

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 №4  
по дисциплине  
**«ДИСКРЕТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**  
на тему  
**«АПЕРИОДИЧЕСКИЙ, ДАЛИНА И С ЗАДАННЫМ  
РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПОЛЮСОВ РЕГУЛЯТОРЫ»**

Вариант 20

Выполнил: студент гр. Р3441  
Румянцев А. А.

Проверил: преподаватель  
Краснов А. Ю.

Санкт-Петербург  
2025

## **Содержание**

<b>1</b>	<b>Исходные данные</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Выполнение работы</b>	<b>3</b>
2.1	Апериодический регулятор . . . . .	3
2.2	Регулятор Далина . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Вывод</b>	<b>8</b>

## 1. Исходные данные

Исходные данные варианта 20:

$T$	$a$	$b$	$\zeta$	$\omega_d$	$K_v$
0.55	1.1	10	0.35	4	0.1

## 2. Выполнение работы

ОУ задан непрерывной передаточной функцией

$$G(s) = \frac{e^{-as}}{1 + bs} = \frac{e^{-1.1s}}{1 + 10s}$$

### 2.1. Апериодический регулятор

Синтезируем для непрерывного ОУ апериодический регулятор при периоде дискретизации  $T = 1$ .

Желаемая передаточная функция системы:

$$T(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = z^{-k}, \quad k \geq 1$$

Замкнутая система:

$$T(z) = \frac{D(z)G(z)H}{1 + D(z)G(z)H}$$

Передаточная функция регулятора:

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)} \frac{T(z)}{1 - T(z)} = \frac{1}{HG(z)} \frac{z^{-k}}{1 - z^{-k}}$$

Экспонента  $e^{-as}$  описывает задержку в непрерывной системе.

При дискретизации представляем задержку через  $z^{-n_d}$ , где:

$$n_d = \frac{a}{T}$$

Если  $n_d$  целое, то задержка точная в дискретной модели.

Если  $n_d$  дробное, то округляем задержку до ближайшего целого.

Таким образом,

$$n_d = \frac{1.1}{1} = 1.1 \Rightarrow n_d \sim 1 \Rightarrow e^{-1.1s} \sim e^{-s} \Rightarrow Z\{e^{-1.1s}\} \sim Z\{e^{-s}\} = z^{-1}$$

Дискретная передаточная функция ОУ с ЭНП:

$$\begin{aligned} HG(z) &= Z\left\{\frac{1 - e^{-sT}}{s}G(s)\right\} = (1 - z^{-1})Z\left\{\frac{e^{-1.1s}}{s(1 + 10s)}\right\} = \\ &= (1 - z^{-1})z^{-1}Z\left\{\frac{1}{s(1 + 10s)}\right\} = (1 - z^{-1})z^{-1}Z\left\{\frac{0.1}{s(s + 0.1)}\right\} = \\ &= (1 - z^{-1})z^{-1}\frac{z(1 - e^{-0.1})}{(z - 1)(z - e^{-0.1})} = z^{-2}\frac{1 - e^{-0.1}}{1 - e^{-0.1}z^{-1}} = \frac{0.095z^{-2}}{1 - 0.905z^{-1}} = \\ &= \frac{0.095}{z^2 - 0.905z} \end{aligned}$$

Подставим в передаточную функцию регулятора:

$$D(z) = \frac{1 - 0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}} \frac{z^{-k}}{1 - z^{-k}}$$

Из условия физической реализуемости выберем  $k \geq 2$ , тогда:

$$D(z) = \frac{1 - 0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}} \frac{z^{-2}}{1 - z^{-2}} = \frac{z^2 - 0.905z}{0.095(z^2 - 1)}$$

Модель системы в симулинк:

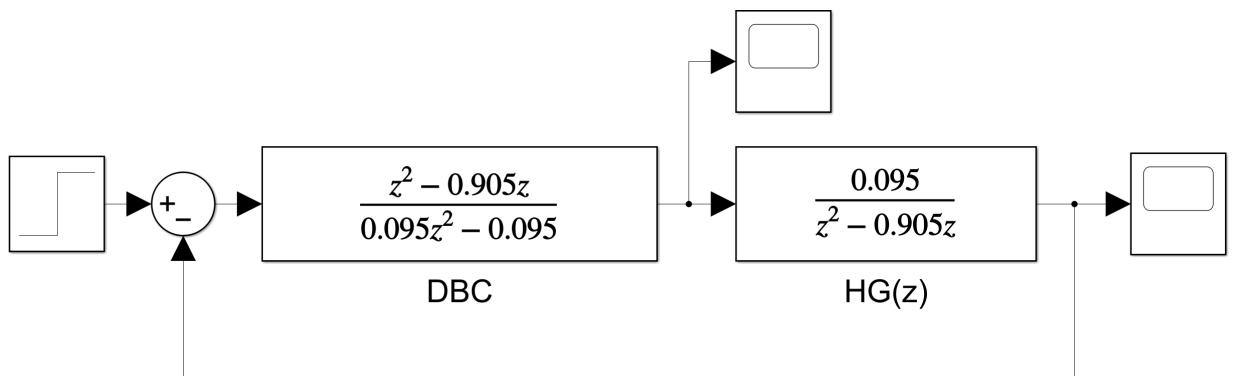


Рис. 1: Схема моделирования системы с апериодическим регулятором

Графики управления и выхода системы при ступенчатом задающем воздействии с начальным значением 0, конечным 1, время шага 3;  $T = 1$ :

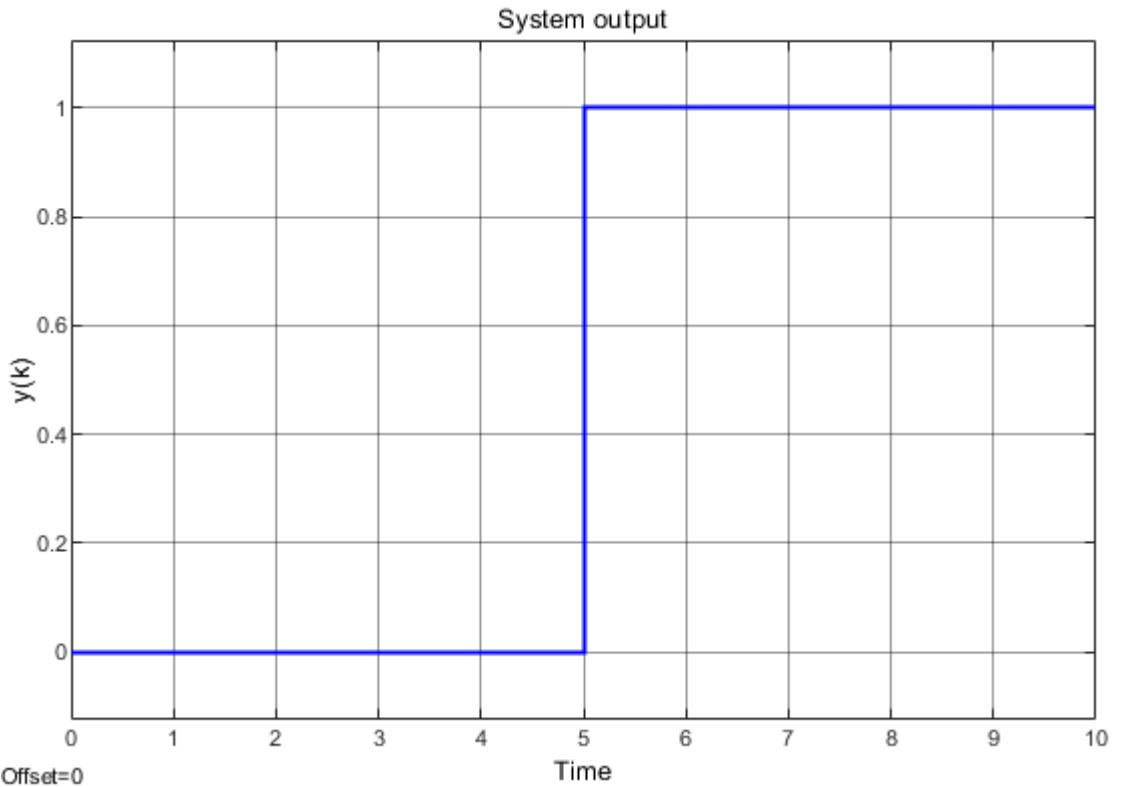


Рис. 2: Выход системы с апериодическим регулятором

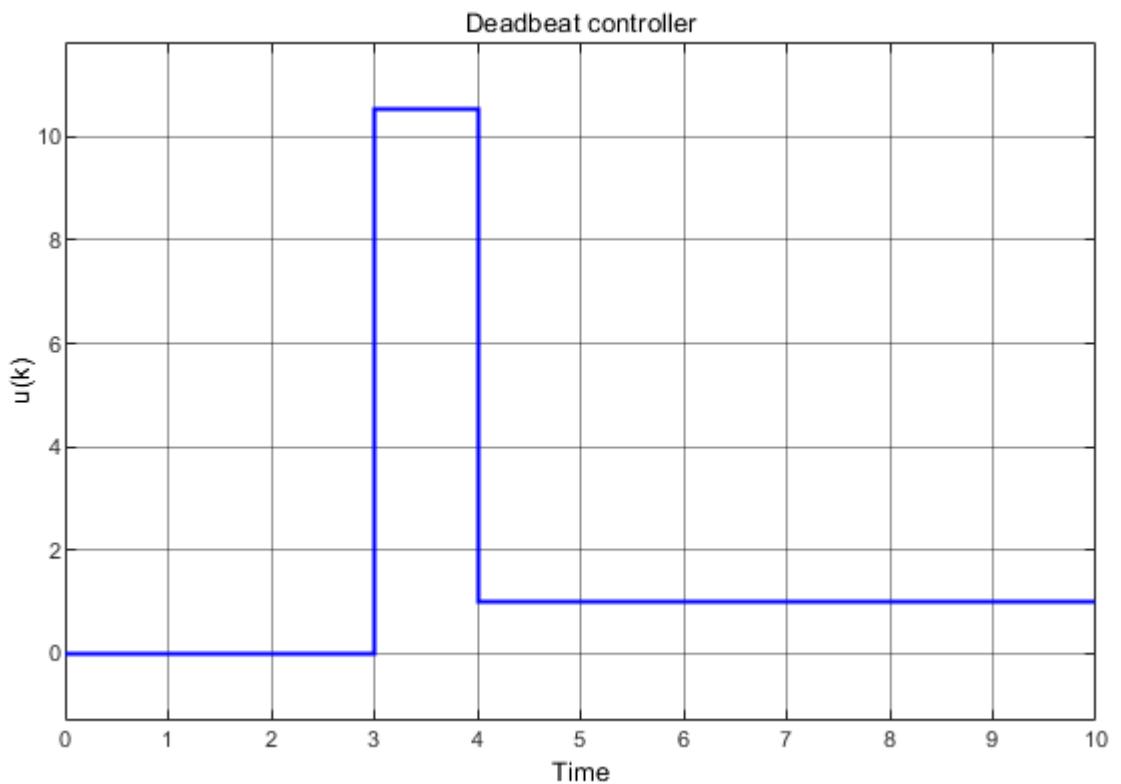


Рис. 3: Апериодический регулятор

## 2.2. Регулятор Далина

Синтезируем для непрерывного ОУ регулятор Далина при периоде дискретизации  $T = 1$ .

Регулятор Далина – модификация апериодического регулятора, имеющая более плавный экспоненциальный отклик.

Желаемое поведение системы в  $s$ -плоскости:

$$Y(s) = \frac{1}{s} \frac{e^{-as}}{1+bs} = \frac{1}{s} \frac{e^{-1.1s}}{1+10s}$$

Параметры  $a, b$  определяют численные параметры желаемого поведения выходной величины.

$Z$ -преобразование желаемой реакции системы при  $a = kT$ :

$$Y(z) = \frac{z^{-k-1} (1 - e^{-T/b})}{(1 - z^{-1}) (1 - e^{-T/b} z^{-1})}$$

Желаемая передаточная функция замкнутой системы:

$$T(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{z^{-k-1} (1 - e^{-T/b}) (1 - z^{-1})}{(1 - z^{-1}) (1 - e^{-T/b} z^{-1})} = \frac{z^{-k-1} (1 - e^{-T/b})}{1 - e^{-T/b} z^{-1}}$$

Передаточная функция регулятора:

$$D(z) = \frac{1}{HG(z)} \frac{z^{-k-1} (1 - e^{-T/b})}{1 - e^{-T/b} z^{-1} - (1 - e^{-T/b}) z^{-k-1}}$$

Передаточная функция ОУ с ЭНП выражается аналогично пункту с апериодическим регулятором:

$$e^{-1.1s} \sim e^{-s}, \quad HG(z) = Z \left\{ \frac{1 - e^{-sT}}{s} G(s) \right\} = \frac{0.095 z^{-2}}{1 - 0.905 z^{-1}} = \frac{0.095}{z^2 - 0.905 z}$$

Передаточная функция регулятора:

$$\begin{aligned} D(z) &= \frac{1 - 0.905 z^{-1}}{0.095 z^{-2}} \frac{z^{-k-1} (1 - e^{-0.1})}{1 - e^{-0.1} z^{-1} - (1 - e^{-0.1}) z^{-k-1}} = \\ &= \frac{1 - 0.905 z^{-1}}{0.095 z^{-2}} \frac{0.095 z^{-k-1}}{1 - 0.905 z^{-1} - 0.095 z^{-k-1}} \end{aligned}$$

С учетом требования физической реализуемости положим  $k = 1$ :

$$D(z) = \frac{1 - 0.905z^{-1}}{0.095z^{-2}} \frac{0.095z^{-2}}{1 - 0.905z^{-1} - 0.095z^{-2}} = \\ = \frac{1 - 0.905z^{-1}}{1 - 0.905z^{-1} - 0.095z^{-2}} = \frac{0.095z^2 - 0.086z}{0.095z^2 - 0.086z - 0.009}$$

Схема моделирования замкнутой системы с дискретизированным ОУ и регулятором:

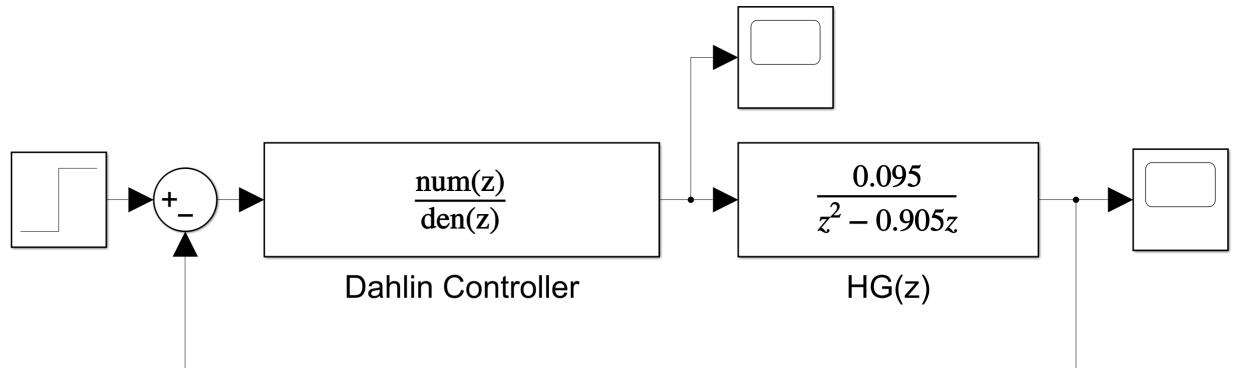


Рис. 4: Схема моделирования системы с регулятором Далина

Графики управления и выхода системы при ступенчатом задающем воздействии с начальным значением 0, конечным 1, время шага 3;  $T = 1$ :

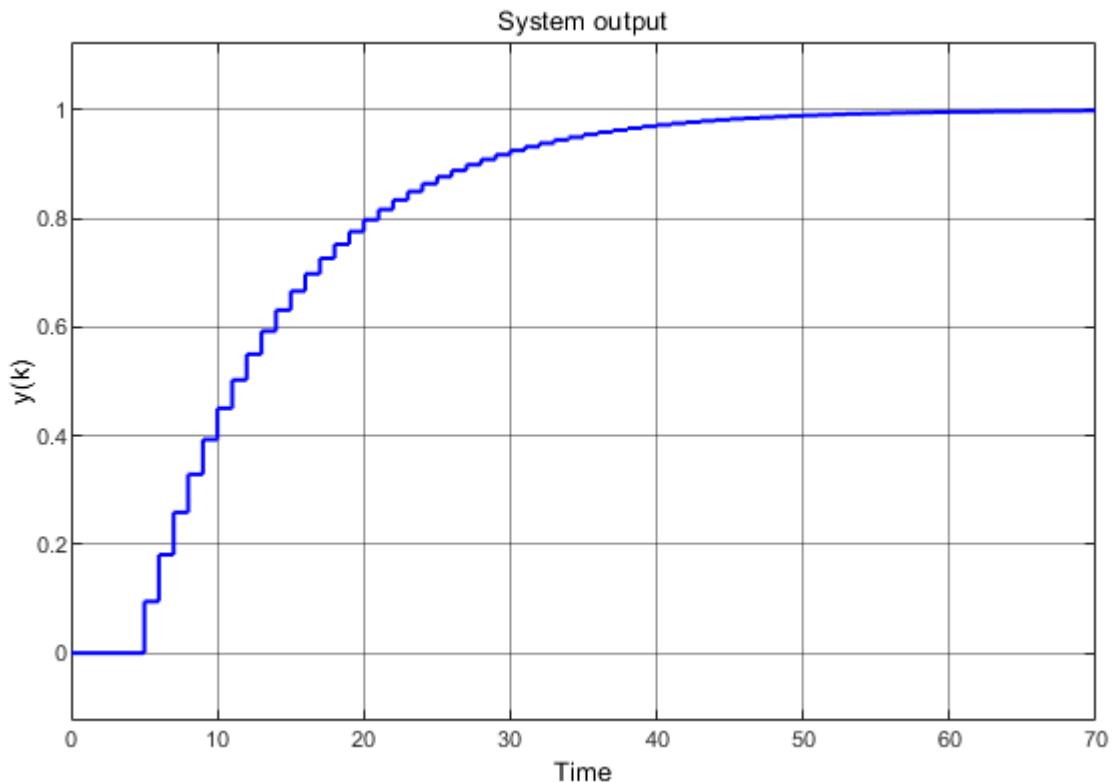


Рис. 5: Выход системы с регулятором Далина

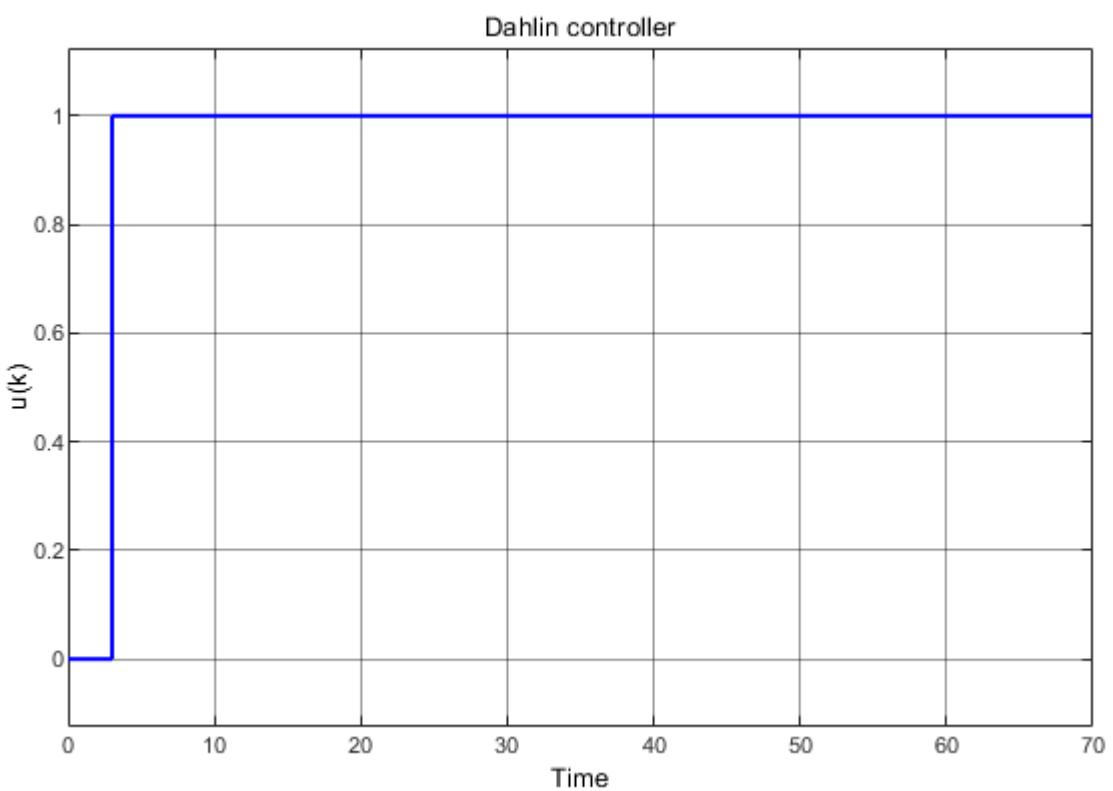


Рис. 6: Регулятор Далина

### 3. Вывод

...