

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 - 1

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; построение частотных характеристик, расчёт передаточных функций для заданных типовых звеньев.

В работе предстоит построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ и ЛАФЧХ исследуемых звеньев, а также асимптотические ЛАЧХ, построенные графо-аналитическим методом. На вход исследуемого звена подаётся синусоидальный сигнал постоянной амплитуды. Надо измерить амплитуду выходного сигнала и сдвиг фаз между входным и выходным сигналами при различных частотах - таким образом будут получены данные для построения частотных характеристик.

Таблица 1 – Исходные элементарные звенья

Тип звена	Передаточная функция
Апериодическое 1-го порядка	$\frac{k}{Ts + 1}$
Дифференцирующее с замедлением	$\frac{ks}{Ts + 1}$
Интегрирующее с замедлением	$\frac{k}{s(Ts + 1)}$

Таблица 2 –
Параметры

k	T	ξ
5	0.1	0.1

1 Исследование апериодического 1-го порядка

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{k(1 - T\omega j)}{T^2\omega^2 + 1} \quad (2)$$

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}} \quad (3)$$

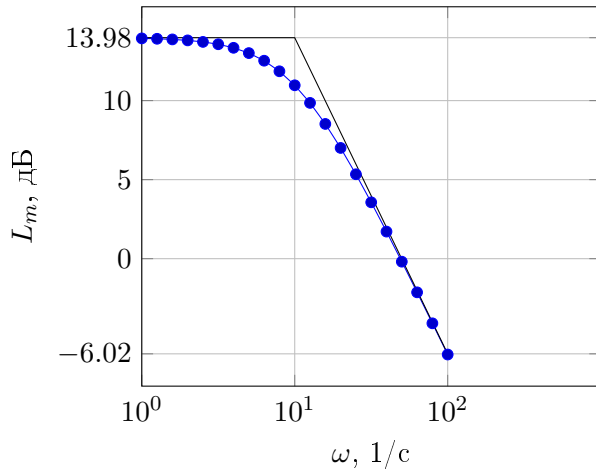
$$\psi(\omega) = -\arctg T\omega \quad (4)$$

Экспериментальные данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 3.

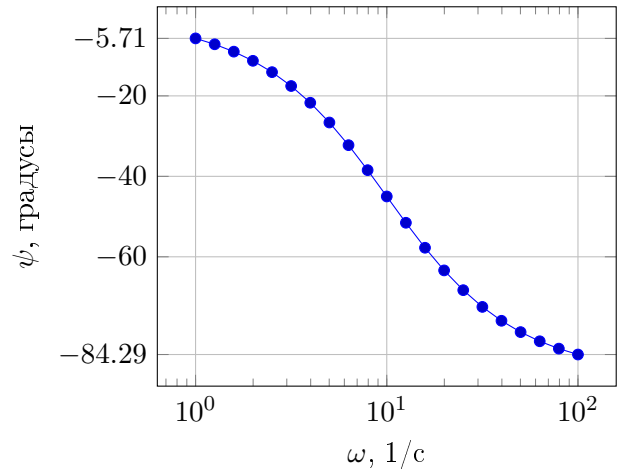
Таблица 3 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	4.98	13.94	-5.71
1.26	0.1	4.96	13.91	-7.18
1.58	0.2	4.94	13.87	-9.01
2	0.3	4.9	13.81	-11.28
2.51	0.4	4.85	13.71	-14.1
3.16	0.5	4.77	13.57	-17.55
3.98	0.6	4.65	13.34	-21.71
5.01	0.7	4.47	13.01	-26.62
6.31	0.8	4.23	12.52	-32.25
7.94	0.9	3.92	11.85	-38.46
10	1	3.54	10.97	-45
12.59	1.1	3.11	9.85	-51.54
15.85	1.2	2.67	8.52	-57.75
19.95	1.3	2.24	7.01	-63.38
25.12	1.4	1.85	5.34	-68.29
31.62	1.5	1.51	3.57	-72.45
39.81	1.6	1.22	1.71	-75.9
50.12	1.7	0.98	-0.19	-78.72
63.1	1.8	0.78	-2.13	-80.99
79.43	1.9	0.62	-4.09	-82.82
100	2	0.5	-6.06	-84.29

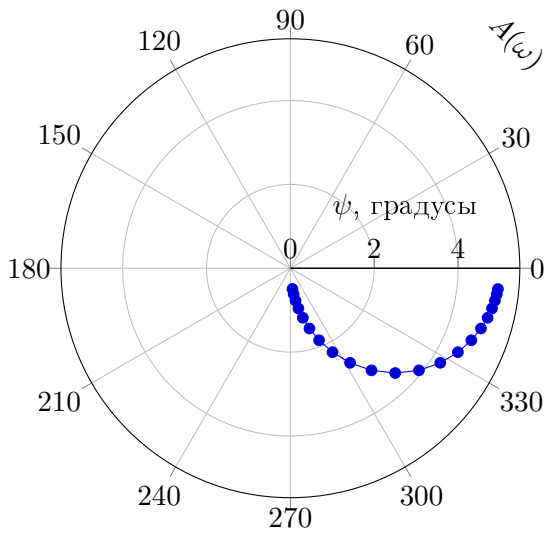
На рисунке 1 представлены частотные характеристики интегрирующего звена с замедлением.



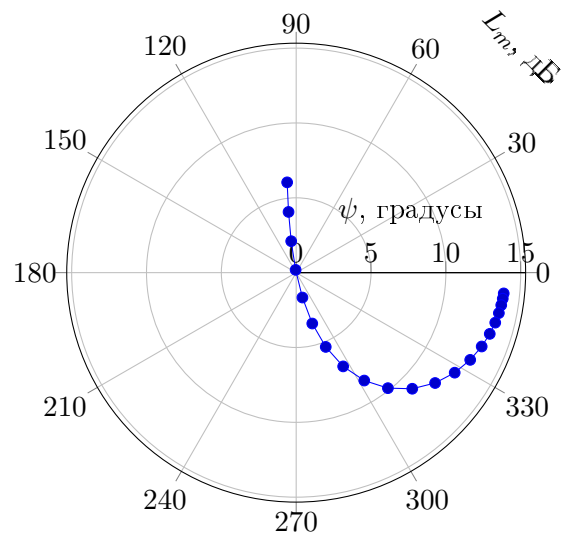
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 1 — Частотные характеристики интегрирующего звена с запаздыванием

2 Исследование дифференцирующего звена с замедлением

Передаточная функция исследуемого звена:

$$W(s) = \frac{ks}{Ts + 1} \quad (5)$$

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{k\omega j}{1 + T\omega j} \quad (6)$$

$$A(\omega) = \frac{k\omega}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}} \quad (7)$$

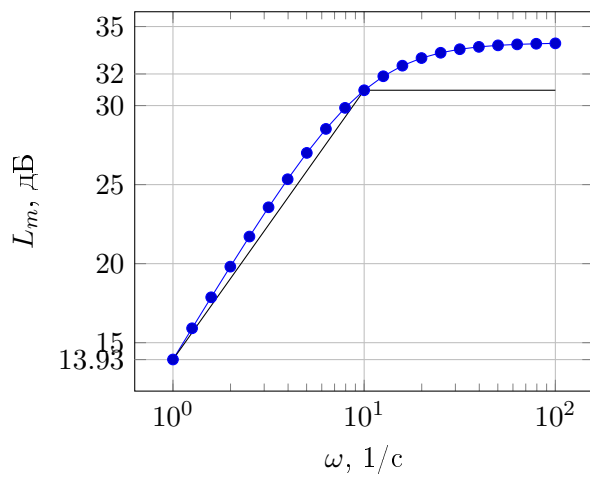
$$\psi(\omega) = \arctg \frac{1}{T\omega} \quad (8)$$

Экспериментальные данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 4.

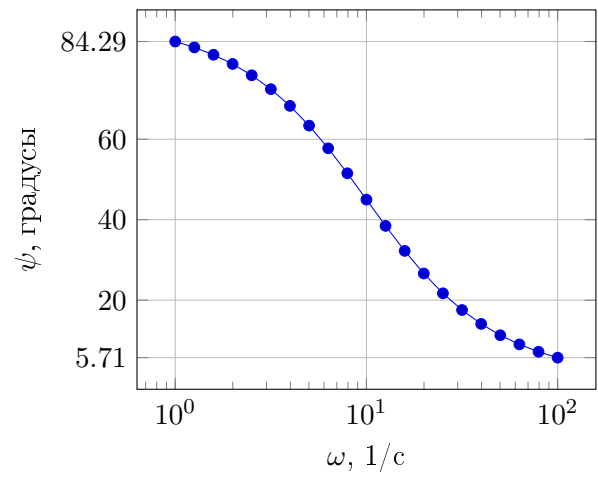
Таблица 4 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	4.98	13.94	84.29
1.26	0.1	6.25	15.91	82.82
1.58	0.2	7.83	17.87	80.99
2	0.3	9.78	19.81	78.72
2.51	0.4	12.18	21.71	75.9
3.16	0.5	15.08	23.57	72.45
3.98	0.6	18.49	25.34	68.29
5.01	0.7	22.4	27.01	63.38
6.31	0.8	26.68	28.52	57.75
7.94	0.9	31.1	29.85	51.54
10	1	35.36	30.97	45
12.59	1.1	39.15	31.85	38.46
15.85	1.2	42.29	32.52	32.25
19.95	1.3	44.7	33.01	26.62
25.12	1.4	46.45	33.34	21.71
31.62	1.5	47.67	33.57	17.55
39.81	1.6	48.49	33.71	14.1
50.12	1.7	49.03	33.81	11.28
63.1	1.8	49.38	33.87	9.01
79.43	1.9	49.61	33.91	7.18
100	2	49.75	33.94	5.71

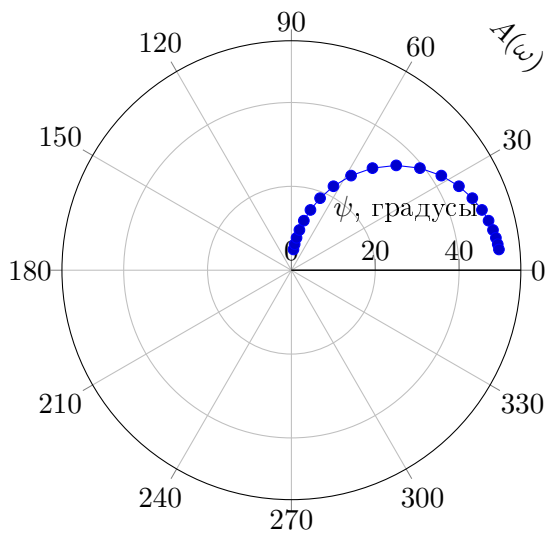
На рисунке 2 представлены частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением



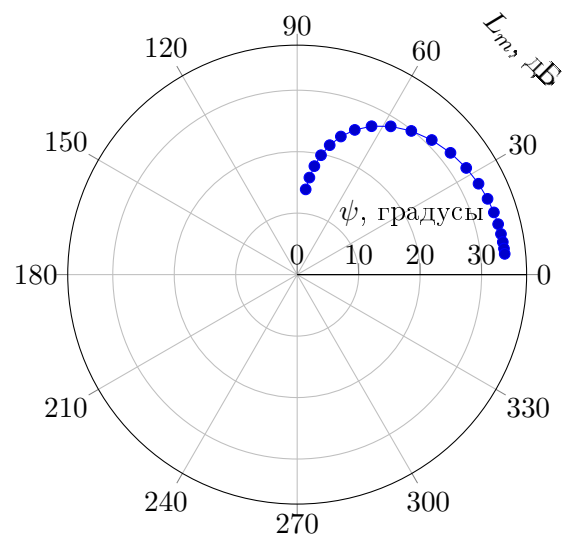
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 2 — Частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением

3 Исследование интегрирующего с замедлением

Передаточная функция исследуемого звена:

$$W(s) = \frac{k}{Ts^2 + s} \quad (9)$$

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega(Tj\omega + 1)} \quad (10)$$

$$A(\omega) = \frac{k}{\omega(T^2\omega^2 + 1)} \quad (11)$$

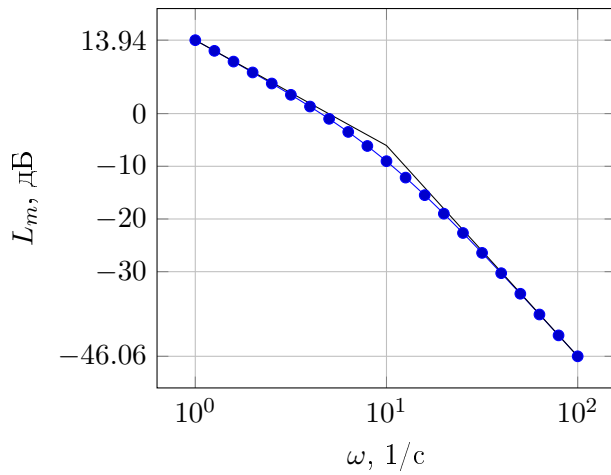
$$\psi(\omega) = -\pi/2 - \arctg(\omega T) \quad (12)$$

Экспериментальные данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 5.

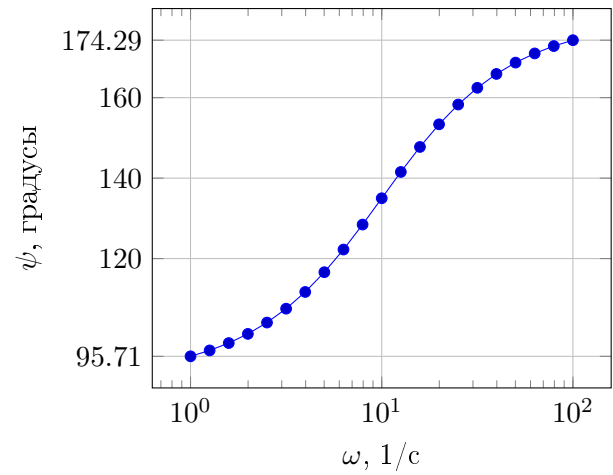
Таблица 5 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	4.98	13.94	95.71
1.26	0.1	3.94	11.91	97.18
1.58	0.2	3.12	9.87	99.01
2	0.3	2.46	7.81	101.28
2.51	0.4	1.93	5.71	104.1
3.16	0.5	1.51	3.57	107.55
3.98	0.6	1.17	1.34	111.71
5.01	0.7	0.89	−0.99	116.62
6.31	0.8	0.67	−3.48	122.25
7.94	0.9	0.49	−6.15	128.46
10	1	0.35	−9.03	135
12.59	1.1	0.25	−12.15	141.54
15.85	1.2	0.17	−15.48	147.75
19.95	1.3	0.11	−18.99	153.38
25.12	1.4	$7.36 \cdot 10^{-2}$	−22.66	158.29
31.62	1.5	$4.77 \cdot 10^{-2}$	−26.43	162.45
39.81	1.6	$3.06 \cdot 10^{-2}$	−30.29	165.9
50.12	1.7	$1.95 \cdot 10^{-2}$	−34.19	168.72
63.1	1.8	$1.24 \cdot 10^{-2}$	−38.13	170.99
79.43	1.9	$7.86 \cdot 10^{-3}$	−42.09	172.82
100	2	$4.98 \cdot 10^{-3}$	−46.06	174.29

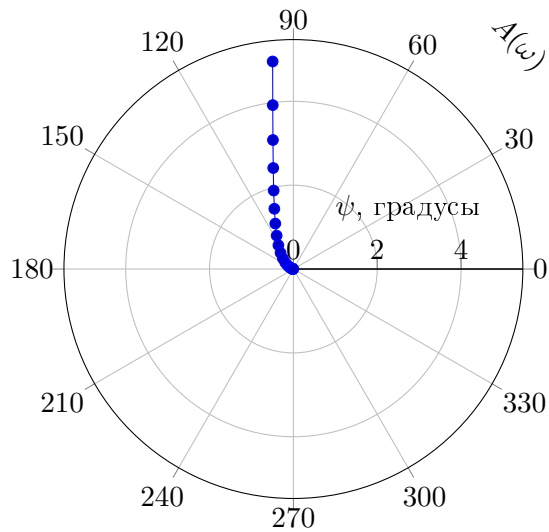
На рисунке 3 представлены частотные характеристики интегрирующего с замедлением.



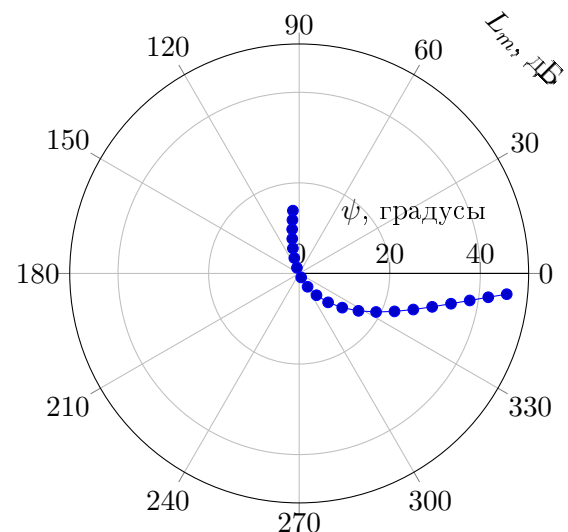
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 — Частотные характеристики интегрирующего с замедлением

Вывод

В лабораторной работе были исследованы следующие элементарные звенья: апериодическое 1-го порядка, дифференцирующее с замедлением и интегрирующее с замедлением. Были найдены частотные характеристики, а также построены графо-аналитическим методом асимптотические ЛАЧХ, к которым сходятся полученные экспериментально графики.