

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 - 10

Выполнила

Ким А. А. (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 и таблице 2 приведены передаточная функция ОУ, характеристики задающих и возмущающих воздействий.

Таблица 1 – Исходные данные

$W_0(s)$	$W_1(s)$	$g = A$	$g = Vt$	$g = at^2/2$	$f_1$	$f_2$	Сигнал задания
$\frac{8}{0,5s^2 + 2s + 8}$	$\frac{1.5s + 8}{0,5s^2 + 2s + 8}$	2	t	$0.3t^2$	1.5	-0.5	$5 + t$

# 1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Задана замкнутая система, структурная схема которой представлена на рисунке 1, где  $H(s) = k$ ,  $W(s) = \frac{8}{0,5s^2 + 2s + 8}$ .

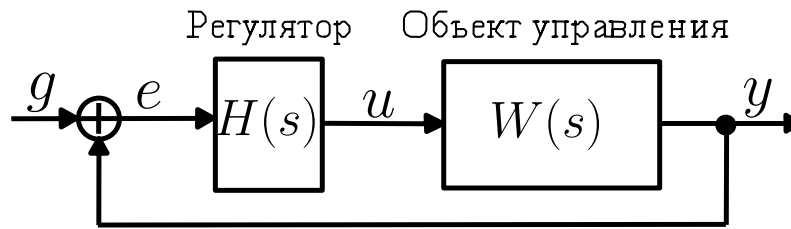


Рисунок 1 – Структурная схема моделируемой системы

## 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  $k$ .

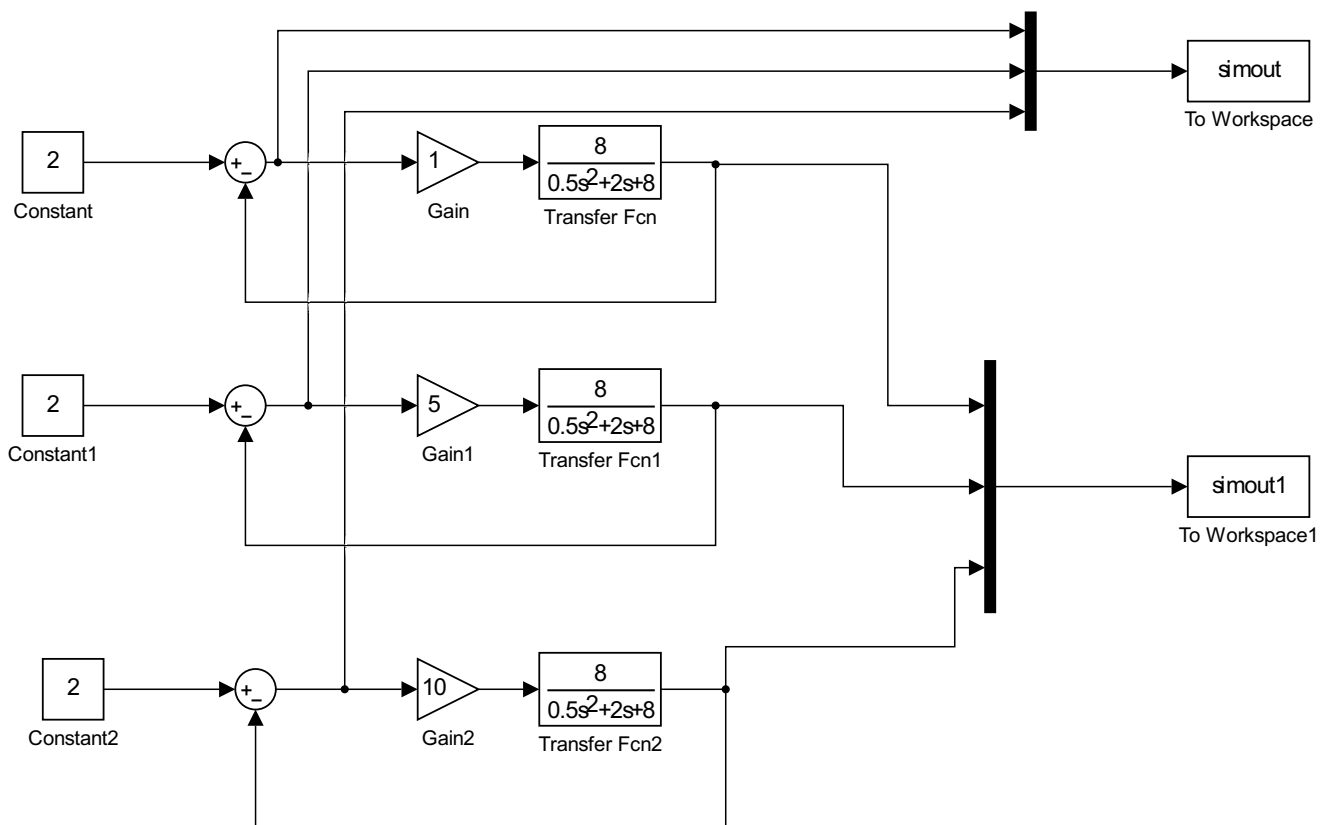


Рисунок 2 – Структурная схема системы с астатизмом нулевого порядка

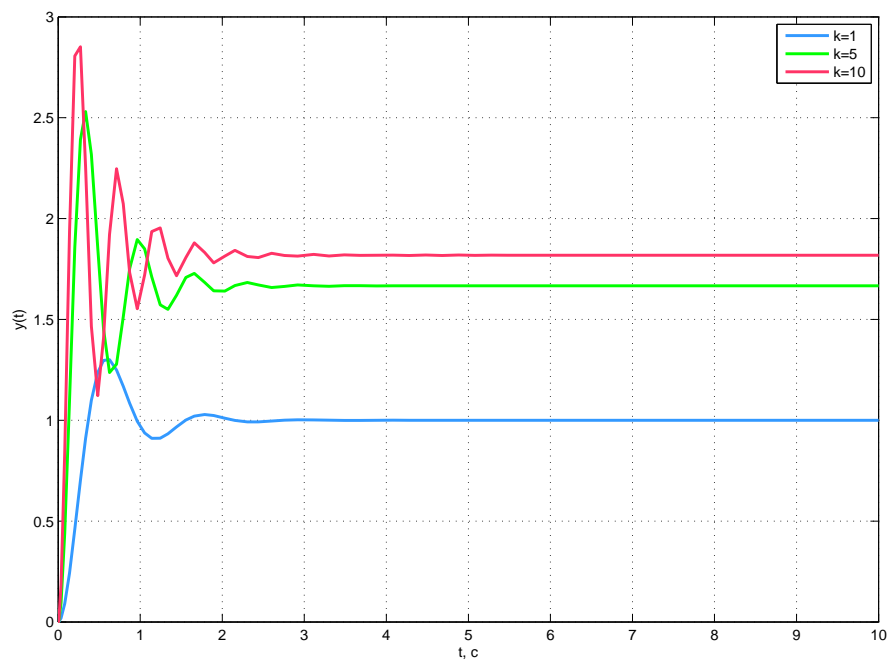


Рисунок 3 – Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

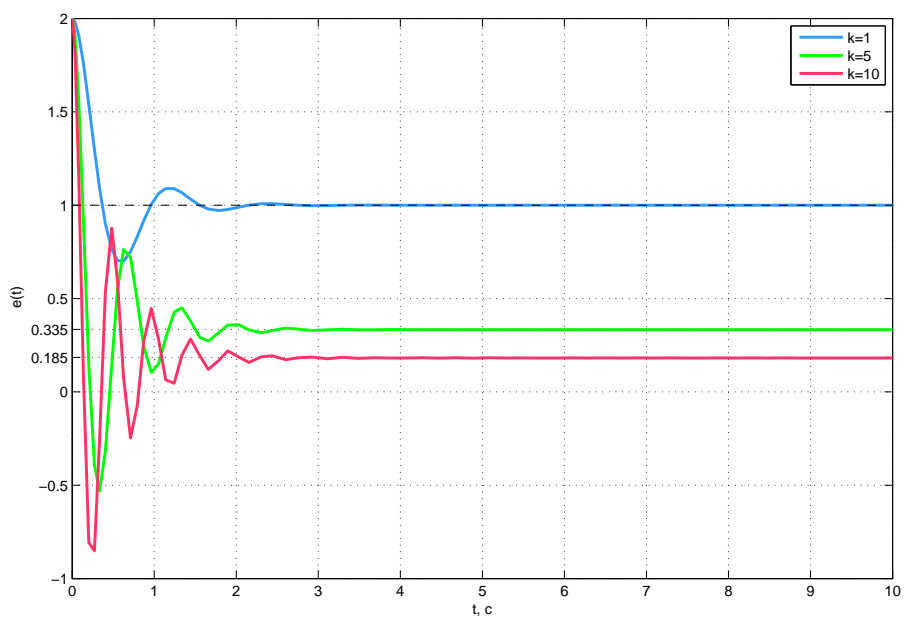


Рисунок 4 – Переходные характеристики для ошибки

С помощью расчета проверим получившееся на графике значения установившейся ошибки:

$$e = A/(1 + k) \quad (1)$$

при  $k = 1$ :  $\varepsilon = \frac{A}{1+k} = \frac{2}{2} = 1$ ;

при  $k = 5$ :  $\varepsilon = \frac{2}{6} = 0,33$ ;

при  $k = 10$ :  $\varepsilon = \frac{2}{11} = 0,18$ ;

## 1.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью:

$$g(t) = Vt$$

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

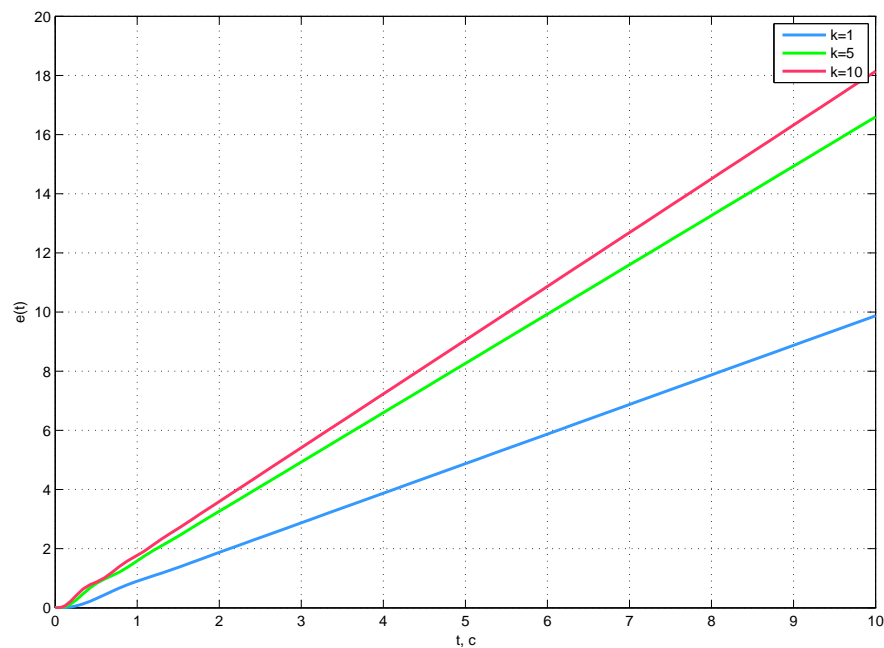


Рисунок 5 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

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

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

Вывод: в системах управления с нулевым порядком астатизма присутствует ошибка.

## 2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

Структурная схема моделируемой системы представлена на рисунке 1, где  $H(s) = \frac{k}{s}$ ,  
 $W(s) = \frac{1.5s + 8}{0.5s^2 + 2s + 8}$ .

### 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  $k$ .

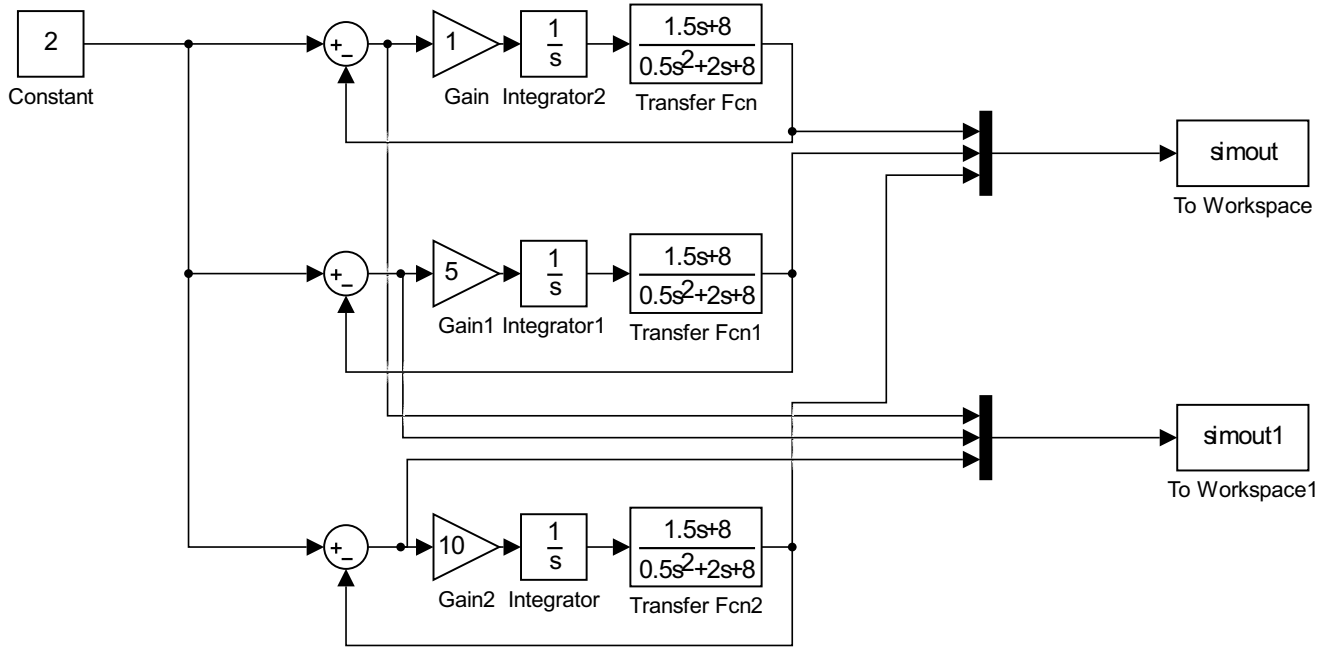


Рисунок 6 – Структурная схема системы с астатизмом моделируемой системы

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = 0. \quad (3)$$

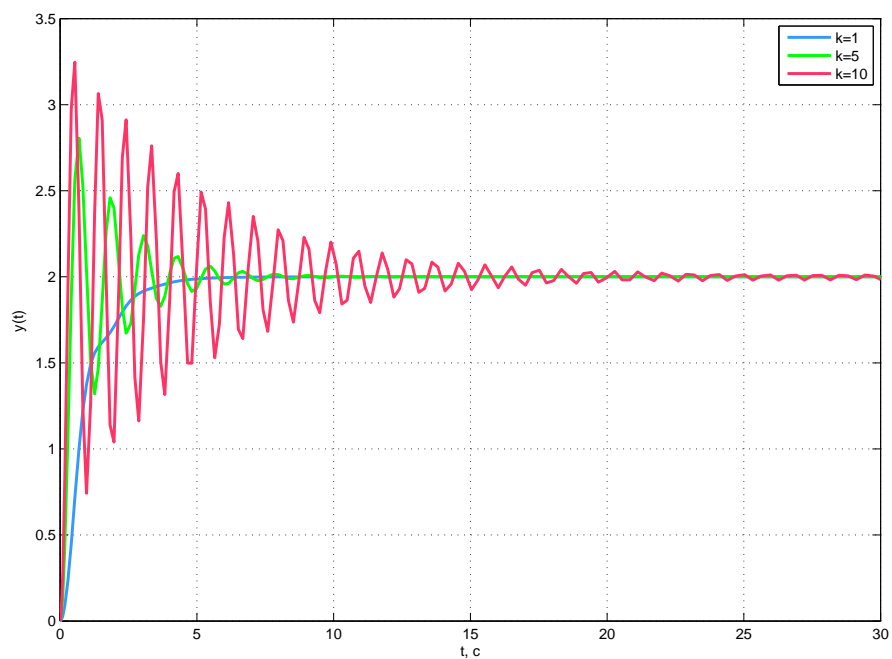


Рисунок 7 – Переходные характеристики системы для стационарного режима работы

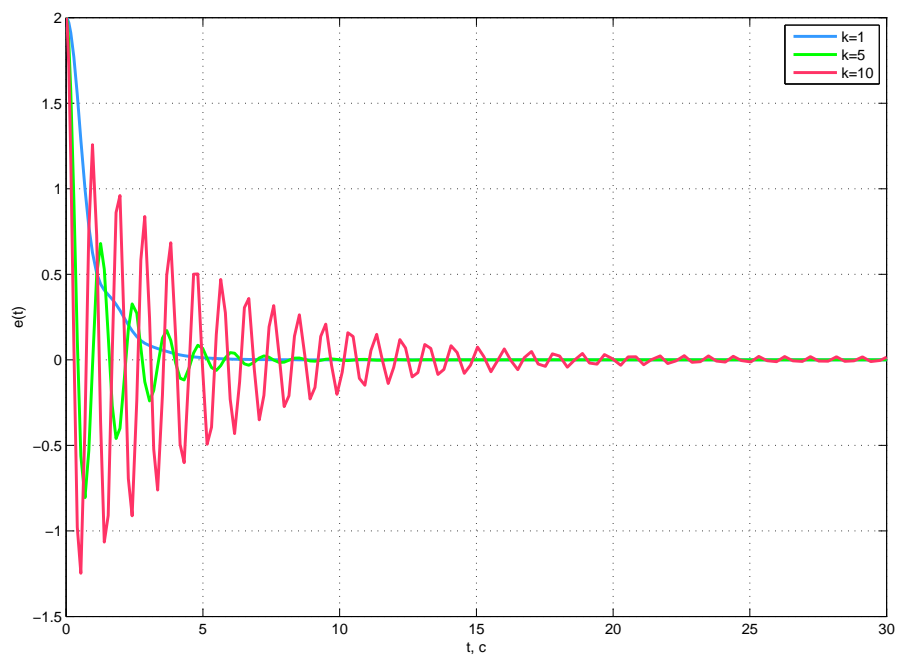


Рисунок 8 – Переходные характеристики для ошибки

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

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

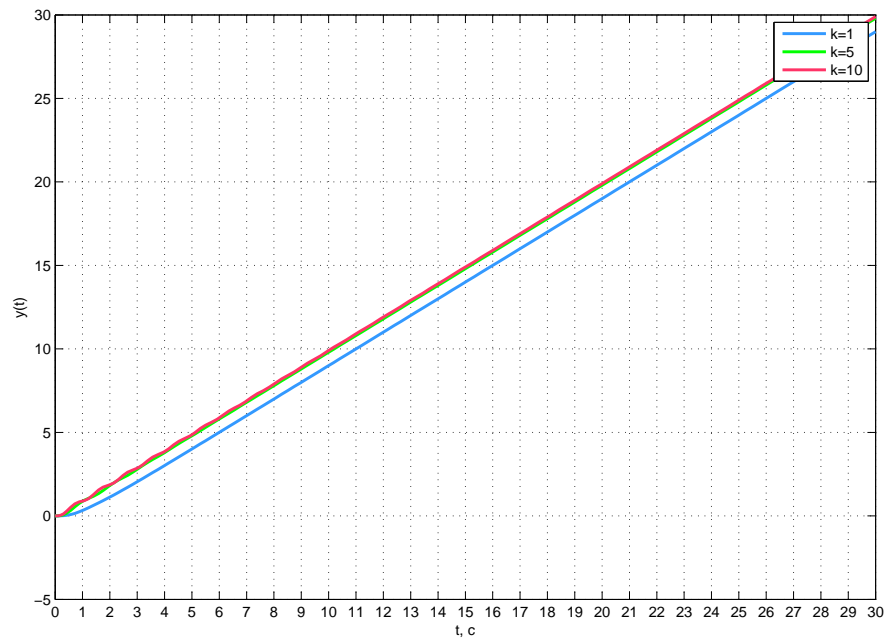


Рисунок 9 – Переходные характеристики системы для движения с постоянной скоростью

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

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

Тогда при  $k = 1$ :  $\varepsilon = \frac{1}{1} = 1$ ;

при  $k = 5$ :  $\varepsilon = \frac{1}{5} = 0.2$ ;

при  $k = 10$ :  $\varepsilon = \frac{1}{10} = 0.1$



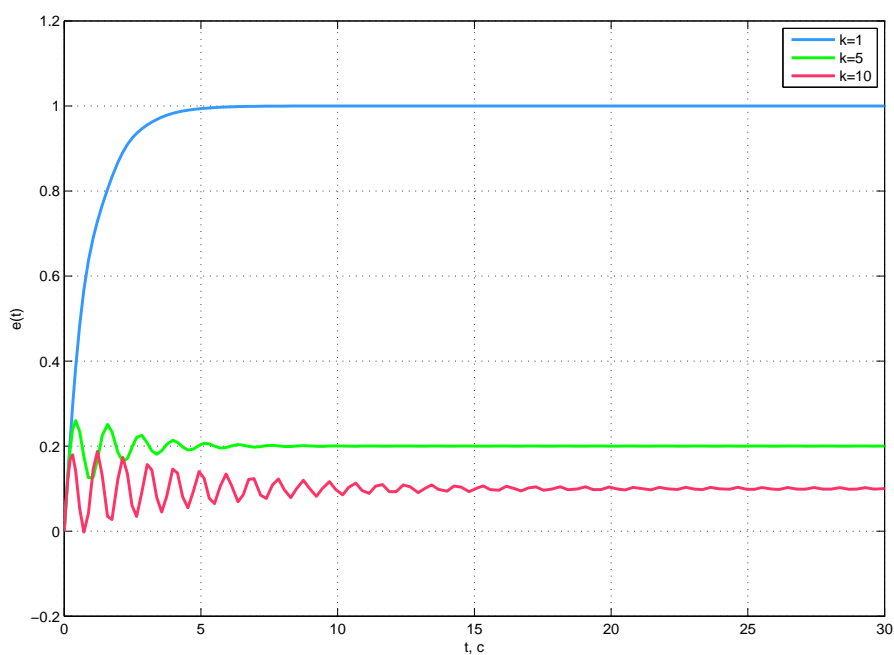


Рисунок 10 – Переходные характеристики для ошибки

## 2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением:

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

На рисунке 11 представлена переходная характеристика системы при входном воздействии  $g = 0.3t^2$  и ошибка на рисунке 12.

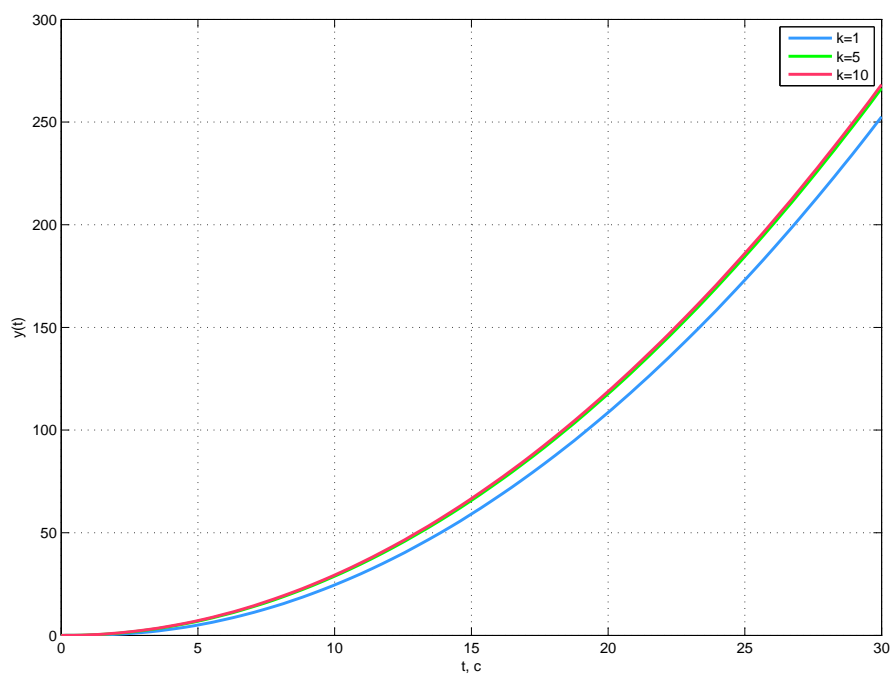


Рисунок 11 – Переходные характеристики системы для движения с постоянным ускорением

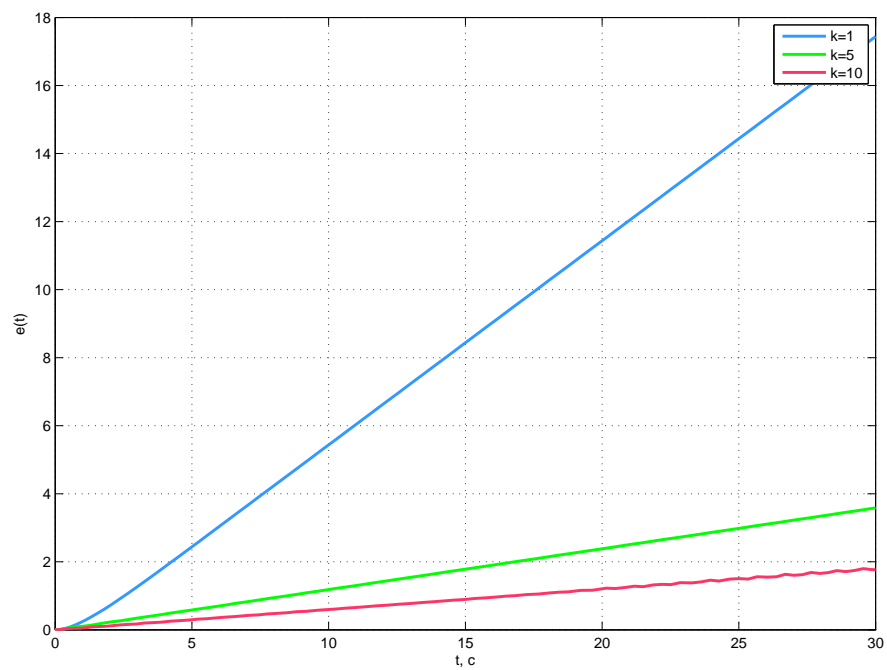


Рисунок 12 – Переходные характеристики для ошибки при входном воздействии  $g = 0.3t^2$

Вывод: в СУ с астатизмом первого порядка ошибка бесконечна.

### 3 Исследование влияний внешних возмущений

Структурная схема возмущённой системы при входном воздействии  $g = 1$  представлена на рисунке 13, также представлены графики переходных процессов (рисунок 14) и переходные характеристики ошибок (рисунок 15) при различных значениях  $k$ .

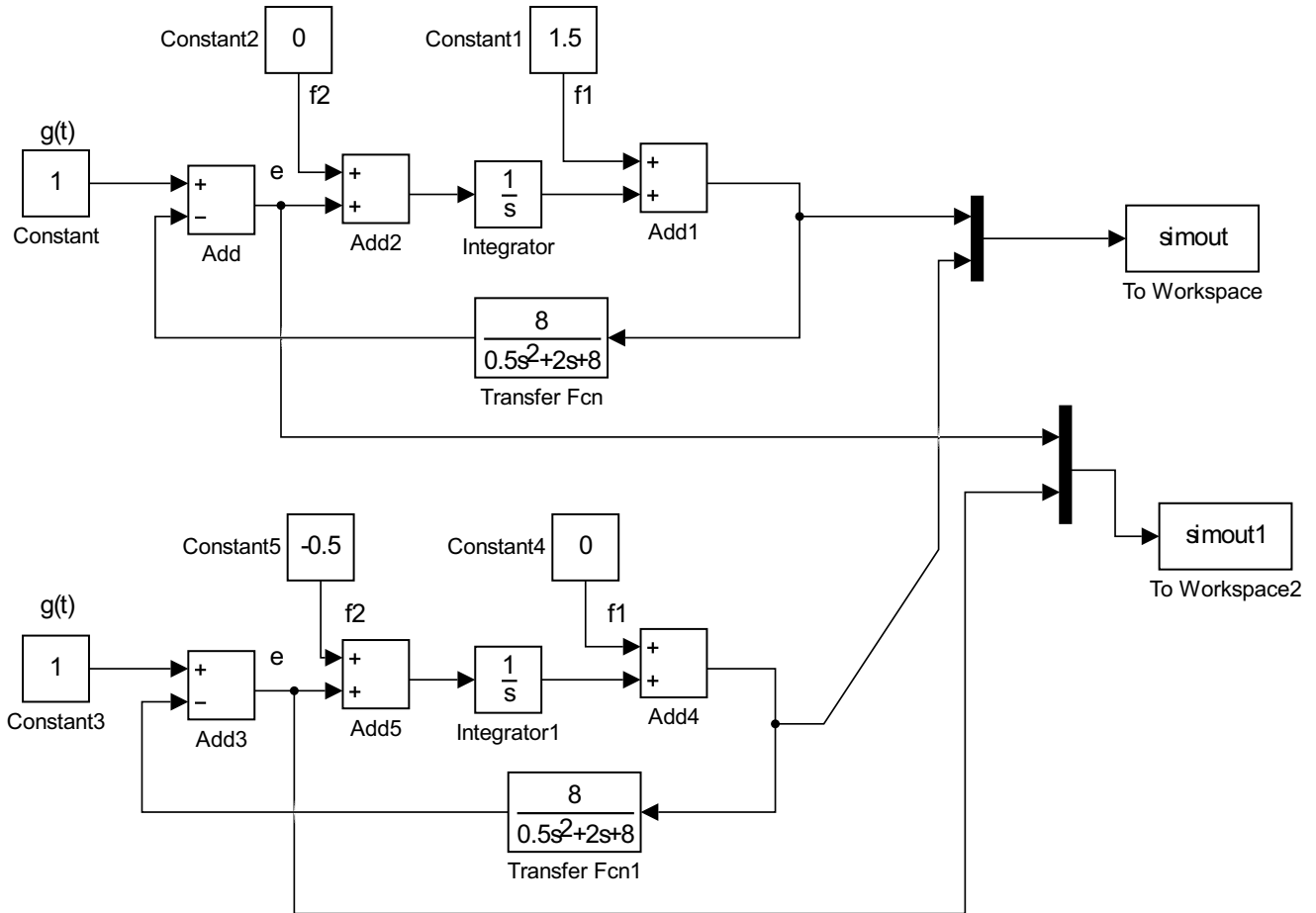


Рисунок 13 – Структурная схема системы при влиянии внешних возмущений

Функция ошибки слежения равна

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

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.

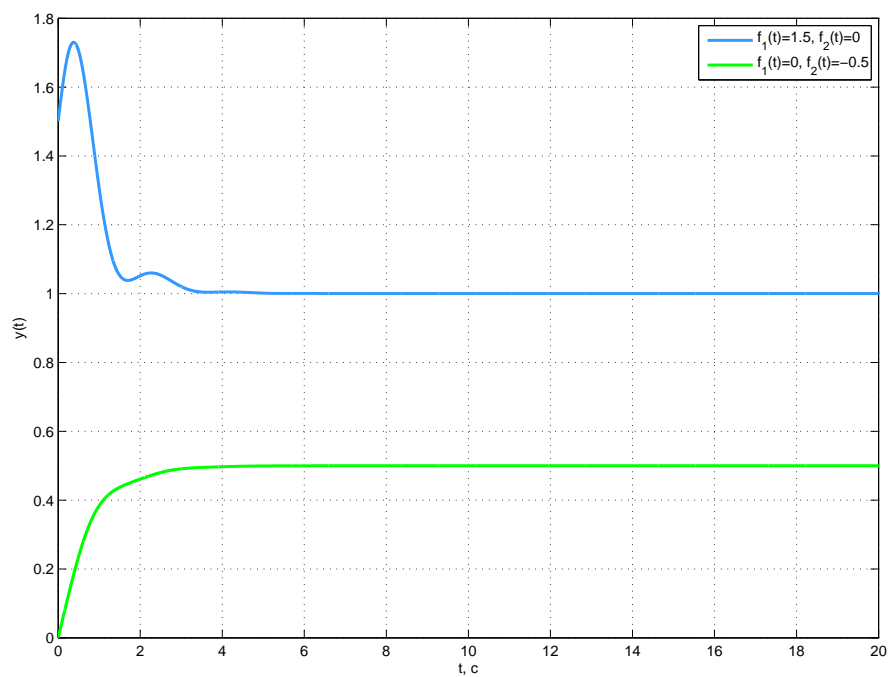


Рисунок 14 – Переходные характеристики системы при влиянии внешних возмущений

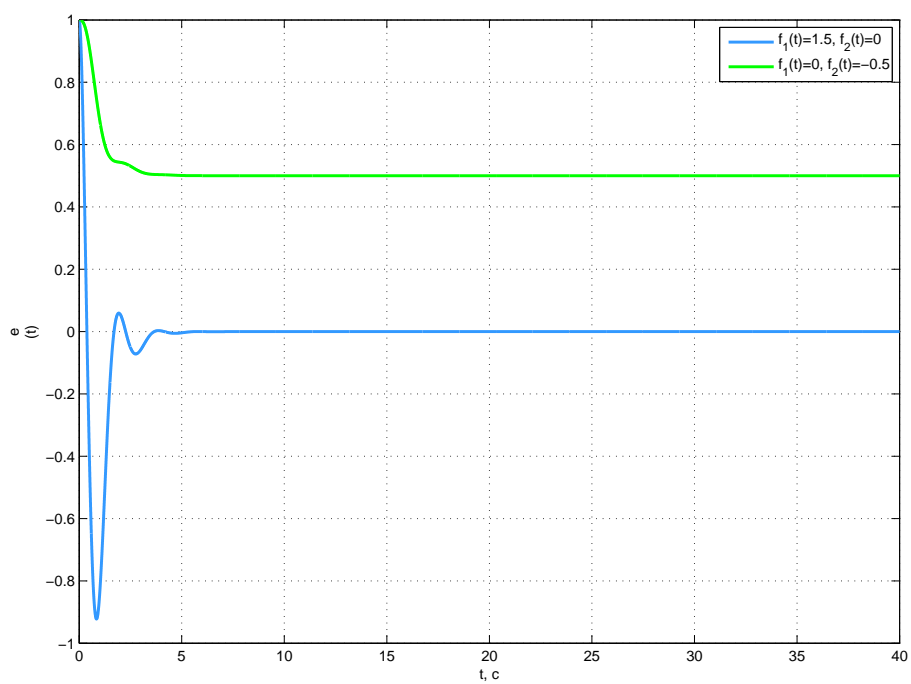


Рисунок 15 – Переходные характеристики для ошибки

## 4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

Структурная схема представлена на рисунке 1, где  $H(s) = 1$ ,  $W(s) = \frac{8}{0,5s^2 + 2s + 8}$ , а задающее воздействие  $g(t) = 5 + t$ . 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  $\infty$ . Схема моделирования системы представлена на рисунке 13.

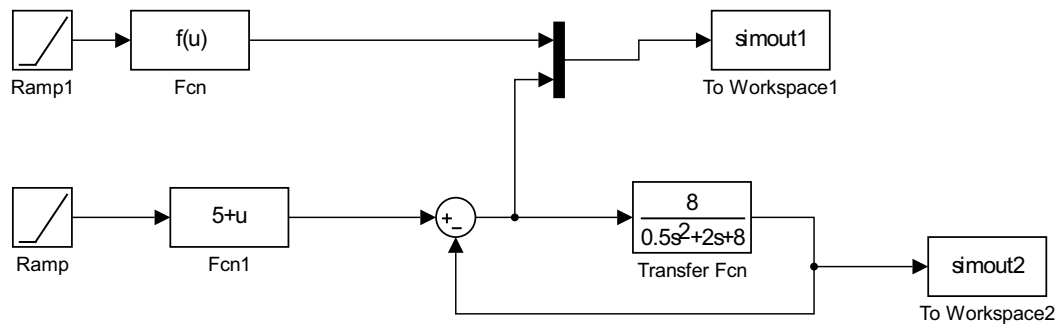


Рисунок 16 – Структурная схема системы при произвольном входном воздействии

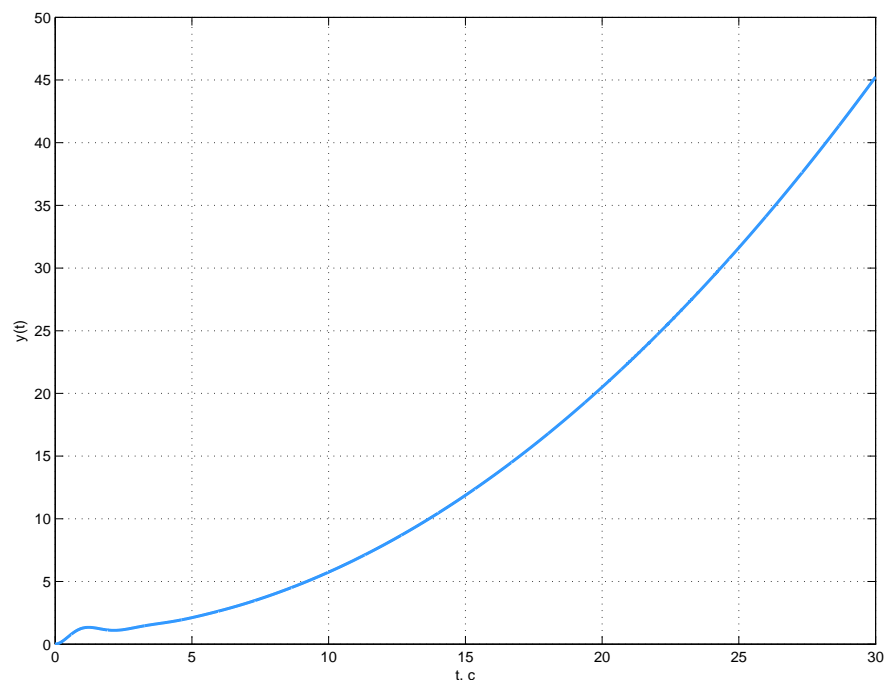


Рисунок 17 – Переходной процесс в замкнутой системе при произвольном входном воздействии

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:

$$\Phi_e(s) = \frac{1}{1+W(s)} = \frac{1}{1 + \frac{8}{0.5s^2 + 2s + 8}} = \frac{0.5s^2 + 2s + 8}{0.5s^2 + 2s + 16}. \quad (6)$$

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

$$e_y(t) = \Phi_e(s)|_{s=0}g(t) + \left. \frac{d\Phi_e(s)}{ds} \right|_{s=0} \dot{g}(t) + \left. \frac{d^2\Phi_e(s)}{ds^2} \right|_{s=0} \frac{\ddot{g}(t)}{2!}. \quad (7)$$

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

$$\begin{aligned} g(t) &= t + 5 & \Phi_e(s)|_{s=0} &= \frac{0.5s^2 + 2s + 8}{0.5s^2 + 2s + 16} = 0.5 \\ \dot{g}(t) &= 1 & \left. \frac{d\Phi_e(s)}{ds} \right|_{s=0} &= 0.0625 \\ \ddot{g}(t) &= 0 \end{aligned}$$

Тогда получаем выражение ошибки  $e_y(t)$ :

$$e_y(t) = 0.5(t + 5) + 0.0625 * 1 + 0 = 0.5t + 2.5625. \quad (8)$$

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

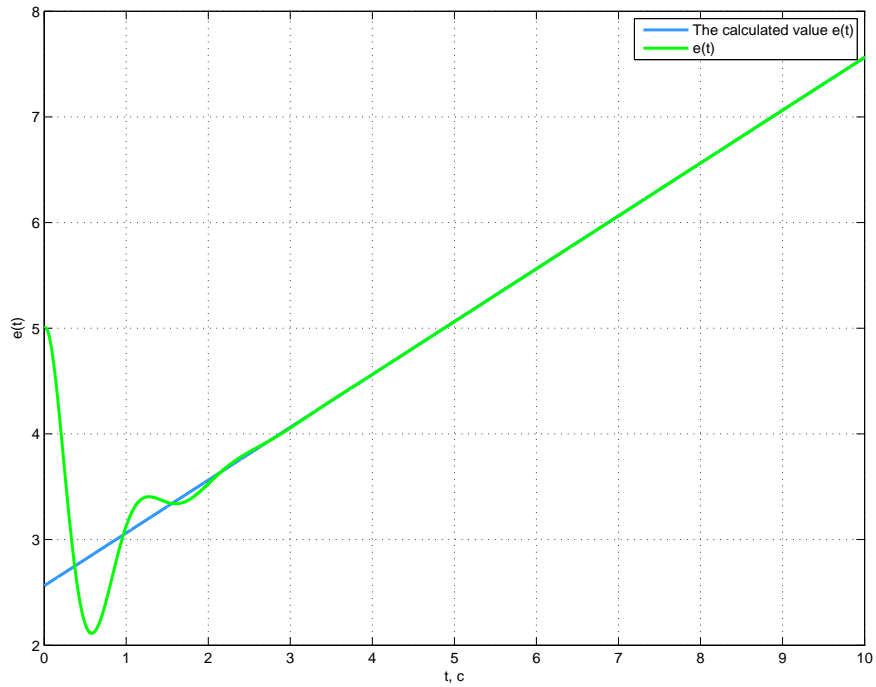


Рисунок 18 – Графики ошибок

## 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.