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 <u>Р3340</u>

Лабораторная работа №7 "Анализ точности систем управления" Вариант - 2

Выполнила	Недоноскова	Ю.И.	(подпись)
		(фамилия, и.о.)	
Проверил		(фамилия, и.о.)	(подпись)
"" 20_	г.	Санкт-Петербург,	20г.
Работа выполнена с с	оценкой		
Дата защиты ""	20	<u>г</u> .	

Цель работы: Исследование точностных свойств систем управления.

Исходные данные. В таблице 1 приведены передаточная функция ОУ, характеристики задающих и возмущающих воздействий.

Таблица 1 – Исходные данные.

W(s)	g = A	g = Vt	$g = at^2/2$	Структура системы	f_1	f_2	Сигнал задания
$\frac{3}{2,5s+1}$	2	2t	$0.5t^2$	a)	0.5	0.5	$0.2t^2 + \sin\left(0.5t\right)$

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Задана замкнутая система, структурная схема которой представлена на рисунке 1, где $H(s)=k,\,W(s)=\frac{3}{2,5s+1}.$

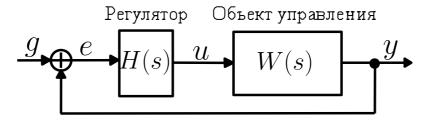


Рисунок 1 – Структурная схема моделируемой системы

1.1 Исследование стационарного режима работы: g(t) = A.

На рисунке 2 представлена структурная схема системы при входном воздействии g=2, представлены графики переходных процессов (рисунок 3) и переходные характеристики ошибок (рисунок 4) при различных значениях k.

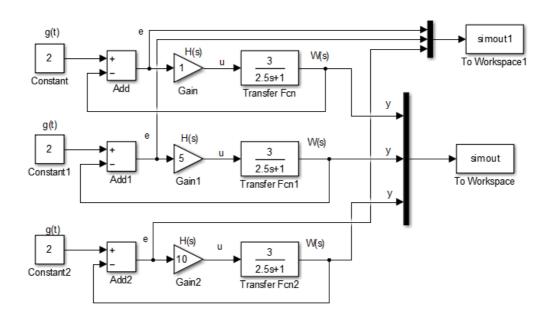


Рисунок 2 – Структурная схема системы с астатизмом нулевого порядка

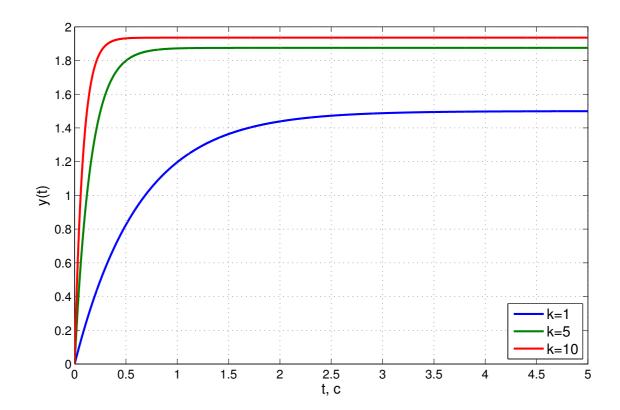


Рисунок 3 – Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

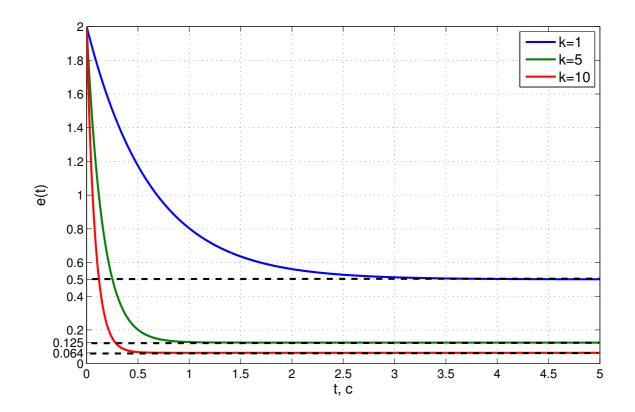


Рисунок 4 – Переходные характеристики для ошибки

Для статической системы при постоянном входном воздействии g(t)=A предельное зна-

чение установившейся ошибки будет равно:

$$\varepsilon = \lim_{s \to 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \to 0} s \frac{1}{1 + \frac{3k}{2.5s + 1}} \cdot \frac{A}{s} = \lim_{s \to 0} \frac{5s + A}{2.5s + 3k + 1} = \frac{A}{1 + 3k}$$
(1)

Тогда при
$$k=1$$
: $\varepsilon=\frac{2}{1+1*3}=\frac{2}{4}=0.5;$ при $k=5$: $\varepsilon=\frac{2}{1+5*3}=\frac{2}{16}=0.125;$ при $k=10$: $\varepsilon=\frac{2}{1+10*3}=\frac{2}{31}=0.0645.$

1.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью: g(t) = Vt.

На рисунке 5 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии g=2t.

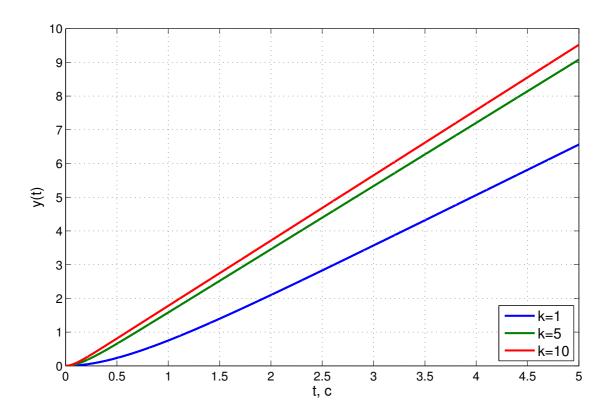


Рисунок 5 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

Для статической системы при линейно нарастающем входном воздействии g(t) = Vt имеем:

$$\varepsilon = \lim_{s \to 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \to 0} \frac{1}{1 + \frac{3k}{2.5s + 1}} \frac{V}{s} = \lim_{s \to 0} \frac{V(2, 5s + 1)}{s(2, 5s + 3k + 1)} = \infty$$
 (2)

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

Структурная схема моделируемой системы представлена на рисунке 1, где $H(s)=\frac{k}{s}, W(s)=\frac{3}{2,5s+1}$.

2.1 Исследование стационарного режима работы: g(t) = A.

На рисунке 6 представлена структурная схема системы при входном воздействии g=2, представлены графики переходных процессов (рисунок 7) и переходные характеристики ошибок (рисунок 8) при различных значениях k.

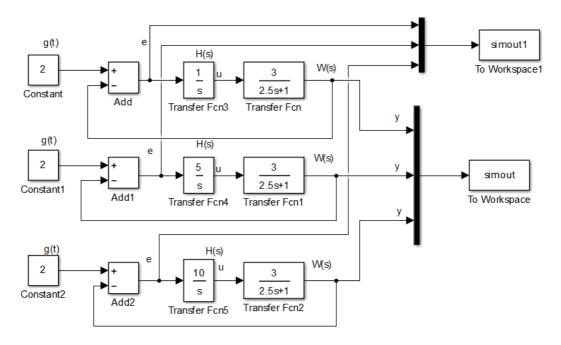


Рисунок 6 – Структурная схема системы с астатизмом нулевого порядка

Для статической системы при постоянном входном воздействии g(t) = A имеем:

$$\varepsilon = \lim_{s \to 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \to 0} \frac{1}{1 + \frac{W^*(s)}{s}} A = \lim_{s \to 0} \frac{As(2, 5s + 1)}{s(2, 5s + 1) + 3k} = \frac{0}{3k} = 0$$
 (3)

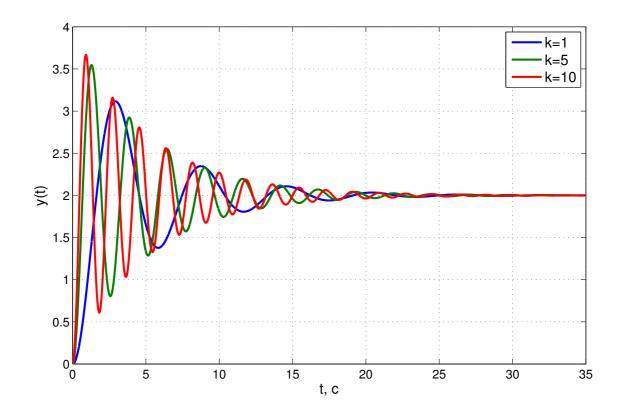


Рисунок 7 — Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

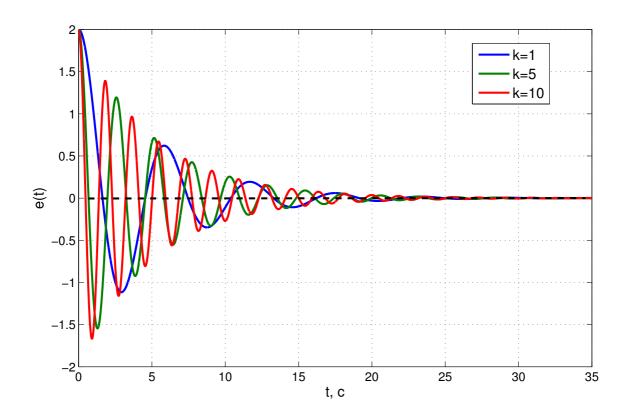


Рисунок 8 – Переходные характеристики для ошибки

2.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью: g(t) = Vt.

На рисунке 9 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии g=2t, на рисунке 10 - переходные характеристики для ошибки.

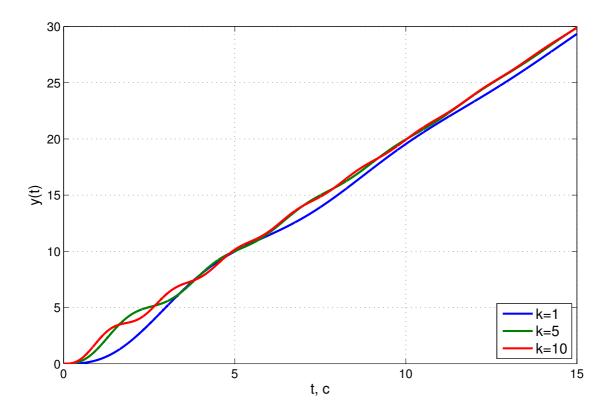


Рисунок 9 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

При линейно нарастающем воздействии g(t) = Vt предельное значение установившейся ошибки будет равно:

$$\varepsilon = \lim_{s \to 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \to 0} \frac{s}{1 + \frac{3k}{s(2, 5s + 1)}} \frac{V}{s^2} = \lim_{s \to 0} \frac{V(2, 5s + 1)}{s(2, 5s + 1) + 3k} = \frac{V}{3k}.$$
 (4)

Тогда при
$$k=1$$
: $\varepsilon=\frac{2}{1*3}=\frac{2}{3}\approx 0.667;$ при $k=5$: $\varepsilon=\frac{2}{5*3}=\frac{2}{15}\approx 0.133;$ при $k=10$: $\varepsilon=\frac{2}{10*3}=\frac{2}{30}\approx 0.067.$

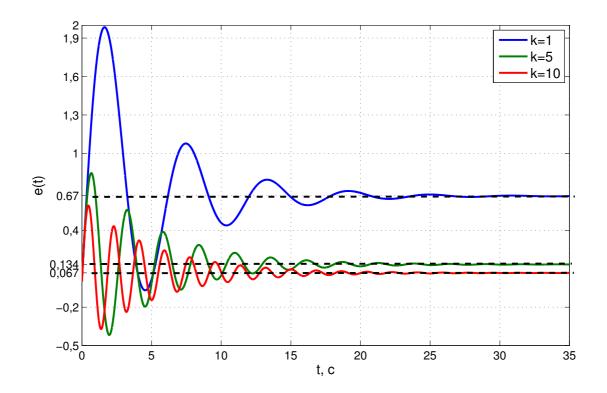


Рисунок 10 – Переходные характеристики для ошибки

2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением: $g(t) = at^2/2$.

На рисунке 11 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии $g=0.5t^2.$

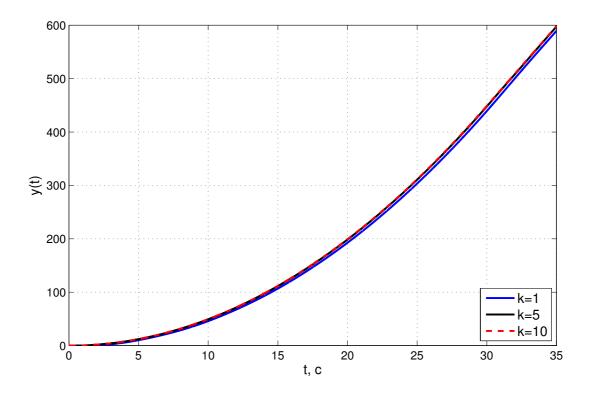


Рисунок 11 — Переходные характеристики системы для движения с постоянным ускорением

3 Исследование влияний внешних возмущений

Структурная схема возмущённой системы при входном воздействии g=1 представлена на рисунке 12, также представлены графики переходных процессов (рисунок 13) и переходные характеристики ошибок (рисунок 14) при различных значениях k.

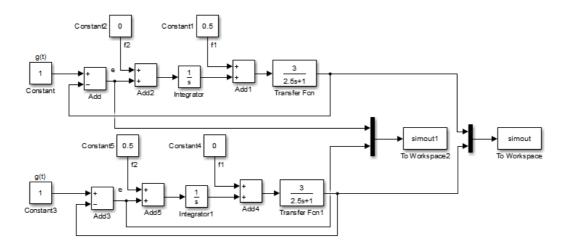


Рисунок 12 – Структурная схема системы при влиянии внешних возмущений

Функция ошибки слежения равна

$$e = \frac{g - W(s)f_1 - \frac{1}{s}W(s)f_2}{1 + \frac{1}{s}W(s)} = \frac{g - \frac{3}{2,5s+1}f_1 - \frac{3}{(2,5s+1)s}f_2}{1 + \frac{3}{(2,5s+1)s}} = \frac{g(2,5s^2 + s) - 3sf_1 - 3f_2}{2,5s^2 + s + 3}$$
(5)

тогда предельное значение установившейся ошибки при g(t) = 1

$$\varepsilon = \lim_{s \to 0} \frac{2,5s^2 + s - 3sf_1 - 3f_2}{2,5s^2 + s + 3} = \frac{-3f_2}{3} = -f_2. \tag{6}$$

Положим, что $f_2 = 0$, тогда предельное значение ошибки при заданных параметрах должно быть равно 0. Если положить $f_1 = 0$, тогда предельное значение ошибки будет равно $-f_2$, то есть -0.5.

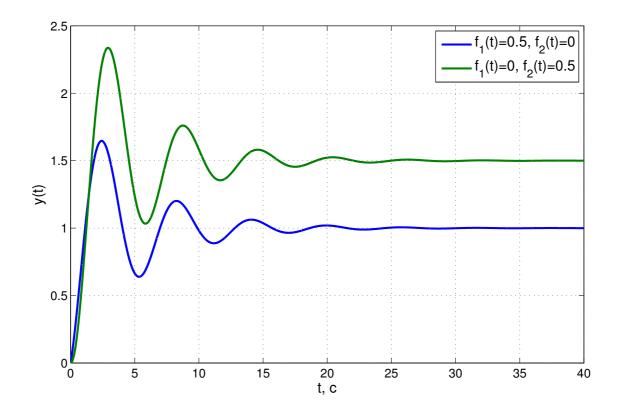


Рисунок 13 – Переходные характеристики системы при влиянии внешних возмущений

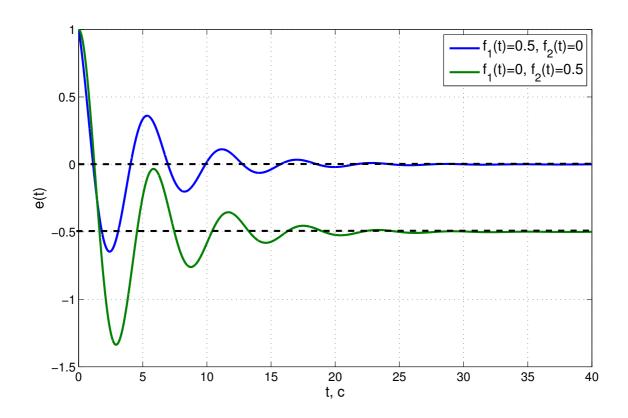


Рисунок 14 – Переходные характеристики для ошибки

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

Структурная схема представлена на рисунке 1, где $H(s) = 1, W(s) = \frac{3}{2,5s+1}$, а задающее воздействие $g(t) = 0, 2t^2 + \sin 0, 5t$. В ходе моделирования заданной системы (рисунок 15) был получен график переходного процесса, представленный на рисунке 16. Из него видно, что предельное значение ошибки стремится к ∞ . Схема моделирования системы представленна на рисунке 13.

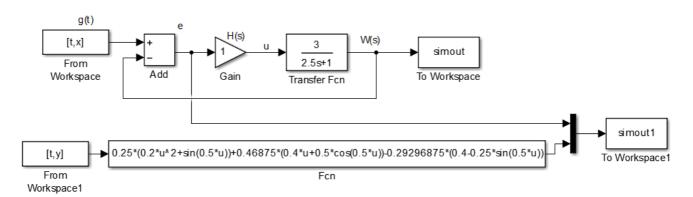


Рисунок 15 – Структурная схема системы при произвольном входном воздействии

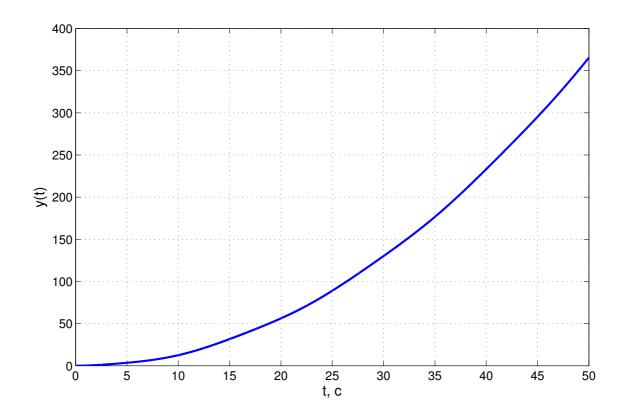


Рисунок 16 – Переходной процесс в замкнутой системе при произвольном входном воздействии

Получим приближенное аналитическое выражение для установившейся ошибки слежения путём разложения в ряд Тейлора передаточную функцию замкнутой системы по ошибке

слежения. Передаточная функция замкнутой системы по ошибке слежения выглядит так:

$$\Phi_e(s) = \frac{1}{1 + W(s)} = \frac{1}{1 + \frac{3}{2,5s+1}} = \frac{2.5s+1}{2.5s+4}$$
 (7)

При произвольном входном воздействии выражение установившейся ошибки будет выглядеть следующим образом:

$$e_y(t) = \Phi_e(s)|_{s=0}g(t) + \frac{d\Phi_e(s)}{ds}\Big|_{s=0}\dot{g}(t) + \frac{d^2\Phi_e(s)}{ds^2}\Big|_{s=0}\frac{\ddot{g}(t)}{2!}$$
(8)

Найдём производные g(t) и $\Phi_e(s)$:

$$g(t) = 0.2t^{2} + \sin(0.5t)$$

$$\Phi_{e}(s)|_{s=0} = \frac{2.5s + 1}{2.5s + 4} = 0.25$$

$$\dot{g}(t) = 0.4t + 0.5\cos(0.5t)$$

$$\frac{d\Phi_{e}(s)}{ds}\Big|_{s=0} = \frac{7.5}{(2.5s + 4)^{2}} = 0.469$$

$$\ddot{g}(t) = 0.4 - 0.25\sin(0.5t)$$

$$\frac{d^{2}\Phi_{e}(s)}{ds^{2}}\Big|_{s=0} = \frac{-37.5}{(2.5s + 4)^{3}} = -0.586$$

Тогда получаем выражение ошибки $e_y(t)$:

$$e_y(t) = 0.25(0.2t^2 + \sin 0.5t) + 0.469(0.4t + 0.5\cos 0.5t) - 0.293(0.4 - 0.25\sin 0.5t)$$
 (9)

Убедимся, что графики расчетной и экспериментально определённой установившейся ошибки слежения совпадают для этого построим их на одном графике, представленном на рисунке 17.

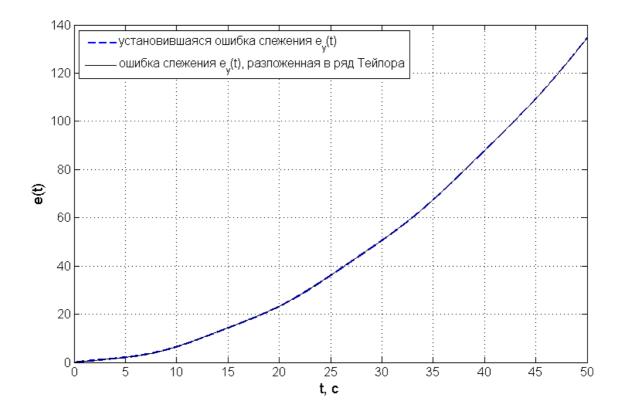


Рисунок 17 – Графики ошибок

Вывод

В ходе лабораторной работы были исследованы системы с разным порядком астатизма, при влиянии внешних возмущений и при произвольном входном воздействии. Были построены переходные характеристики для всех случаев и найдены значения установившихся ошибок. Данные исследования позволяют сделать вывод о том что, установившееся значение ошибки можно изменить путём увеличения или уменьшения общего коэффициента усиления разомкнутой системы, а также путём снижения или повышения порядка астатизма.

Кроме того было показано, что порядок астатизма системы по задающему воздействию, в общем случае, не соответствует порядку астатизма по возмущению.

Так же было получено приближенное аналитическое выражение для установившейся ошибки слежения системы при произвольном входном воздействии.