

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 - 11

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

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

"__" _____ 20__г. Санкт-Петербург, 20__г.

Работа выполнена с оценкой _____

Дата защиты "__" _____ 20__г.

Задание

Цель работы - изучение частотных характеристик типовых динамических звеньев и способов их построения.

Если на вход устойчивого линейного звена с передаточной функцией $W(s)$ подается гармонический сигнал $g(t) = g_m \sin \omega t$, то на его выходе в установившемся режиме будет гармонический сигнал $y(t) = y_m \sin(\omega t + \psi)$. Задача состоит в том, чтобы определить зависимость амплитуды $y_m(\omega)$ и разности фаз между выходным сигналом и входным $\psi(\omega)$ от частоты входного сигнала. Полученные графики получили название: амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ).

В данной работе необходимо получить АЧХ и ФЧХ линейных динамических звеньев, представленных в таблице 1, подставив в них параметры, указанные в таблице 2. После чего, на основе двух предыдущих характеристик, построить амплитудно-фазовую характеристику (АФЧХ).

Таблица 1 – Исходные элементарные звенья

Тип звена	Передаточная функция
Идеальное интегрирующее	$\frac{k}{s}$
Изодромное	$\frac{k(Ts + 1)}{s}$
Дифференцирующее с замедлением	$\frac{ks}{Ts + 1}$

Таблица 2 –
Параметры

K	T	ξ
5	0.1	0.1

1 Исследование идеального интегрирующего звена

В таблице 3 представлены данные, снятые по графикам переходных процессов.

Таблица 3 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	5	13.98	−90
5	0.7	1	0	−90
15	1.18	0.3	−9.54	−90
25	1.4	0.2	−13.98	−90
35	1.54	0.14	−16.9	−90
45	1.65	0.11	−19.08	−90
55	1.74	$9.09 \cdot 10^{-2}$	−20.83	−90
65	1.81	$7.69 \cdot 10^{-2}$	−22.28	−90
75	1.88	$6.67 \cdot 10^{-2}$	−23.52	−90
85	1.93	$5.88 \cdot 10^{-2}$	−24.61	−90
100	2	$5 \cdot 10^{-2}$	−26.02	−90

Передаточная функция исследуемого звена представлена в таблице 1. Из нее можно построить частотную функцию и найти выражения для АЧХ и ФЧХ.

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

$$U(\omega) = 0 \quad (2)$$

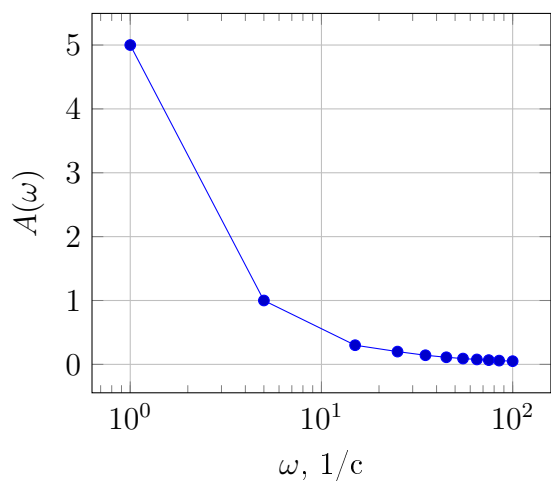
$$V(\omega) = \frac{k}{\omega} = \frac{5}{\omega} \quad (3)$$

$$A(\omega) = \frac{5}{\omega} \quad (4)$$

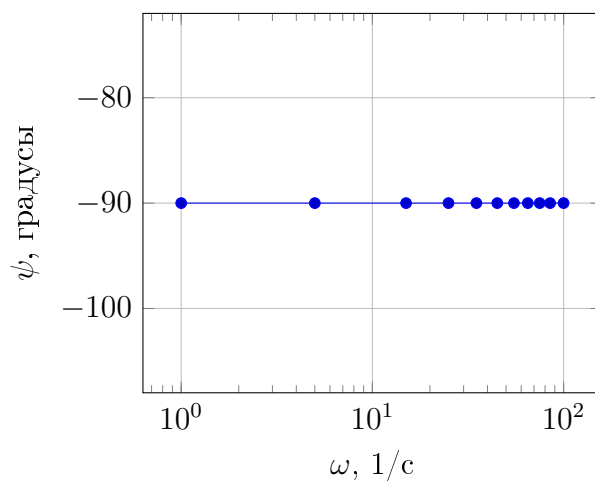
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{5}{\omega} = 20 \lg 5 - 20 \lg \omega \quad (5)$$

$$\psi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\operatorname{arctg} \frac{5}{\omega} = -\operatorname{arctg} \infty = -\frac{\pi}{2} \quad (6)$$

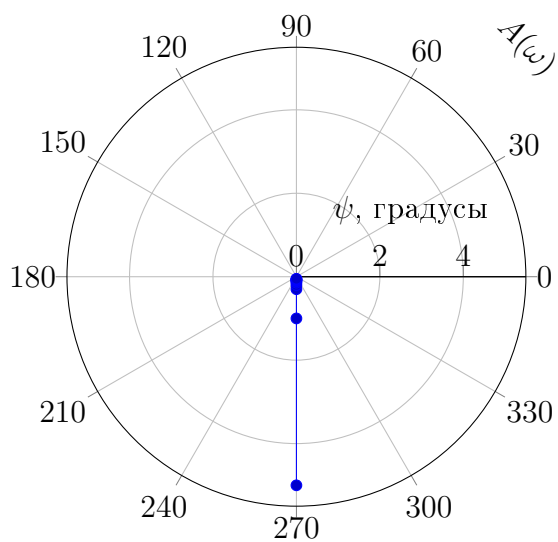
Экспериментально построенные характеристики данного звена представлены ниже.



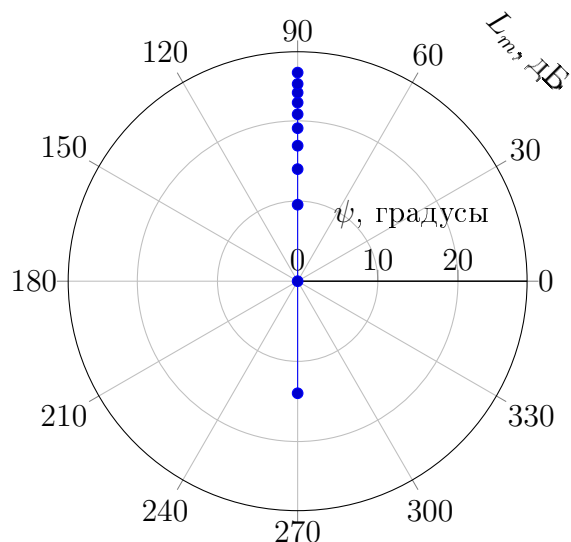
(а) График АЧХ



(б) График ФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 1 – Частотные характеристики идеального интегрирующего звена

2 Исследование изодромного звена

В таблице 4 представлены данные, снятые по графикам переходных процессов.

Таблица 4 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	5.02	14.02	−84.3
5	0.7	1.12	0.97	−63.4
15	1.18	0.6	−4.42	−33.7
25	1.4	0.54	−5.38	−21.8
35	1.54	0.52	−5.68	−16
45	1.65	0.51	−5.81	−12.53
55	1.74	0.51	−5.88	−10.3
65	1.81	0.51	−5.92	−8.75
75	1.88	0.5	−5.94	−7.6
85	1.93	0.5	−5.96	−6.7
100	2	0.5	−5.98	−5.7

Передаточная функция исследуемого звена представлена в таблице 1. Из нее можно построить частотную функцию и найти выражения для АЧХ и ФЧХ.

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{k(1+jT\omega)}{j\omega} = \frac{-kT\omega^2 + jk\omega}{-\omega^2} = \frac{kT\omega - jk}{\omega} = kT - j\frac{k}{\omega} \quad (7)$$

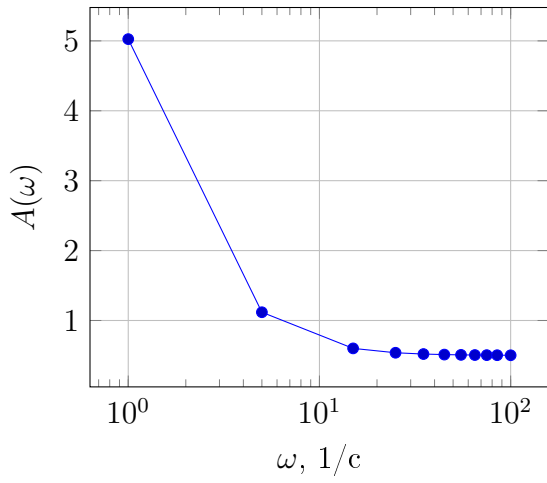
$$U(\omega) = kT = 0.5 \quad (8)$$

$$V(\omega) = -\frac{k}{\omega} = -\frac{5}{\omega} \quad (9)$$

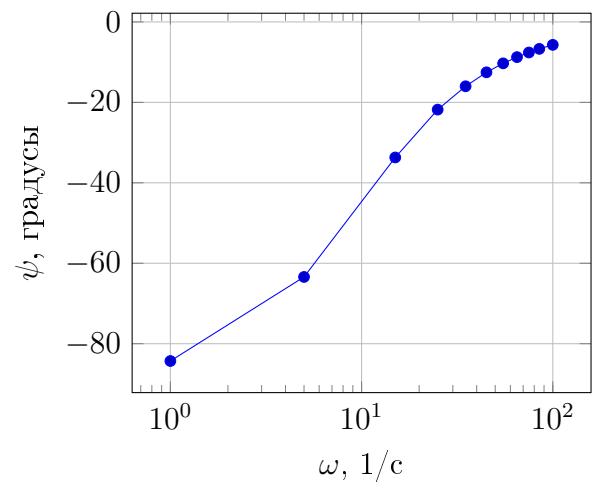
$$A(\omega) = \sqrt{0.25 + \frac{25}{\omega^2}} \quad (10)$$

$$L(\omega) = 20 \lg \sqrt{1 + \frac{4}{\omega^2}} \quad (11)$$

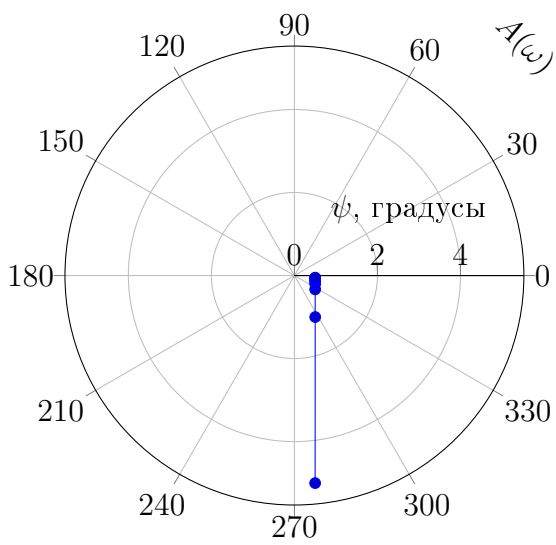
$$\psi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{10}{\omega} \quad (12)$$



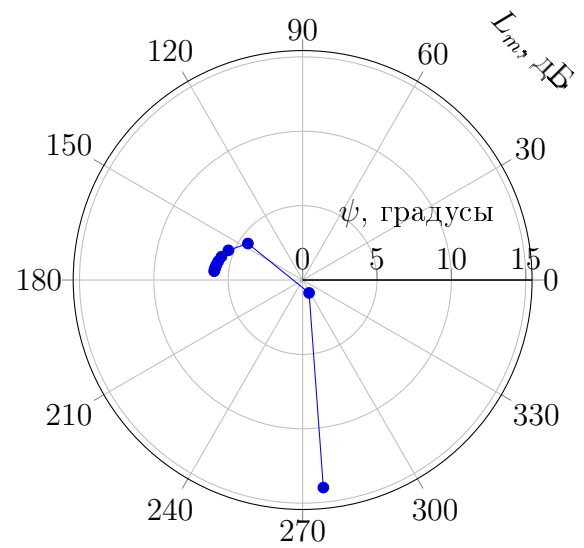
(а) График АЧХ



(б) График ФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 2 – Частотные характеристики изотропного звена

3 Исследование дифференцирующего звена с замедлением

В таблице 4 представлены данные, снятые по графикам переходных процессов.

Таблица 5 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	4.98	13.94	84.3
5	0.7	22.36	26.99	63.4
15	1.18	41.6	32.38	33.7
25	1.4	46.42	33.33	21.8
35	1.54	48.08	33.64	16
45	1.65	48.81	33.77	12.53
55	1.74	49.19	33.84	10.3
65	1.81	49.42	33.88	8.75
75	1.88	49.56	33.9	7.6
85	1.93	49.66	33.92	6.7
100	2	49.75	33.94	5.7

Ниже представлены выражения частотных характеристик.

$$W(jw) = \frac{5jw}{0.1jw + 1} = \frac{5jw(1 - 0.1jw)}{1 + 0.01w^2} = \frac{0.5w^2}{1 + 0.01w^2} + \frac{5w}{1 + 0.01w^2}j \quad (13)$$

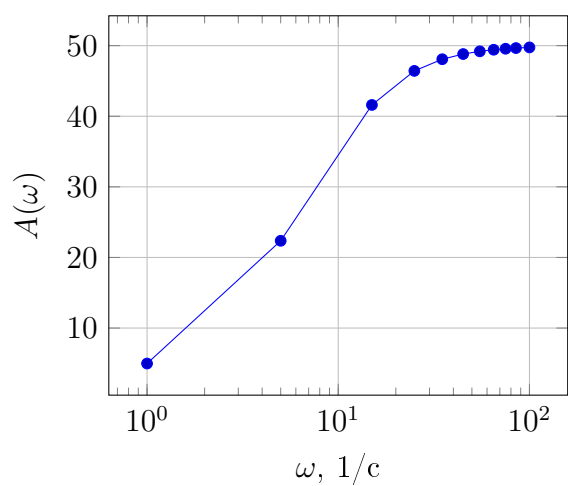
$$U(w) = \frac{0.5w^2}{1 + 0.01w^2} \quad (14)$$

$$V(w) = \frac{5w}{1 + 0.01w^2} \quad (15)$$

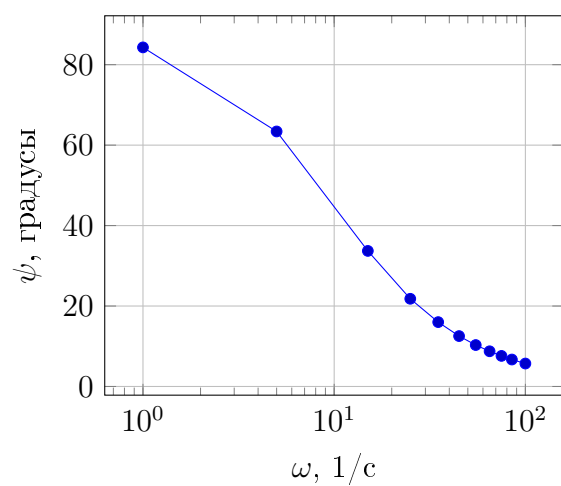
$$A(w) = \sqrt{U^2 + V^2} = \sqrt{\frac{0.25w^4}{(1 + 0.01w^2)^2} + \frac{25w^2}{(1 + 0.01w^2)^2}} = \frac{5w}{\sqrt{1 + 0.01w^2}} \quad (16)$$

$$\psi(w) = \arctg \frac{V(w)}{U(w)} = \arctg \frac{10}{w} \quad (17)$$

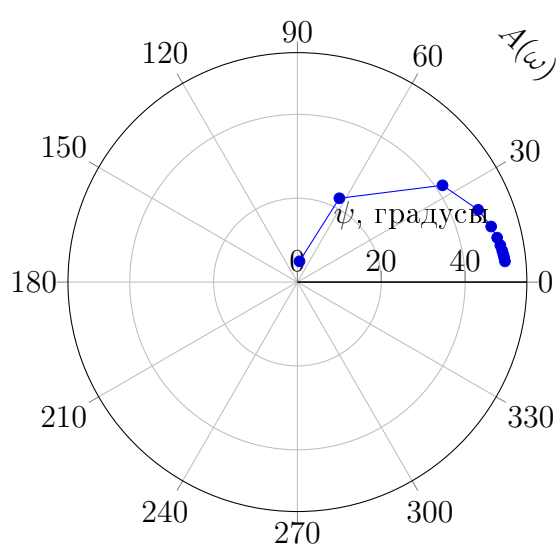
На рисунке 3 представлены графики по данным, которые были сняты графически и полученные аналитически из выражения (8). Как видно из графиков, чем меньше частота колебаний - тем меньше амплитуда собственных колебаний системы.



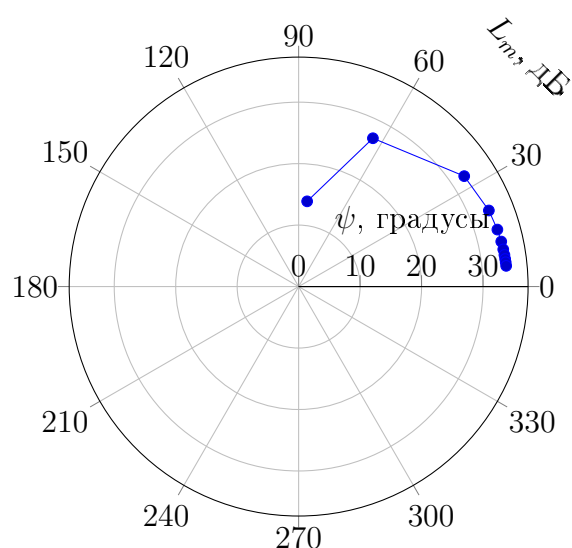
(а) График АЧХ



(б) График ФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 – Частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением

4 Асимптотические ЛАЧХ исследуемых звеньев

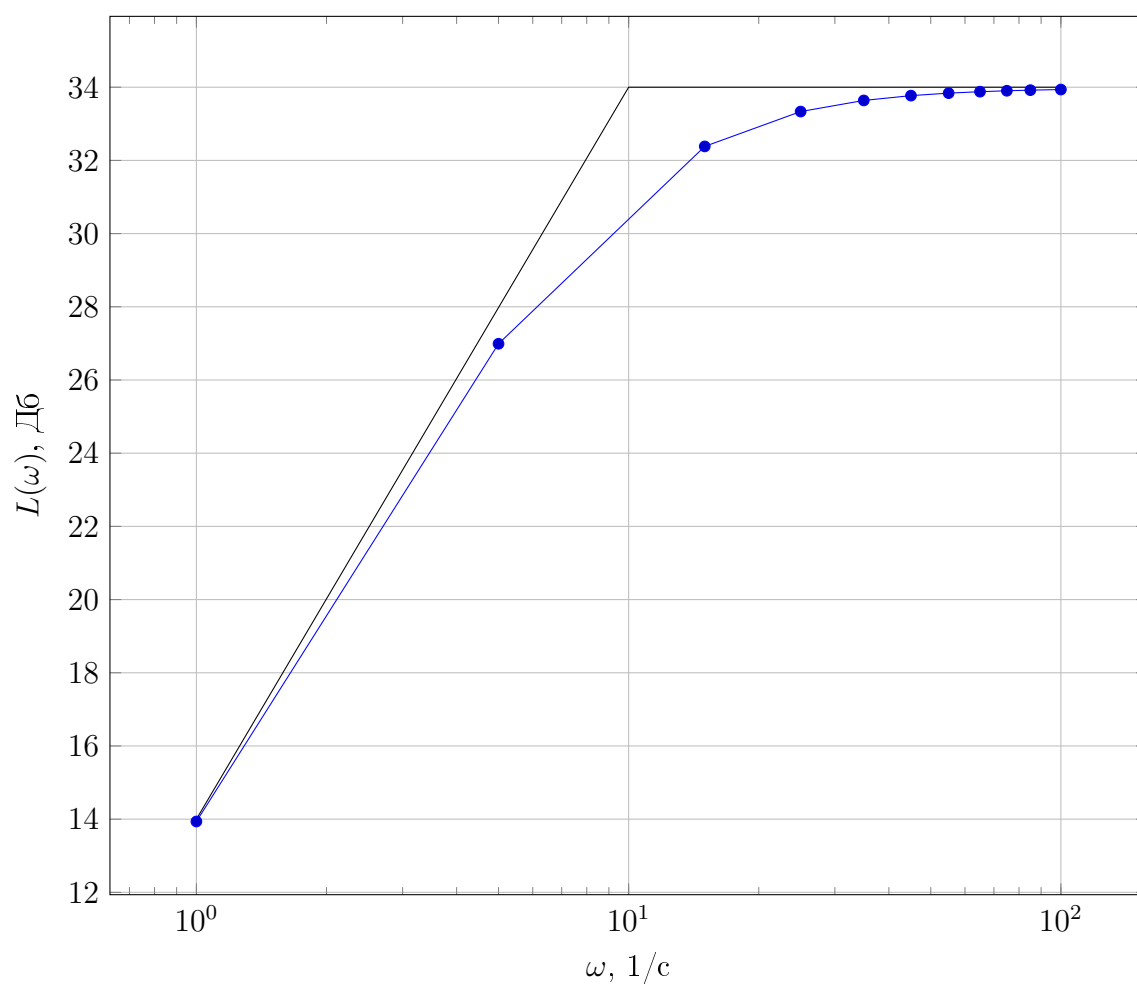


Рисунок 4 – График ЛАЧХ дифференцирующего звена с замедлением

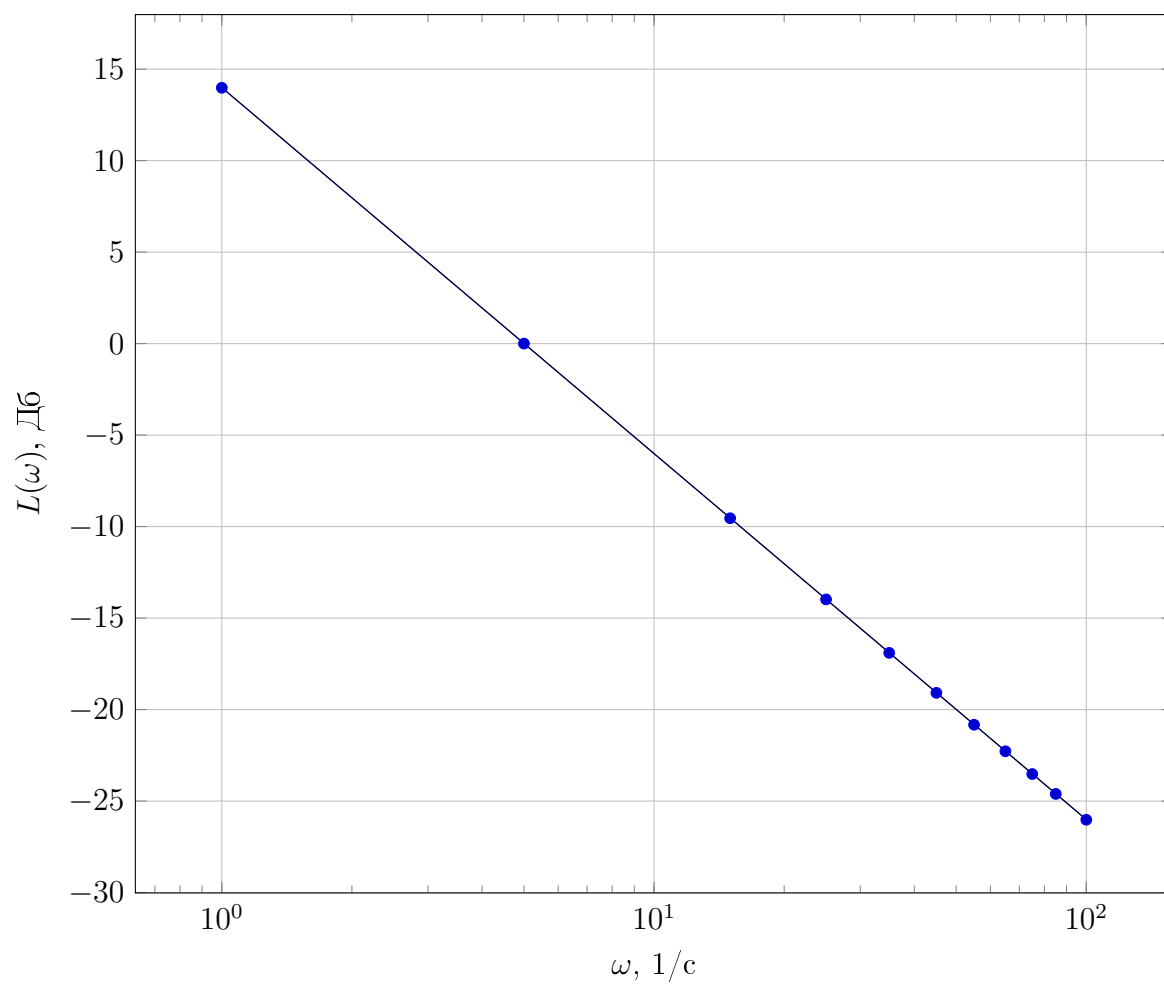


Рисунок 5 – График ЛАЧХ идеального интегрирующего

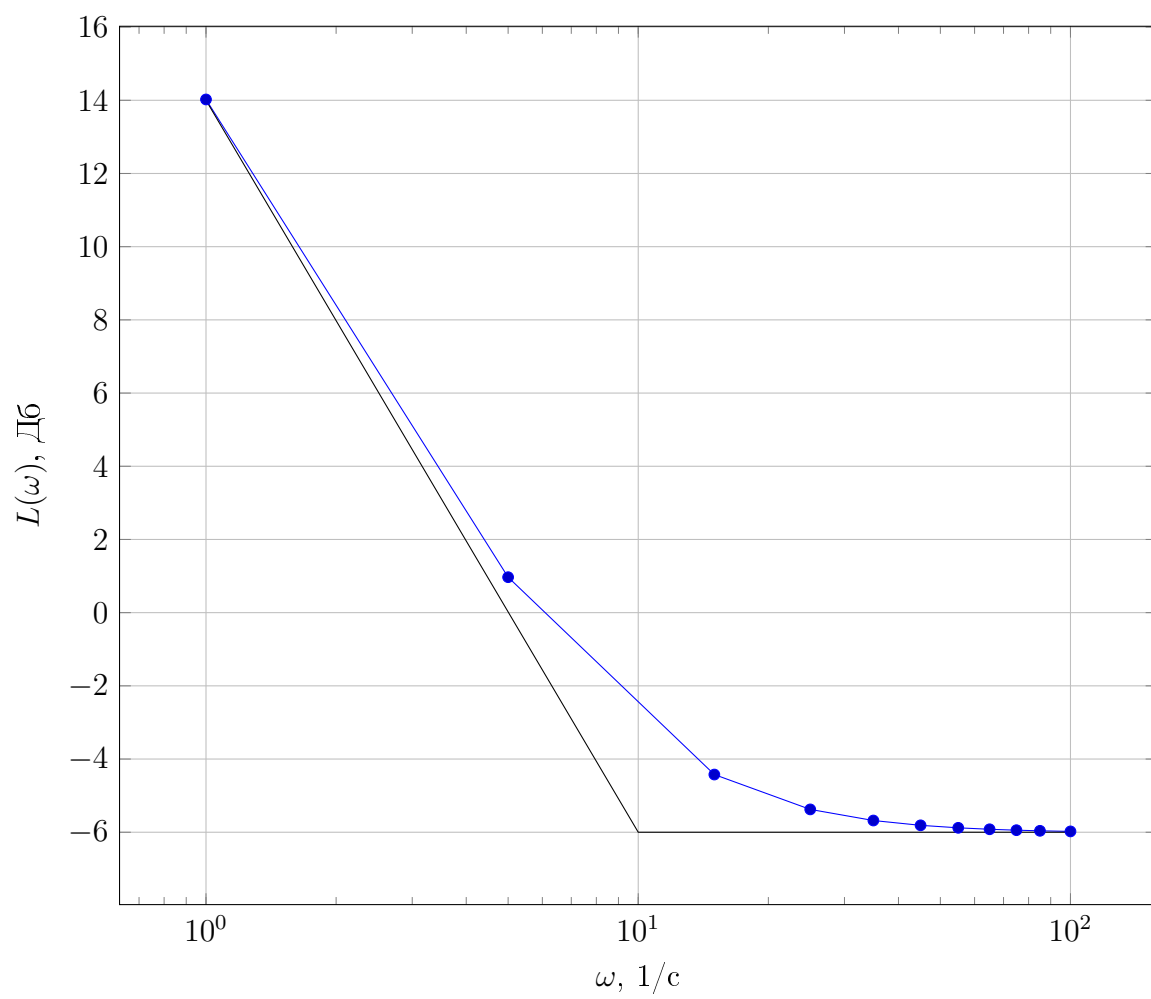


Рисунок 6 – График ЛАЧХ изотропного звена

Выводы

В данной работе мы исследовали частотные характеристики трех звеньев: Идеального интегрирующего, изотропного, и дифференцирующего с замедлением. Получили экспериментально графики частотных характеристик и сравнили их с соответствующими выражениями.

Как видно из рисунка 4 и 6, при частоте $\omega_c = 1/T = 10$ ЛАЧХ изменяет наклон, что соответствует теории (наклон дифференцирующего звена с замедлением изменяется с $+20$ Дб/дек до 0 Дб/дек, изотропного соответственно от -20 Дб/дек до 0 Дб/дек) и у идеального интегрирующего не изменяет