

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 - 7

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
Интегрирующее с замедлением	$\frac{k}{s(Ts + 1)}$
Изодромное	$\frac{k(Ts + 1)}{s}$
Колебательное	$\frac{k}{T^2s^2 + 2\xi Ts + 1}$

Таблица 2 – Параметры

k	T	ξ
3	5	0.4

1 Исследование интегрирующего звена с замедлением

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

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

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

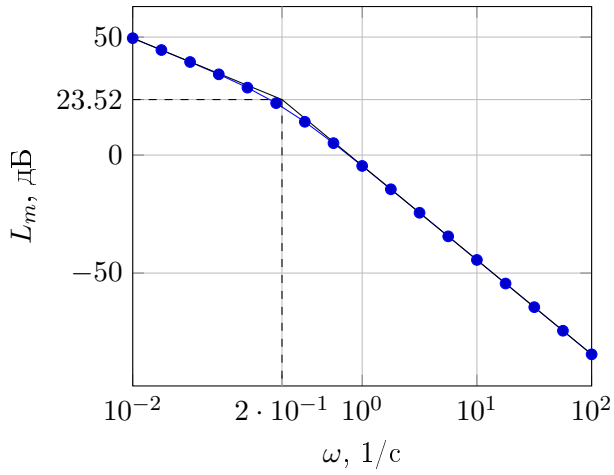
$$\psi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{1}{T\omega} \quad (4)$$

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

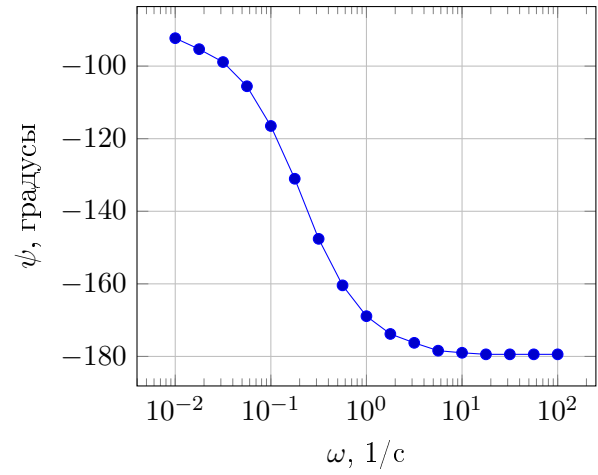
Таблица 3 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
$1 \cdot 10^{-2}$	-2	299.63	49.53	-92.3
$1.78 \cdot 10^{-2}$	-1.75	168.04	44.51	-95.33
$3.16 \cdot 10^{-2}$	-1.5	93.7	39.44	-98.88
$5.62 \cdot 10^{-2}$	-1.25	51.36	34.21	-105.55
0.1	-1	26.83	28.57	-116.5
0.18	-0.75	12.61	22.01	-131.04
0.32	-0.5	5.07	14.1	-147.6
0.56	-0.25	1.79	5.05	-160.42
1	0	0.59	-4.61	-168.91
1.78	0.25	0.19	-14.49	-173.81
3.16	0.5	$5.99 \cdot 10^{-2}$	-24.45	-176.26
5.62	0.75	$1.9 \cdot 10^{-2}$	-34.44	-178.42
10	1	$6 \cdot 10^{-3}$	-44.44	-178.99
17.78	1.25	$1.9 \cdot 10^{-3}$	-54.44	-179.42
31.62	1.5	$6 \cdot 10^{-4}$	-64.44	-179.42
56.23	1.75	$1.9 \cdot 10^{-4}$	-74.44	-179.42
100	2	$6 \cdot 10^{-5}$	-84.44	-179.42

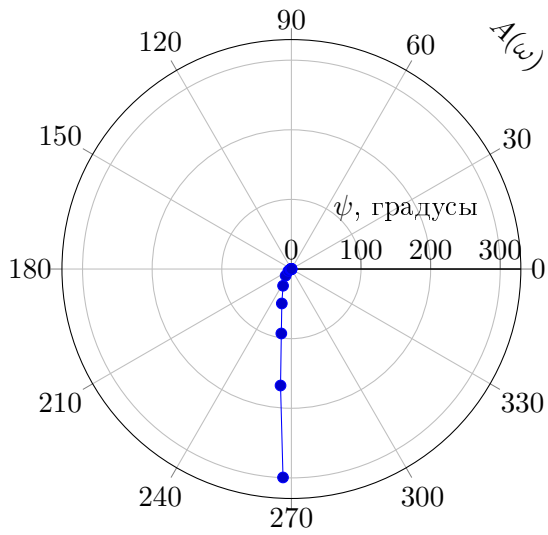
На рисунке 1 представлены частотные характеристики интегрирующего звена с замедлением.



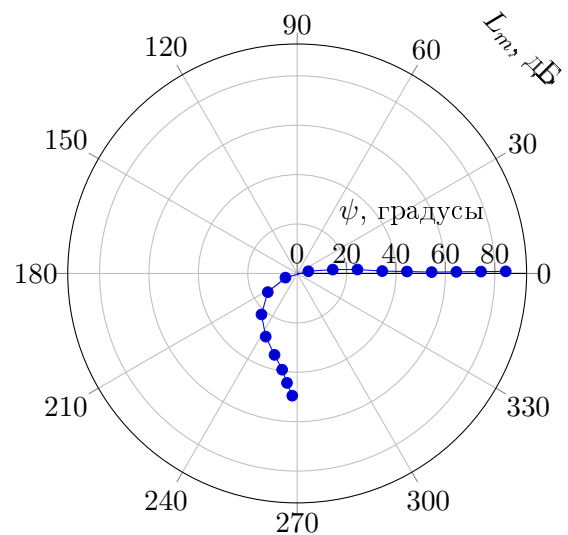
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 1 — Частотные характеристики интегрирующего звена с запаздыванием

2 Исследование изодромного звена

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

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

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

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

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

Таблица 4 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
$1 \cdot 10^{-2}$	-2	300.37	49.55	-87.26
$1.78 \cdot 10^{-2}$	-1.75	169.37	44.58	-84.53
$3.16 \cdot 10^{-2}$	-1.5	96.05	39.65	-80.88
$5.62 \cdot 10^{-2}$	-1.25	55.42	34.87	-74.59
0.1	-1	33.54	30.51	-63.94
0.18	-0.75	22.57	27.07	-48.24
0.32	-0.5	17.75	24.98	-31.68
0.56	-0.25	15.92	24.04	-20.02
1	0	15.3	23.69	-11.23
1.78	0.25	15.09	23.58	-6.05
3.16	0.5	15.03	23.54	-4.18
5.62	0.75	15.01	23.53	-2.02
10	1	15	23.52	-1.15
17.78	1.25	15	23.52	-0.14
31.62	1.5	15	23.52	-0.14
56.23	1.75	15	23.52	-0.14
100	2	15	23.52	-0.14

На рисунке 2 представлена временная диаграмма изотропного звена.

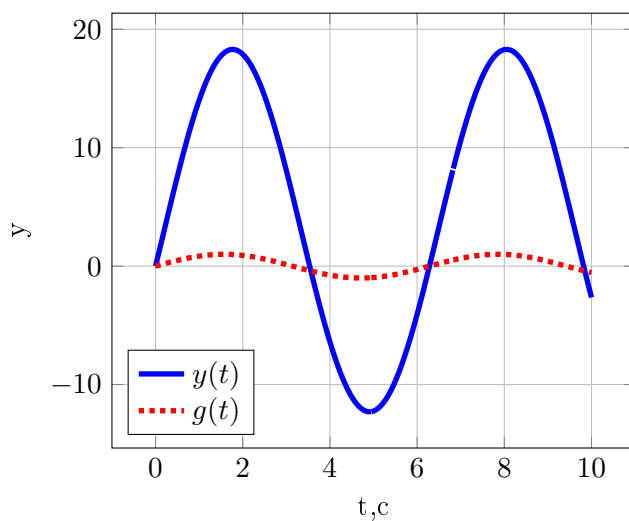
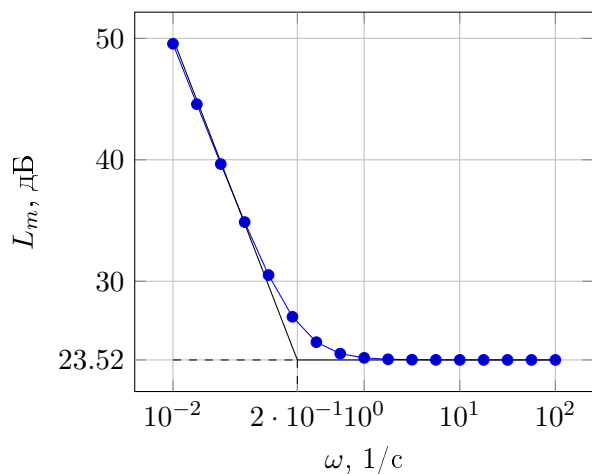
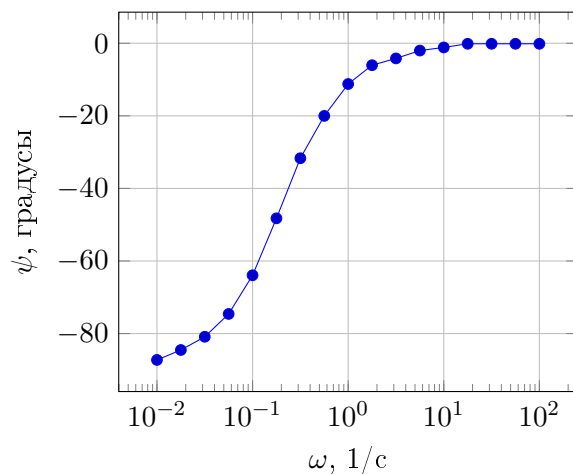


Рисунок 2 — Временная диаграмма изодромного звена при $\omega = 1$

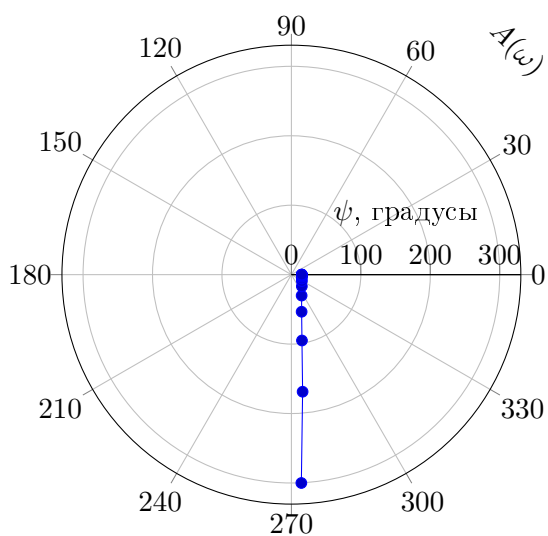
На рисунке 3 представлены частотные характеристики изодромного звена.



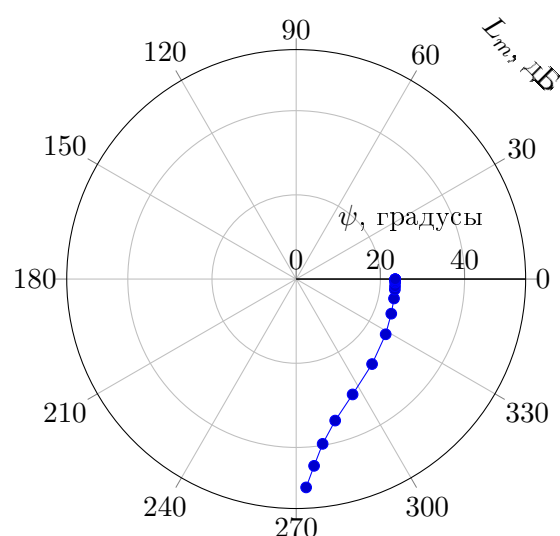
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 3 — Частотные характеристики изодромного звена

3 Исследование колебательного звена

Передаточная функция исследуемого звена:

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

Найдём выражения для АЧХ и ФЧХ:

$$W(j\omega) = \frac{k}{1 - T^2 \omega^2 + jT\xi\omega} \quad (10)$$

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

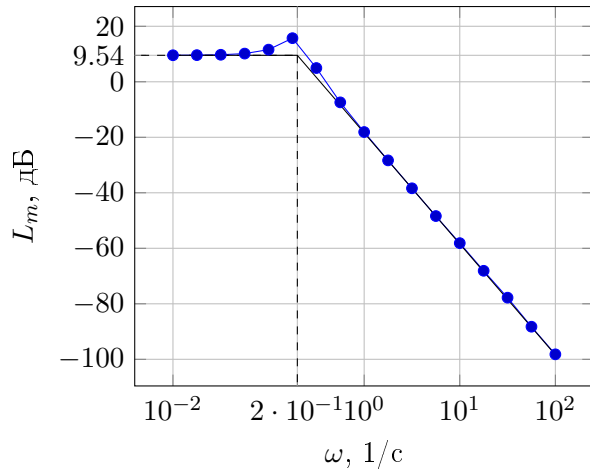
$$\psi(\omega) = -\arctg \frac{2T\xi\omega}{1 - T^2 \omega^2} \quad (12)$$

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

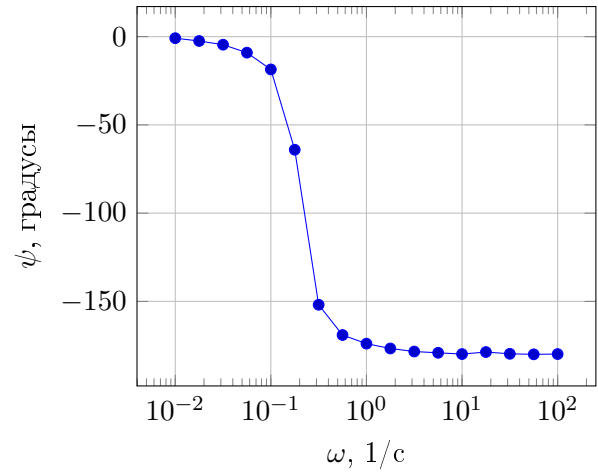
Таблица 5 – Полученные данные

ω	$\lg \omega$	$A(\omega)$	$20 \lg A(\omega)$	ψ
$1 \cdot 10^{-2}$	-2	3.01	9.56	-0.86
$1.78 \cdot 10^{-2}$	-1.75	3.02	9.6	-2.45
$3.16 \cdot 10^{-2}$	-1.5	3.07	9.73	-4.56
$5.62 \cdot 10^{-2}$	-1.25	3.22	10.16	-9.07
0.1	-1	3.79	11.58	-18.58
0.18	-0.75	6.1	15.71	-64.08
0.32	-0.5	1.77	4.96	-151.92
0.56	-0.25	0.43	-7.42	-169.06
1	0	0.12	-18.11	-173.95
1.78	0.25	$3.84 \cdot 10^{-2}$	-28.32	-176.69
3.16	0.5	$1.21 \cdot 10^{-2}$	-38.38	-178.42
5.62	0.75	$3.81 \cdot 10^{-3}$	-48.38	-179.14
10	1	$1.24 \cdot 10^{-3}$	-58.14	-179.86
17.78	1.25	$3.93 \cdot 10^{-4}$	-68.1	-178.7
31.62	1.5	$1.29 \cdot 10^{-4}$	-77.79	-179.71
56.23	1.75	$3.87 \cdot 10^{-5}$	-88.26	-180
100	2	$1.23 \cdot 10^{-5}$	-98.21	-179.86

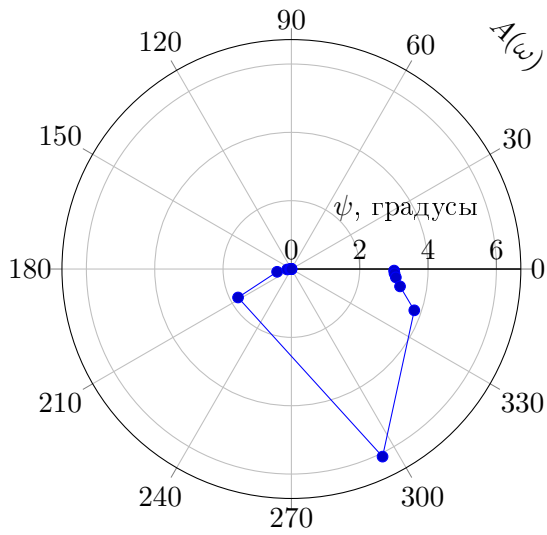
На рисунке 4 представлены частотные характеристики колебательного звена.



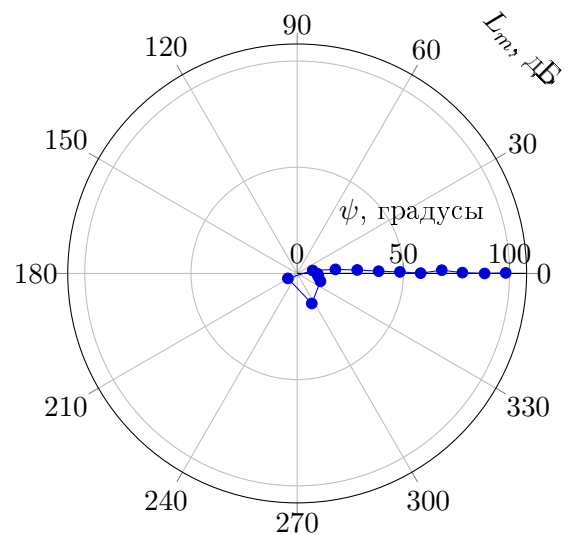
(а) График ЛАЧХ и асимптотическая ЛАЧХ



(б) График ЛФЧХ



(в) График АФЧХ



(г) График ЛАФЧХ

Рисунок 4 — Частотные характеристики колебательного звена

Вывод

В лабораторной работе были исследованы следующие элементарные звенья: колебательное, интегральное с запаздыванием и изодромное. Были найдены частотные характеристики, а также построены графо-аналитическим методом асимптотические ЛАЧХ, к которым сходятся полученные с помощью математического моделирования графики. В области низких и высоких частот смоделированные ЛАЧХ асимптотически приближаются к прямым. Для колебательного звена на частоте среза ω_c имеется "горб". Это объясняется явлением резонанса, а зависит высота такого пика от коэффициента затухания ξ , причём чем меньше значение ξ , тем больше высота. При $\xi = 0$ звено вырождается в консервативное, а график на частоте среза претерпевает разрыв.

Согласно критерию Найквиста по полученным графикам можно определить устойчивость заданного звена. По АФЧХ исследуемых звеньев видно, что все звенья устойчивы, однако колебательное звено, что логично, находится на границе устойчивости при высоких частотах ($\phi \approx -180$). Интегрирующее с замедлением звено также на высоких частотах почти выходит за границу устойчивости, что объясняется тем самым замедлением, которое существенно ухудшает характеристики системы, в частных случаях приводя её в состояние неустойчивости.