

**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 - 5

Выполнил \_\_\_\_\_ (подпись)  
(фамилия, и.о.)

Проверил \_\_\_\_\_ (подпись)  
(фамилия, и.о.)

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Санкт-Петербург, 20\_\_ г.

Работа выполнена с оценкой \_\_\_\_\_

Дата защиты "\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Цель работы.** Изучение математических моделей и исследование характеристик исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя микроперемещений.

**Исходные данные:** Представлены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные

$C_p$ , Н/м	$m$ , кг	$K_0$ , Н/В	$K_d$ , Нс/м	$T_u$ , мс	$F_b$
$0.6 \cdot 10^8$	0.5	8.2	900	0.05	50

Расчет необходимых параметров модели:

$$K_u = \frac{U_{Pm}}{U_m} = \frac{300}{10} = 30$$

Коэффициенты передачи измерительных устройств:

$$K_V = 28.6$$

$$K_F = 0.0067$$

$$K_X = 1.45 \cdot 10^5$$

# 1 Исследование системы без возмущения

Схема моделирования представлена на рисунке 1

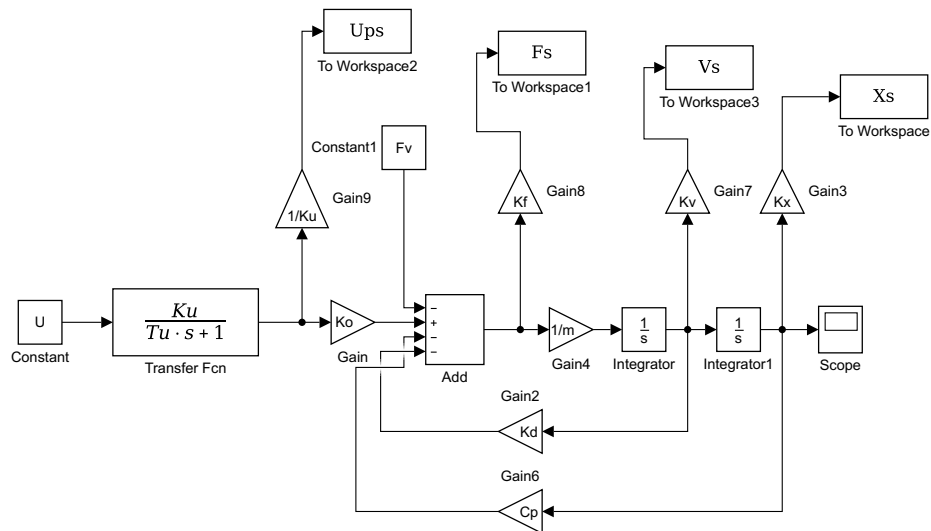
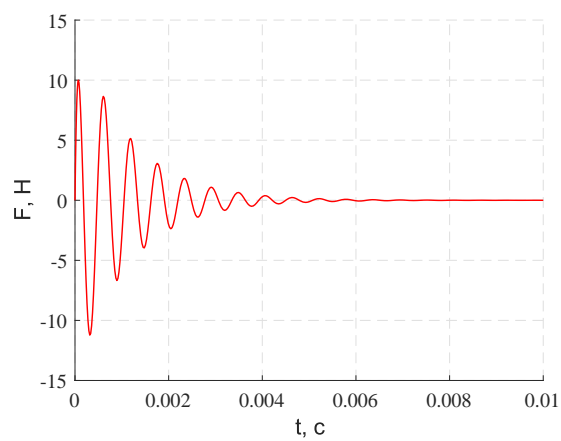
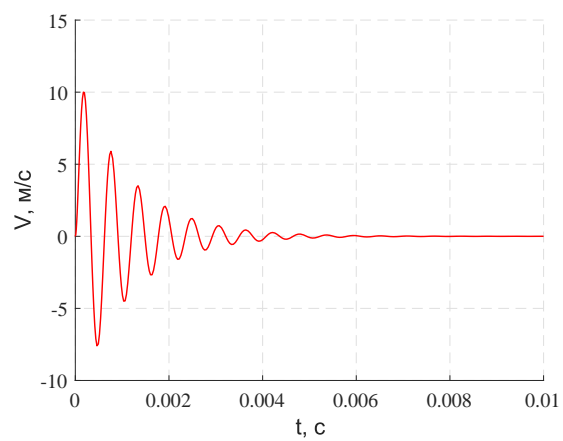


Рисунок 1 – Схема моделирования

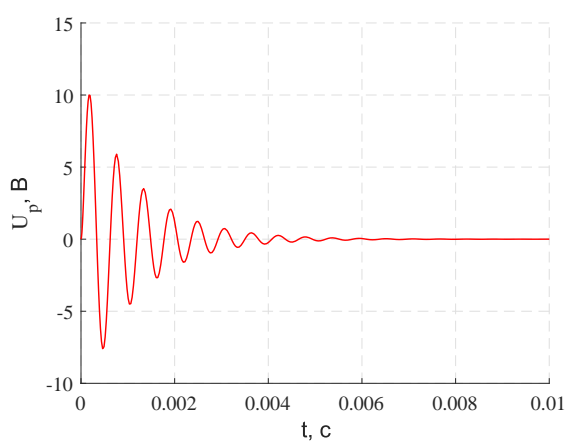
Графики переходных процессов при  $U = 10$  и  $F_b = 0$  для каждого из исследуемых значений представлены на рисунке 2



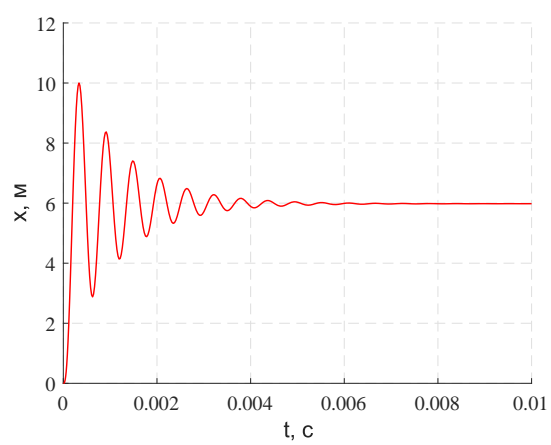
a)



b)



c)



d)

Рисунок 2 – Переходные процессы: а) динамическое усилие, б) скорость, с) напряжение, д) перемещение

## 2 Исследование влияния массы нагрузки $m$ на вид переходных процессов

Графики переходных процессов при различных  $m$  для каждого из исследуемых значений представлены на рисунке 3

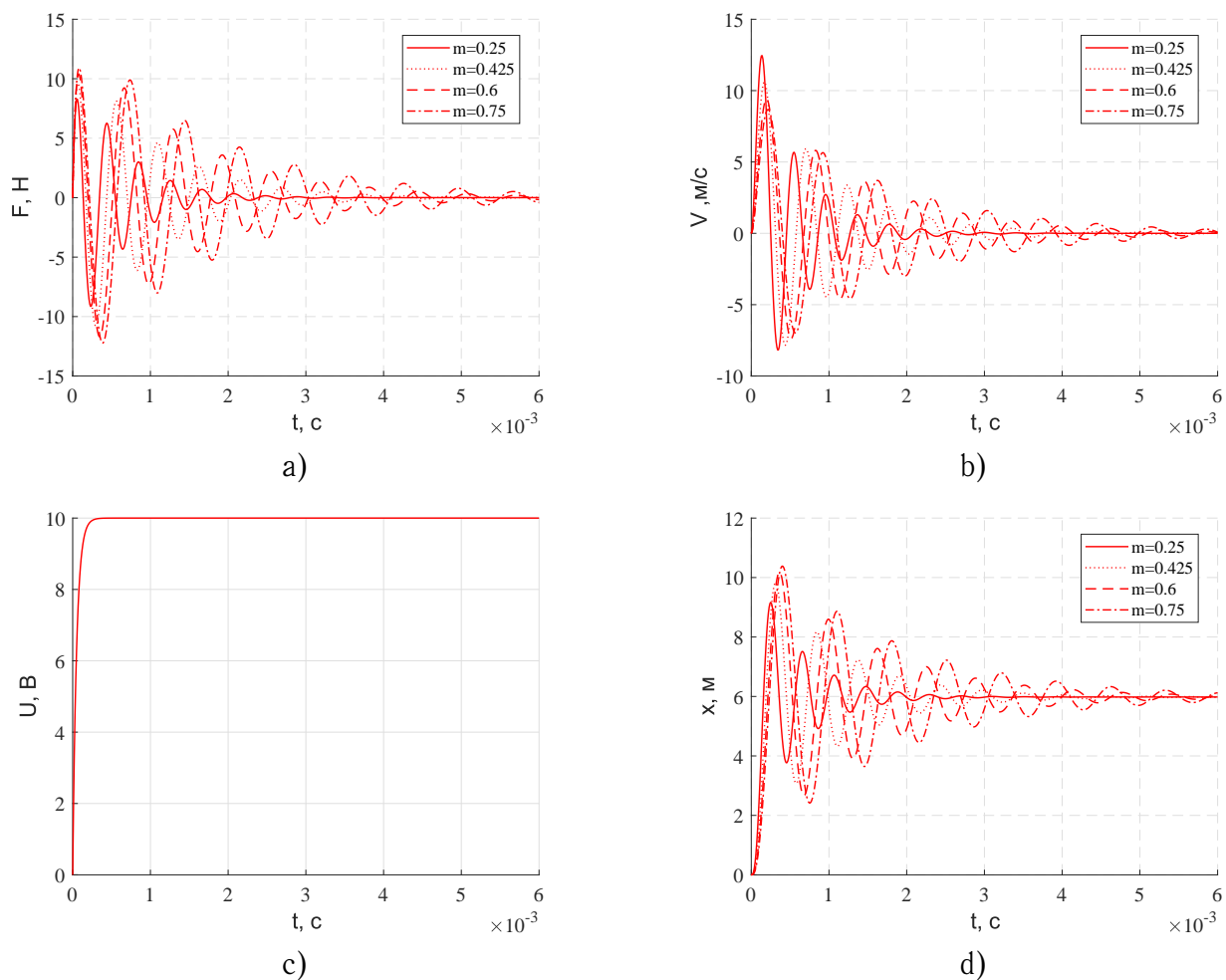


Рисунок 3 – Переходные процессы: а) динамическое усилие, б) скорость, в) напряжение, г) перемещение

Рассчитаем значения времени переходного процесса  $t_{\text{п}}$ , установившееся значение  $x_y$  и перерегулирование  $\sigma$  при различных  $m$  для  $x$ . Результаты представлены в таблице 2

Таблица 2 – Данные моделирования

$m$	$t_{\text{п}} \cdot 10^4$	$x_y$	$\sigma(\%)$
0.25	15	6	53
0.425	27	6	64
0.6	39	6	69
0.75	57	6	70

### 3 Исследование влияния постоянной времени ВУ $T_u$ на вид переходных процессов

Графики переходных процессов при различных  $T_u$  для каждого из исследуемых значений представлены на рисунке 4

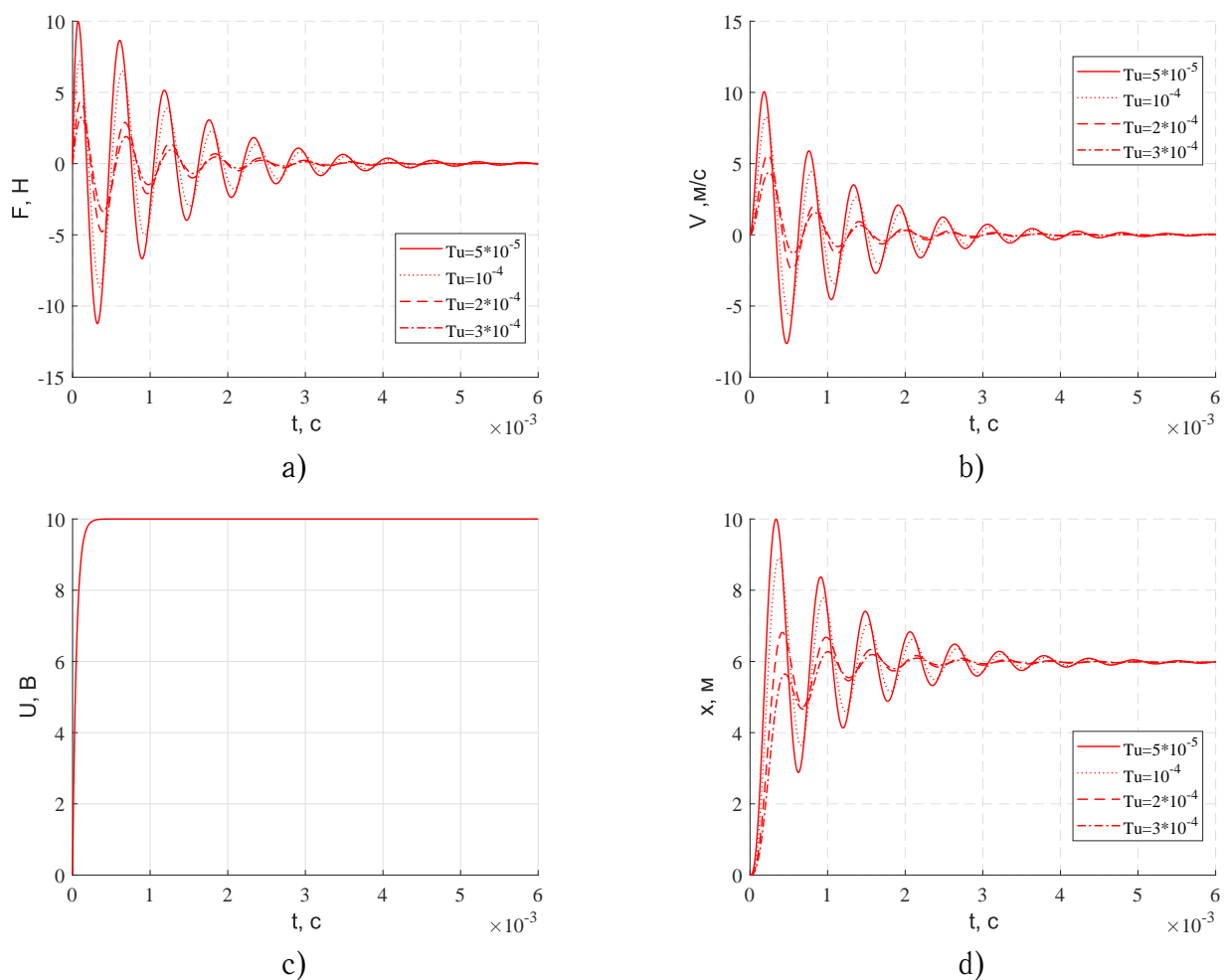


Рисунок 4 – Переходные процессы: а) динамическое усилие, б) скорость, в) напряжение, г) перемещение

Рассчитаем значения времени переходного процесса  $t_{\text{п}}$ , установившееся значение  $x_y$  и перерегулирование  $\sigma$  при различных  $T_u$  для  $x$ . Результаты представлены в таблице 3

Таблица 3 – Данные моделирования

$T_u \cdot 10^{-4}$	$t_{\text{п}} \cdot 10^4$	$x_y$	$\sigma(\%)$
0.5	30	6	67
1	27	6	49
2	16	6	14
3	14	6	5



## 4 Исследование переходных процессов по возмущению

Графики переходных процессов  $V$  и  $x$  при  $F_b$  и  $U = 0$  для различных значений коэффициента упругости  $C_p$  представлены на рисунках 5 и 6 соответственно

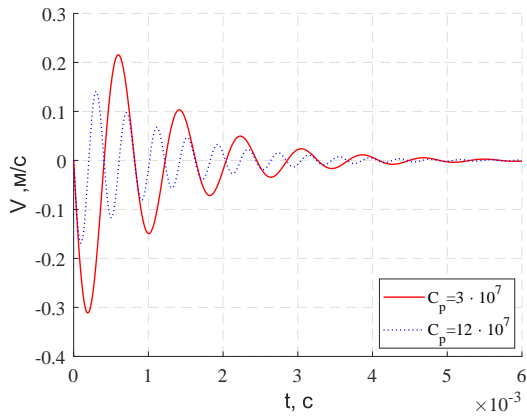


Рисунок 5 – Переходные процессы для  $V$

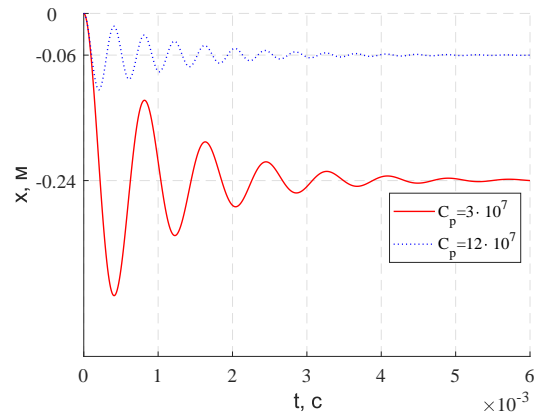


Рисунок 6 – Переходные процессы для  $x$

## 5 Асимптотическая ЛАЧХ исполнительного устройства

По схеме моделирования составим выражение для передаточной функции системы:

$$W(s) = \frac{K_u \cdot K_o}{(T_u s + 1)(ms^2 + K_d + C_p)} \quad (1)$$

Чтобы получить модуль частотной характеристики нужно взять отношение модулей числителя и знаменателя. В последнем в качестве второго множителя для приближенного анализа можно оставить только  $C_p$ . В итоге:

$$A(w) = \frac{K_u \cdot K_o}{C_p \cdot \sqrt{T_u^2 w^2 + 1}} \quad (2)$$

Асимптотическая ЛАЧХ представлена на рисунке 7

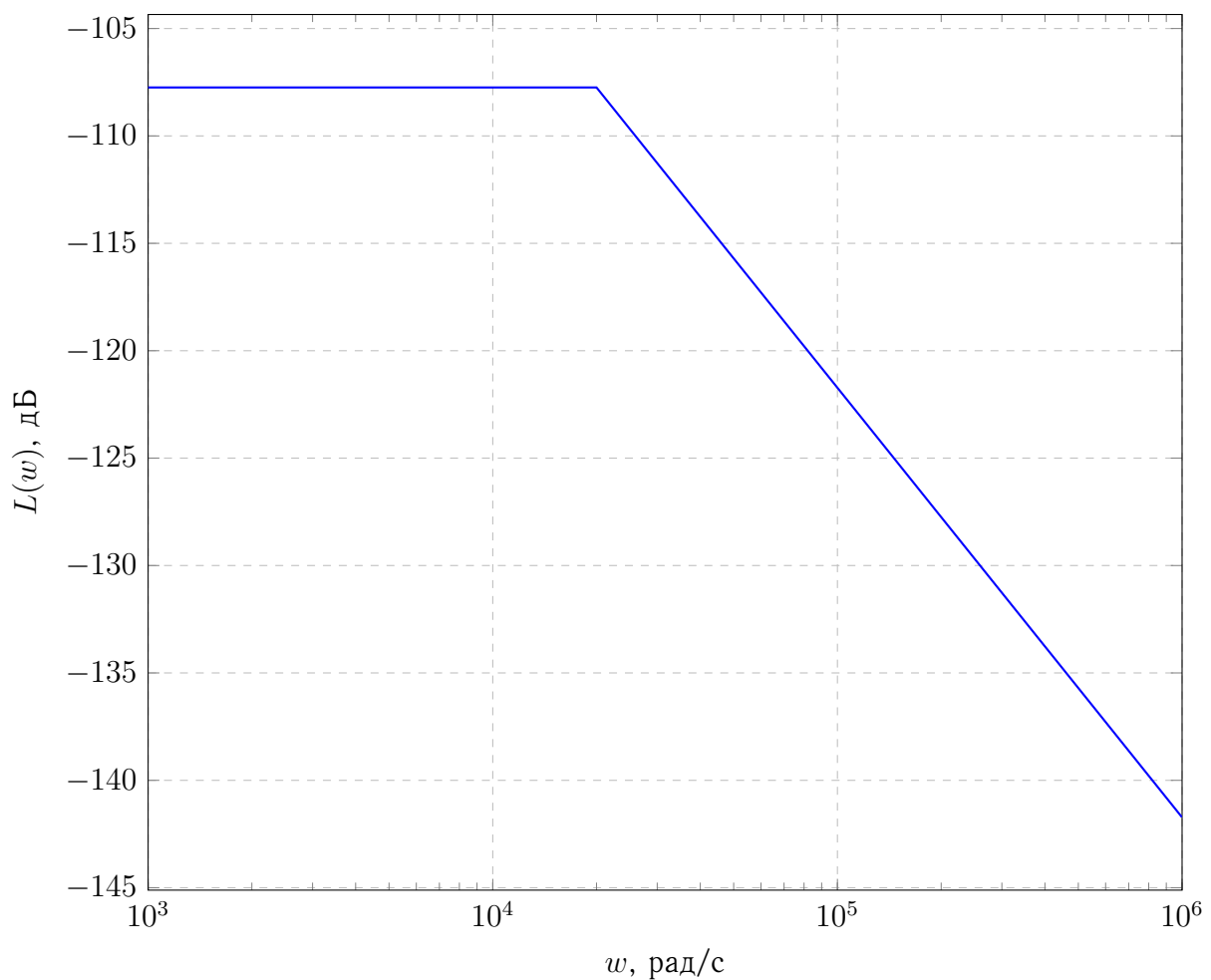


Рисунок 7 – ЛАЧХ исполнительного устройства

## 6 Выводы

В данной работе была исследована математическая модель пьезоэлектрического исполнительного устройства. Были исследованы переходные характеристики некоторых величин и их зависимость от параметров системы.

Было выявлено, что при увеличении массы нагрузки перерегулирование и время переходного процесса перемещения  $x$  механизма. А при увеличении постоянной времени  $T_u$  - наоборот.

При возмущающем воздействии увеличение коэффициента упругости  $C_p$  ведет к снижению колебаний и уменьшению установившегося значения  $x$ .