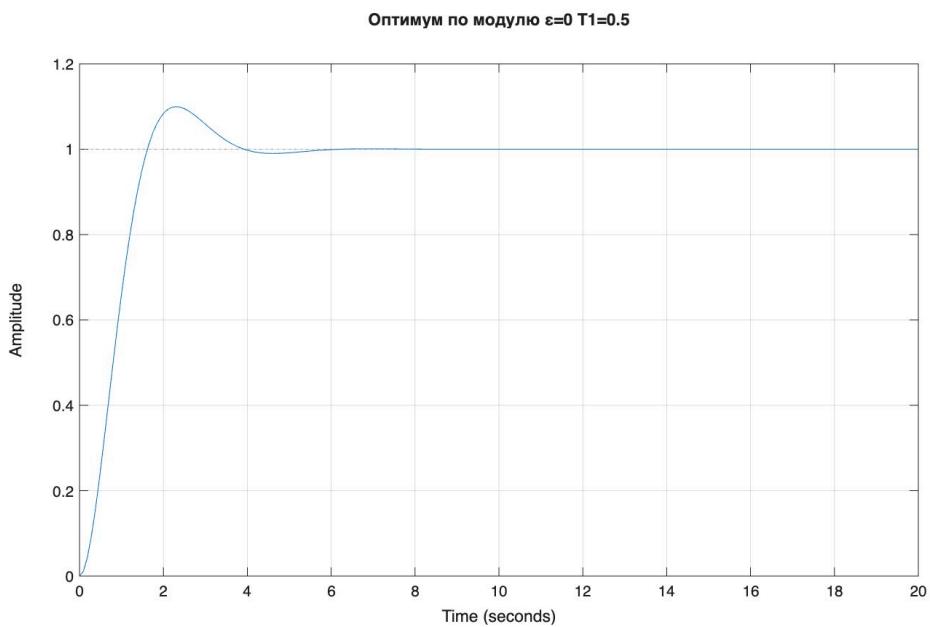


Рисунок 7 – Оптимум по модулю при $T_1 = 0.5$
Таблица 3 – Параметры переходных процессов

T_1	$T\mu$	$tp1, \text{с}$	$tp2, \text{с}$	$\Delta y, \%$
1	1.025	2.467	6.155	15.82
0.5	0.525	1.258	3.132	15.35

Перерегулирование уменьшается по сравнению с методом переоборудования.

6. Учет вычислительной задержки $\varepsilon = T_0$

Структурная схема системы с вычислительной задержкой $\varepsilon = T_0$:

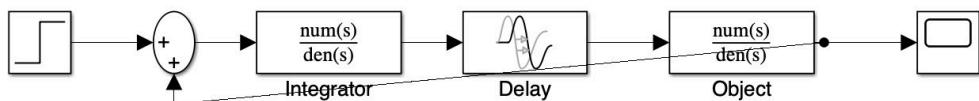


Рисунок 6а – Структурная схема системы с задержкой $\varepsilon = T_0$

Малая некомпенсированная постоянная времени:

$$T\mu = T_1 + T_{зап} + T_0$$

$$T_1 = 1$$

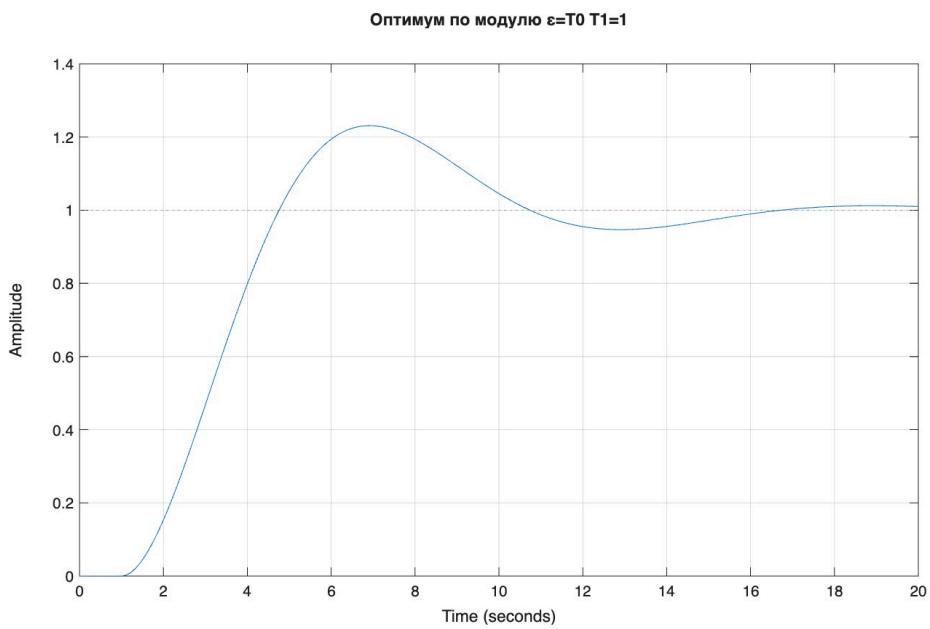


Рисунок 8 – Переходный процесс при $\varepsilon = T_0$, $T_1 = 1$

$T_1 = 0.5$

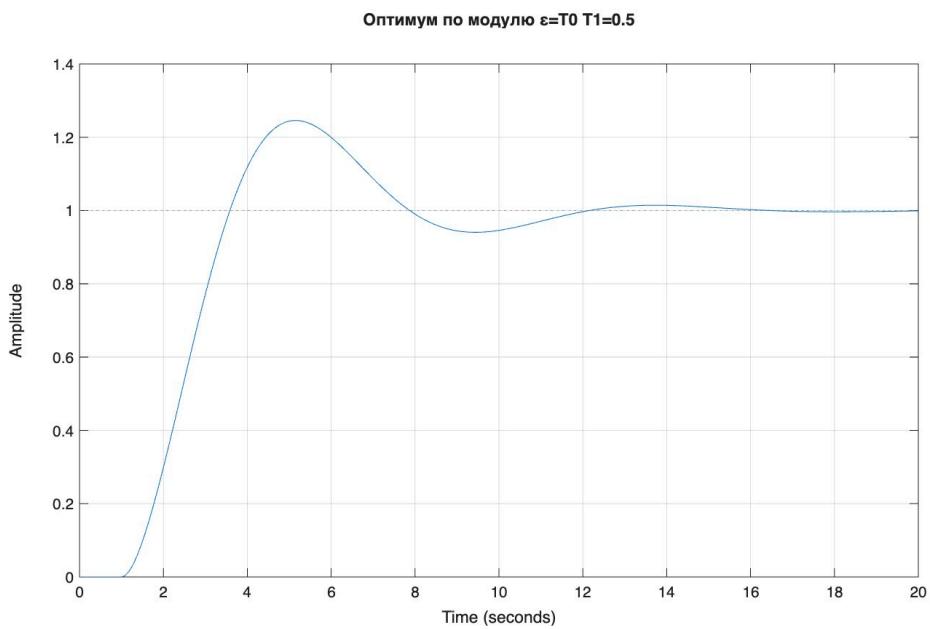


Рисунок 9 – Переходный процесс при $\varepsilon = T_0$, $T_1 = 0.5$

Таблица 4 – Параметры переходных процессов

T_1	$T\mu$	tp1, с	tp2, с	$\Delta y, \%$
1	2.100	5.006	11.612	3.68
0.5	1.050	2.503	5.806	3.68

Учет вычислительной задержки приводит к существенному снижению перерегулирования.

7. Биномиальная настройка

T₁ = 1

Биномиальная настройка T1=1

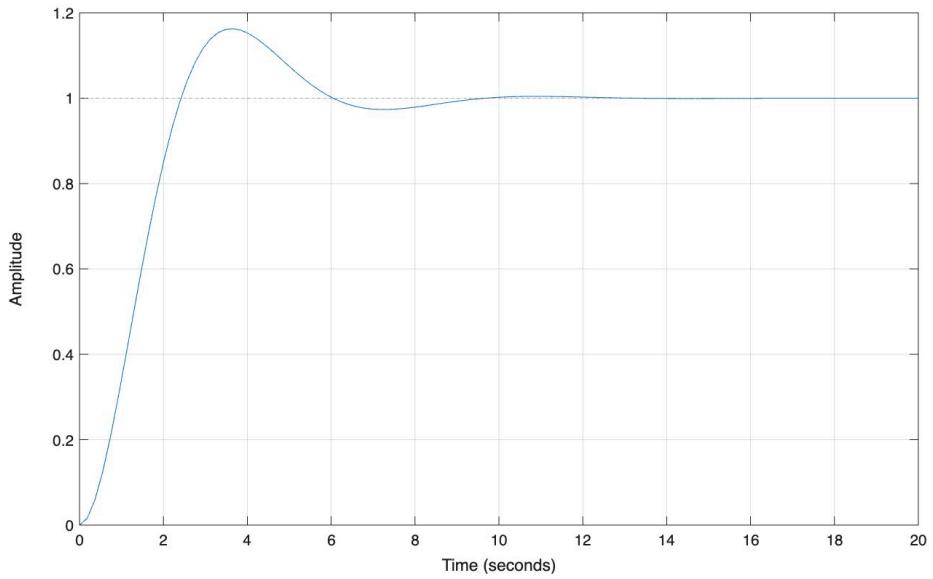


Рисунок 10 – Биномиальная настройка при $T_1 = 1$

T₁ = 0.5

Биномиальная настройка T1=0.5

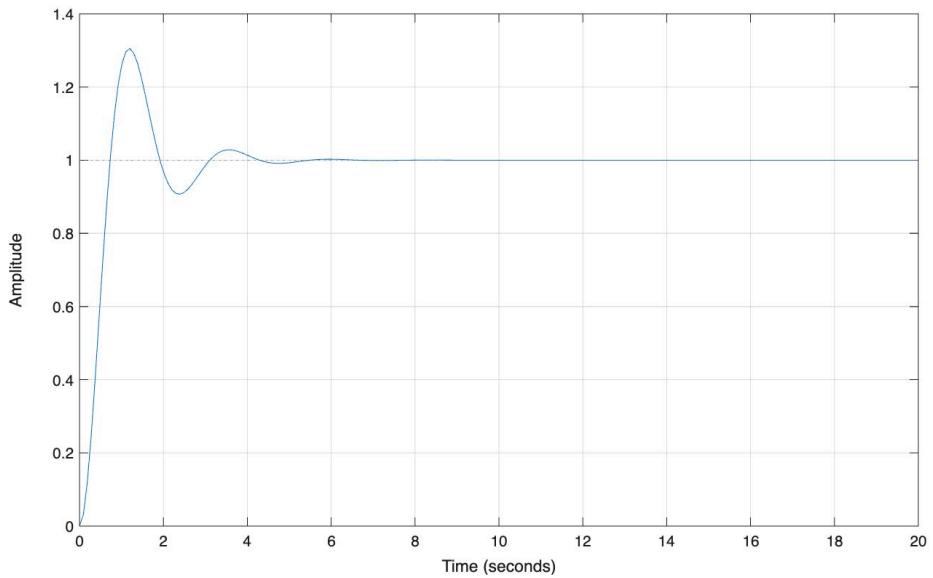


Рисунок 11 – Биномиальная настройка при $T_1 = 0.5$

Биномиальная настройка обеспечивает апериодический характер переходного процесса без перерегулирования.

8. Исследование работы И-регулятора

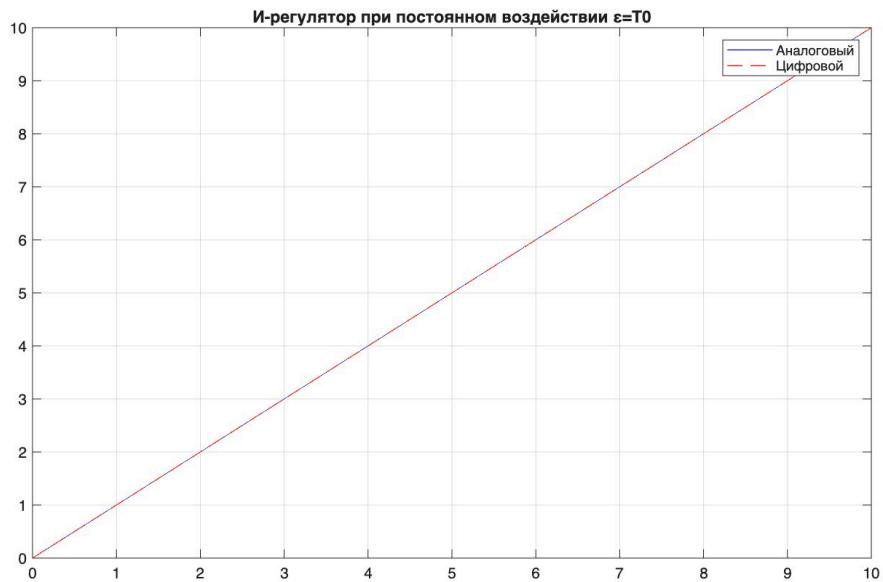


Рисунок 12 – Работа регуляторов при постоянном воздействии ($\varepsilon = T_0$)

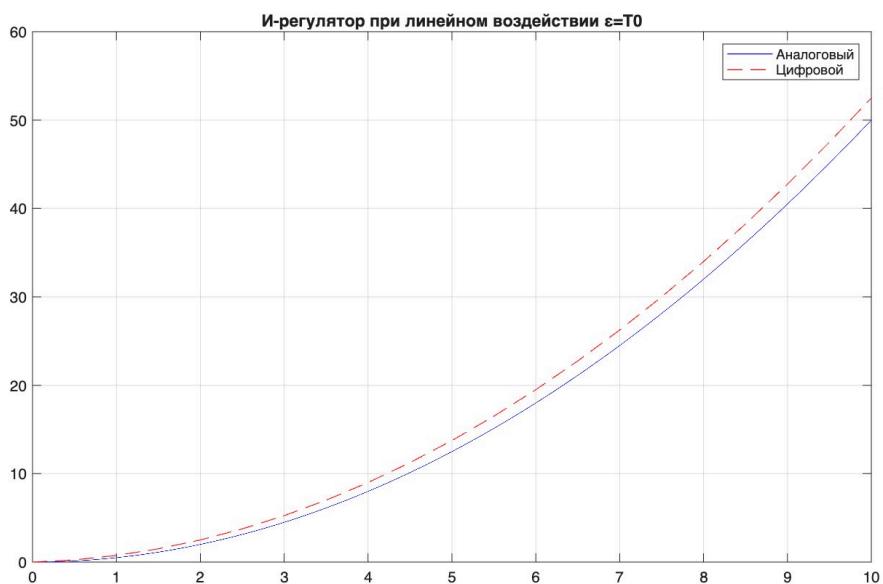


Рисунок 13 – Работа регуляторов при линейно нарастающем воздействии ($\varepsilon = T_0$)

9. Выводы

1. Метод переоборудования позволяет получить цифровую систему, близкую к непрерывной при малом периоде дискретизации.
2. Минимальное расхождение процессов наблюдается при $T_{зап} = 0,4T_0$.
3. Настройка по оптимуму по модулю уменьшает перерегулирование.
4. Учет вычислительной задержки значительно снижает колебательность процесса.
5. Биномиальная настройка обеспечивает апериодический переходный процесс без перерегулирования.