

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 №11
“Исследование математической модели
пьезоэлектрического исполнительного
устройства”
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

Целью работы является изучение математических моделей и исследование характеристик исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя микроперемещений, в данном случае биморфного пьезодвигателя.

Исходные данные

Таблица 1 – Исходные данные

$C_p, \text{Н/м}$	$m, \text{кг}$	$K_0, \text{Н/В}$	$K_d, \text{Нс/м}$	$T_u, \text{мс}$	$F_B, \text{Н}$
$3.2 \cdot 10^6$	0.025	6.5	$0.8 \cdot 10^2$	0.05	2

1 Исследование пьезодвигателя

Математическая модель пьезодвигателя имеет следующий вид:

$$x = \frac{1}{C_p}(K_0 U_p - K_d \dot{x} + F_B - m\ddot{x}). \quad (1)$$

По математической модели можно построить структурную схему пьезоэлектрического исполнительного устройства, где управление ПД осуществляется от внешнего устройства, которое представлено апериодическим звеном 1-го порядка:

$$W(s) = \frac{K_u}{T_u s + 1}. \quad (2)$$

Структурная схема представлена на рисунке 1.

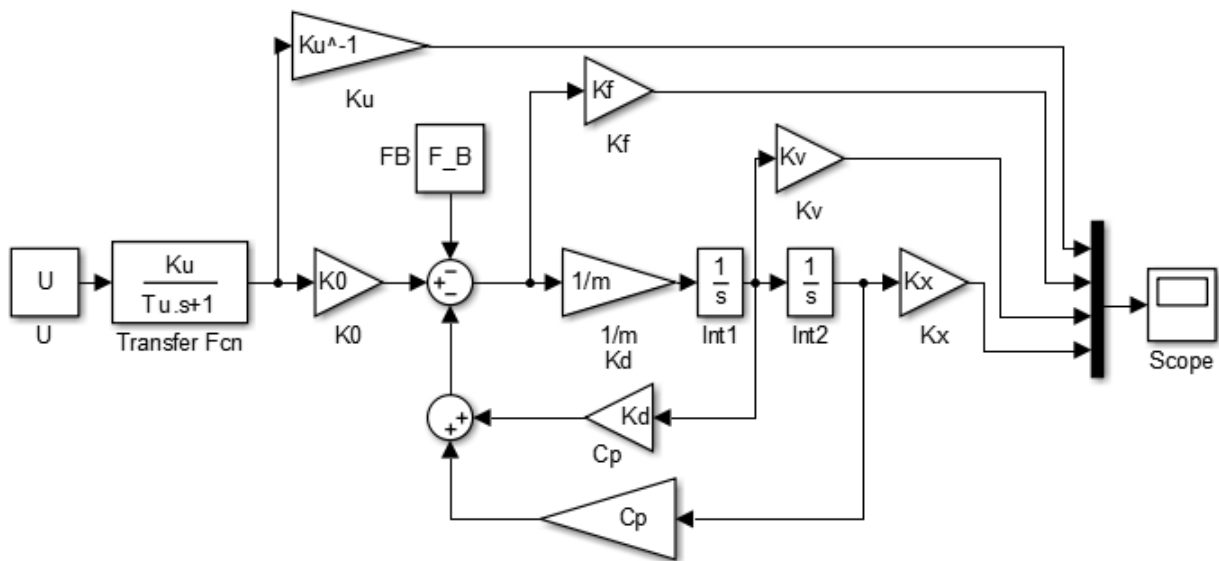


Рисунок 1 — Структурная схема пьезоэлектрического исполнительного устройства

Коэффициенты K_u , K_V , K_X , K_F выбираются таким образом, чтобы обеспечить соответствие максимального значения измеряемого сигнала уровню 10В на выходе измерительного устройства.

$$\begin{cases} K_u = 30 \\ K_V = 1 \\ K_X = 3307 \\ K_F = 0.0066 \end{cases} \quad (3)$$

Промоделируем систему. Полученные данные представлены на рисунке 2.

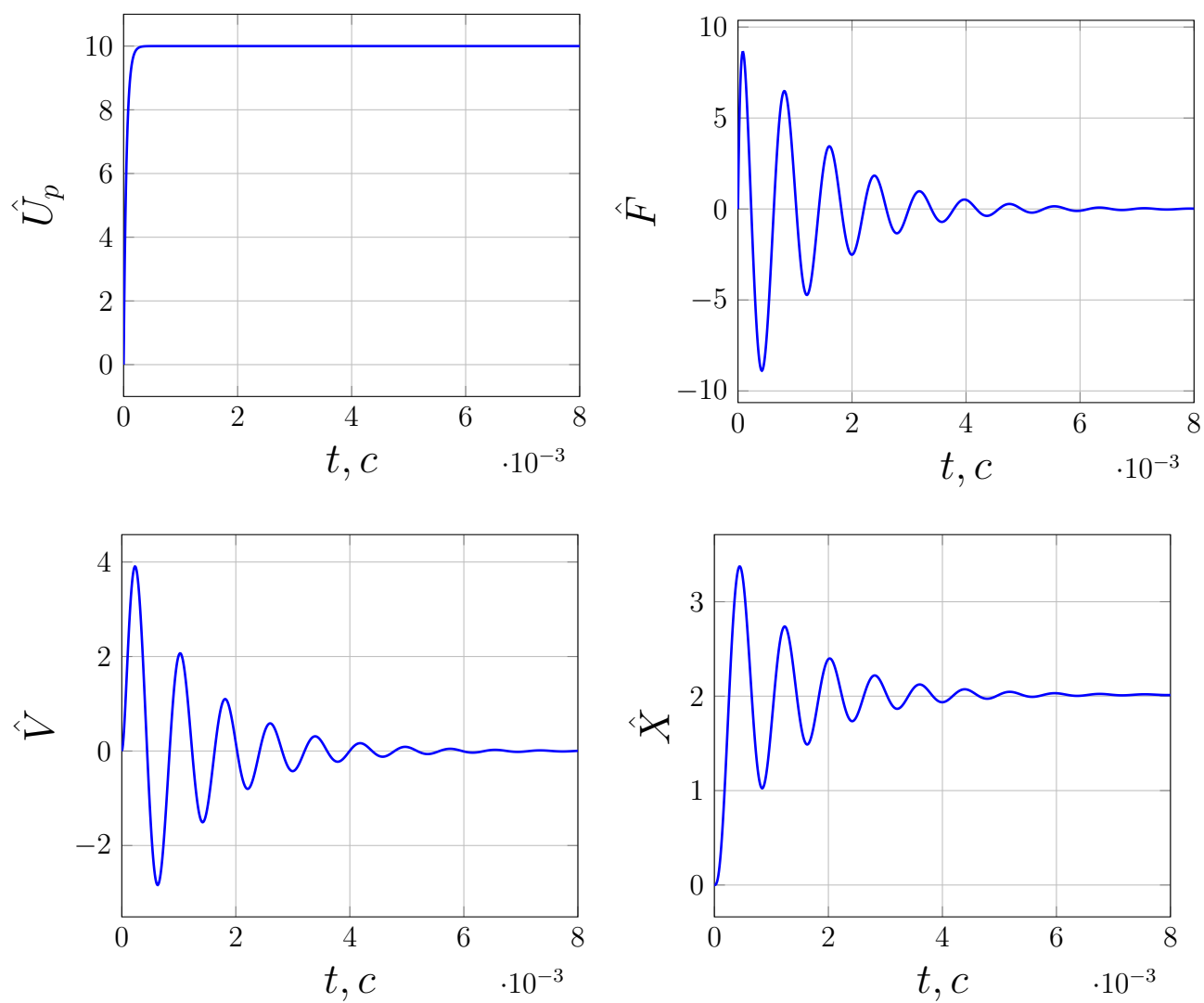


Рисунок 2 — Переходные процессы

2 Исследование влияния массы нагрузки m на переходные процессы

Диапазон изменения нагрузки: $\pm 50\%$ от заданного значения. Графики переходных процессов представлены на рисунке 3, а данные, полученные при моделировании - в таблице 2.

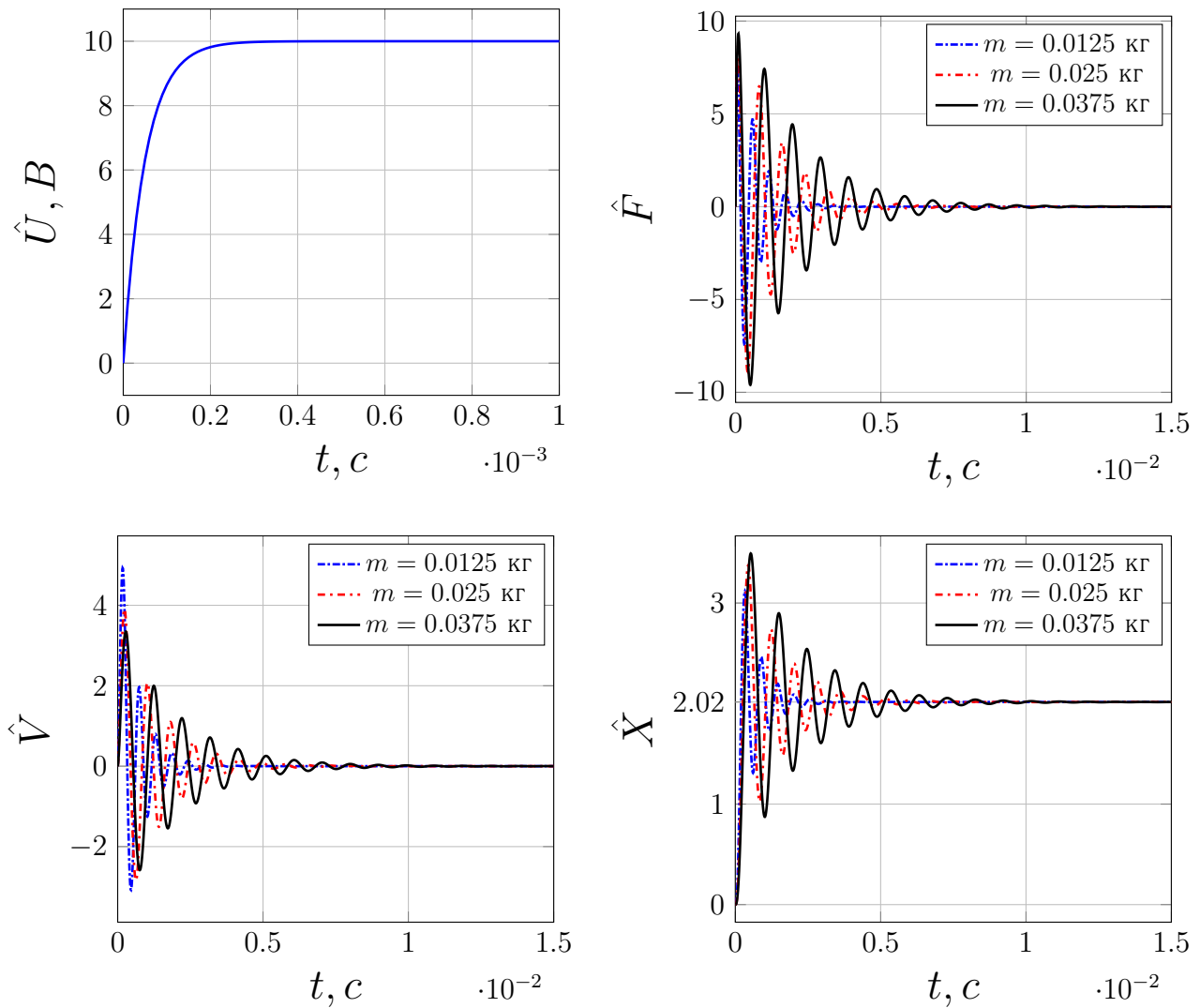


Рисунок 3 — Переходные процессы при различных нагрузках m

Таблица 2 – Результаты моделирования

$m, \text{кг}$	x	$t_{\text{п}}, c$	σ
0.0125	2.015	$2.114 \cdot 10^{-3}$	0.55
0.025	2.015	$1.78 \cdot 10^{-3}$	0.67
0.375	2.015	$7.37 \cdot 10^{-3}$	0.73

3 Исследование влияния T_u на переходные процессы

Переходные процессы при различных T_u представлены на рисунке 4, а полученные данные в таблице 3.

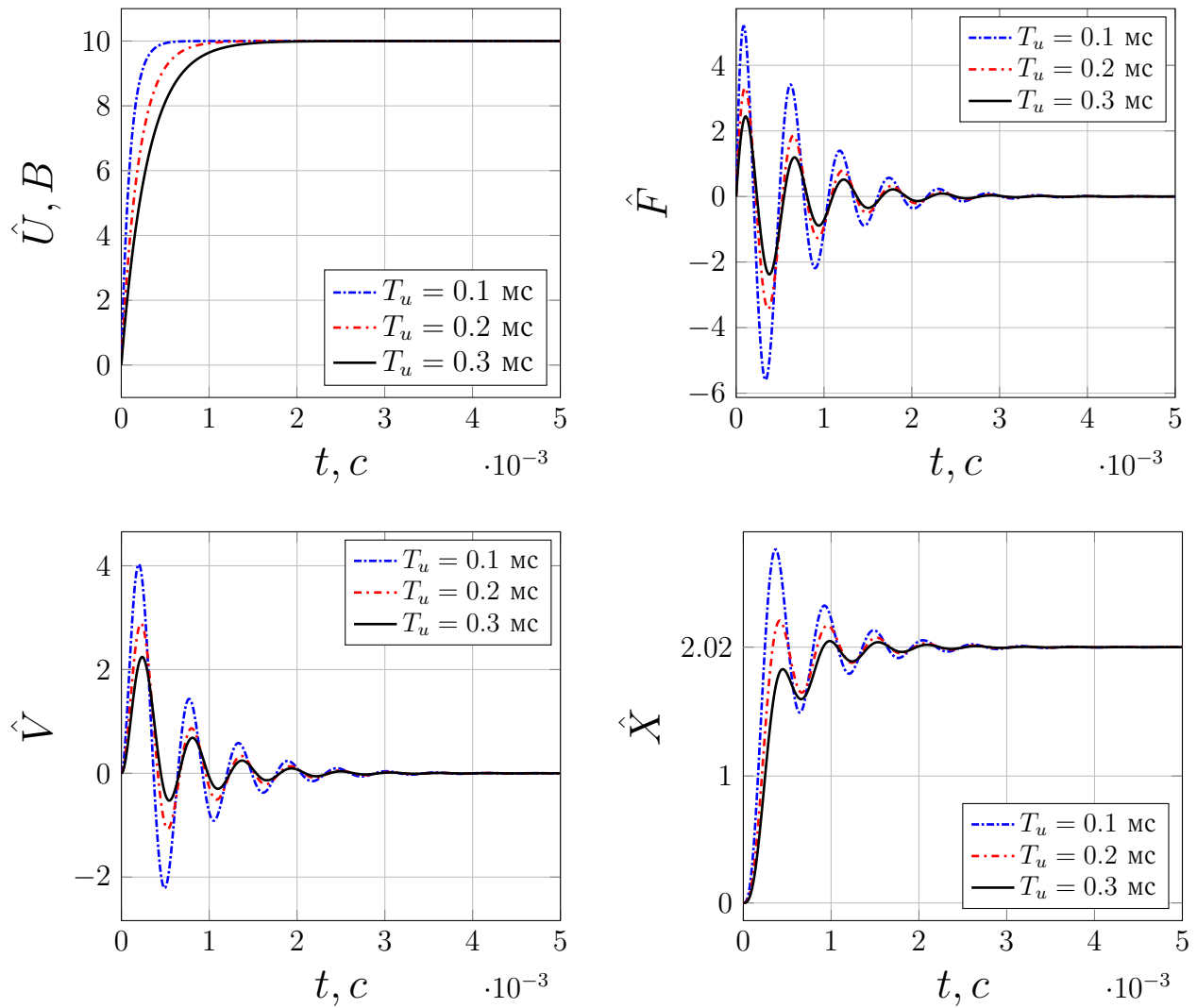


Рисунок 4 — Переходные процессы при различных T_u

Таблица 3 – Результаты моделирования

$T_u, \text{мс}$	x	$t_{\text{п}}, c$	σ
0.1	2.015	$1.856 \cdot 10^{-3}$	0.38
0.2	2.015	$3.533 \cdot 10^{-3}$	0.1
0.3	2.015	$5.283 \cdot 10^{-3}$	0.024

Рассчитаем корни характеристического уравнения системы, передаточная функция которой:

$$W(s) = \frac{K_u(K_0 U_{Pm} + F_B)}{(T_u s + 1)(ms^2 + K_d s + Cp)}. \quad (4)$$

Результаты расчётов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Корни характеристического уравнения

$T_u, \text{мс}$	s_1	s_2	s_3
0.1	-10000	-1600+11200j	-1600-11200j
0.2	-5000	-1600+11200j	-1600-11200j
0.3	-3333	-1600+11200j	-1600-11200j

4 Исследование влияния возмущения F_B при изменении C_p

На рисунке 5 представлены графики переходных процессов при нулевом входном воздействии, внешнем возмущении и различных коэффициентах упругости.

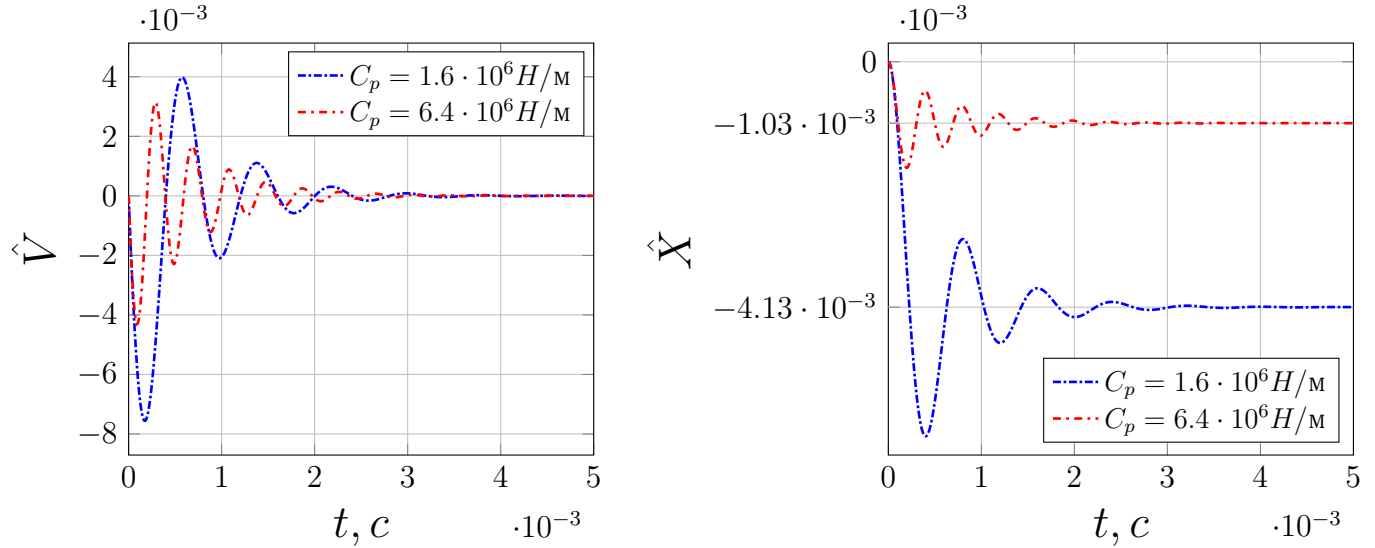


Рисунок 5 — Переходные процессы при различных C_p и $F_B = 2H$

Построим асимптотическую ЛАЧХ исполнительного устройства. Передаточная функция ИУ:

$$W(s) = \frac{K_u(K_0 U_{Pm} + F_B)}{(T_u s + 1)(ms^2 + K_d s + C_p)}. \quad (5)$$

Найдём сопрягающие частоты и соответствующие им амплитуды:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \sqrt{\frac{m}{C_p}} = 11313.7 \text{ c}^{-1}, \quad L_1(\omega) = -34.76 \text{ дБ}, \\ \omega_2 &= \frac{1}{T_u} = 20000 \text{ c}^{-1}, \quad L_2(\omega) = -44.55 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (6)$$

Составим асимптотическую ЛАЧХ ИУ, которая представлена на рисунке 6.

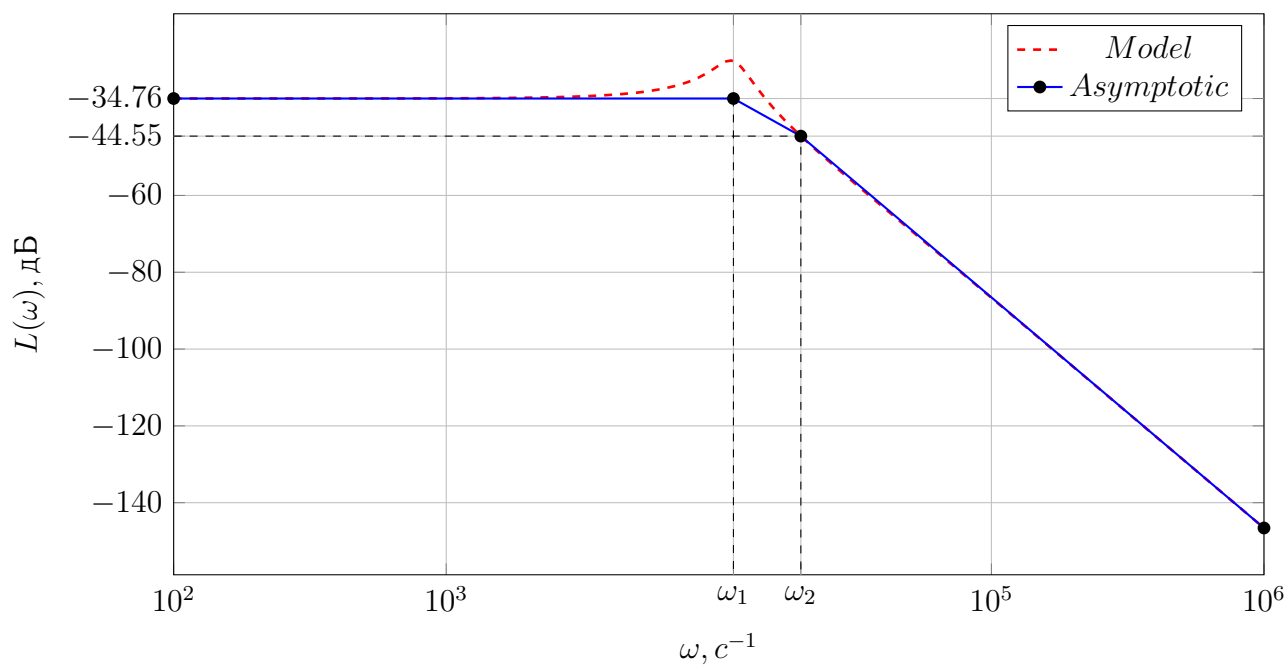


Рисунок 6 — Промоделированная и асимптотическая ЛАЧХ ИУ

Вывод

В лабораторной работе исследовалось исполнительное устройство на основе пьезодвигателя, его математическая модель, а также влияние изменения различных параметров (m , T_u , F_B , C_p) на вид переходных процессов.

При увеличении массы нагрузки увеличивается время переходного процесса, а также увеличением перерегулирования, что обусловлено снижением динамического усилия в пьезодвигателе.

При увеличении T_u увеличивается время переходных процессов с уменьшением перерегулирования, что легко объяснить более плавным и медленным управлением выполняющим устройством.

При увеличении коэффициента упругости для нулевого входного воздействия и заданном F_B уменьшается влияние внешних возмущений, а значит, ошибки.

Сравнение смоделированной и асимптотической ЛАЧХ показало, что расчёты оказались верными, а графоаналитический метод - очень даже актуальным.