

# 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:

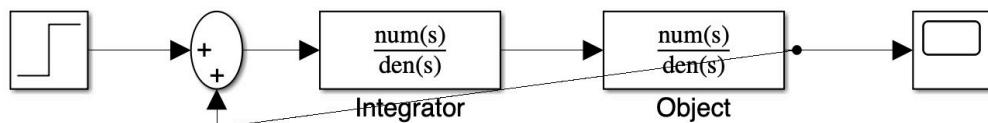


Рисунок 3.1a – Структурная схема аналоговой системы

Структурная схема цифровой системы с ZOH:

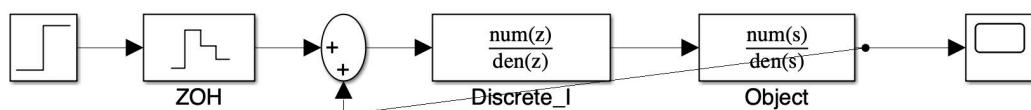


Рисунок 3.1b – Структурная схема цифровой системы (ZOH)

Переходные процессы при различных значениях  $T_0$ :

$$T_0 = 0,1T\mu 1$$

Цифровая система  $T_0=0.1$

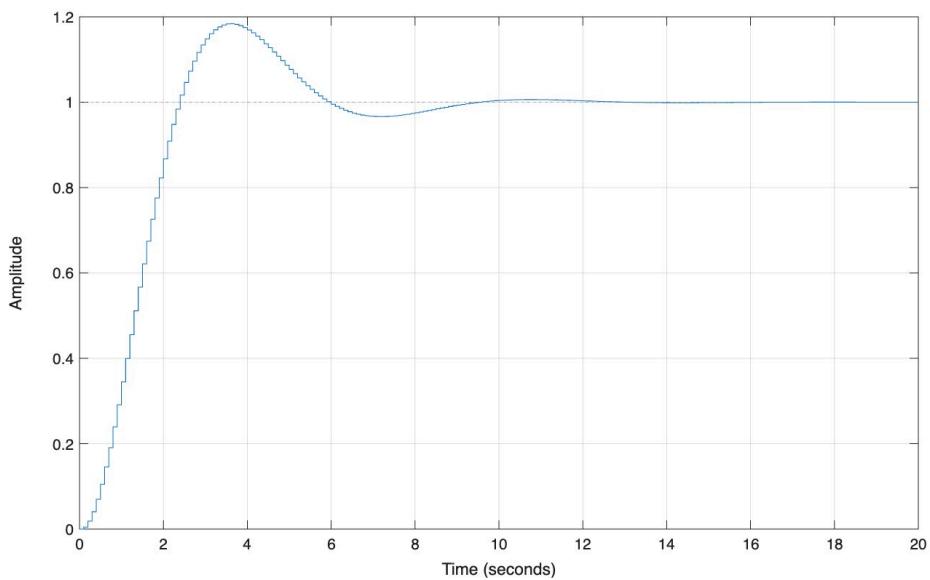


Рисунок 1 – Переходный процесс цифровой системы при  $T_0 = 0,1T\mu l$   
 $T_0 = T\mu l$

Цифровая система  $T_0=1$

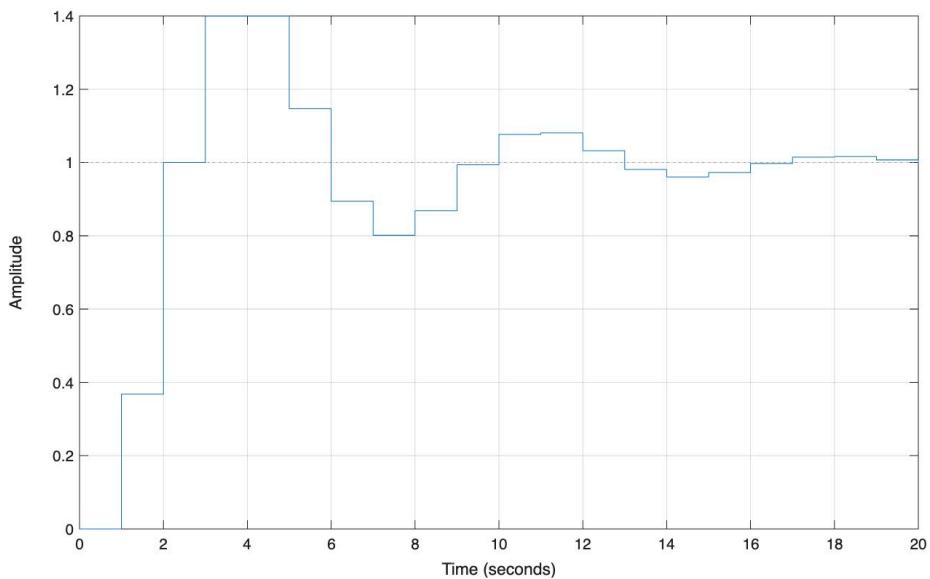


Рисунок 2 – Переходный процесс цифровой системы при  $T_0 = T\mu l$   
Таблица 1 – Параметры переходных процессов

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

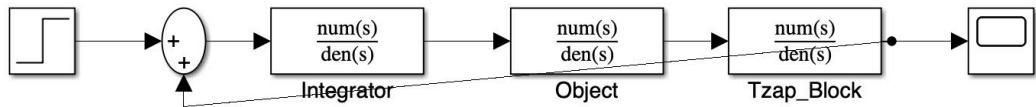


Рисунок 4а – Структурная схема эквивалентной модели системы

Рассматриваются значения: Тзап = 0,1Т<sub>0</sub>; 0,4Т<sub>0</sub>; 0,9Т<sub>0</sub>

Минимизируется функционал:

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

**Тзап = 0,1Т<sub>0</sub>**

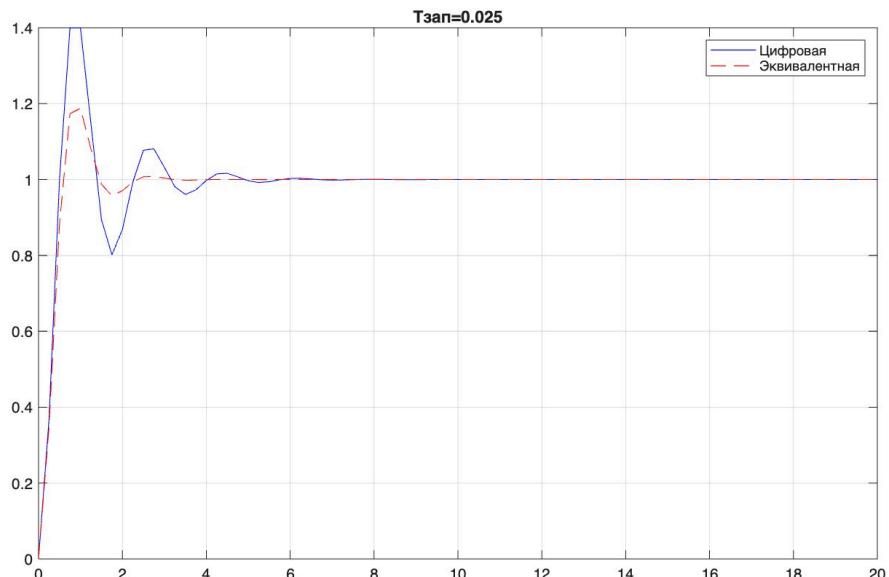


Рисунок 3 – Сравнение процессов при Тзап = 0,1Т<sub>0</sub>

**Тзап = 0,4Т<sub>0</sub>**

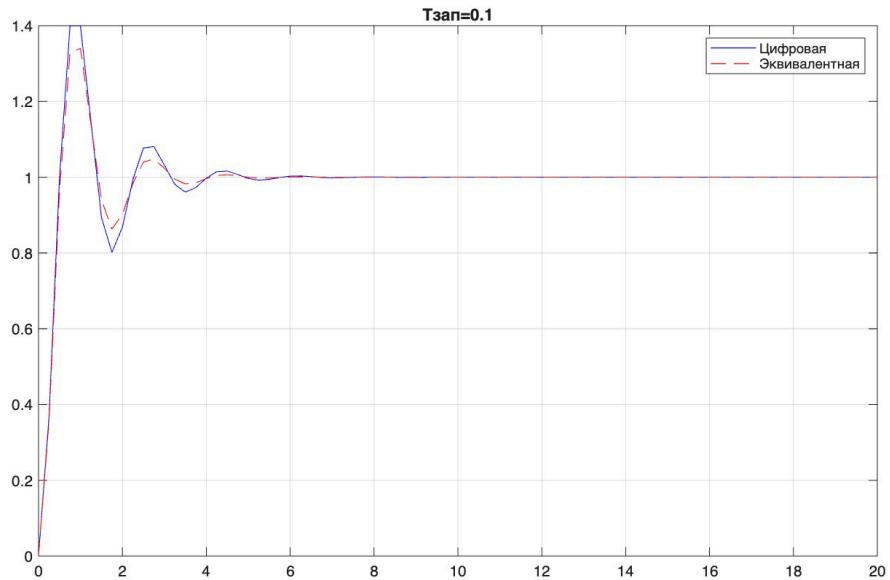


Рисунок 4 – Сравнение процессов при  $T_{\text{зап}} = 0,4T_0$

$T_{\text{зап}} = 0,9T_0$

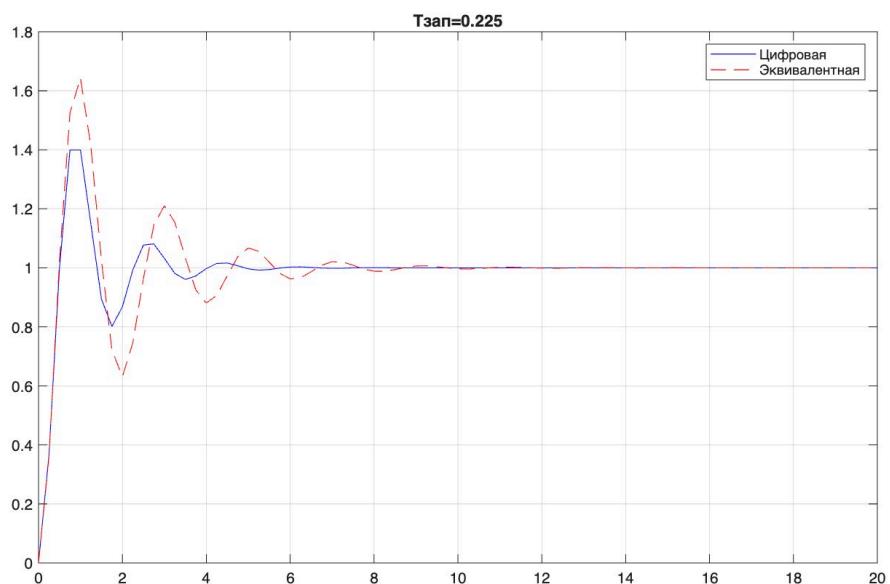


Рисунок 5 – Сравнение процессов при  $T_{\text{зап}} = 0,9T_0$

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:  $T_{\text{зап}} = 0,4T_0$

График зависимости функционала  $F$  от  $T_{\text{зап}}$ :

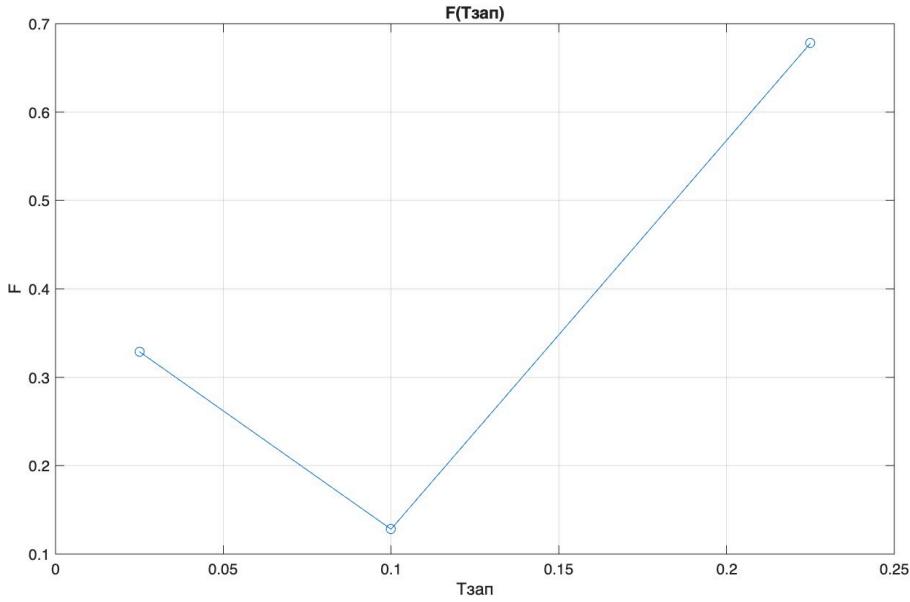


Рисунок 4б – Зависимость функционала  $F$  от  $T_{зап}$

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

Малая некомпенсированная постоянная времени:

$$T\mu = T_1 + T_{зап}$$

$$T_1 = 1$$

Оптимум по модулю  $\varepsilon=0$   $T_1=1$

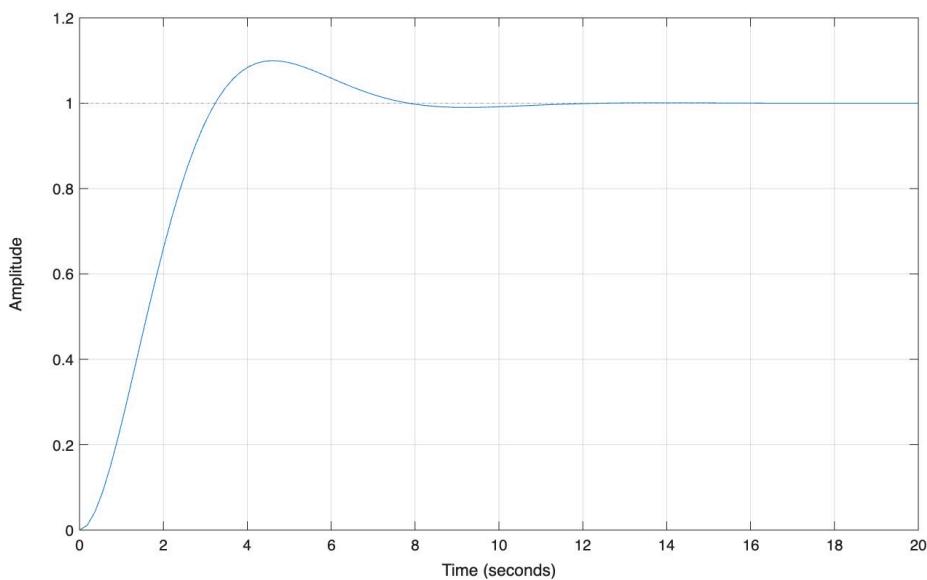


Рисунок 6 – Оптимум по модулю при  $T_1 = 1$

$$T_1 = 0.5$$

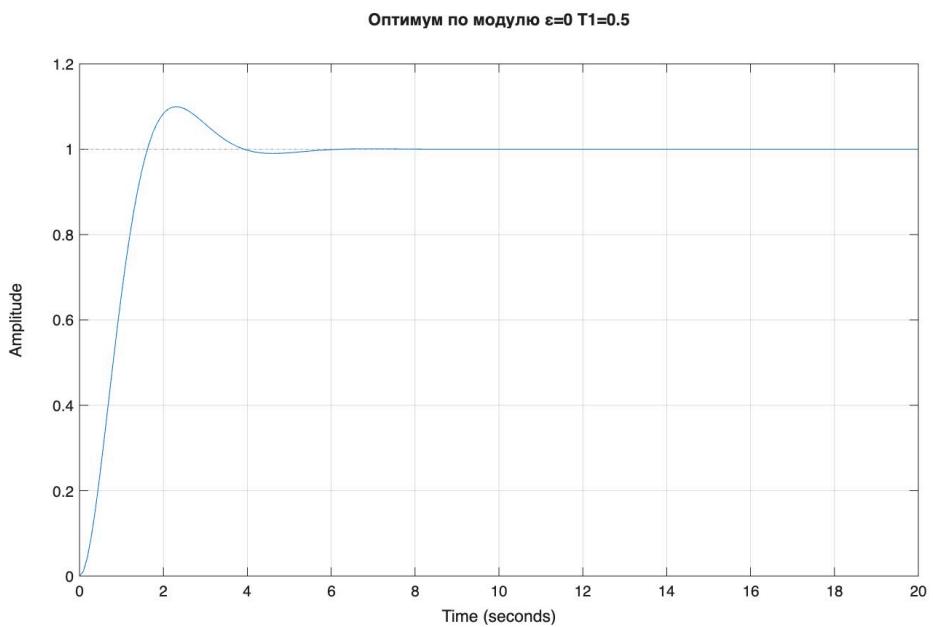


Рисунок 7 – Оптимум по модулю при  $T_1 = 0.5$   
Таблица 3 – Параметры переходных процессов

$T_1$	$T\mu$	$tp1, \text{с}$	$tp2, \text{с}$	$\Delta y, \%$
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 $\epsilon = T_0$

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

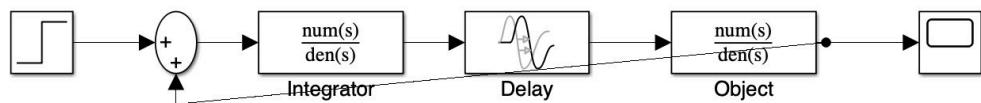


Рисунок 6а – Структурная схема системы с задержкой  $\epsilon = T_0$

Малая некомпенсированная постоянная времени:

$$T\mu = T_1 + T_{зап} + T_0$$

$$T_1 = 1$$

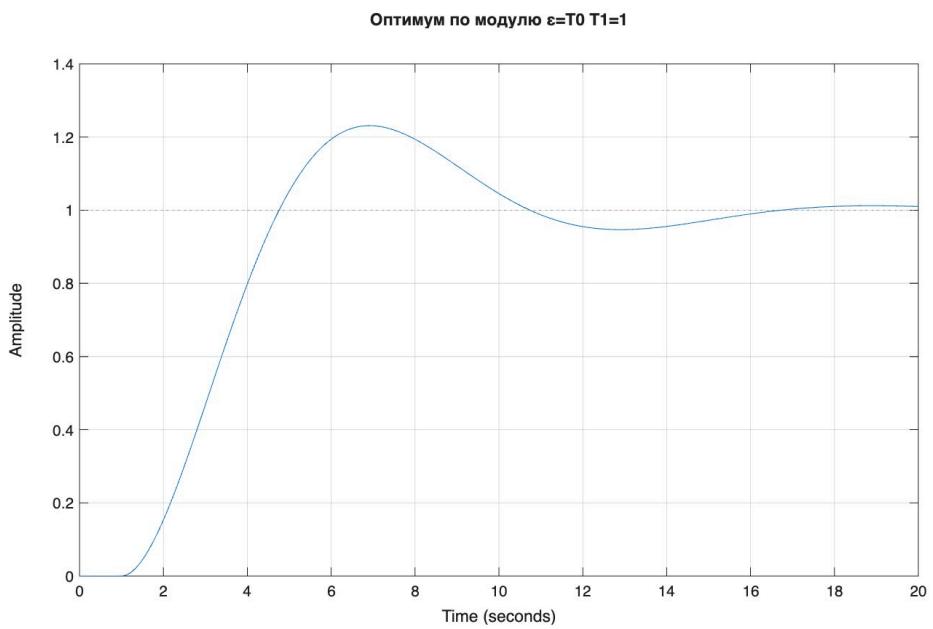


Рисунок 8 – Переходный процесс при  $\varepsilon = T_0$ ,  $T_1 = 1$

**$T_1 = 0.5$**

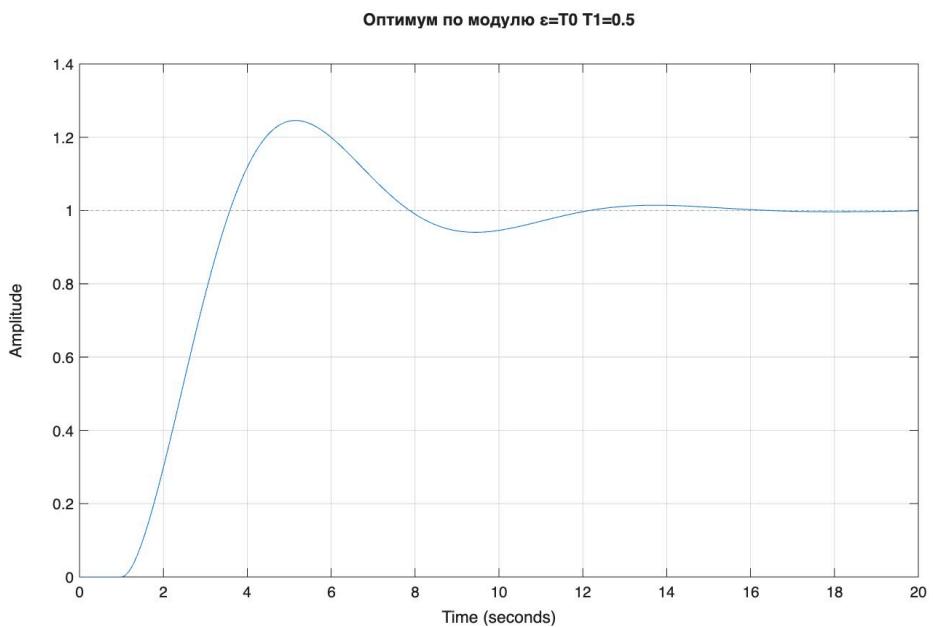


Рисунок 9 – Переходный процесс при  $\varepsilon = T_0$ ,  $T_1 = 0.5$

Таблица 4 – Параметры переходных процессов

<b><math>T_1</math></b>	<b><math>T_{\mu}</math></b>	<b>tp1, с</b>	<b>tp2, с</b>	<b><math>\Delta y, \%</math></b>
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

**T<sub>1</sub> = 1**

Биномиальная настройка T1=1

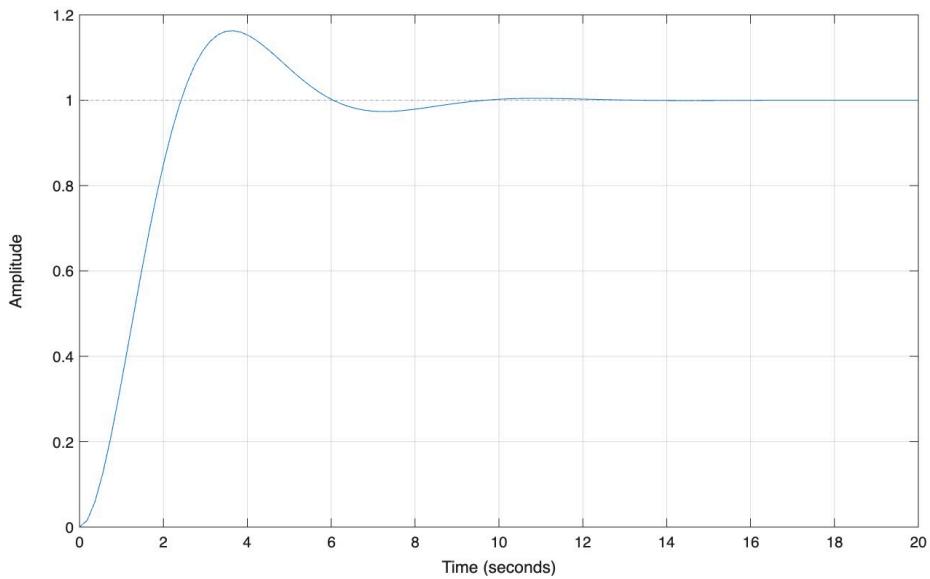


Рисунок 10 – Биномиальная настройка при  $T_1 = 1$

**T<sub>1</sub> = 0.5**

Биномиальная настройка T1=0.5

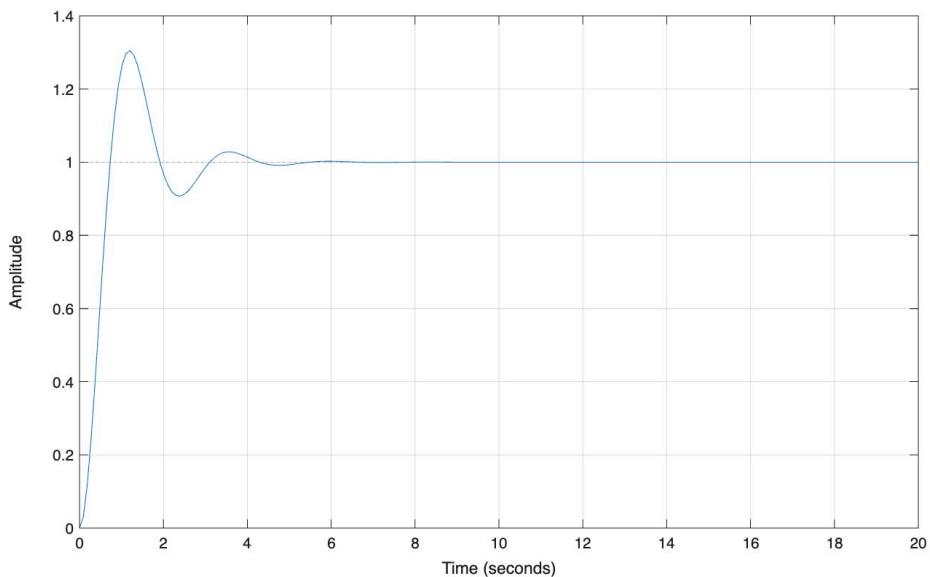


Рисунок 11 – Биномиальная настройка при  $T_1 = 0.5$

Биномиальная настройка обеспечивает апериодический характер переходного процесса без перерегулирования.

## 8. Исследование работы И-регулятора

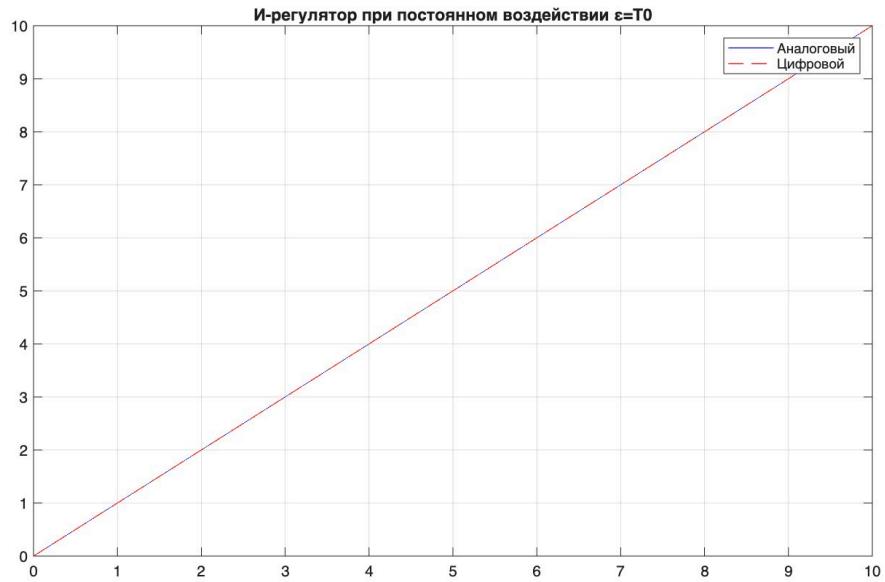


Рисунок 12 – Работа регуляторов при постоянном воздействии ( $\varepsilon = T_0$ )

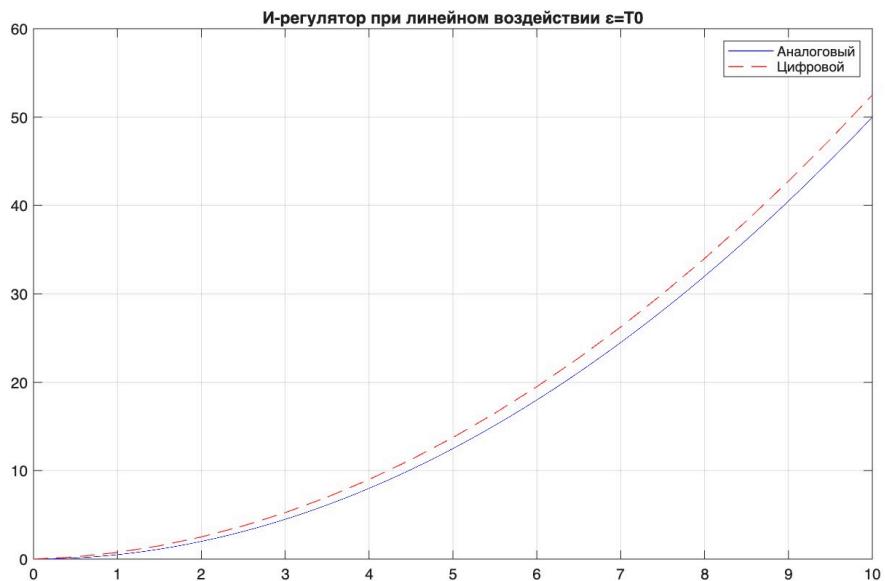


Рисунок 13 – Работа регуляторов при линейно нарастающем воздействии ( $\varepsilon = T_0$ )

## 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.