

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 - 4

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	$\frac{k}{Ts + 1}$
Колебательное	$\frac{k}{T^2s^2 + 2\xi Ts + 1}$
Дифференцирующее с замедлением	$\frac{ks}{Ts + 1}$

Таблица 2 –
Параметры

k	T	ξ
8	4	0.3

1 Исследование апериодического 1-го порядка

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

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

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

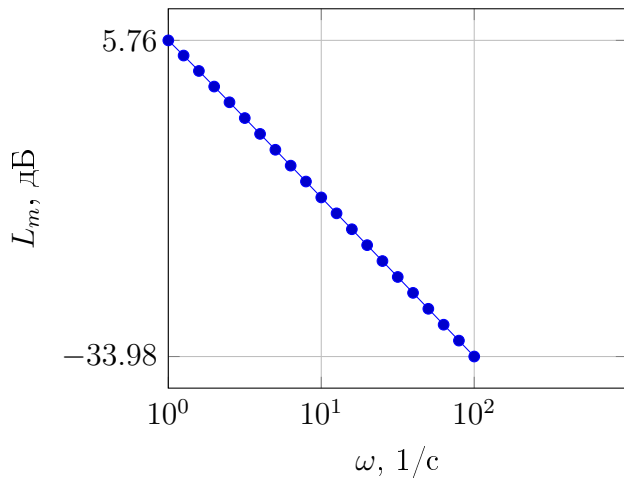
$$\psi(\omega) = -\operatorname{arctg} T\omega \quad (4)$$

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

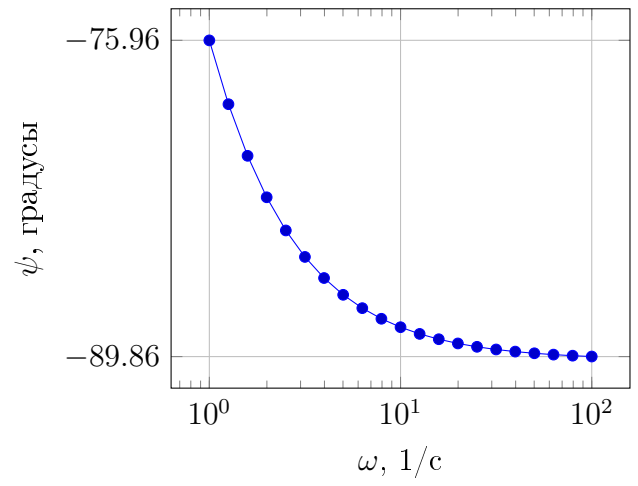
Таблица 3 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	1.94	5.76	−75.96
1.26	0.1	1.56	3.85	−78.77
1.58	0.2	1.25	1.91	−81.04
2	0.3	0.99	$-4.71 \cdot 10^{-2}$	−82.86
2.51	0.4	0.79	−2.02	−84.32
3.16	0.5	0.63	−4.01	−85.48
3.98	0.6	0.5	−6	−86.41
5.01	0.7	0.4	−7.99	−87.14
6.31	0.8	0.32	−9.99	−87.73
7.94	0.9	0.25	−11.98	−88.2
10	1	0.2	−13.98	−88.57
12.59	1.1	0.16	−15.98	−88.86
15.85	1.2	0.13	−17.98	−89.1
19.95	1.3	0.1	−19.98	−89.28
25.12	1.4	$7.96 \cdot 10^{-2}$	−21.98	−89.43
31.62	1.5	$6.32 \cdot 10^{-2}$	−23.98	−89.55
39.81	1.6	$5.02 \cdot 10^{-2}$	−25.98	−89.64
50.12	1.7	$3.99 \cdot 10^{-2}$	−27.98	−89.71
63.1	1.8	$3.17 \cdot 10^{-2}$	−29.98	−89.77
79.43	1.9	$2.52 \cdot 10^{-2}$	−31.98	−89.82
100	2	$2 \cdot 10^{-2}$	−33.98	−89.86

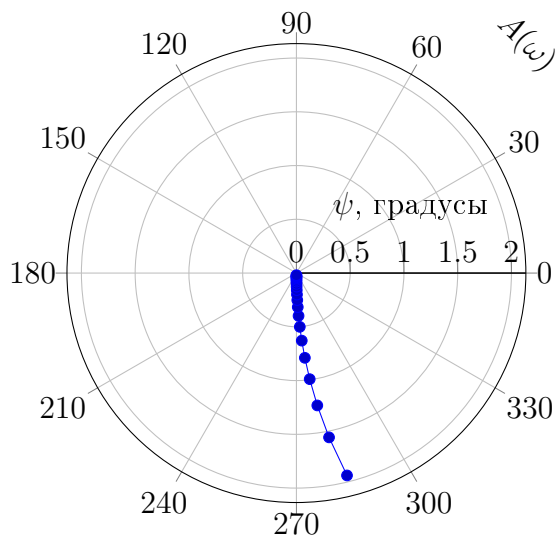
На рисунке 1 представлены частотные характеристики апериодического 1-го порядка.



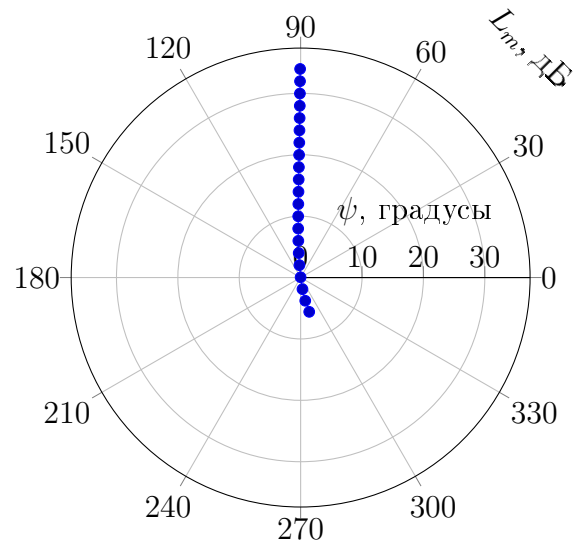
(а) График ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 1 — Частотные характеристики апериодического 1-го порядка

2 Исследование колебательного

Передающая функция исследуемого звена:

$$W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1} \quad (5)$$

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{k\omega j}{-T^2\omega^2 + 2\xi T\omega j + 1} \quad (6)$$

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}} \quad (7)$$

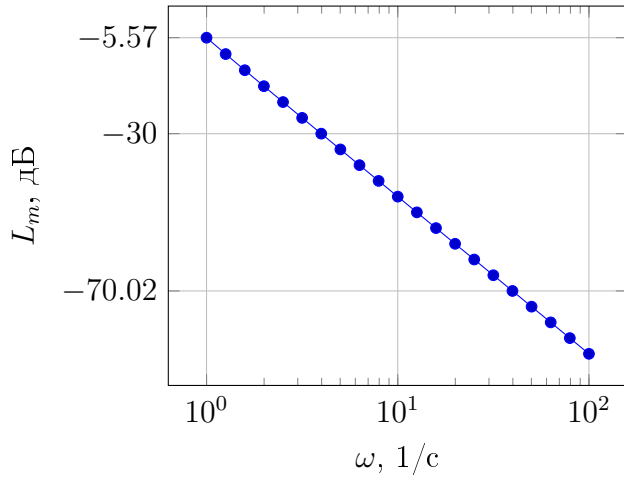
$$\psi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{2\xi\omega T}{1 - \omega^2 T^2} \quad (8)$$

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

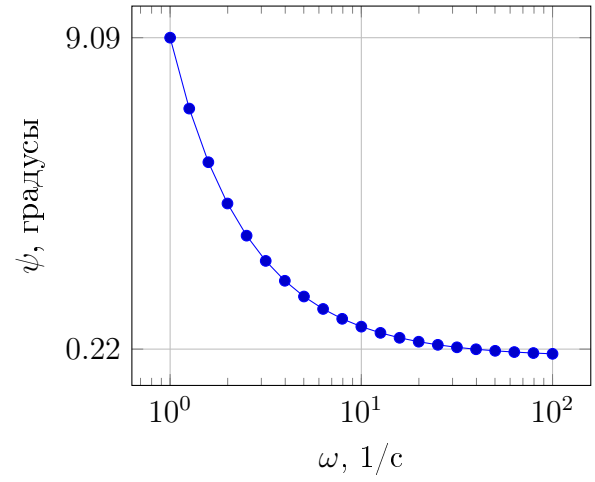
Таблица 4 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	0.53	-5.57	9.09
1.26	0.1	0.33	-9.74	7.07
1.58	0.2	0.2	-13.84	5.54
2	0.3	0.13	-17.91	4.37
2.51	0.4	$7.99 \cdot 10^{-2}$	-21.95	3.45
3.16	0.5	$5.03 \cdot 10^{-2}$	-25.98	2.73
3.98	0.6	$3.17 \cdot 10^{-2}$	-29.99	2.17
5.01	0.7	$1.99 \cdot 10^{-2}$	-34	1.72
6.31	0.8	$1.26 \cdot 10^{-2}$	-38.01	1.36
7.94	0.9	$7.93 \cdot 10^{-3}$	-42.01	1.08
10	1	$5 \cdot 10^{-3}$	-46.02	0.86
12.59	1.1	$3.16 \cdot 10^{-3}$	-50.02	0.68
15.85	1.2	$1.99 \cdot 10^{-3}$	-54.02	0.54
19.95	1.3	$1.26 \cdot 10^{-3}$	-58.02	0.43
25.12	1.4	$7.93 \cdot 10^{-4}$	-62.02	0.34
31.62	1.5	$5 \cdot 10^{-4}$	-66.02	0.27
39.81	1.6	$3.15 \cdot 10^{-4}$	-70.02	0.22
50.12	1.7	$1.99 \cdot 10^{-4}$	-74.02	0.17
63.1	1.8	$1.26 \cdot 10^{-4}$	-78.02	0.14
79.43	1.9	$7.92 \cdot 10^{-5}$	-82.02	0.11
100	2	$5 \cdot 10^{-5}$	-86.02	$8.59 \cdot 10^{-2}$

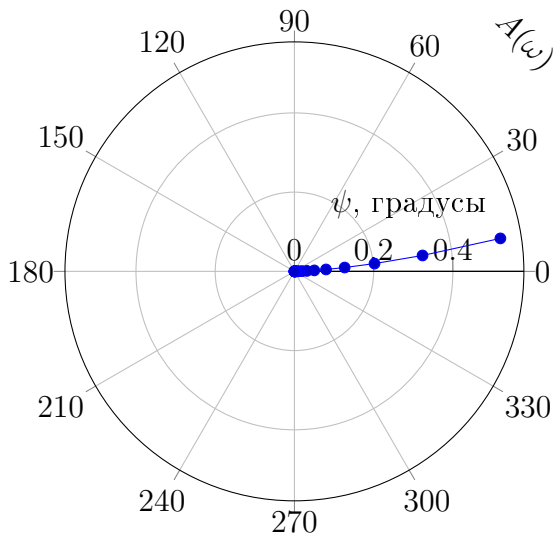
На рисунке 2 представлены частотные характеристики колебательного



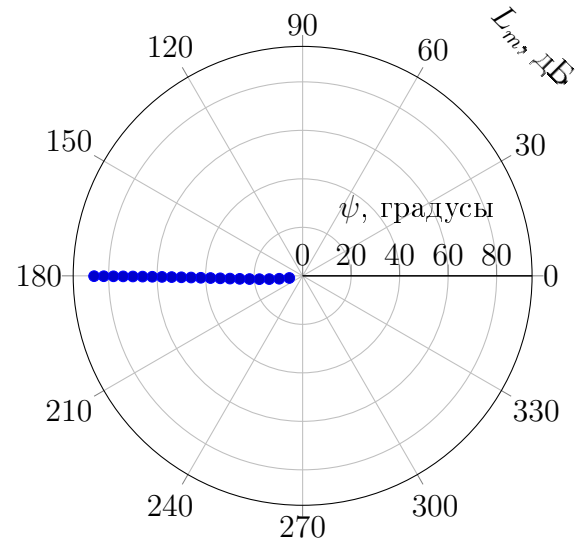
(а) График ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 2 — Частотные характеристики колебательного

3 Исследование дифференцирующего с замедлением

Передаточная функция исследуемого звена:

$$W(s) = \frac{ks}{Ts + 1} \quad (9)$$

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{K\omega j}{1 + T\omega j} \quad (10)$$

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

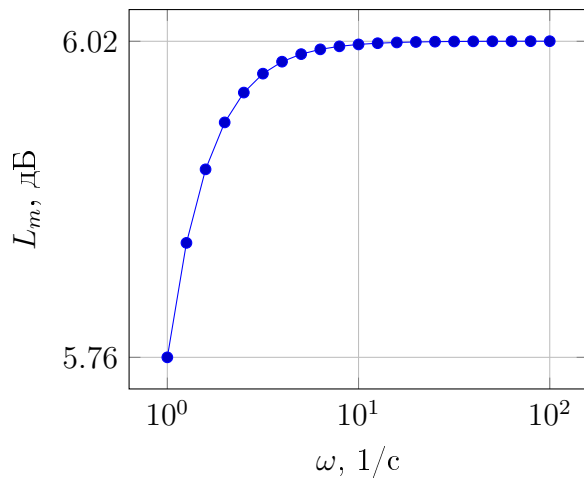
$$\psi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctan \omega T \quad (12)$$

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

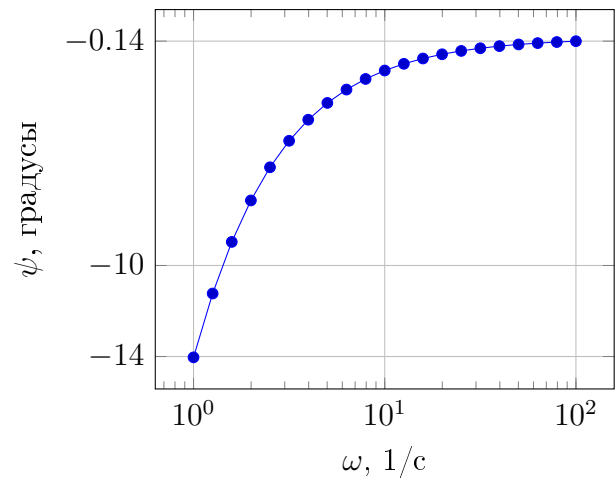
Таблица 5 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
1	0	1.94	5.76	−14.04
1.26	0.1	1.96	5.85	−11.23
1.58	0.2	1.98	5.91	−8.96
2	0.3	1.98	5.95	−7.14
2.51	0.4	1.99	5.98	−5.68
3.16	0.5	1.99	5.99	−4.52
3.98	0.6	2	6	−3.59
5.01	0.7	2	6.01	−2.86
6.31	0.8	2	6.01	−2.27
7.94	0.9	2	6.02	−1.8
10	1	2	6.02	−1.43
12.59	1.1	2	6.02	−1.14
15.85	1.2	2	6.02	−0.9
19.95	1.3	2	6.02	−0.72
25.12	1.4	2	6.02	−0.57
31.62	1.5	2	6.02	−0.45
39.81	1.6	2	6.02	−0.36
50.12	1.7	2	6.02	−0.29
63.1	1.8	2	6.02	−0.23
79.43	1.9	2	6.02	−0.18
100	2	2	6.02	−0.14

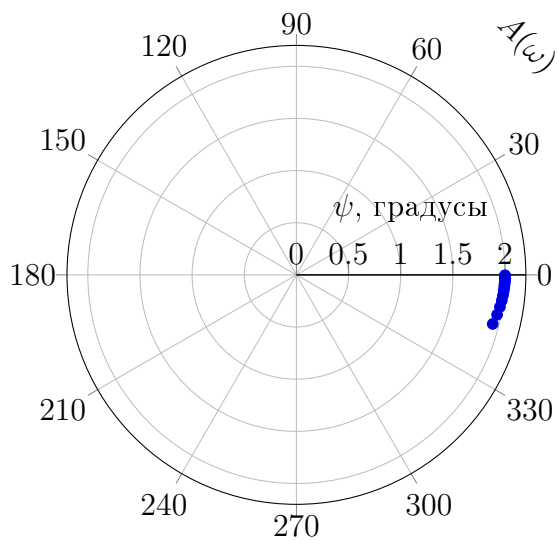
На рисунке 3 представлены частотные характеристики дифференцирующего с замедлением .



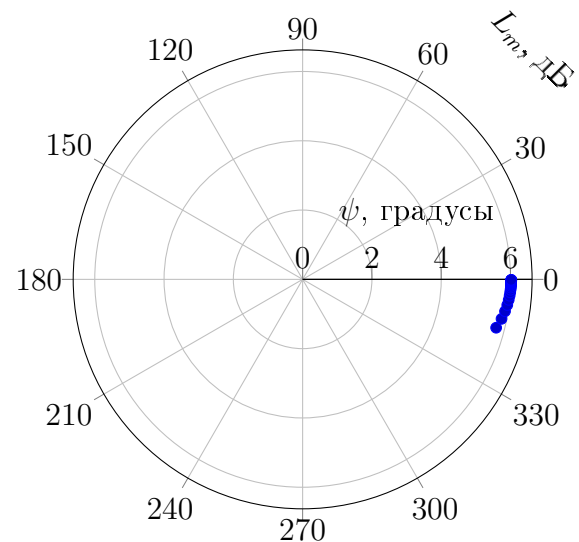
(а) График ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 — Частотные характеристики дифференцирующего с замедлением

Вывод

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