

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра Систем Управления и Информатики Группа Р3340

Лабораторная работа №9
“Экспериментальное построение частотных
характеристик типовых динамических звеньев”
Вариант - 2

Выполнил Алякин С.П. (подпись)
(фамилия, и.о.)

Проверил _____ (подпись)
(фамилия, и.о.)

"__" _____ 20_17 г. Санкт-Петербург, 20_17 г.

Работа выполнена с оценкой _____

Дата защиты "__" _____ 20_17 г.

Цель работы

Изучение частотных характеристик типовых динамических звеньев и способов их построения.

Исходные данные

Таблица 1 – Исходные данные

| k | T | ξ |
|-----|-----|-------|
| 2 | 0,5 | 0,15 |

Сопрягающая частота $\frac{1}{T} = 2$

Входной сигнал $g(t) = g_m \sin \omega t$

Исследуемые типы звеньев:

1. Колебательное $W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1}$
2. Идеальное интегрирующее $W(s) = \frac{k}{s}$
3. Изодромное $W(s) = \frac{k(1 + Ts)}{s}$

1 Колебательное звено

Частотная передаточная функция для колебательного звена:

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{k}{1 - T^2\omega^2 + jT\xi\omega} = \frac{k(1 - T^2\omega^2)}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\xi\omega)^2} - j \frac{2T\xi\omega k}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\xi\omega)^2} \quad (1)$$

$$U(\omega) = \frac{k(1 - T^2\omega^2)}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\xi\omega)^2} = \frac{2 - 0,5\omega^2}{(1 - 0,25\omega^2)^2 + 0,0225\omega^2} \quad (2)$$

$$V(\omega) = -\frac{2T\xi\omega k}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\xi\omega)^2} = -\frac{0,3\omega}{(1 - 0,25\omega^2)^2 + 0,0225\omega^2} \quad (3)$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\xi\omega)^2}} = \frac{2}{\sqrt{(1 - 0,25\omega^2)^2 + 0,0225\omega^2}} \quad (4)$$

$$\psi(\omega) = \begin{cases} -\arctg \frac{2T\xi\omega}{1 - T^2\omega^2} = -\arctg \frac{0,15\omega}{1 - 0,25\omega^2} & \text{при } \omega \leq \frac{1}{T} \\ -\pi - \arctg \frac{2T\xi\omega}{1 - T^2\omega^2} = -\pi - \arctg \frac{0,15\omega}{1 - 0,25\omega^2} & \text{при } \omega > \frac{1}{T} \end{cases} \quad (5)$$

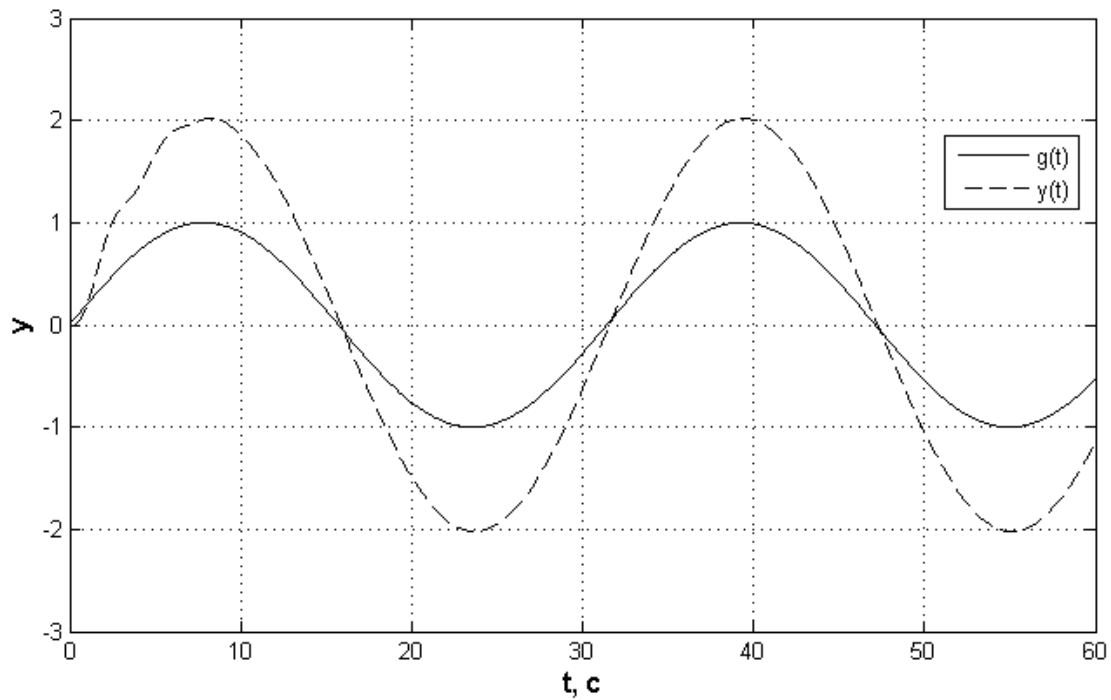
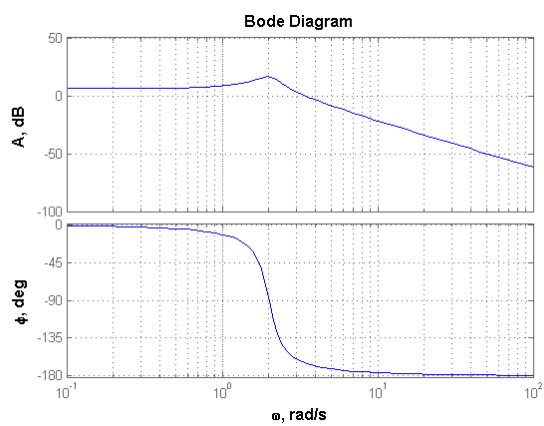


Рисунок 1 – Временная диаграмма колебательного звена

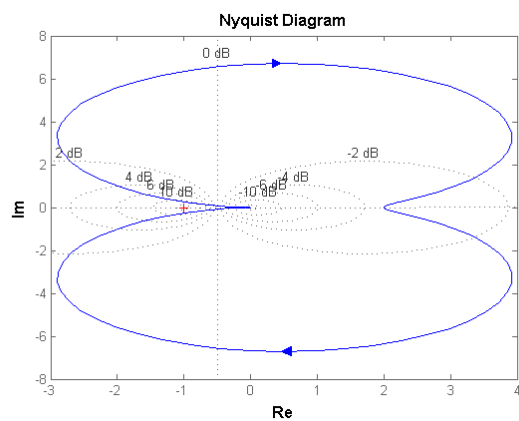
Таблица 2 – Экспериментальные данные исследования колебательного звена

| ω | $\lg \omega$ | $A(\omega)$ | $L(\omega)$ | $\psi(\omega)$ |
|----------|--------------|-------------|-------------|----------------|
| 0,2 | -0,69 | 2,02 | 6,11 | -1,74 |
| 0,35 | -0,45 | 2,06 | 6,28 | -3,1 |
| 0,5 | -0,3 | 2,13 | 6,57 | -4,57 |
| 0,71 | 0,15 | 2,27 | 7,12 | -6,95 |
| 1 | 0 | 2,61 | 8,33 | -11,31 |
| 1,41 | 0,15 | 3,67 | 11,29 | -22,81 |
| 2 | 0,3 | 6,67 | 16,48 | -90 |
| 2,82 | 0,45 | 1,86 | 5,39 | -156,82 |
| 3,98 | 0,6 | 0,66 | -3,61 | -168,59 |
| 6,31 | 0,8 | 0,22 | -13,15 | -173,97 |
| 10 | 1 | 0,08 | 21,94 | -176,42 |

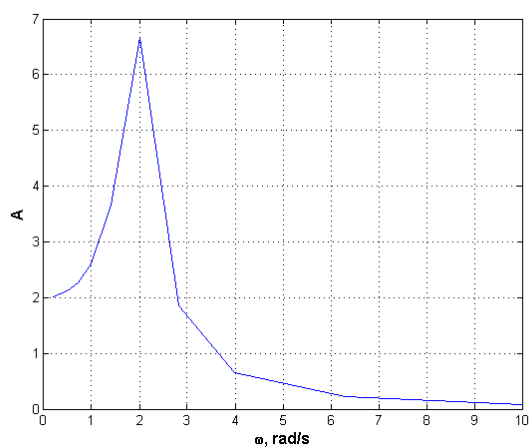
Частотные и логарифмические частотные характеристики приведены на рисунке 2.



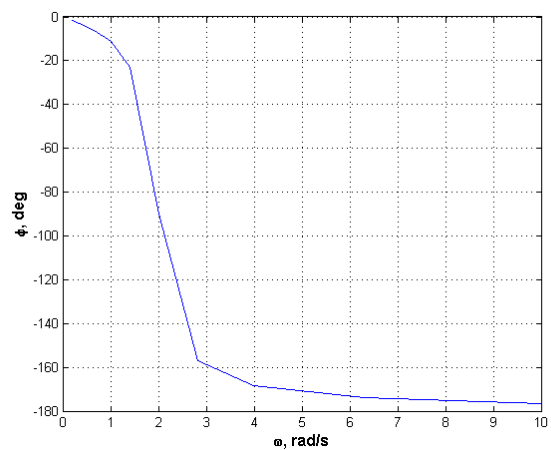
(a) ЛАЧХ и ЛФЧХ



(b) АФЧХ



(c) АЧХ



(d) ФЧХ

Рисунок 2 – Характеристики колебательного звена

Построим асимптотическое ЛАЧХ для данного звена:

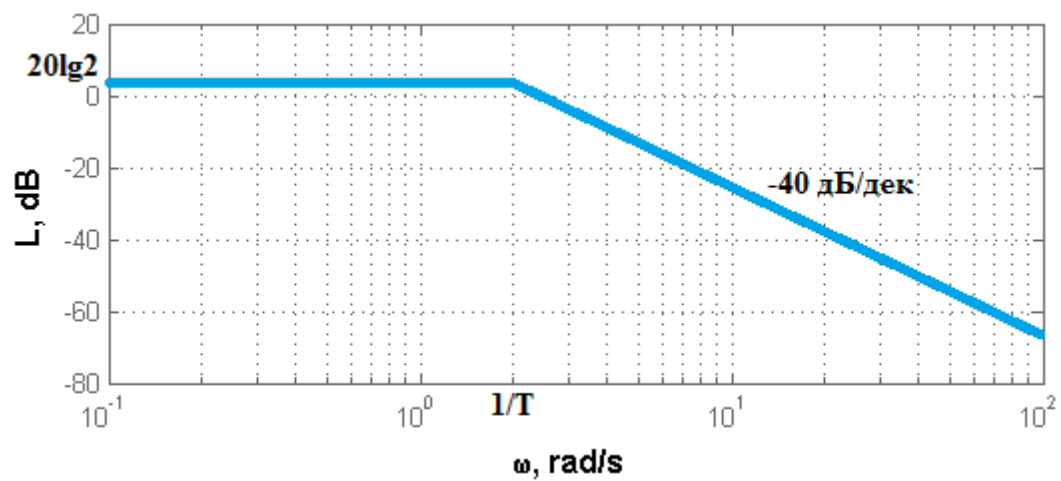


Рисунок 3 – Асимптотическое ЛАЧХ колебательного звена

2 Идеальное интегрирующее звено

Частотная передаточная функция для идеального интегрирующего звена:

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{k}{j\omega} = \frac{jk\omega}{-\omega^2} = -j\frac{k}{\omega} \quad (6)$$

$$U(\omega) = 0 \quad (7)$$

$$V(\omega) = \frac{k}{\omega} = \frac{2}{\omega} \quad (8)$$

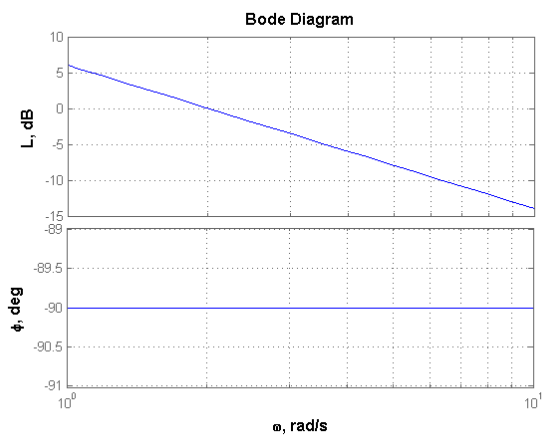
$$A(\omega) = \frac{2}{\omega} \quad (9)$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{2}{\omega} = 20 \lg 2 - 20 \lg \omega \quad (10)$$

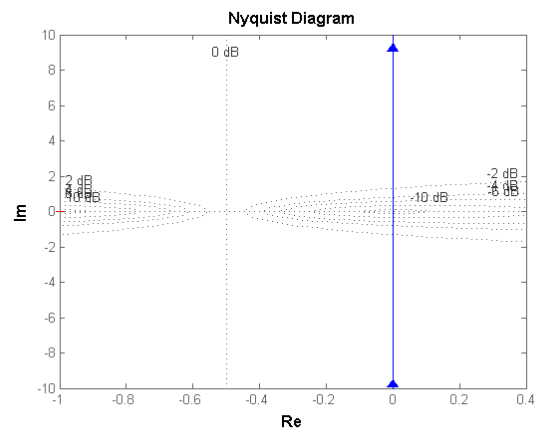
$$\psi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg \frac{2}{\omega} = -\arctg \infty = -\frac{\pi}{2} \quad (11)$$

Таблица 3 – Экспериментальные данные исследования идеального интегрирующего звена

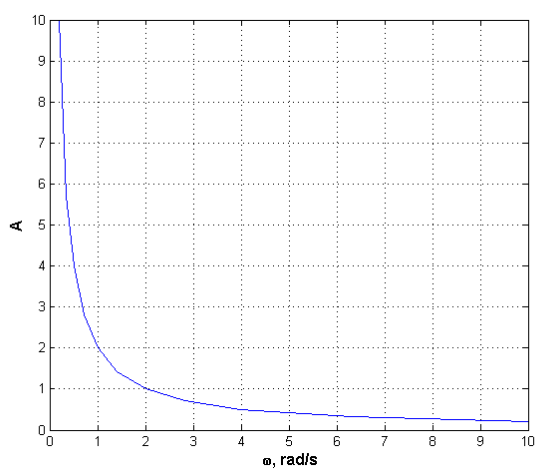
| ω | $\lg \omega$ | $A(\omega)$ | $L(\omega)$ | $\psi(\omega)$ |
|----------|--------------|-------------|-------------|----------------|
| 0,2 | -0,69 | 10 | 20 | -90 |
| 0,35 | -0,45 | 5,71 | 15,13 | -90 |
| 0,5 | -0,3 | 4 | 12,04 | -90 |
| 0,71 | 0,15 | 2,82 | 9 | -90 |
| 1 | 0 | 2 | 6,02 | -90 |
| 1,41 | 0,15 | 1,42 | 3,05 | -90 |
| 2 | 0,3 | 1 | 0 | -90 |
| 2,82 | 0,45 | 0,71 | -2,97 | -90 |
| 3,98 | 0,6 | 0,5 | -6,02 | -90 |
| 6,31 | 0,8 | 0,32 | -9,89 | -90 |
| 10 | 1 | 0,2 | -13,97 | -90 |



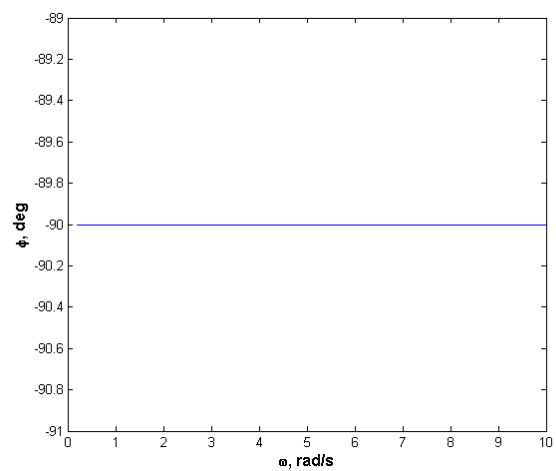
(a) ЛАЧХ и ЛФЧХ



(b) АФЧХ



(c) АЧХ



(d) ФЧХ

Рисунок 4 – Характеристики идеального интегрирующего звена

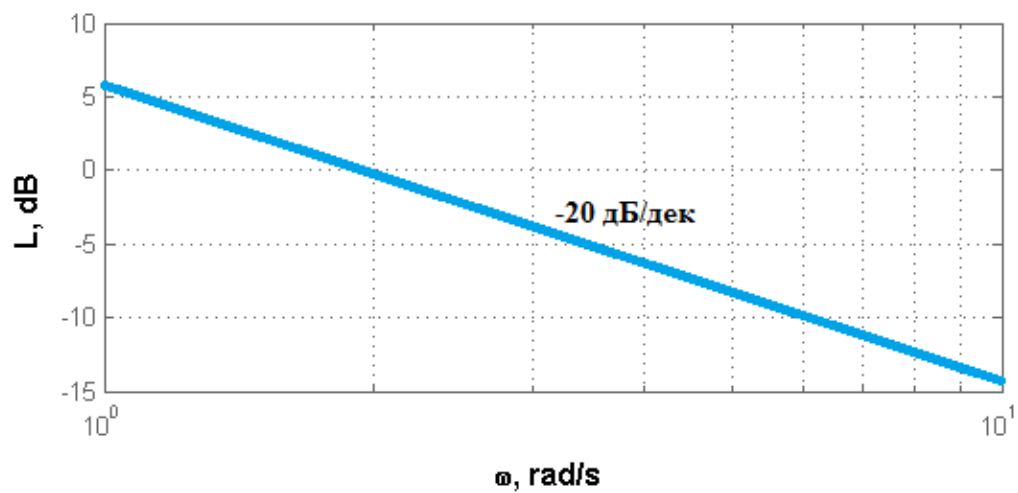


Рисунок 5 – Асимптотическое ЛАЧХ идеального интегрирующего звена

3 Изодромное звено

Частотная характеристика для изодромного звена:

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{k(1+jT\omega)}{j\omega} = \frac{-kT\omega^2 + jk\omega}{-\omega^2} = \frac{kT\omega - jk}{\omega} = kT - j\frac{k}{\omega} \quad (12)$$

$$U(\omega) = kT = 1 \quad (13)$$

$$V(\omega) = -\frac{k}{\omega} = -\frac{2}{\omega} \quad (14)$$

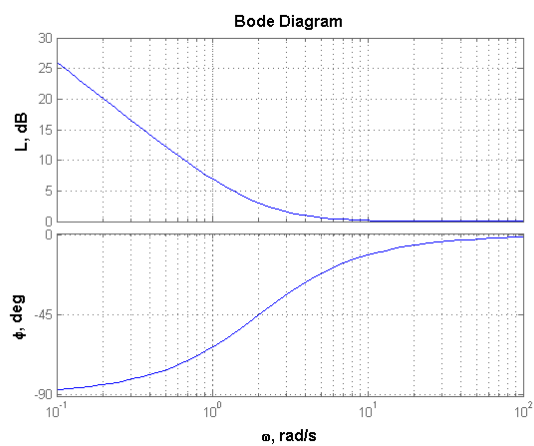
$$A(\omega) = \sqrt{1 + \frac{4}{\omega^2}} \quad eqno(15)$$

$$L(\omega) = 20 \lg \sqrt{1 + \frac{4}{\omega^2}} \quad (16)$$

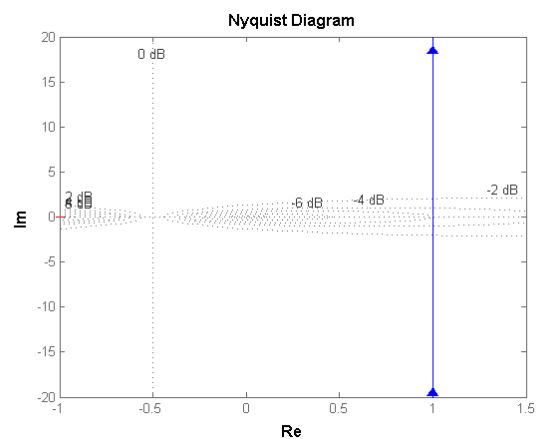
$$\psi(\omega) = -\arctg \frac{2}{\omega} \quad (17)$$

Таблица 4 – Экспериментальные данные исследования изодромного звена

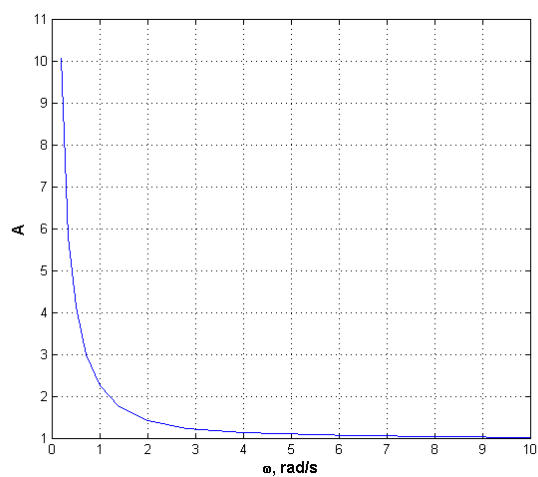
| ω | $\lg \omega$ | $A(\omega)$ | $L(\omega)$ | $\psi(\omega)$ |
|----------|--------------|-------------|-------------|----------------|
| 0,2 | -0,69 | 10,05 | 20,04 | -84,29 |
| 0,35 | -0,45 | 5,8 | 14,12 | -80,07 |
| 0,5 | -0,3 | 4,12 | 12,29 | -75,96 |
| 0,71 | 0,15 | 2,99 | 9,51 | -70,46 |
| 1 | 0 | 2,24 | 7 | -63,43 |
| 1,41 | 0,15 | 1,74 | 4,81 | -54,82 |
| 2 | 0,3 | 1,41 | 2,98 | -45 |
| 2,82 | 0,45 | 1,23 | 1,79 | -35,35 |
| 3,98 | 0,6 | 1,12 | 0,98 | -26,68 |
| 6,31 | 0,8 | 1,05 | 0,42 | -17,59 |
| 10 | 1 | 1,02 | 0,17 | -11,31 |



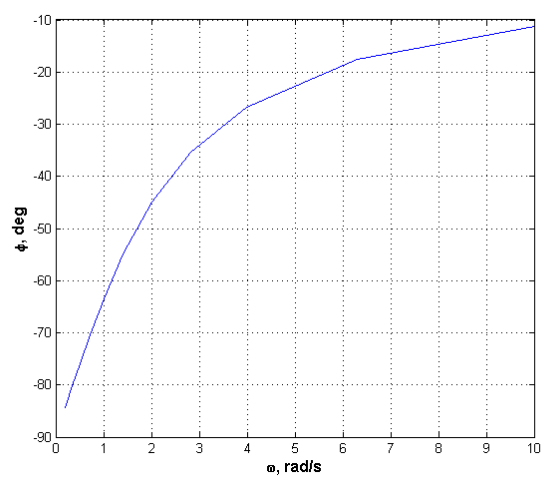
(a) ЛАЧХ и ЛФЧХ



(b) АФЧХ



(c) АЧХ



(d) ФЧХ

Рисунок 6 – Характеристики изодормного звена

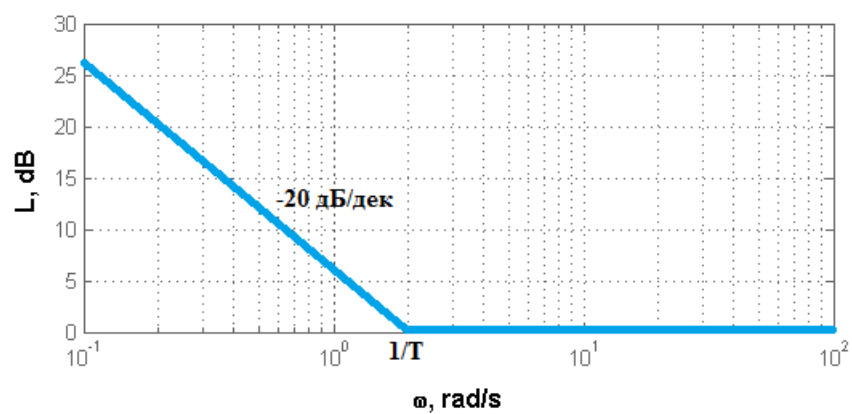


Рисунок 7 – Асимптотическое ЛАЧХ изодормного звена

Вывод

В данной работе были изучены обычные и логарифмические частотные характеристики типовых динамических звеньев, а так же методы построения асимптотических ЛАЧХ. И было доказано, что асимптотические ЛАЧХ сходятся к построенным экспериментально, следовательно, могут быть использованы при разработке систем, так как для их построения практически не требуется вычислительная работа.