

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 Получение передаточных функций двигателя и системы

Для составления передаточной функции двигателя будем рассматривать пьезоэлектрическое устройство как упругую механическую систему. Тогда математическая модель может быть получена на основе уравнения баланса сил в пьезодвигателе:

$$F_y = F_O + F_d + F_d + F_B, \quad (1)$$

где $F_y = C_p \cdot x$, $F_O = K_O \cdot U_p$, $F_d = -m \frac{d^2 x}{dt^2}$. Подставив перечисленные равенства в уравнение (1), получим:

$$m \cdot \ddot{x} + K_d \cdot \dot{x} + C_p \cdot x = K_o \cdot U_p + F_B \quad (2)$$

Следовательно, передаточная функция пьезоэлектрического двигателя при нулевом внешнем возмущении будет следующей:

$$W_{\text{ПД}}(s) = \frac{K_O}{ms^2 + K_d s + C_p}. \quad (3)$$

Управление ПД осуществляется с вольтного усилителя, который описывается апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{ВУ}}(s) = \frac{K_u}{T_u s + 1}, \quad (4)$$

Так как ВУ и ПД соединены последовательно, то передаточная функция системы:

$$W(s) = \frac{K_u \cdot K_o}{(T_u s + 1)(ms^2 + K_d s + C_p)} \quad (5)$$

2 Исследование системы без возмущения

Схема моделирования представлена на рисунке 1

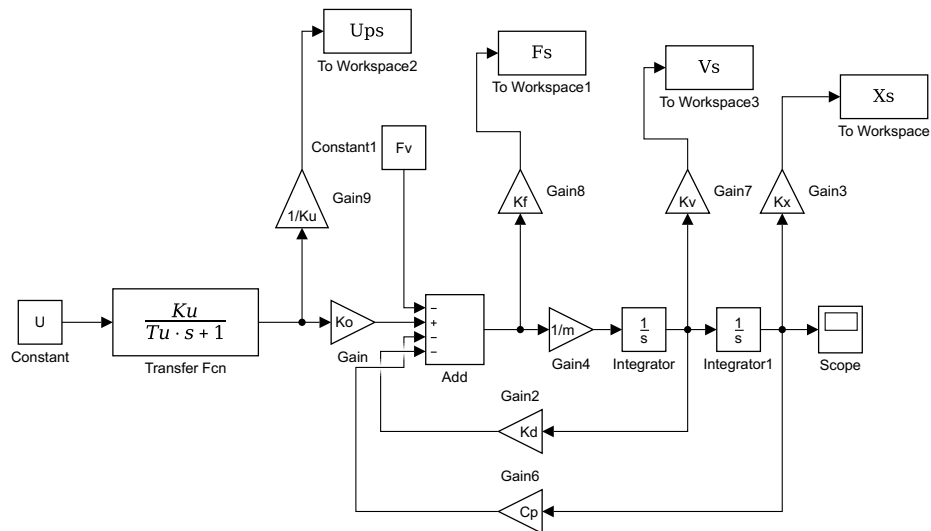
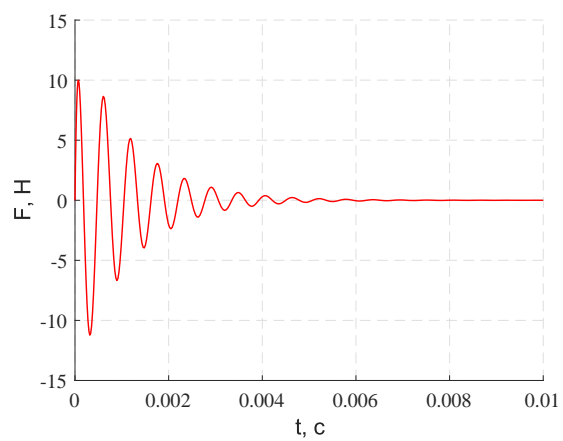
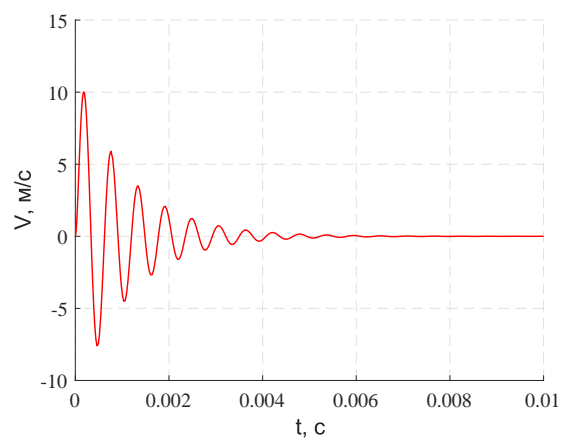


Рисунок 1 – Схема моделирования

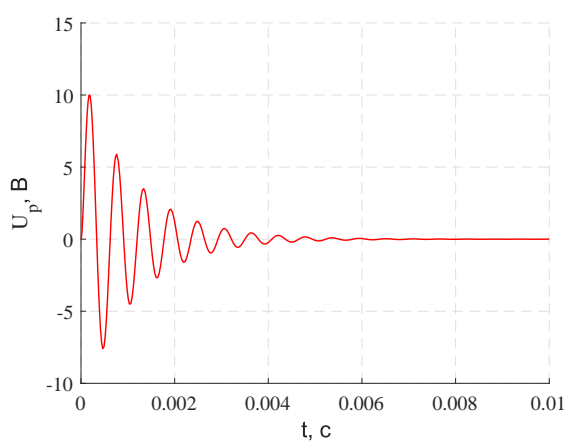
Графики переходных процессов при $U = 10$ и $F_v = 0$ для каждого из исследуемых значений представлены на рисунке 2



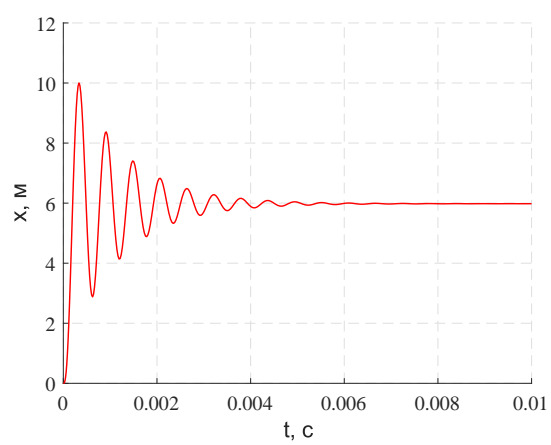
a)



b)



c)



d)

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

3 Исследование влияния массы нагрузки m на вид переходных процессов

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

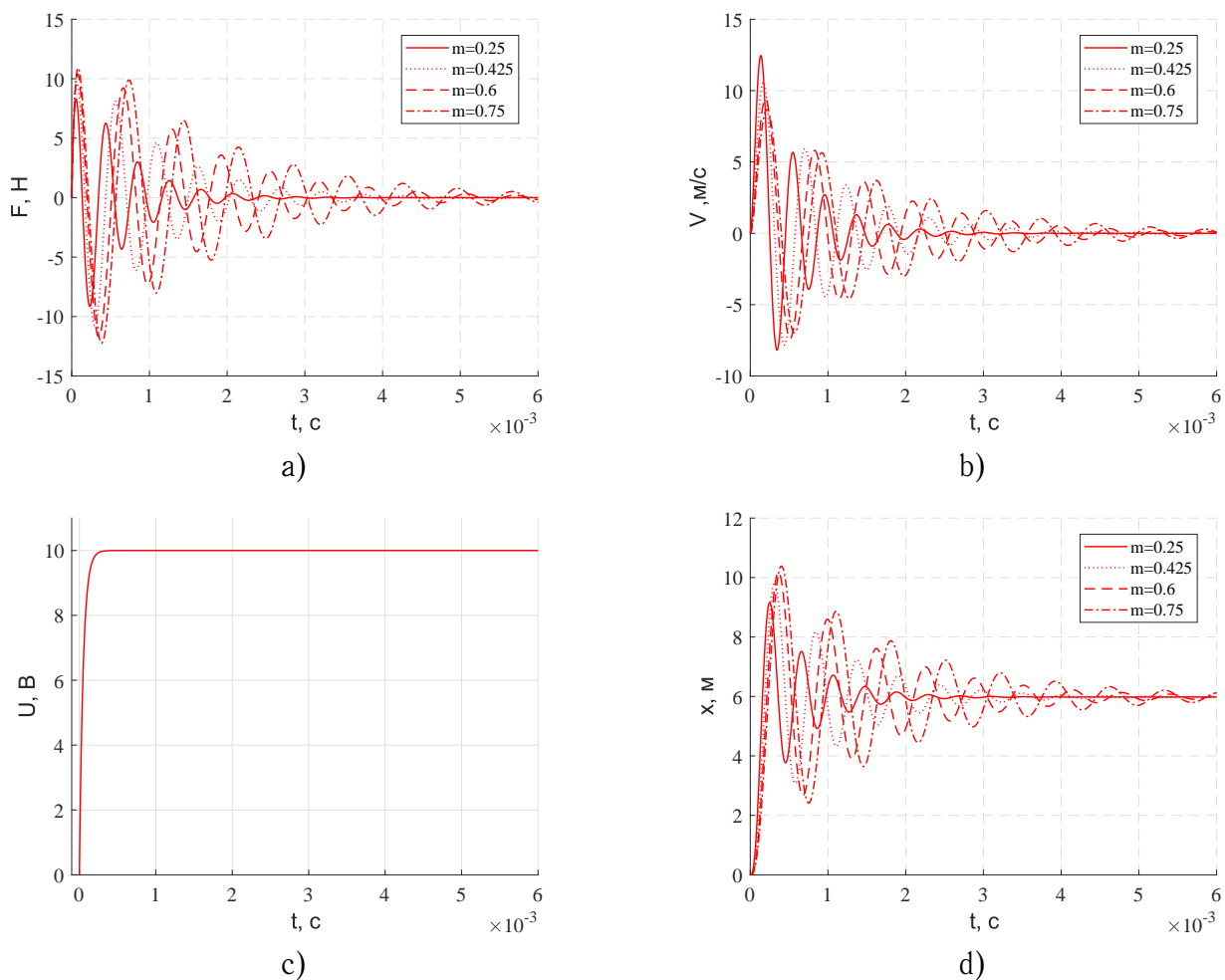


Рисунок 3 – Переходные процессы: а) динамическое усилие, б) скорость, в) напряжение, г) перемещение

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

Таблица 2 – Данные моделирования

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

4 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

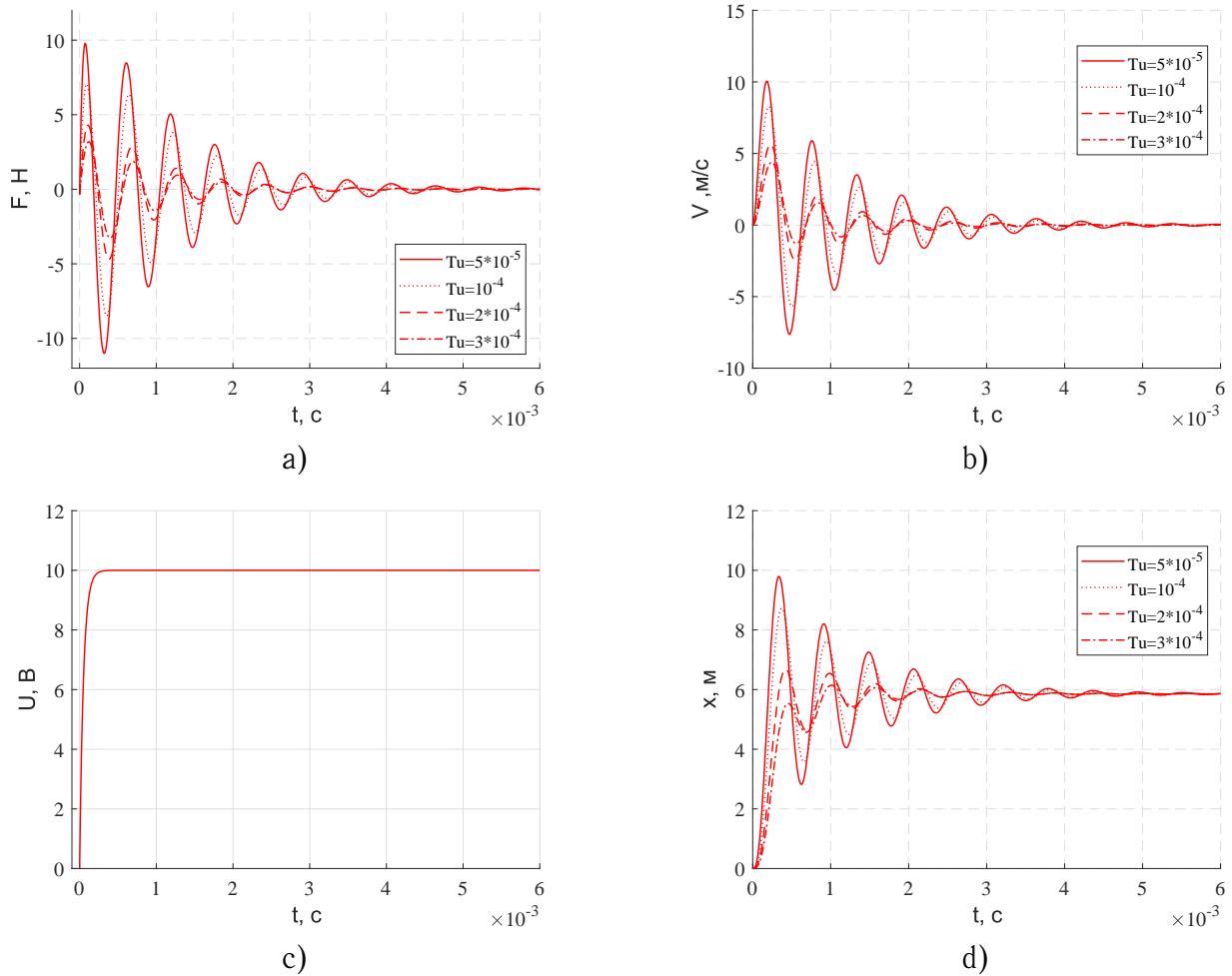


Рисунок 4 – Переходные процессы: а) динамическое усилие, б) скорость, в) напряжение, г) перемещение

Рассчитаем значения времени переходного процесса t_n , установившееся значение x_y и перерегулирование σ при различных T_u для x . Результаты представлены в таблице 3

Таблица 3 – Данные моделирования

$T_u \cdot 10^4, \text{с}$	$t_n \cdot 10^4, \text{с}$	$x_y \cdot K_x, \text{м}$	$\sigma(\%)$
0.5	30	6	67
1	27	6	49
2	16	6	14
3	14	6	5

Корни характеристического уравнения (6) при $m = 0.5$, $C_p = 0.6 \cdot 10^8$, $K_d = 900$ и различных T_u :

$$(T_u s + 1)(ms^2 + K_d + C_p) = 0 \quad (6)$$

- При $T_u = 0.5 \cdot 10^{-4}$: $s_1 = -2 \cdot 10^4$; $s_{2,3} = -900 \pm 10917.42i$
- При $T_u = 1 \cdot 10^{-4}$: $s_1 = -10^4$; $s_{2,3} = -900 \pm 10917.42i$
- При $T_u = 2 \cdot 10^{-4}$: $s_1 = -0.5 \cdot 10^4$; $s_{2,3} = -900 \pm 10917.42i$
- При $T_u = 3 \cdot 10^{-4}$: $s_1 = -0.33 \cdot 10^4$; $s_{2,3} = -900 \pm 10917.42i$

5 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

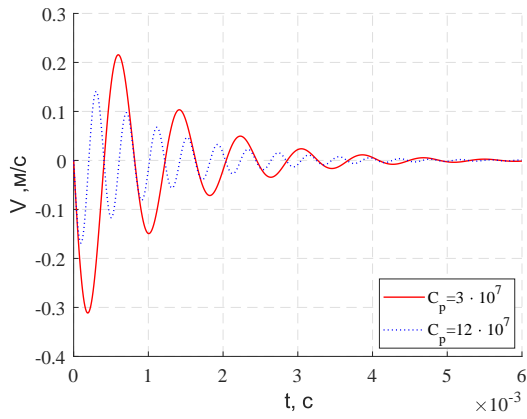


Рисунок 5 – Переходные процессы для V

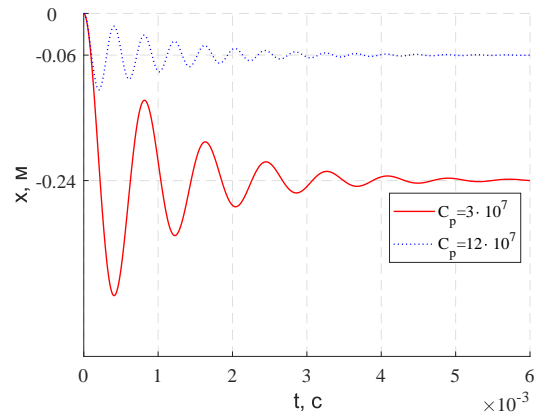


Рисунок 6 – Переходные процессы для x

6 Асимптотическая ЛАЧХ исполнительного устройства

Передаточная функция системы имеет вид:

$$W(s) = \frac{K_u \cdot K_o}{(T_u s + 1)(ms^2 + K_d s + C_p)} \quad (7)$$

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:

$$A(w) = \frac{K_u \cdot K_o}{C_p \cdot \sqrt{T_u^2 w^2 + 1}} \quad (8)$$

Асимптотическая ЛАЧХ представлена на рисунке 7

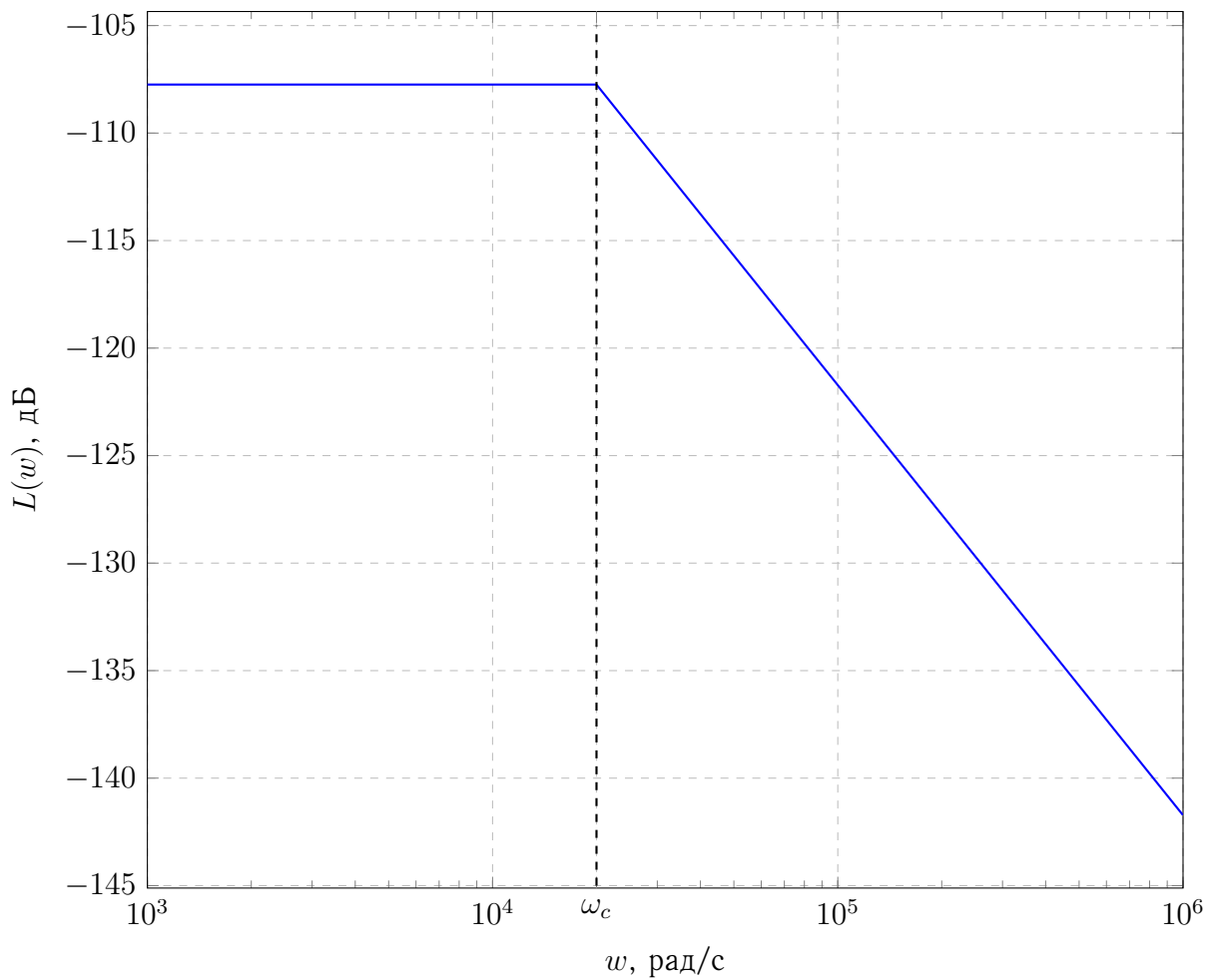


Рисунок 7 – ЛАЧХ исполнительного устройства

Сопрягающая частота $\omega_c = \frac{1}{T_u} = 2 \cdot 10^4$

Вывод

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. Установившееся значение остается неизменным.

Также были найдены значения корней характеристического многочлена при различных значениях T_u , которые подтверждают характер переходного процесса - система устойчива (все 3 корня имеют отрицательную вещественную часть) и имеет склонность к колебаниям, так как есть пара комплексно-сопряженных корней.

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