

**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.

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 звена 1-го порядка

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

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

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

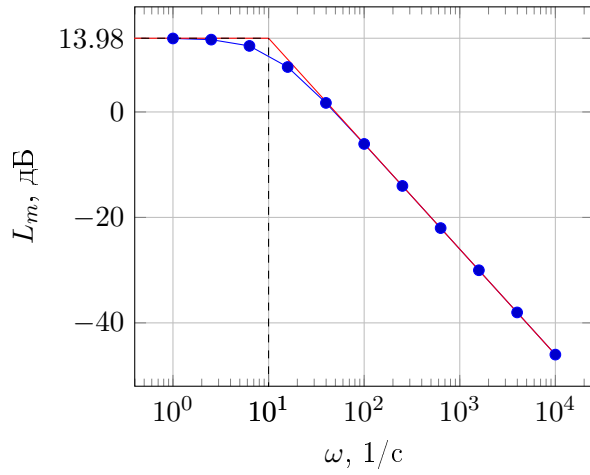
$$\psi(\omega) = -\arctg(T\omega) \quad (4)$$

Данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 3.

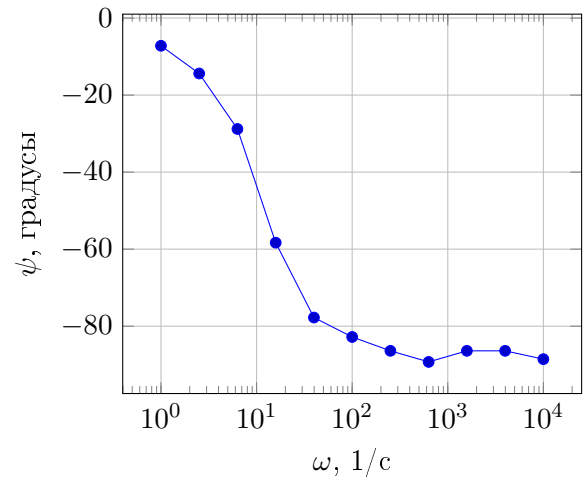
Таблица 3 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
1	0	4.97	13.93	-7.2
2.51	0.4	4.85	13.71	-14.4
6.31	0.8	4.23	12.52	-28.8
15.85	1.2	2.67	8.52	-58.32
39.81	1.6	1.22	1.71	-77.76
100	2	0.5	-6.07	-82.8
251.19	2.4	0.2	-14.03	-86.4
630.96	2.8	$7.92 \cdot 10^{-2}$	-22.02	-89.28
1,584.89	3.2	$3.15 \cdot 10^{-2}$	-30.02	-86.4
3,981.07	3.6	$1.26 \cdot 10^{-2}$	-38.02	-86.4
10,000	4	$5 \cdot 10^{-3}$	-46.02	-88.56

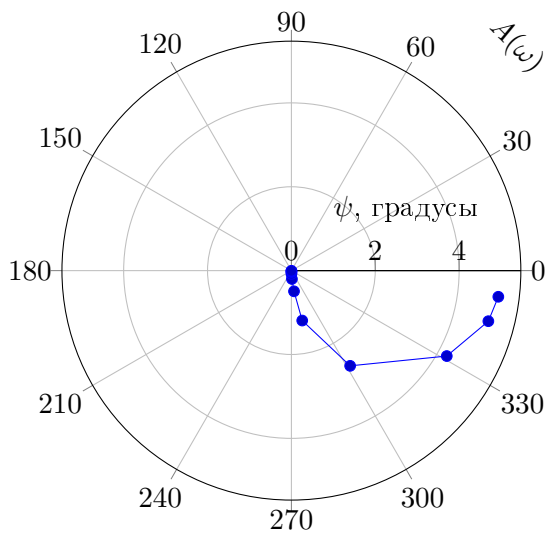
На рисунке 1 представлены частотные характеристики апериодического звена 1-го порядка.



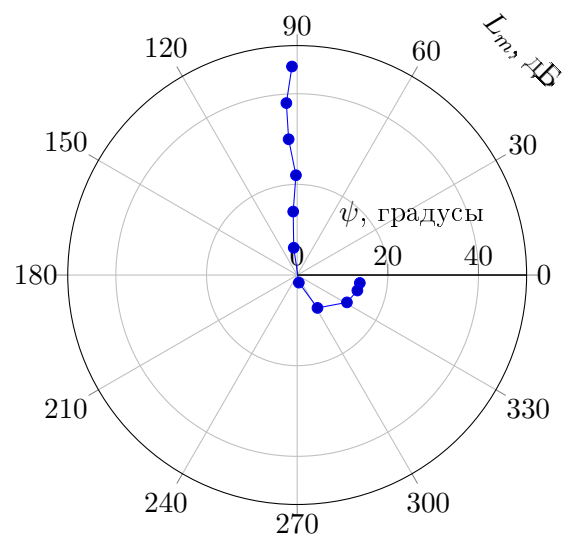
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 1 — Частотные характеристики апериодического звена 1-го порядка

## 2 Исследование дифференцирующего звена с замедлением

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

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

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

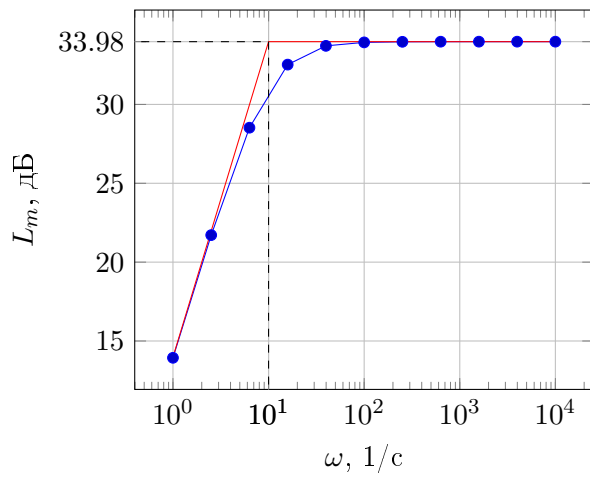
$$\psi(\omega) = \arctg \frac{1}{T\omega} \quad (8)$$

Данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 4.

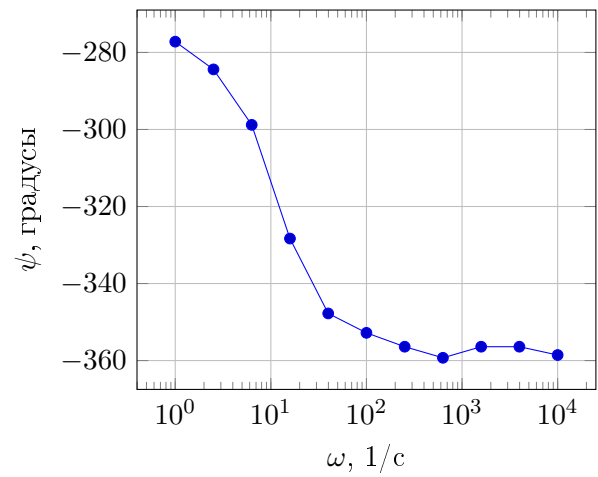
Таблица 4 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
1	0	4.97	13.93	−277.2
2.51	0.4	12.18	21.71	−284.4
6.31	0.8	26.68	28.52	−298.8
15.85	1.2	42.29	32.52	−328.32
39.81	1.6	48.49	33.71	−347.76
100	2	49.74	33.93	−352.8
251.19	2.4	49.95	33.97	−356.4
630.96	2.8	49.99	33.98	−359.28
1,584.89	3.2	50	33.98	−356.4
3,981.07	3.6	50	33.98	−356.4
10,000	4	50	33.98	−358.56

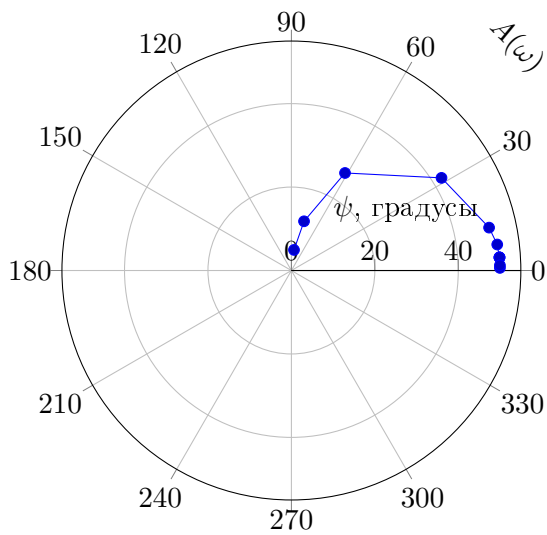
На рисунке 3 представлены частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением.



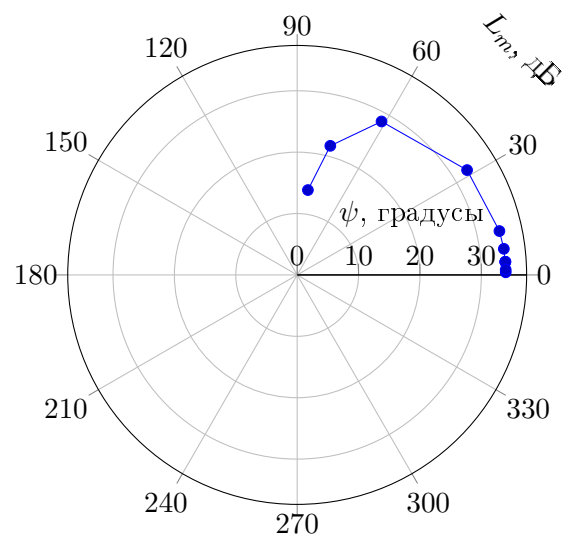
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 2 — Частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением



### 3 Исследование консервативного звена

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$A(\omega) = \frac{k}{|1 - T^2 \omega^2|} \quad (10)$$

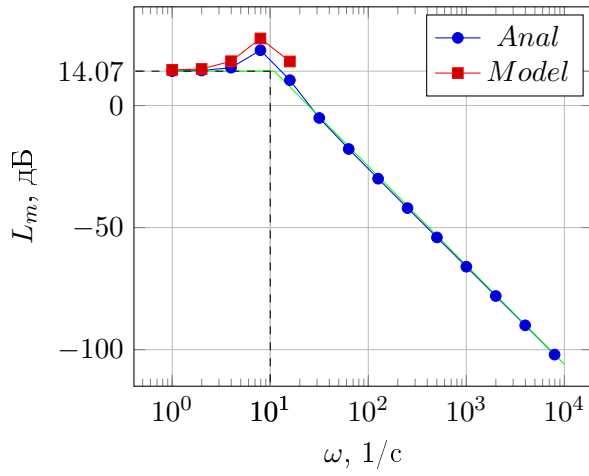
$$\psi(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < \frac{1}{T} \\ -180, & \omega > \frac{1}{T} \end{cases} \quad (11)$$

Данные, полученные по результатам моделирования, представлены в таблице 4.

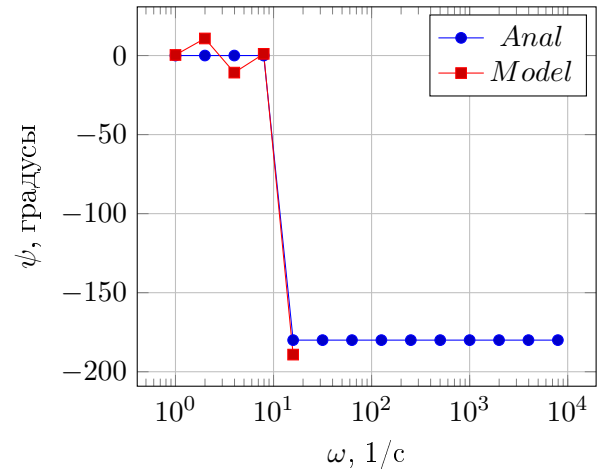
Таблица 5 – Полученные данные

$\omega$	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	$\psi$
1	0	5.36	14.59	0.36
2	0.3	5.6	14.96	10.8
3.98	0.6	8.07	18.13	−10.8
7.94	0.9	23.6	27.46	1.08
15.85	1.2	7.97	18.03	−189.16

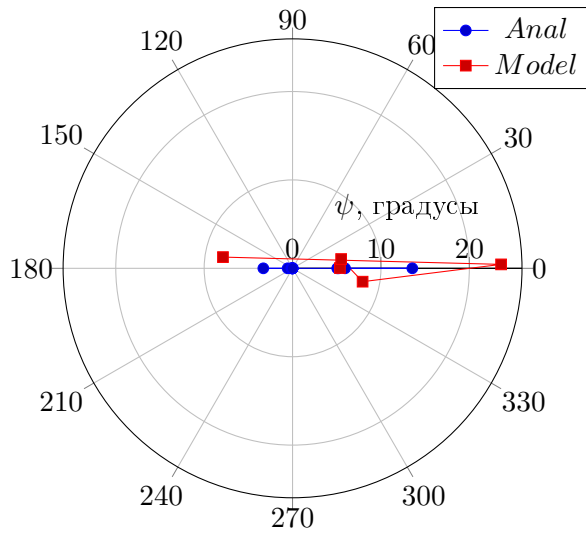
На рисунке 3 представлены частотные характеристики консервативного звена. Снять полностью характеристику не удалось из-за сильного искажения выходного сигнала, поэтому смоделированные графики дополняют аналитически полученные.



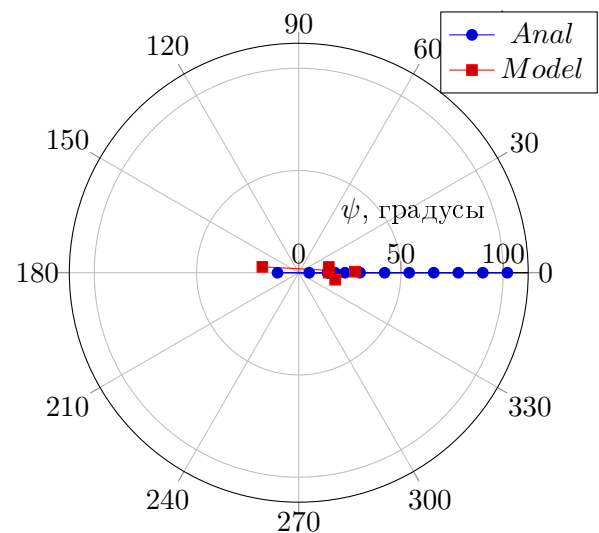
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 — Частотные характеристики консервативного звена

## Вывод

В ходе проведения данной лабораторной работы с помощью математического моделирования и аналитических расчётов определен вид частотных характеристик трех динамических звеньев: апериодического звена первого порядка, дифференцирующего звена с замедлением и консервативного звена, – а также получены годографы положения вектора передаточной функции для всех трех звеньев. Вид полученных характеристик полностью согласуется с начальными предсказаниями, сделанными при аналитическом анализе выражений для передаточных функций.

Были построены асимптотические ЛАЧХ звеньев. При сравнении с полученными математически данными графики ЛАЧХ и асимптотических ЛАЧХ сошлись.