

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 P3340

Лабораторная работа №7
“Анализ точности систем управления”
Вариант - 3

Выполнила

Баранов Г.В. (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: 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
$\frac{1.5}{0.5s + 1}$	2	4t	$0.2t^2$	а)	-0.5	1	$0.5t + 2 \cos(0.1t)$

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Задана замкнутая система, структурная схема которой представлена на рисунке 1, где $H(s) = k$, $W(s) = \frac{1.5}{0.5s + 1}$.

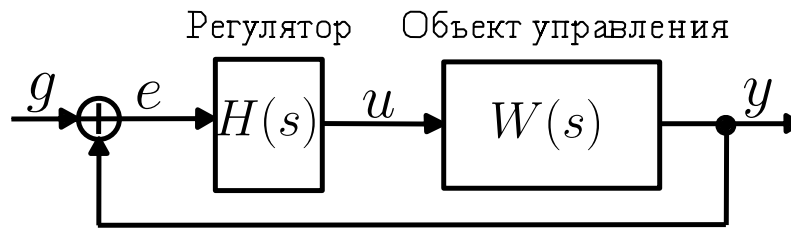


Рисунок 1 – Структурная схема моделируемой системы

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 .

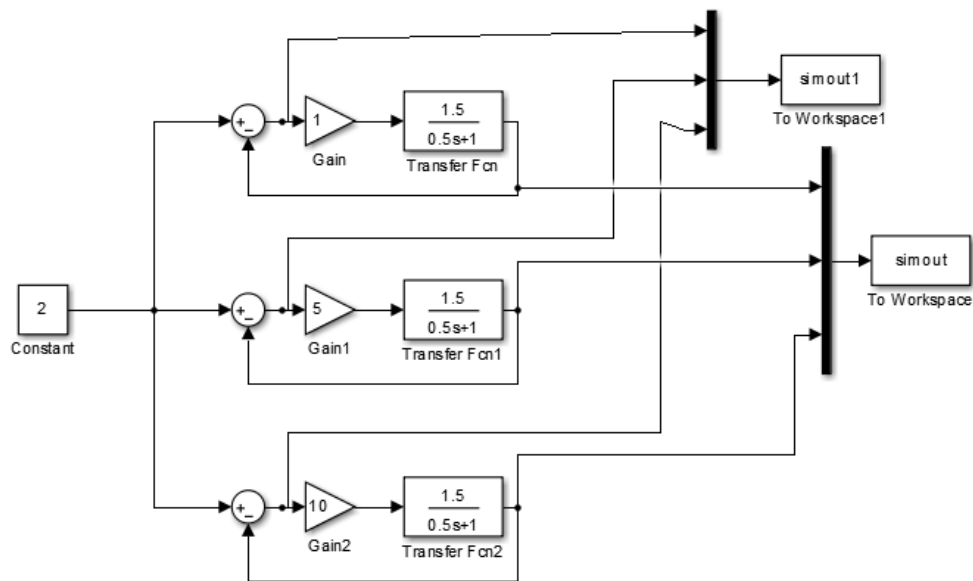


Рисунок 2 – Структурная схема системы с астатизмом нулевого порядка

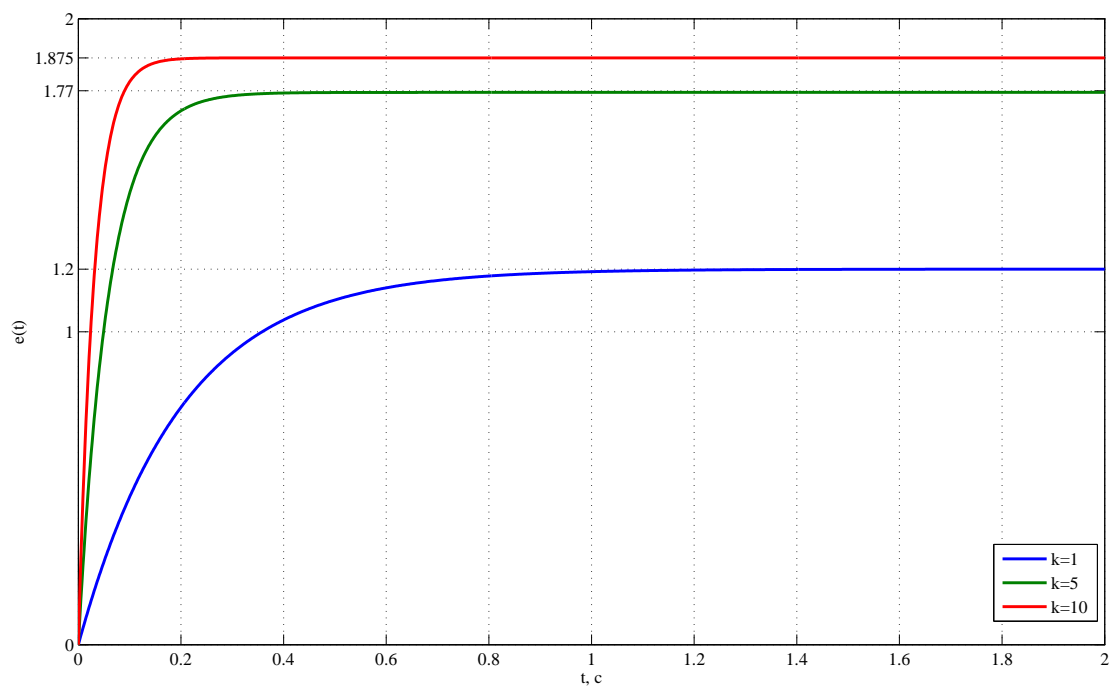


Рисунок 3 – Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

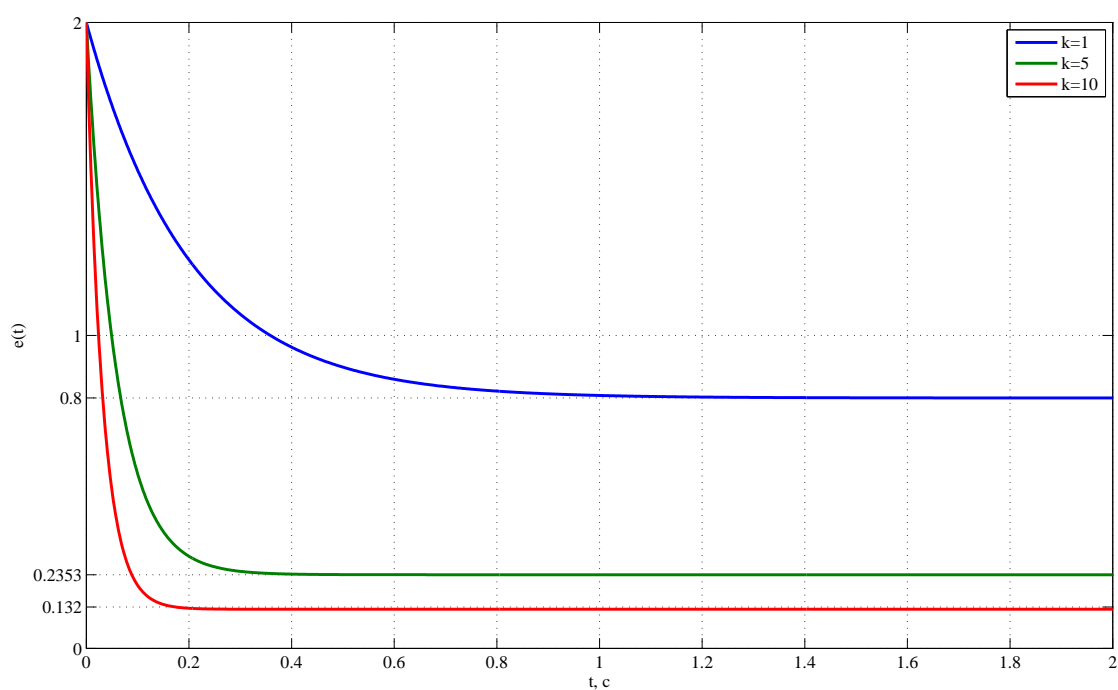


Рисунок 4 – Переходные характеристики для ошибки

Для статической системы при постоянном входном воздействии $g(t) = A$ предельное значение установившейся ошибки будет равно:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + \frac{1.5k}{0.5s + 1}} \cdot \frac{A}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0.5sA + A}{0.5s + 1.5k + 1} = \frac{A}{1 + 1.5k}. \quad (1)$$

Тогда при $k = 1$: $\varepsilon = \frac{2}{1 + 1 * 1.5} = \frac{2}{2.5} = 0.8$;
 при $k = 5$: $\varepsilon = \frac{2}{1 + 5 * 1.5} = \frac{2}{8.5} = 0.23535$;
 при $k = 10$: $\varepsilon = \frac{2}{1 + 10 * 1.5} = \frac{2}{15} = 0.13333$.

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

На рисунке 5 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии $g = 4t$.

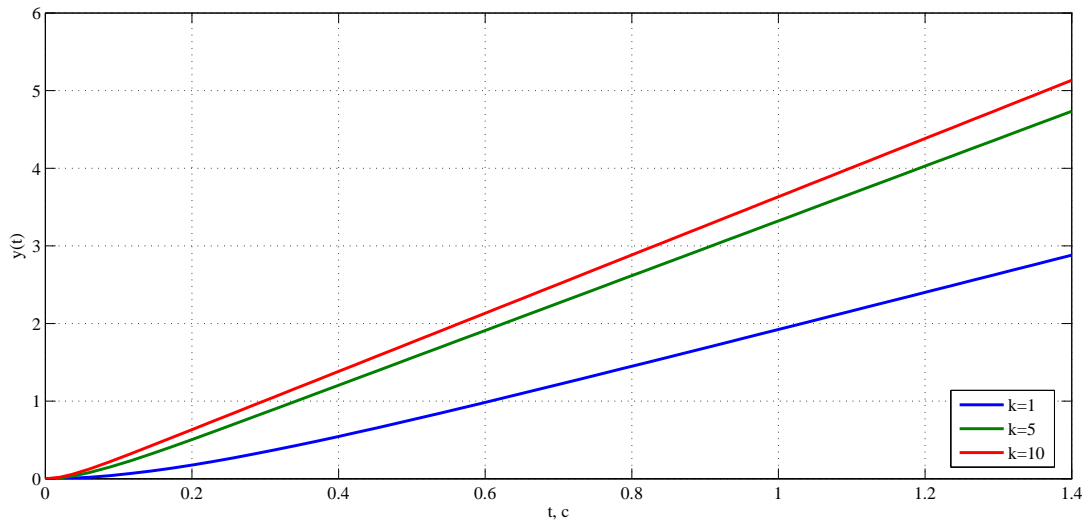


Рисунок 5 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \frac{1.5k}{0.5s + 1}} \frac{V}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{V(0.5s + 1)}{s(0.5s + 1.5k + 1)} = \infty. \quad (2)$$

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

Структурная схема моделируемой системы представлена на рисунке 1, где $H(s) = \frac{k}{s}$, $W(s) = \frac{1.5}{0.5s + 1}$.

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

На рисунке 6 представлена структурная схема системы при входном воздействии $g = 4t$, представлены графики переходных процессов (рисунок 7) и переходные характеристики ошибок (рисунок 8) при различных значениях k и при входном воздействии, равном 2.

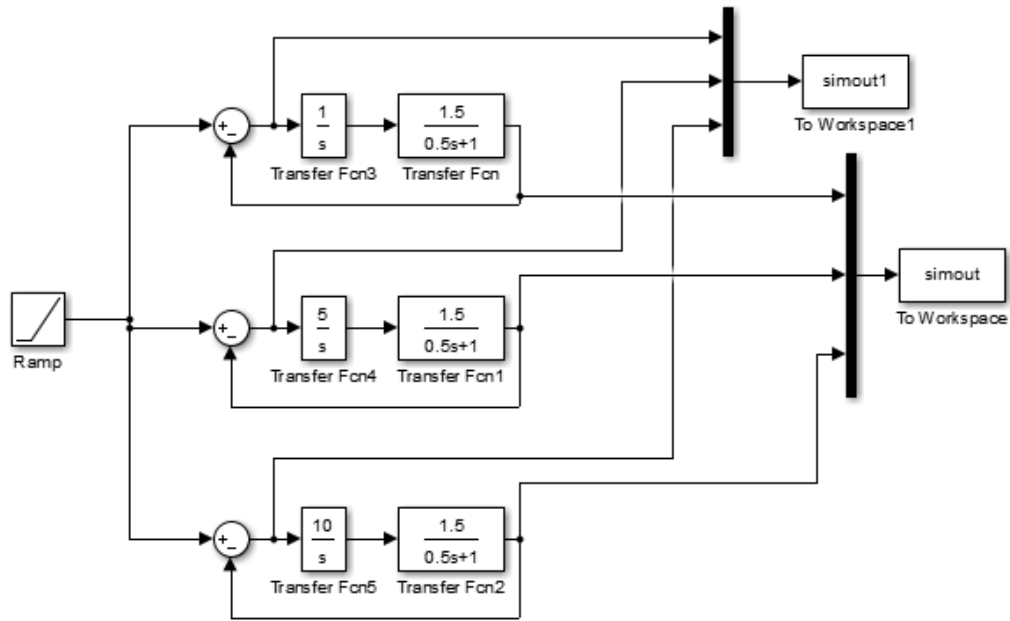


Рисунок 6 – Структурная схема системы с астатизмом нулевого порядка

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \frac{W^*(s)}{s}} A = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{As(2, 5s + 1)}{s(0.5s + 1) + 1.5k} = \frac{0}{1.5k} = 0. \quad (3)$$

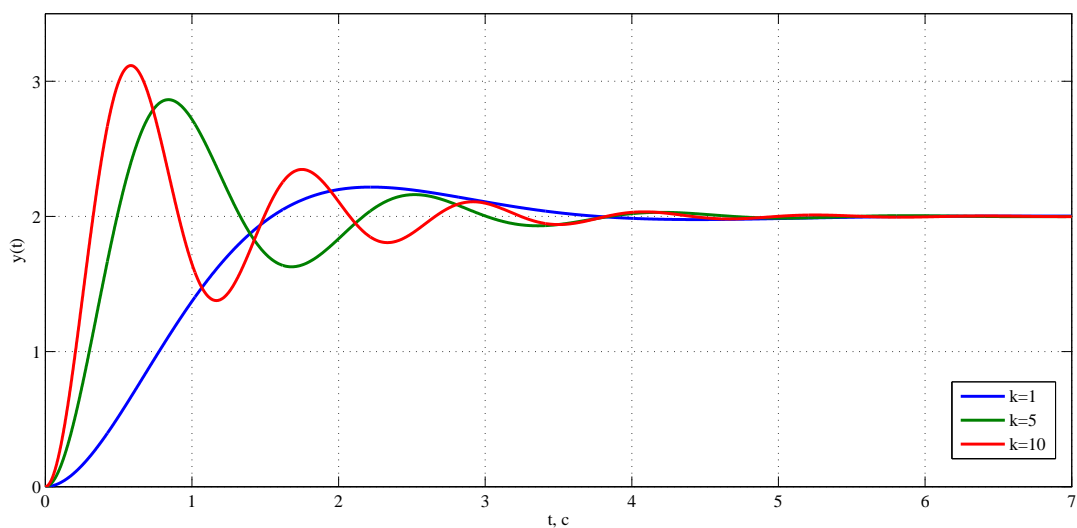


Рисунок 7 – Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

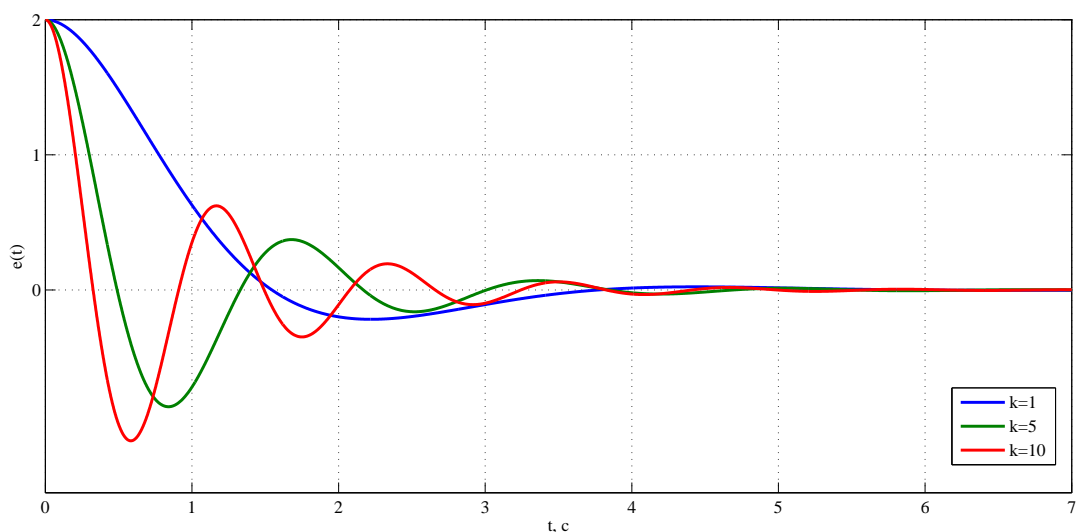


Рисунок 8 – Переходные характеристики для ошибки

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

На рисунке 9 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии $g = 4t$, на рисунке 10 - переходные характеристики для ошибки.

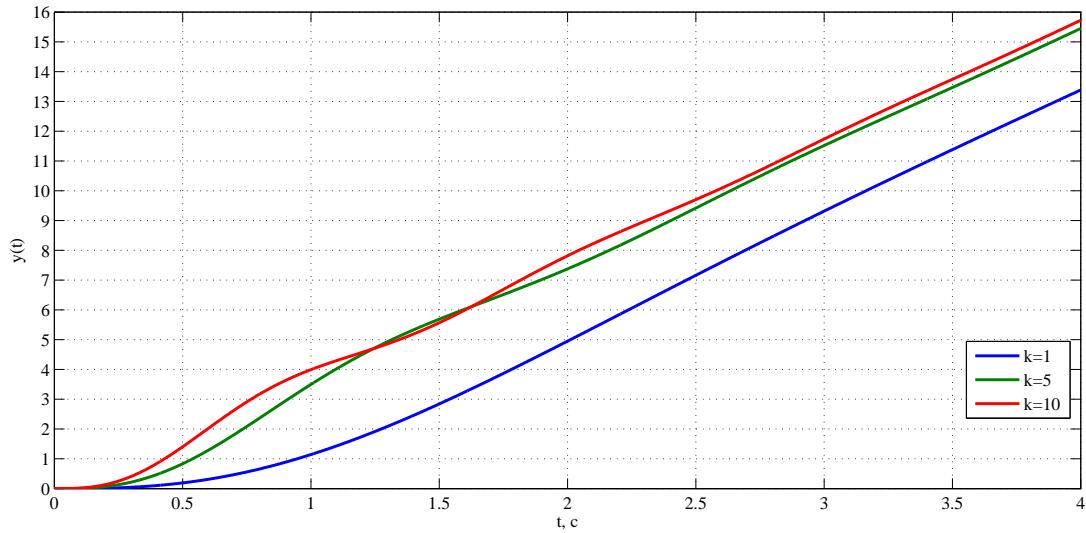


Рисунок 9 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + \frac{1.5k}{s(0.5s + 1)}} \frac{V}{s^2} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{V(0.5s + 1)}{s(0.5s + 1) + 1.5k} = \frac{V}{1.5k}. \quad (4)$$

Тогда при $k = 1$: $\varepsilon = \frac{4}{1 * 1.5} = \frac{2}{3} \approx 2.667$;

при $k = 5$: $\varepsilon = \frac{4}{5 * 1.5} = \frac{2}{15} \approx 0.533$;

при $k = 10$: $\varepsilon = \frac{2}{10 * 3} = \frac{2}{30} \approx 0.267$.

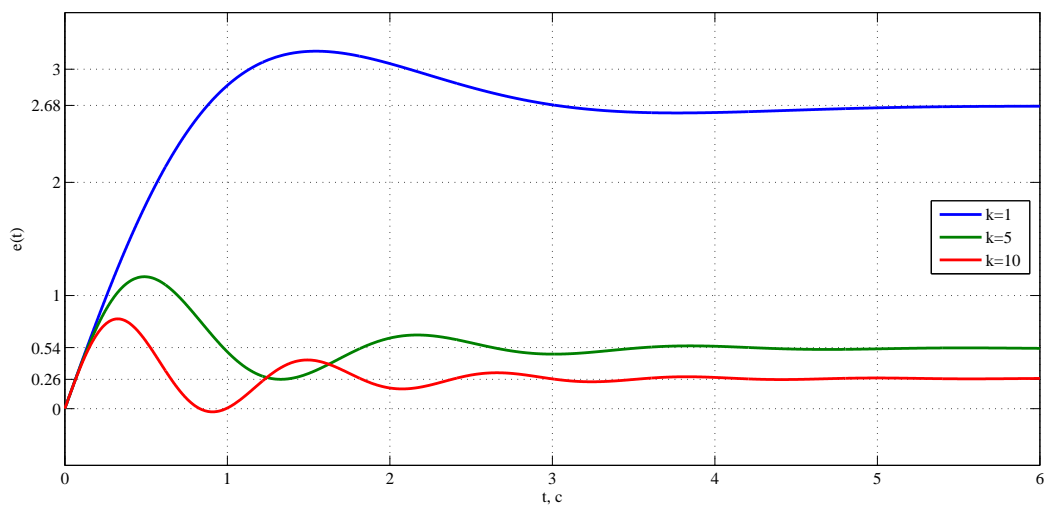


Рисунок 10 – Переходные характеристики для ошибки

2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением:

$$g(t) = at^2/2$$

На рисунке 11 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии $g = 0.2t^2$.

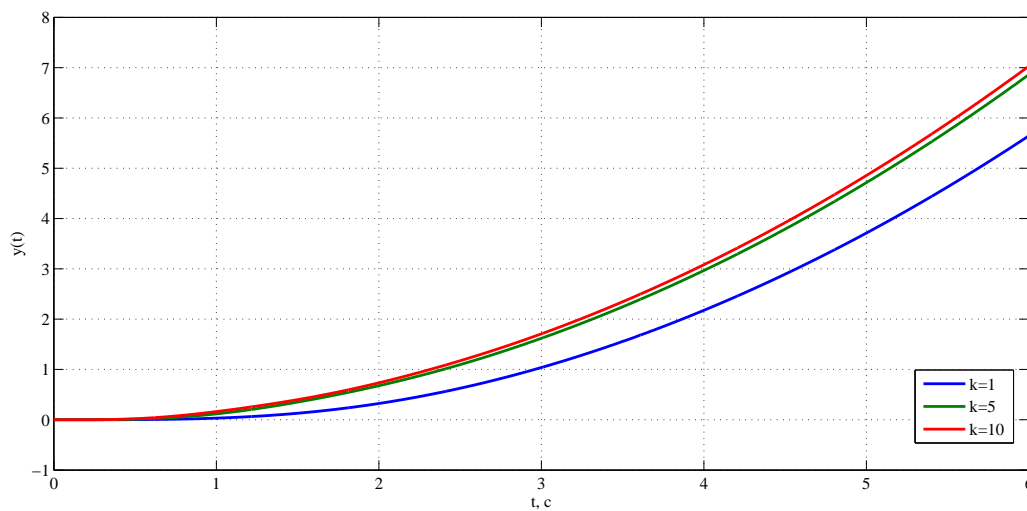


Рисунок 11 – Переходные характеристики системы для движения с постоянным ускорением

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 .

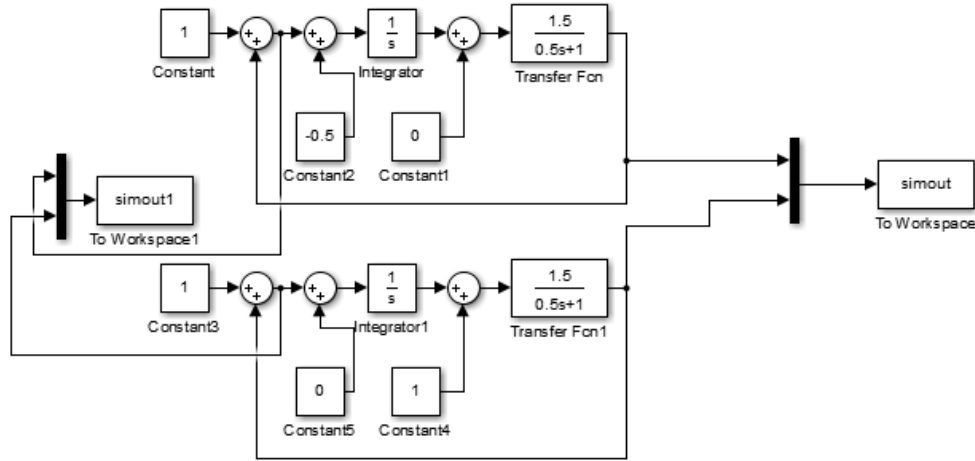


Рисунок 12 – Структурная схема системы при влиянии внешних возмущений

Функция ошибки слежения равна

$$e = \frac{g - W(s)f_1 - \frac{1}{s}W(s)f_2}{1 + \frac{1}{s}W(s)} = \frac{g - \frac{1.5}{0.5s + 1}f_1 - \frac{1.5}{(0.5s + 1)s}f_2}{1 + \frac{1.5}{(0.5s + 1)s}} = \frac{g(0.5s^2 + s) - 1.5sf_1 - 1.5f_2}{0.5s^2 + s + 1.5}, \quad (5)$$

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0.5s^2 + s - 1.5sf_1 - 3f_2}{0.5s^2 + s + 1.5} = \frac{-1/5f_2}{1.5} = -f_2. \quad (6)$$

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 -1.

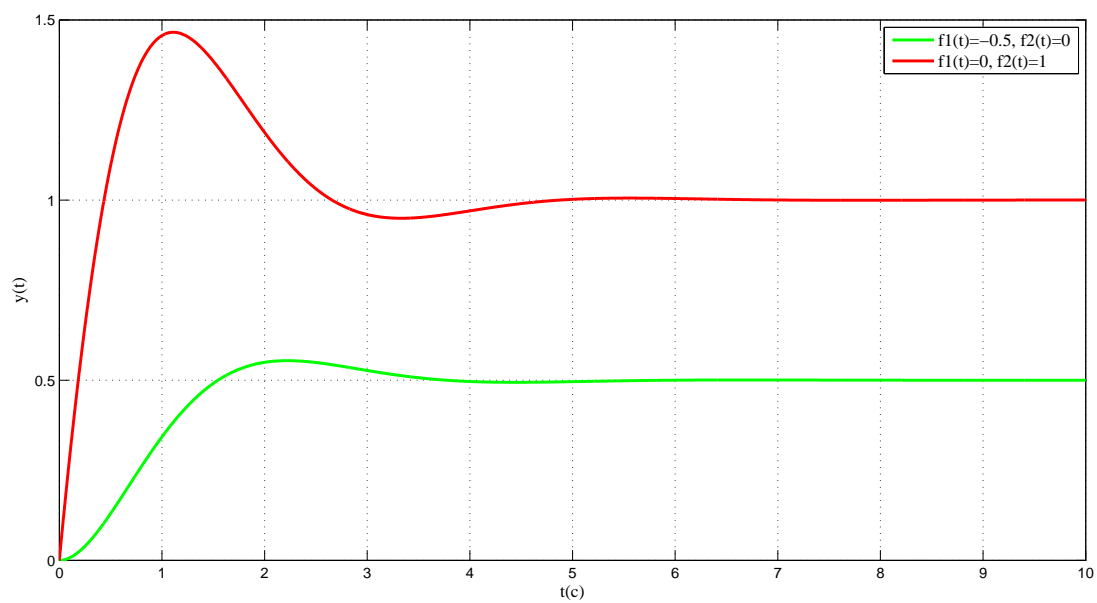


Рисунок 13 – Переходные характеристики системы при влиянии внешних возмущений

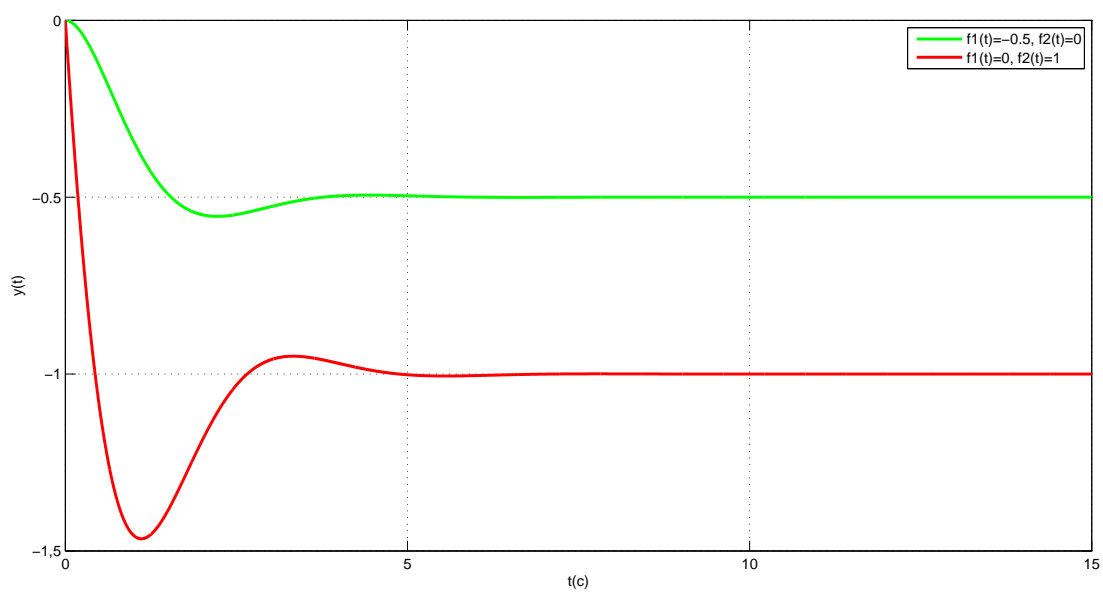


Рисунок 14 – Переходные характеристики для ошибки

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

Структурная схема представлена на рисунке 1, где $H(s) = 1$, $W(s) = \frac{1.5}{0.5s + 1}$, а задающее воздействие $g(t) = 0.5t + 2 \cos 0.1t$. 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 ∞ .

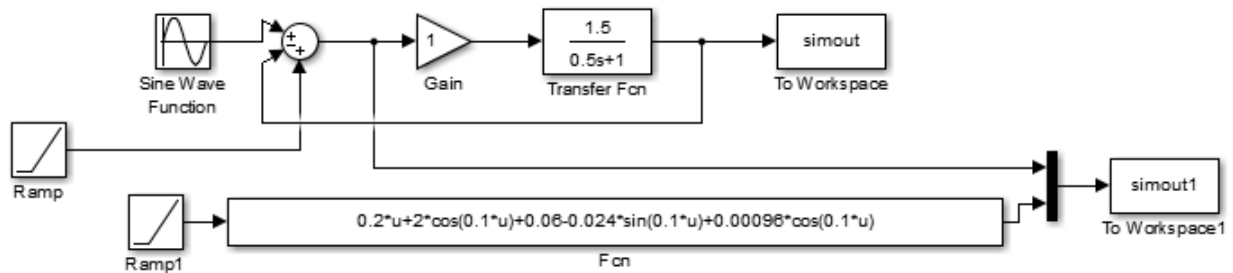


Рисунок 15 – Структурная схема системы при произвольном входном воздействии

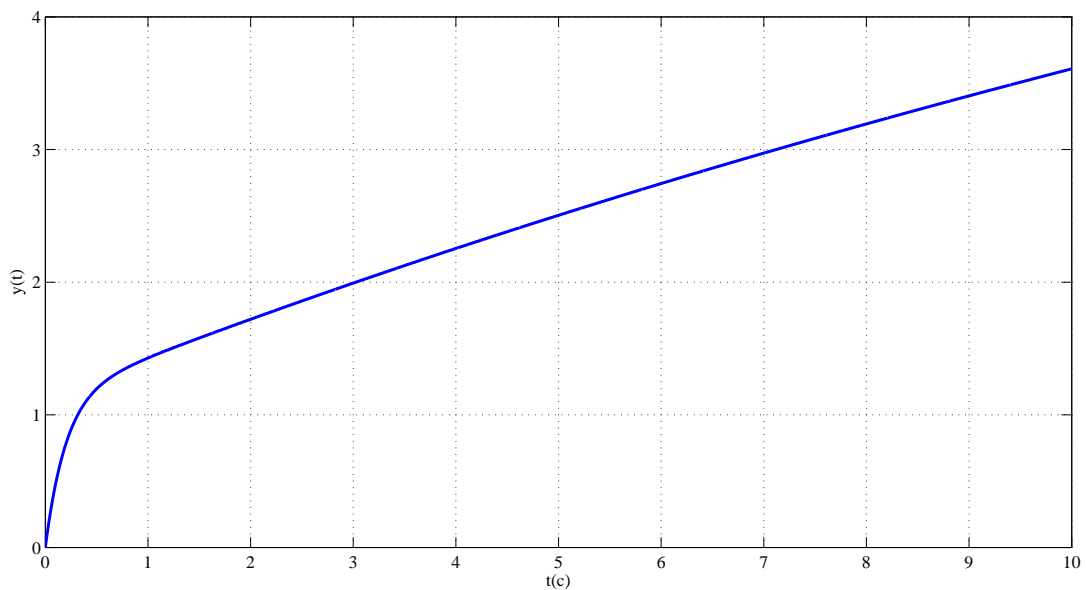


Рисунок 16 – Переходной процесс в замкнутой системе при произвольном входном воздействии

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:

$$\Phi_e(s) = \frac{1}{1 + W(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1.5}{0.5s + 1}} = \frac{0.5s + 1}{0.5s + 2.5}. \quad (7)$$

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

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

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

$$\begin{aligned} g(t) &= 0.5t + 2 \cos(0.1t) & \Phi_e(s)|_{s=0} &= \frac{0.5s + 1}{0.5s + 2.5} = 0.4 \\ \dot{g}(t) &= 0.5 - 0.2 \sin(0.1t) & \frac{d\Phi_e(s)}{ds}\bigg|_{s=0} &= \frac{3}{(s + 5)^2} = 0.12 \\ \ddot{g}(t) &= -0.02 \cos(0.1t) & \frac{d^2\Phi_e(s)}{ds^2}\bigg|_{s=0} &= \frac{2s + 4}{(s + 5)^3} - \frac{2}{(s + 5)^2} = -0.048 \end{aligned}$$

Тогда получаем выражение ошибки $e_y(t)$:

$$e_y(t) = 0.2t + 2 \cos(0.1t) + 0.06 - 0.024 \sin(0.1t) + 0.00096 \cos(0.1t). \quad (9)$$

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

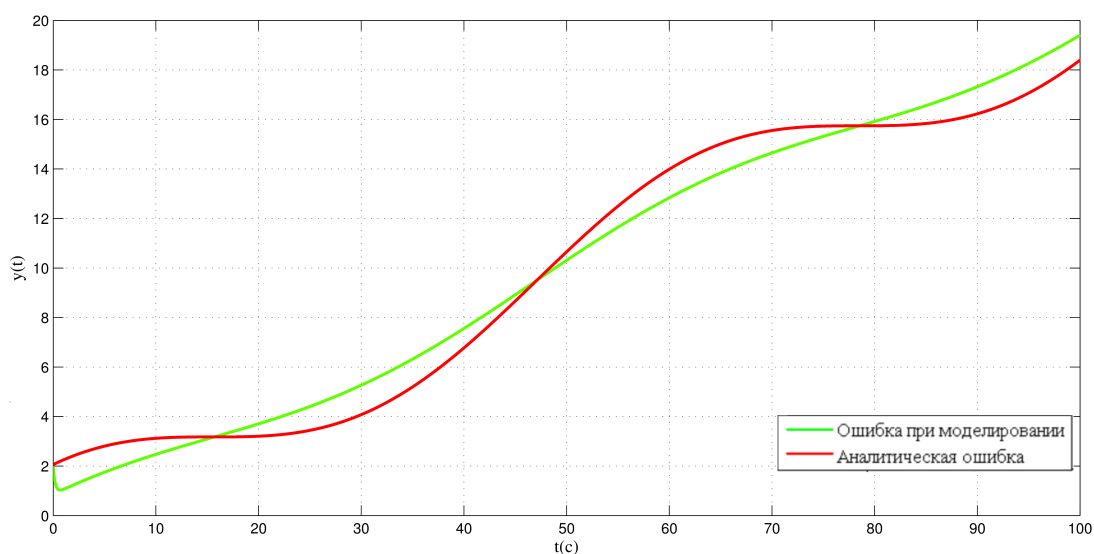


Рисунок 17 – Графики ошибок

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.