

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 - 11

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

Целью работы является изучение математических моделей и исследование характеристик исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя (ПД) микроперемещений.

Необходимо построить схему ПД, которая изображена на рисунке 1 и провести математическое моделирование при различных значениях параметров системы.

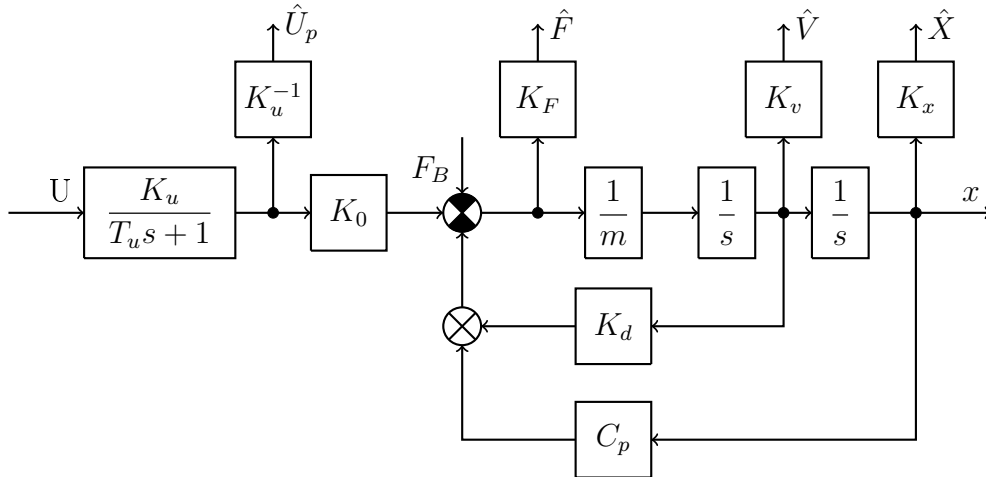


Рисунок 1 – Структурная схема пьезоэлектрического исполнительного устройства

Параметры данной схемы указаны в таблице 1.

Таблица 1 – параметры
пьезоэлектрического двигателя

C_p	m	K_0	K_d	T_u	F_B
Н/м	кг	Н/В	Н·с/м	мс	Н
$2 \cdot 10^6$	0.125	7.5	$0.9 \cdot 10^2$	0.15	4

1 Анализ пьезоэлектрического двигателя

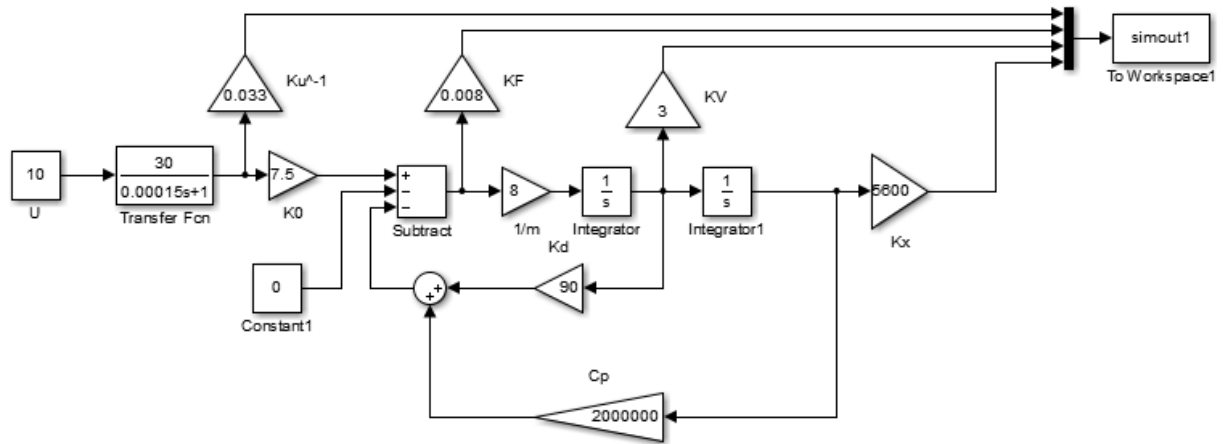


Рисунок 2 – Схема моделирования

Для соответствия выходного сигнала уровню 10, необходимо его домножить на коэффициент, рассчитанные коэффициенты:

$$K_U^{-1}=0.033$$

$$K_F=0.008$$

$$K_V=3$$

$$K_X=5600$$

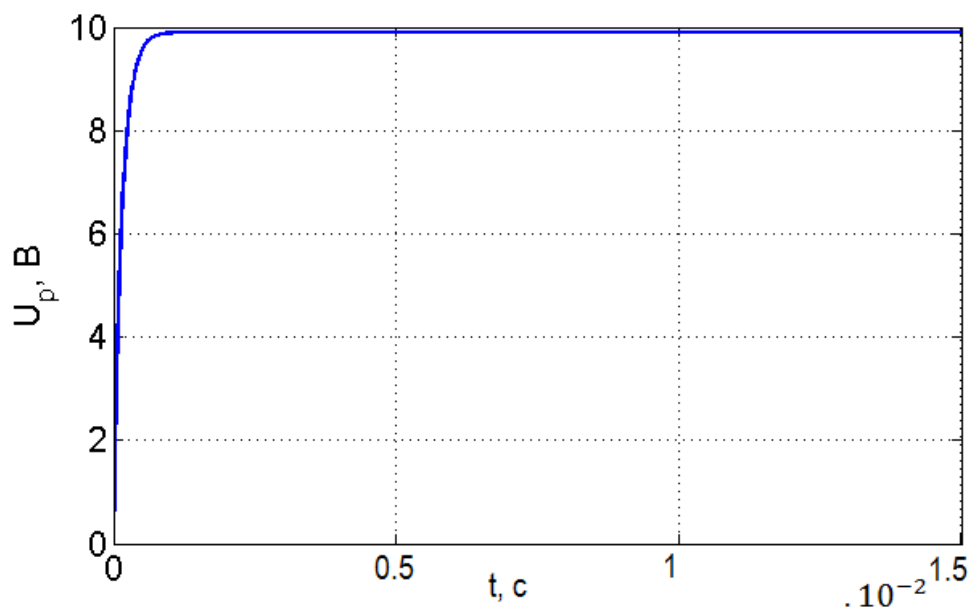


Рисунок 3 – Графика переходного процесса $U_p(t)$

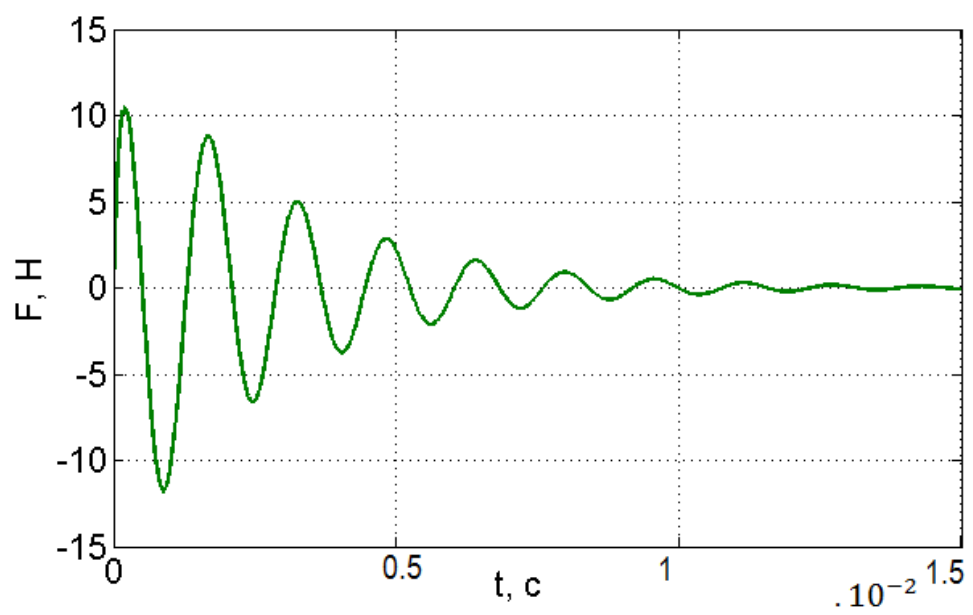


Рисунок 4 – Графика переходного процесса $F(t)$

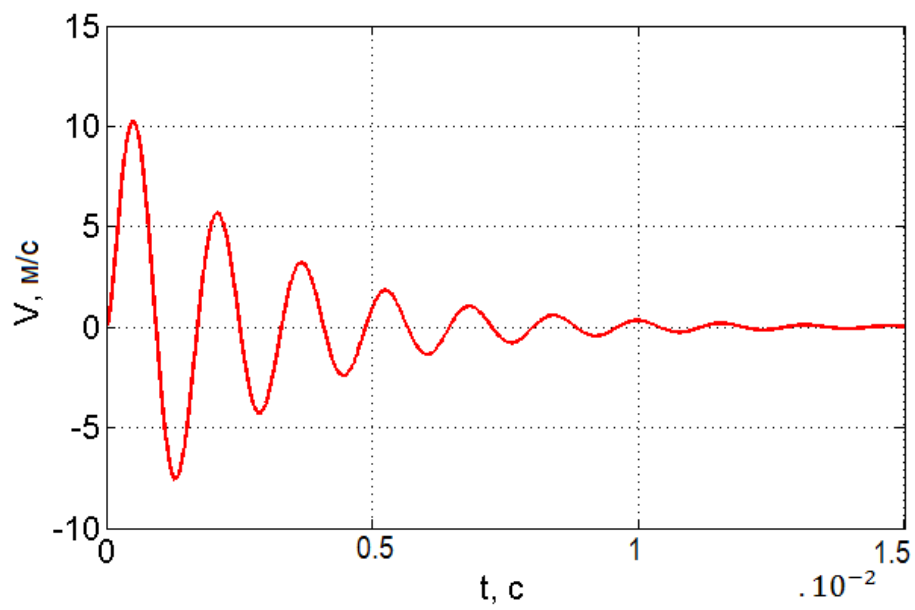


Рисунок 5 – Графика переходного процесса $V(t)$

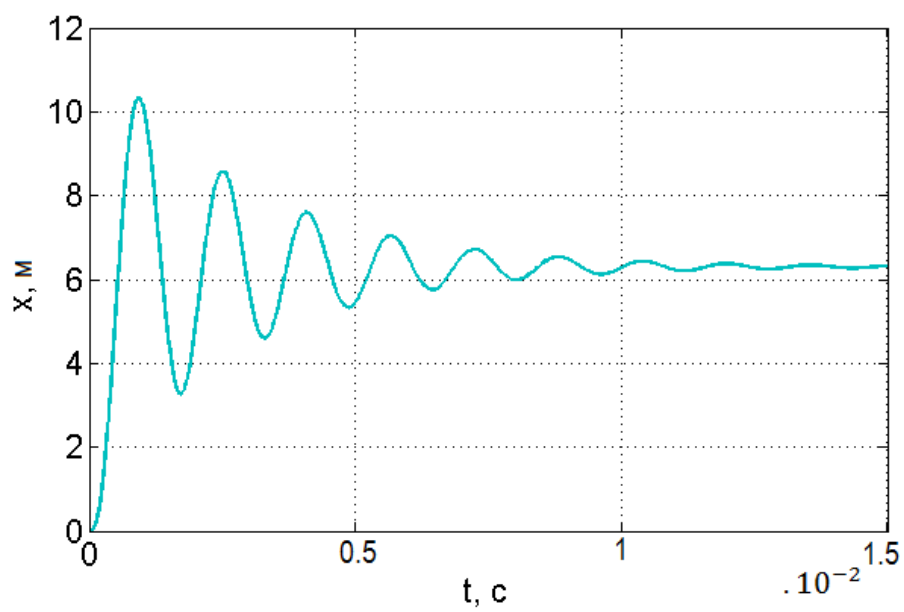


Рисунок 6 – Графика переходного процесса $x(t)$

2 Исследование влияния массы нагрузки m на вид переходных процессов

Таблица 2 – Характеристики системы при различной массе нагрузки

m , кг	0.0625	0.125	0.1875
$t_{п}$, мс	0.259	0.326	0.379
σ , %	49	63.9	70.9
x , 10^{-3}	0.113	0.113	0.113

Изменяя массу нагрузки в пределах $[0.5m, 1.5m]$ получим различные виды переходных процессов с различными значениями преререгулирования σ , времени переходных процессов $t_{п}$, и установившегося значения выходного сигнала $x_{уст}$. Полученные значения представлены в таблице 2.

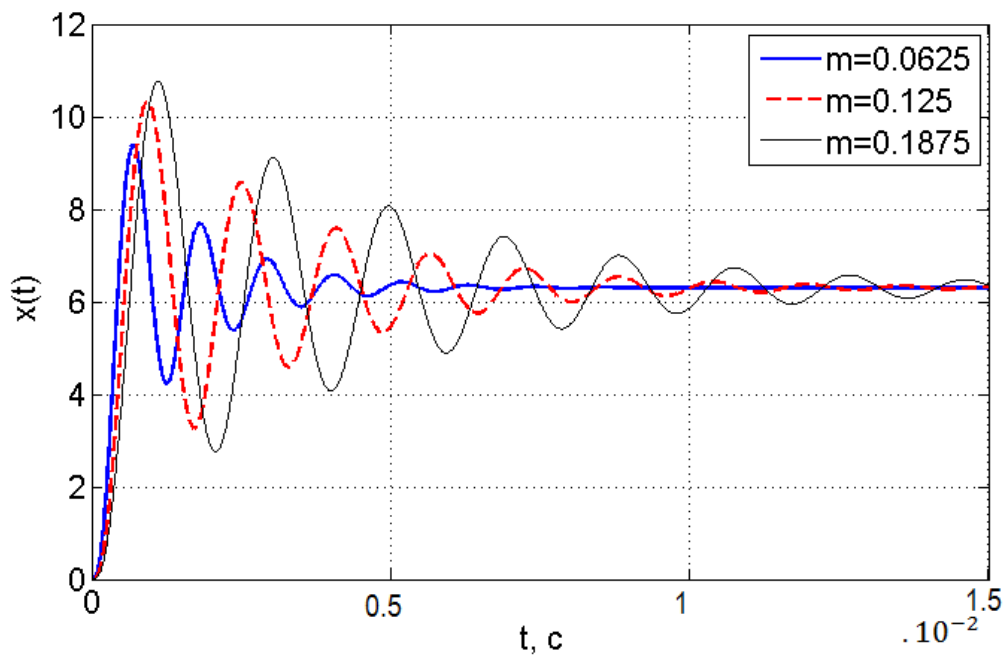


Рисунок 7 – Графика переходного процесса при изменении массы

3 Исследование влияния постоянной времени на вид переходных процессов

Передаточная функция системы:

$$W(s) = \frac{K_U K_0}{T_U m s^3 + (m + K_d T_U) s^2 + (K_d + C_p T_U) s + C_p} \quad (1)$$

В таблице 3 приведена зависимость характеристик системы от постоянной времени и рассчитанные корни передаточной функции(1).

Таблица 3 – Характеристики системы при различной постоянной времени

$T_U, \text{мс}$	0.15	0.3	0.6	0.9
$t_{п}, \text{мс}$	0.326	0.393	0.536	0.773
$\sigma, \%$	63.9	44.3	14.1	5.63
$x, 10^{-3} \text{ м}$	0.113	0.113	0.113	0.113
$s_1, 10^3$	-6.67	-3.33	-1.67	-1.11
$s_2, 10^3$	-0.36-3.98i	-0.36-3.98i	-0.36-3.98i	-0.36-3.98i
$s_3, 10^3$	-0.36+3.98i	-0.36+3.98i	-0.36+3.98i	-0.36+3.98i

На рисунке 8 приведены графики переходных процессов системы при изменении постоянной времени.

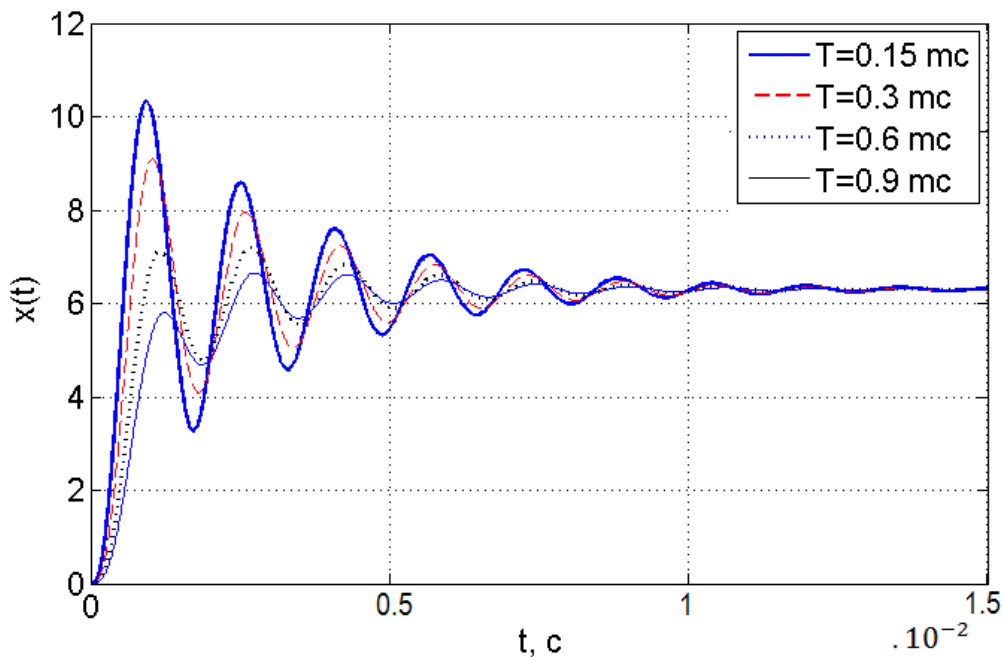


Рисунок 8 – Графика переходного процесса при изменении T_μ

С увеличением постоянной времени высоковольтного усилителя снижает перерегулирование и время переходного процесса. На установившееся значение перемещения постоянная времени не влияет

4 Исследование влияния коэффициента упругости C_p

Исследуем поведение системы, варьируя C_p , при выключенном питании $U = 0$ и приложенном воздействии $F_B = 4$. На рисунке 9 и 10 представлены полученные в результате математического моделирования переходные процессы при различных C_p .

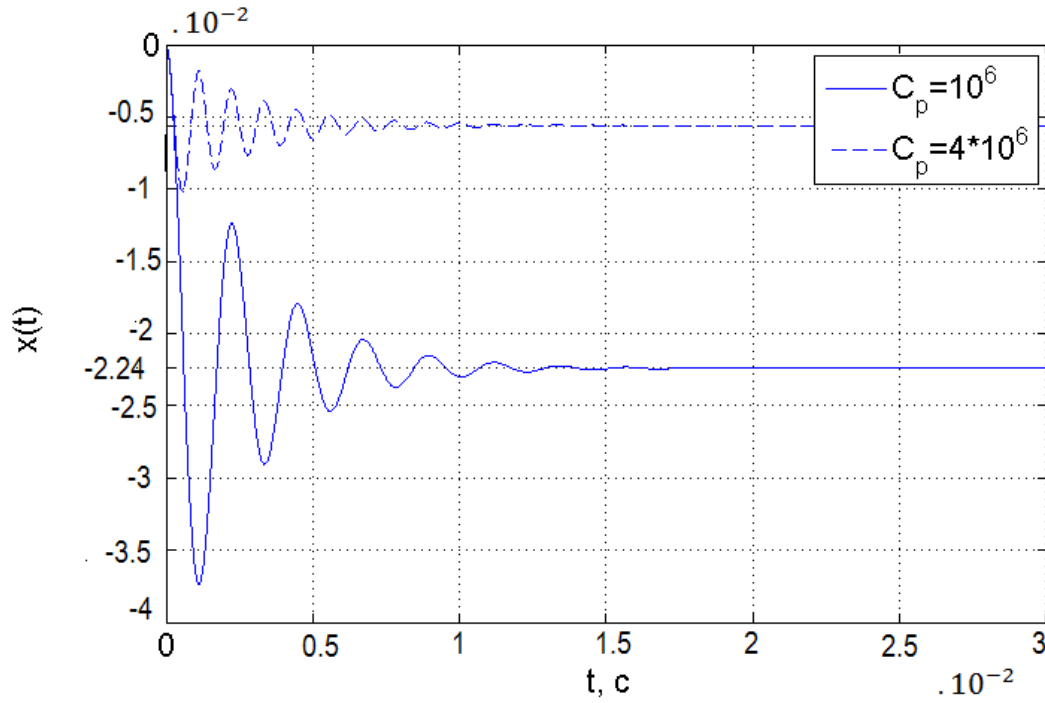


Рисунок 9 – Графика переходного процесса $x(t)$ при изменению C_p

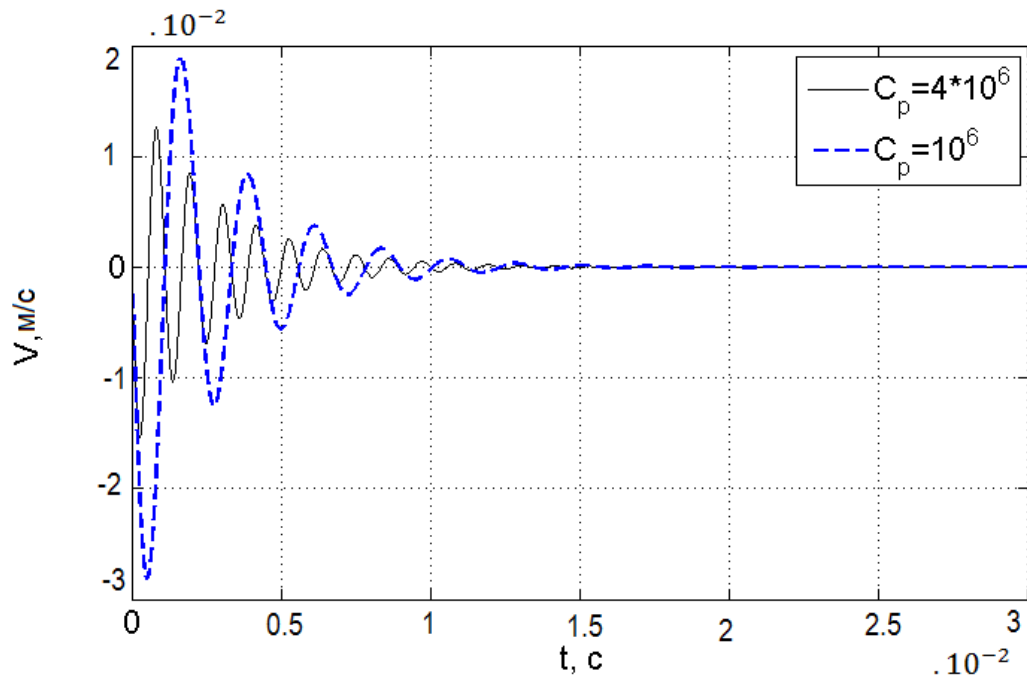


Рисунок 10 – Графика переходного процесса $V(t)$ при изменению C_p

Из передаточной функции (1) мы построим ЛАЧХ системы

$$W(s) = \frac{K_U K_0}{T_u m s^3 + (m + K_d T_u) s^2 + (K_d + C_p T_u) s + C_p} \quad (2)$$

$$W(jw) = \frac{K_U K_0}{(C_p - mw^2 - K_d T_u w^2) + j(C_p T_u + K_d w - T_u m w^3)} \quad (3)$$

$$A(w) = \frac{K_U K_0}{\sqrt{(C_p - mw^2 - K_d T_u w^2)^2 + (C_p T_u + K_d w - T_u m w^3)^2}} \quad (4)$$

$$L(w) = 20 \lg A(w) \quad (5)$$

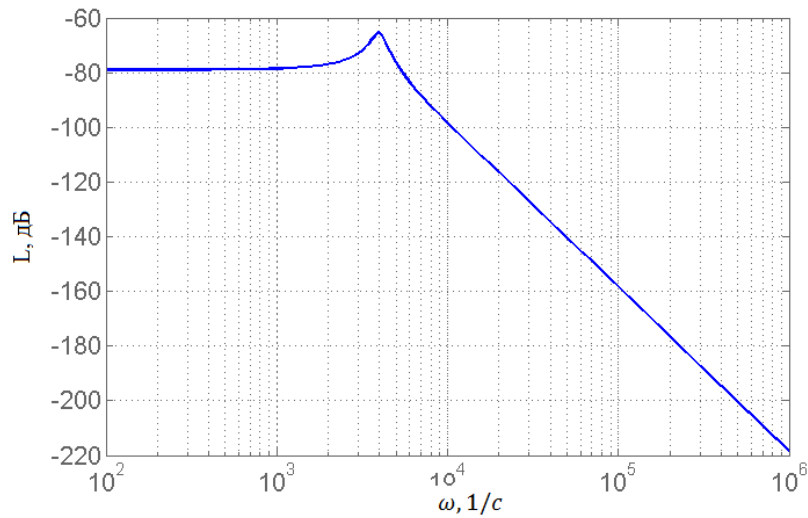


Рисунок 11 – Графика ЛАЧХ системы

Выводы

В работе была исследована математическая модель и зависимости переходных процессов исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя микроперемещений, от его параметров и внешних воздействий

При увеличении массы нагрузки m , увеличивается перерегулирование σ и время переходных процессов t_n .

При увеличении постоянной времени T_u , уменьшается значение перерегулирования, и времени переходного процесса.

При увеличении коэффициента упругости C_p уменьшается влияние сил системы и как следствие снижается амплитуда колебания и установившееся значение $x_{уст}$.