



*Национальный исследовательский университет ИТМО  
(Университет ИТМО)*

*Факультет систем управления и робототехники*

Дисциплина: Теория автоматического управления

**Отчет по лабораторной работе №4.**

«Типовые динамические звенья»

Вариант 20

Студент:  
*Евстигнеев Д.М.*  
Группа: *R33423*  
Преподаватель:  
*Парамонов А.В.*

Санкт-Петербург  
2021

## Цель работы:

### Параметры для исследуемых звеньев

|     |     |         |   |                                |                                     |
|-----|-----|---------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| $k$ | $T$ | $\zeta$ | 2 | Колебательное                  | $\frac{k}{T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1}$ |
| 13  | 0,9 | 0,85    | 5 | Изодромное                     | $\frac{k(1+Ts)}{s}$                 |
|     |     |         | 6 | Дифференцирующее с замедлением | $\frac{ks}{1+Ts}$                   |

### 1. Колебательное:

Передающая функция:

$$W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1} = \frac{13}{0,81s^2 + 1,53s + 1}$$

Переходная функция:

$$h(t) = k \left[ 1 - e^{-\sigma} \left( \cos \omega + \frac{\sigma}{\omega} \sin \omega \right) \right] \\ \text{где } \omega = \frac{1}{T} \sqrt{(1 - \zeta^2)}, \sigma = \frac{\zeta}{T}$$

$$\omega = \frac{1}{0,9} \sqrt{(1 - 0,85^2)} = \frac{\sqrt{111}}{18}, \sigma = \frac{0,85}{0,9} = \frac{17}{18} = 0,94$$

$$h(t) = 13 \left[ 1 - e^{-0,94t} \left( \cos \frac{\sqrt{111}}{18} t + \frac{0,94}{\frac{\sqrt{111}}{18}} \sin \frac{\sqrt{111}}{18} t \right) \right] * 1(t)$$

Весовая характеристика:

$$w(t) = \frac{k}{\omega T^2} e^{-\sigma t} \sin \omega t * 1(t) = \frac{13}{\frac{\sqrt{111}}{18} 0,81} e^{-0,94t} \sin \frac{\sqrt{111}}{18} t$$

Частотная передаточная функция (АФЧХ):

$$W(j\omega) = \frac{13}{0,81(j\omega)^2 + 1,53j\omega + 1}$$

АЧХ:

$$A(\omega) = \frac{13}{\sqrt{(1 - 0,81s^2)^2 + 4 * 0,85^2 * 0,81s^2 + 1}} = \frac{1300}{\sqrt{20000 + 7209s^2 + 6561s^4}}$$

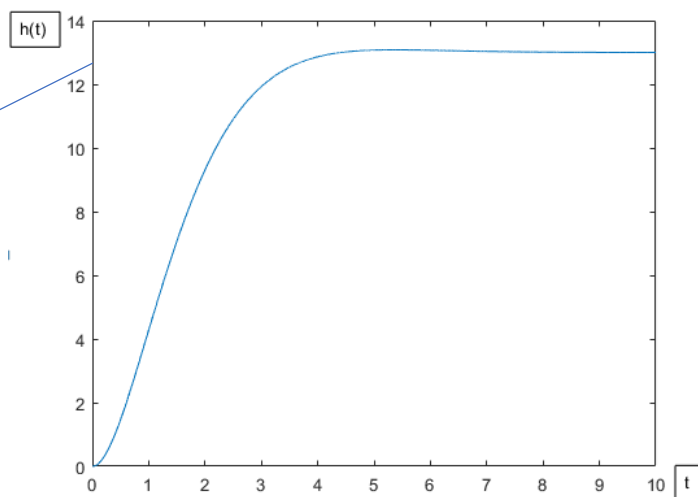
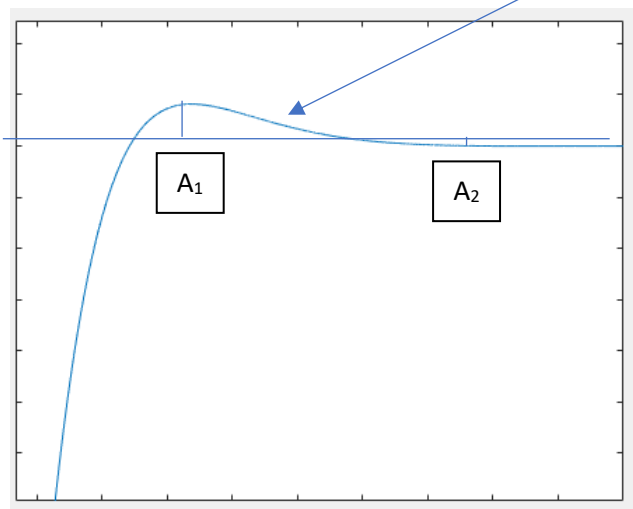
ФЧХ:

$$\varphi(\omega) = \begin{cases} -\pi - \arctg \frac{153s}{100 - 81s^2}, & \text{при } s < \frac{1}{T} \\ -\arctg \frac{153s}{100 - 81s^2}, & \text{при } s > \frac{1}{T} \end{cases}$$

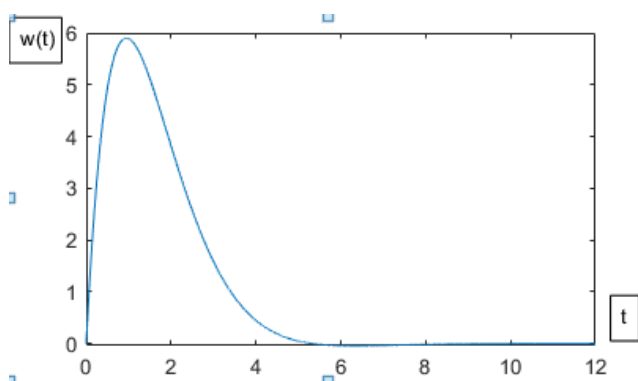
ЛАЧХ:

$$L(\omega) = 20 \lg 13 - 10 \lg [(1 - 0,81s^2)^2 + 4 * 0,85^2 * 0,81s^2] = 10 \lg \left( \frac{1690000}{6561s^4 + 7209s^2 + 10000} \right)$$

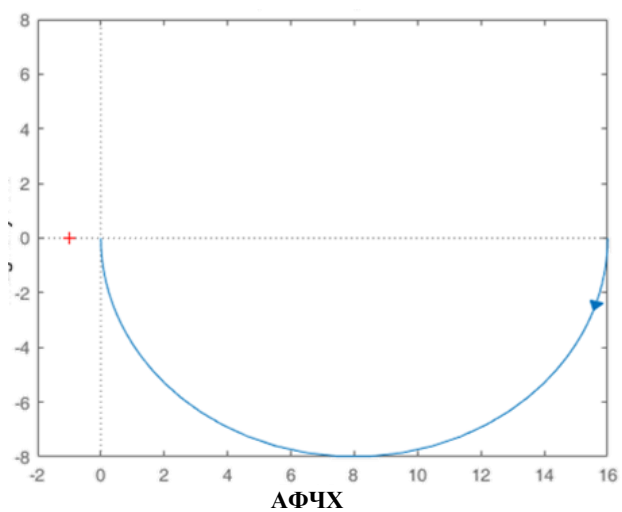
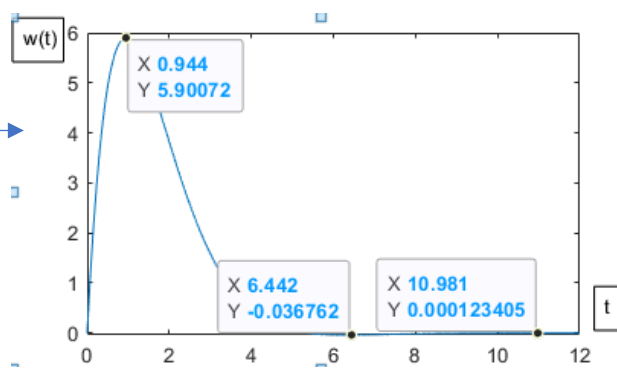
# Графики:



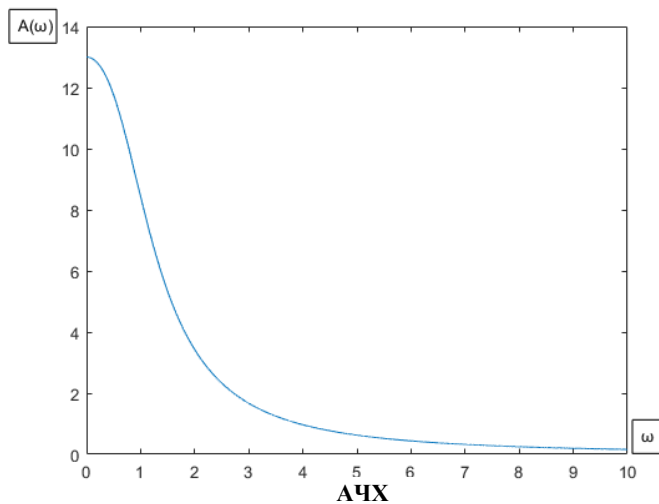
Переходная функция



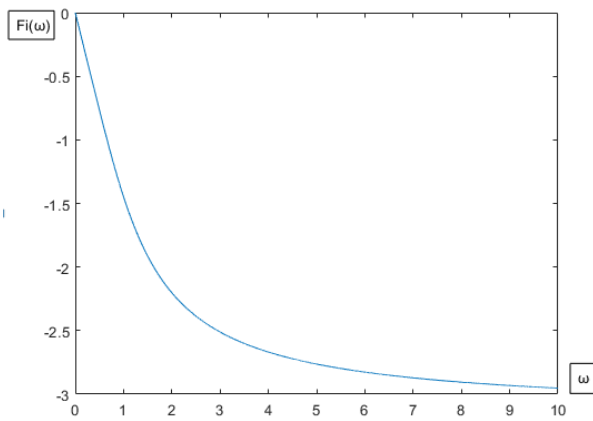
Весовая функция



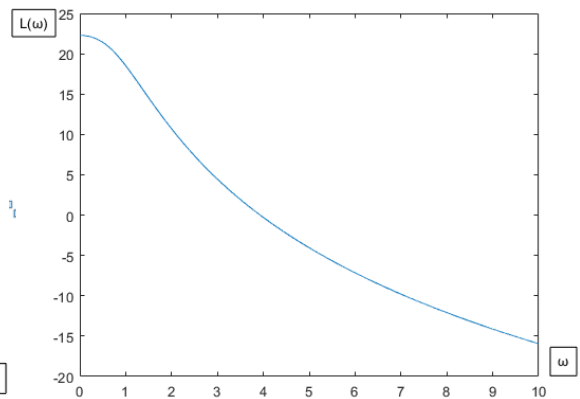
АФЧХ



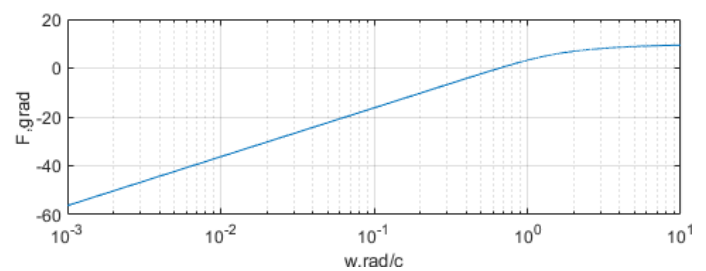
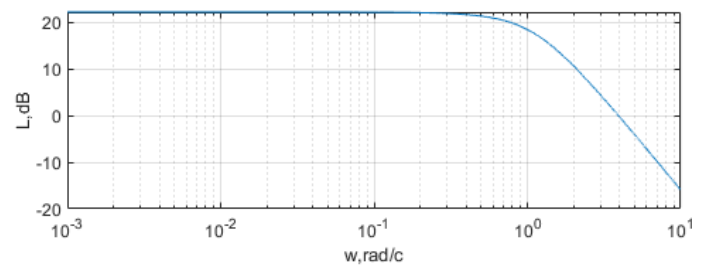
АЧХ



ФЧХ



ЛАЧХ



ЛАФЧХ

## 2. Изодромное

Передаточная функция:

$$W(s) = \frac{k(1+Ts)}{s} = \frac{13(1+0.9s)}{s}$$

Переходная функция:

$$h(t) = k(T + t) = 13(0.9 + t)$$

Весовая характеристика:

$$w(t) = k + \delta(t) = 13 + \delta(t)$$

Частотная передаточная функция  
(АФЧХ):

$$W(j\omega) = k + \frac{k}{Tj\omega} = 13 + \frac{13}{0.9j\omega}$$

АЧХ:

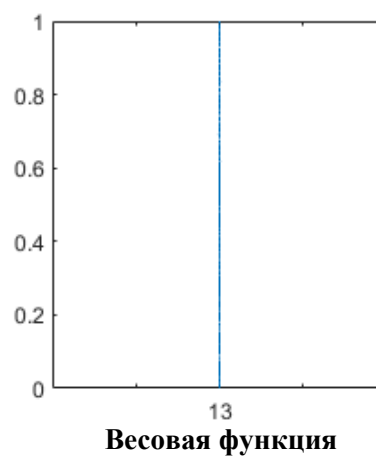
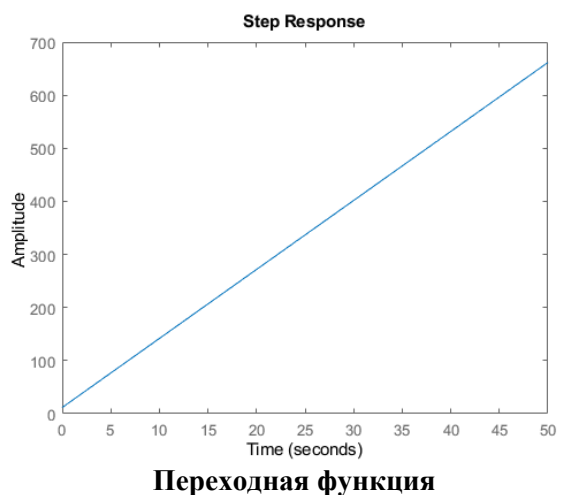
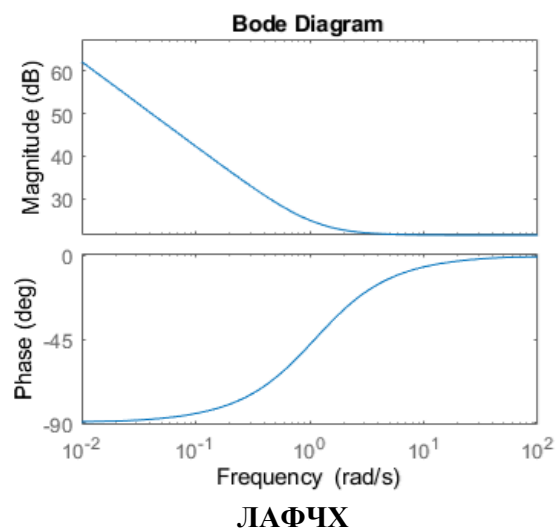
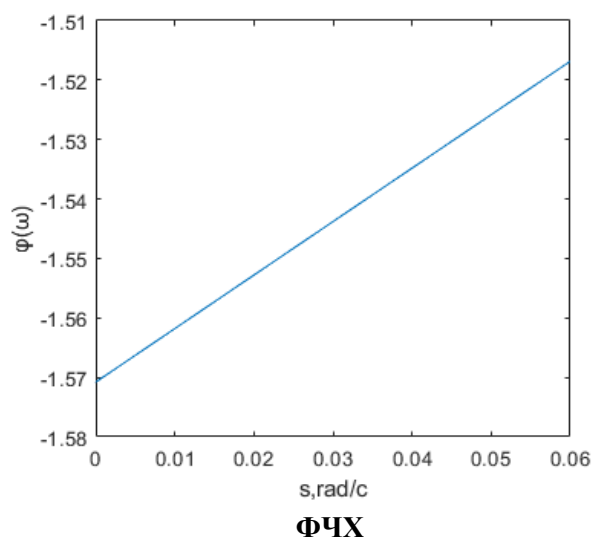
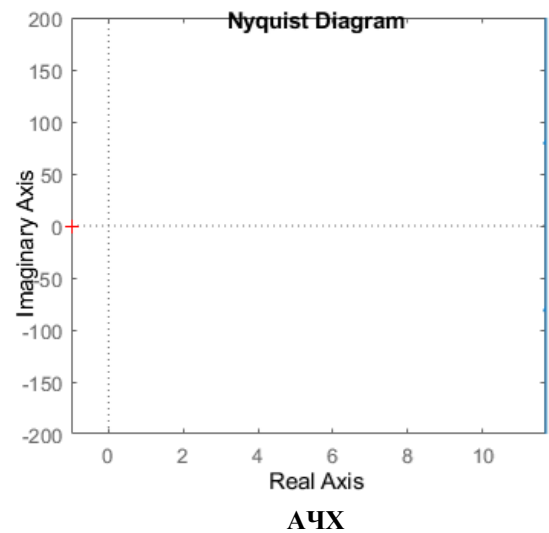
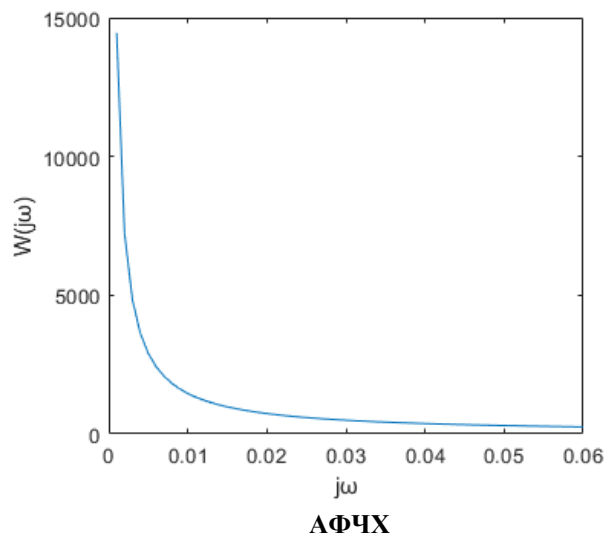
$$A(\omega) = 13 \sqrt{1 + \frac{1}{0.81\omega^2}}$$

ФЧХ:

$$\varphi(\omega) = \text{arctg}(0.9\omega) - \frac{\pi}{2}$$

ЛАЧХ:

$$L(\omega) = 20 \lg 13 + 20 \lg \sqrt{\omega^2 0.81 + 1} - 20 \lg \omega$$



### 3. Дифференцирующее с замедлением (Реальное дифференцирующее звено (дифференцирующее инерционное))

Передаточная функция:

$$W(s) = \frac{ks}{1 + Ts} = \frac{13s}{1 + 0.9s}$$

Переходная функция:

$$h(t) = \frac{13}{0.9} e^{-\left(\frac{t}{0.9}\right)}$$

Весовая характеристика:

$$w(t) = \frac{13}{0.9} \delta(t) - \frac{13}{0.81} e^{-\left(\frac{t}{0.9}\right)}$$

Частотная передаточная функция (АФЧХ):

$$W(j\omega) = \frac{13 * 0.9 * \omega^2 + 13j\omega}{1 + 0.81\omega^2}$$

АЧХ:

$$A(\omega) = \frac{13\omega}{\sqrt{1+0.81\omega^2}}$$

ФЧХ:

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg(0.9\omega)$$

ЛАЧХ:

$$L(\omega) = 20 \lg \frac{13\omega}{\sqrt{1+0.81\omega^2}}$$

**Вывод:** в ходе выполнения лабораторной работы были изучены временные и частотные характеристики элементарных звеньев, выведены их аналитические выражения и построены графики.

