

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	$\frac{ks}{Ts + 1}$
Консервативное	$\frac{k}{T^2s^2 + 1}$

Таблица 2 –  
Параметры

k	T	$\xi$
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:

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

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

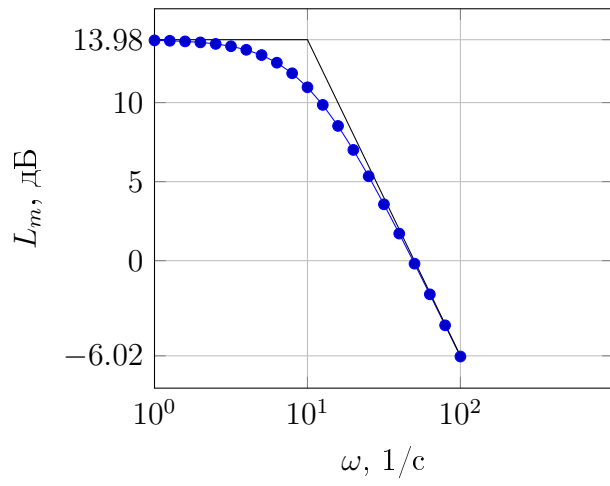
$$\psi(\omega) = -\operatorname{arctg} T\omega \quad (4)$$

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

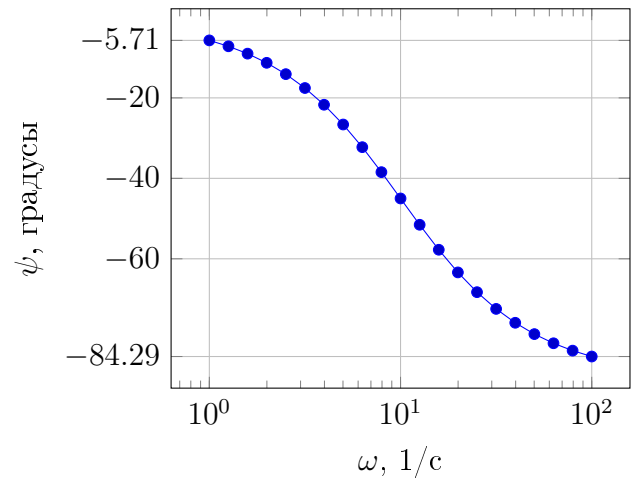
Таблица 3 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
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

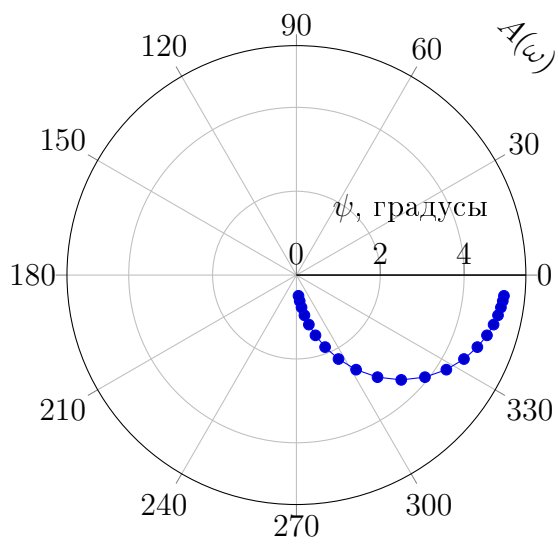
На рисунке 1 представлены частотные характеристики интегрирующего звена с замедлением.



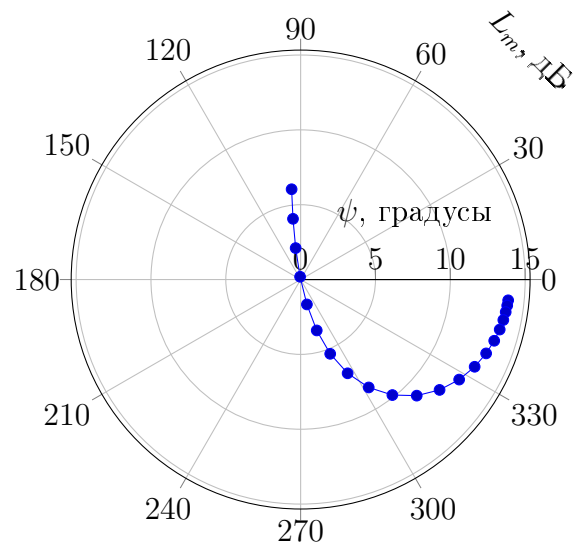
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(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:

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

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

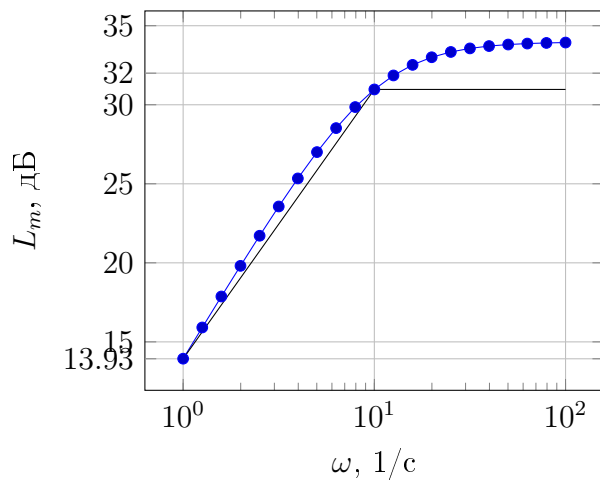
$$\psi(\omega) = \arctg \frac{1}{T\omega} \quad (8)$$

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

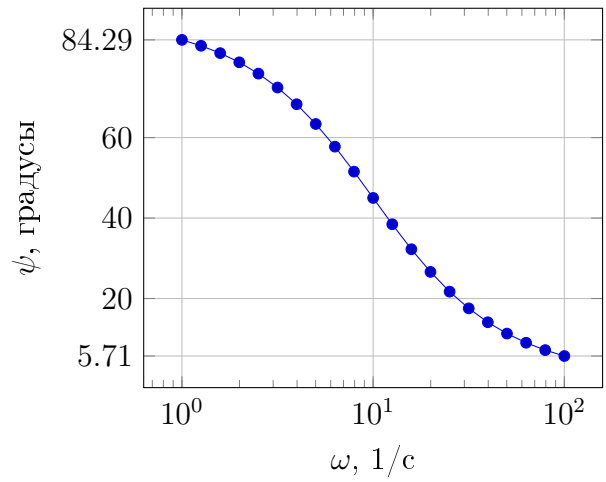
Таблица 4 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
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

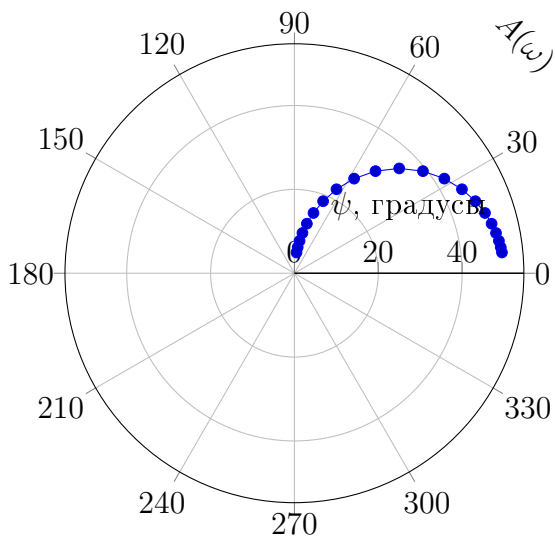
На рисунке 2 представлены частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением



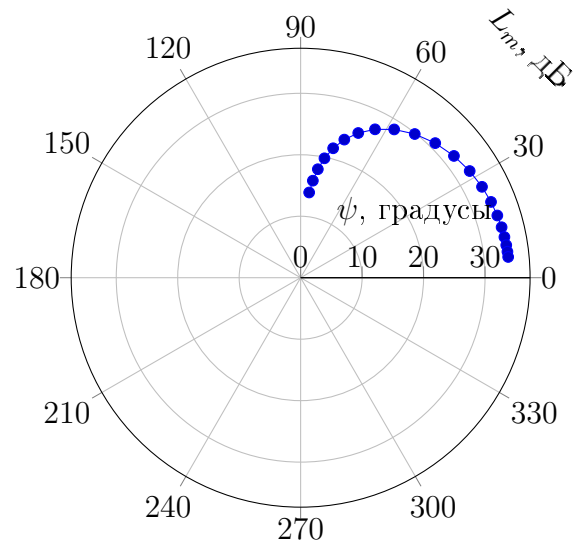
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 2 — Частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением



### 3 Исследование консервативного

Передаточная функция исследуемого звена:

$$W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 1} \quad (9)$$

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 - T^2 \omega^2} \quad (10)$$

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

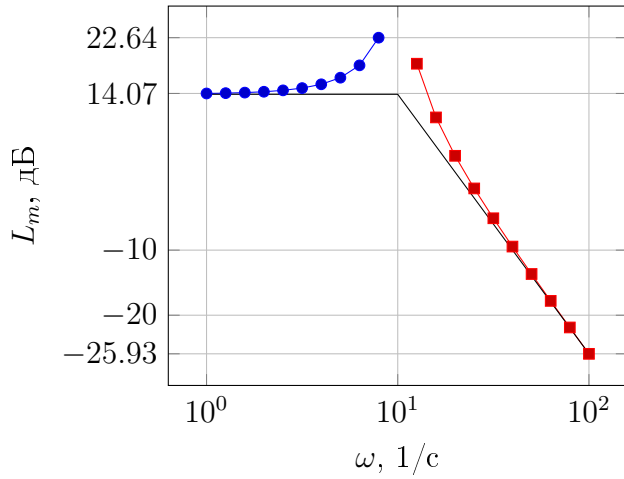
$$\psi(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < \frac{1}{T} \\ -180, & \omega > \frac{1}{T} \end{cases} \quad (12)$$

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

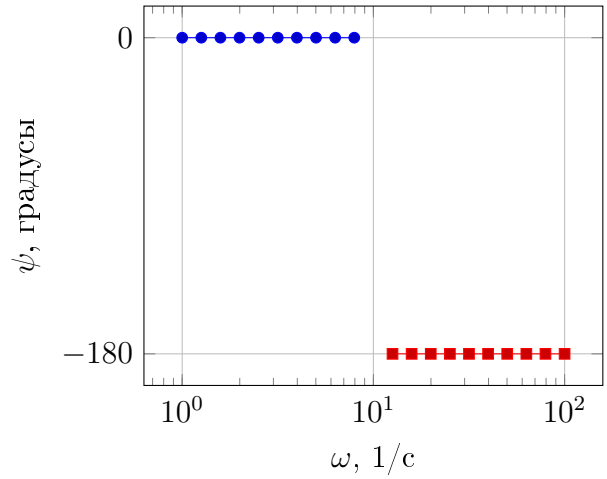
Таблица 5 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
1	0	5.05	14.07	0
1.26	0.1	5.08	14.12	0
1.58	0.2	5.13	14.2	0
2	0.3	5.21	14.33	0
2.51	0.4	5.34	14.55	0
3.16	0.5	5.56	14.89	0
3.98	0.6	5.94	15.48	0
5.01	0.7	6.68	16.49	0
6.31	0.8	8.31	18.39	0
7.94	0.9	13.55	22.64	0
12.59	1.1	8.55	18.64	−180
15.85	1.2	3.31	10.39	−180
19.95	1.3	1.68	4.49	−180
25.12	1.4	0.94	−0.52	−180
31.62	1.5	0.56	−5.11	−180
39.81	1.6	0.34	−9.45	−180
50.12	1.7	0.21	−13.67	−180
63.1	1.8	0.13	−17.8	−180
79.43	1.9	$8.05 \cdot 10^{-2}$	−21.88	−180
100	2	$5.05 \cdot 10^{-2}$	−25.93	−180

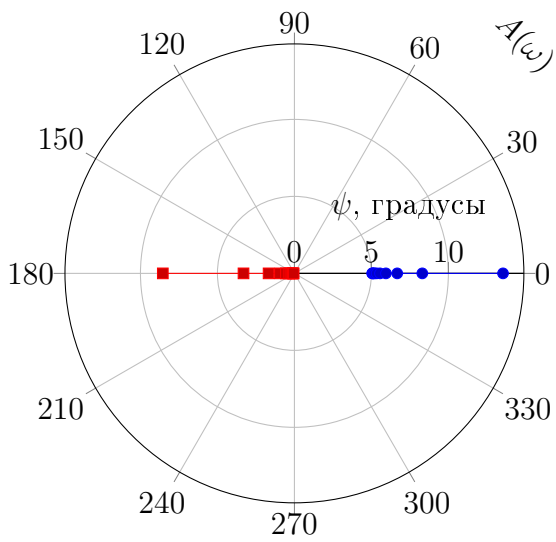
На рисунке 3 представлены частотные характеристики консервативного .



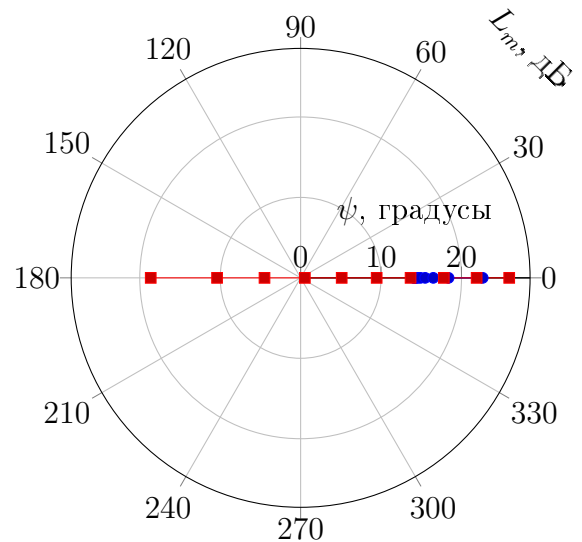
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 — Частотные характеристики консервативного

## Вывод

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