

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 №7
Анализ точности систем управления
Вариант - 3

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. Исследование свойств систем управления.

Исходные данные Ниже в таблице 1 представлены параметры системы и возмущающих воздействий.

Таблица 1 – Исходные данные.

$W(s)$	$g = A$	$g = Vt$	$g = at^2/2$	Вариант схемы	f_1	f_2	Сигнал задания
$\frac{1.5}{0.5s + 1}$	2	$4t$	$0.2t^2$	а)	-0.5	1	$0.5t + 2 \cos(0.1t)$

Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Исследование стационарного режима работы: $g(t) = 2$. На рисунке 1 представлена диаграмма модели при входном воздействии $g = 2$, а также полученные графики (рисунок 2) при различных значениях $H(s) = k$.

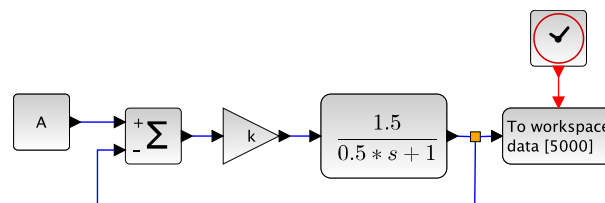


Рис. 1 – Схема моделирования.

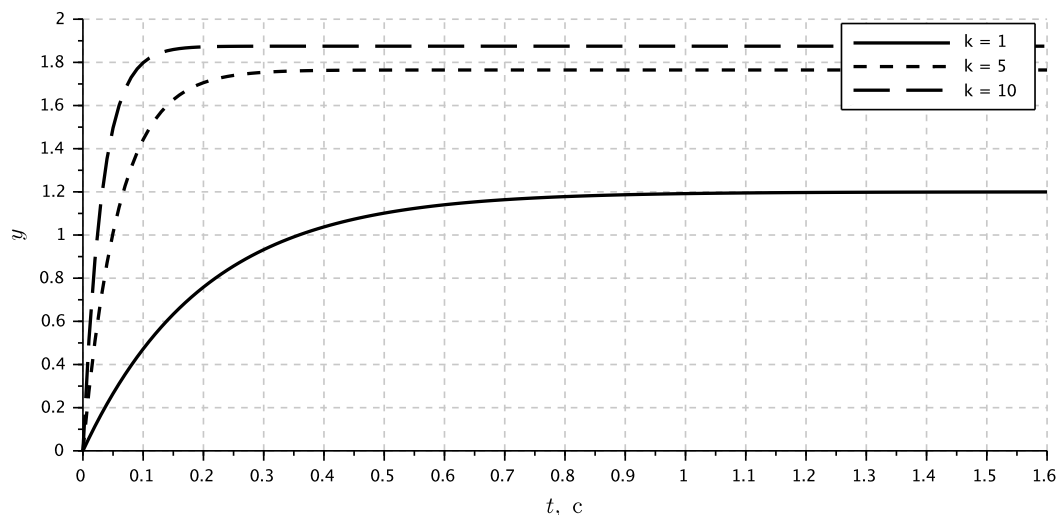


Рис. 2 – Графики при различных k .

Передаточную функцию ошибки можно представить следующим выражением:

$$\Phi_e(s) = \frac{0.5s + 1}{0.5s + 1 + 1.5k} \quad (1)$$

Соответственно можем получить предельное значение ошибки при различных k :

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi_e(s)g = \frac{2}{2 + 3k}g \quad (2)$$

$$\varepsilon|_{k=1} = 0.8$$

$$\varepsilon|_{k=5} \approx 0.235$$

$$\varepsilon|_{k=10} = 0.125$$

Исследование режима работы с постоянной скоростью: $g(t) = 4t$. Далее на рисунках 3 и 4 представлены модель и графики моделирования исходной системы при постоянной скорости.

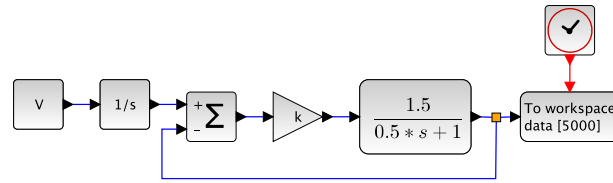


Рис. 3 – Схема моделирования.

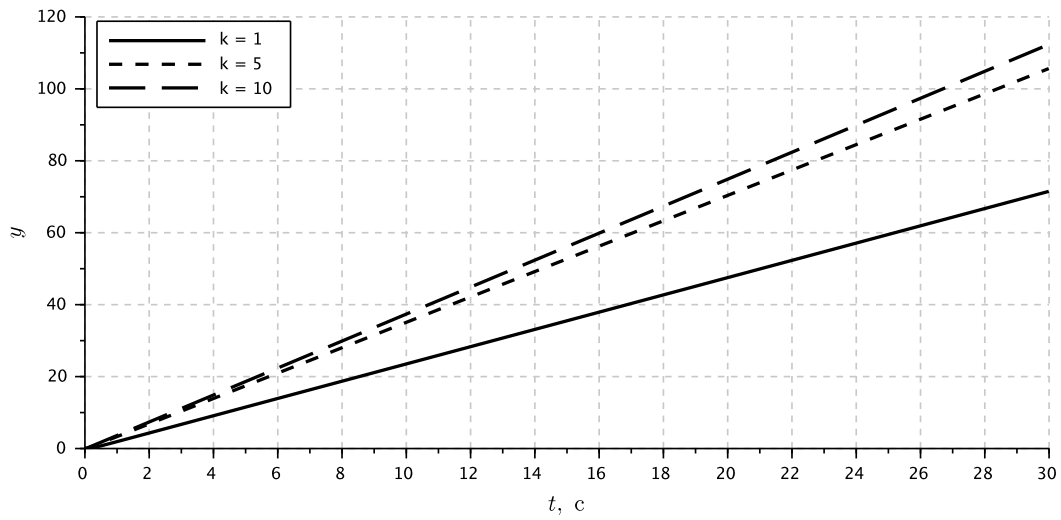
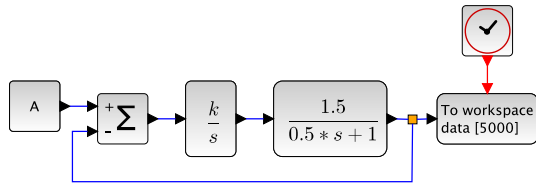


Рис. 4 – График при различных k .

Исследование системы с астатизмом первого порядка

Исследование стационарного режима работы: $g(t) = 2$. На рисунках 5 и 6 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных k .



Передаточная функция ошибки:

$$\Phi_e = \frac{0.5s^2 + s}{0.5s^2 + s + 1.5k} \quad (3)$$

Предельное значение ошибки при различных k :

$$\varepsilon = 0;$$

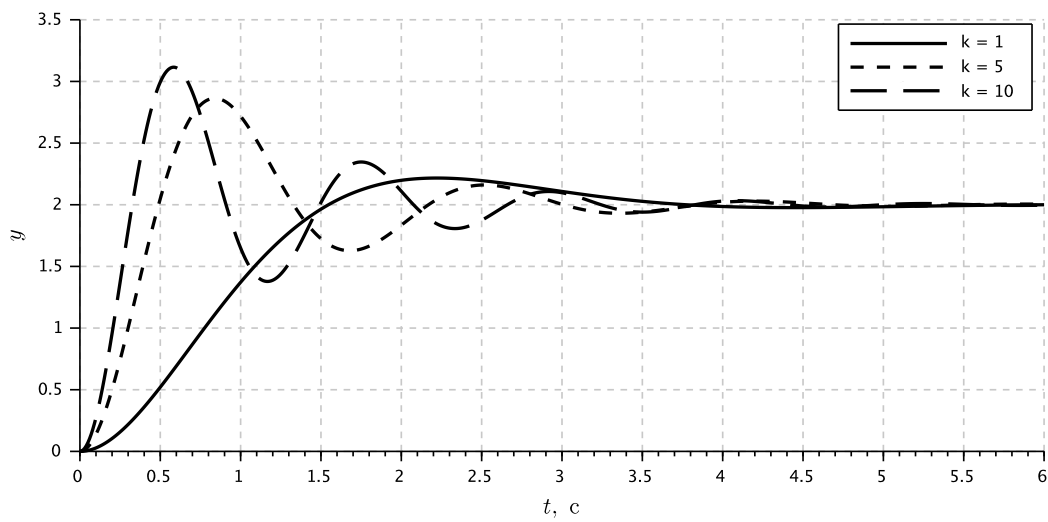


Рис. 6 – Графики при различных k .

Исследование режима движения с постоянной скоростью: $g(t) = 4t$. На рисунках 7 и 8 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных k .

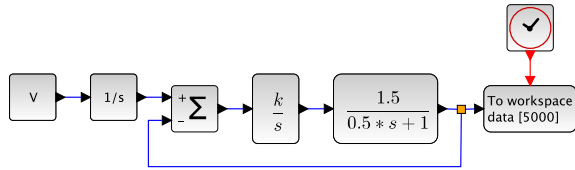


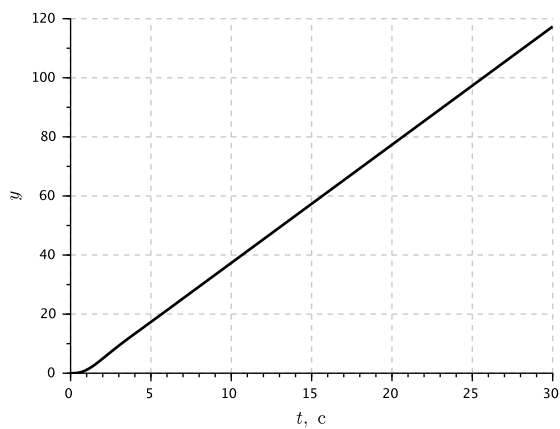
Рис. 7 – Схема моделирования.

Передаточная функция ошибки представлена в выражении (3). Предельное значение ошибки можно записать уравнением:

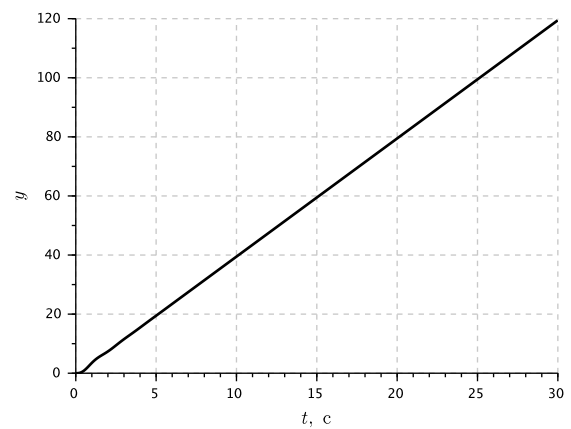
$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi_e(s) \frac{4}{s} = \frac{8}{3k} \quad (4)$$

Теперь можем получить предельные значения ошибки при различных k :

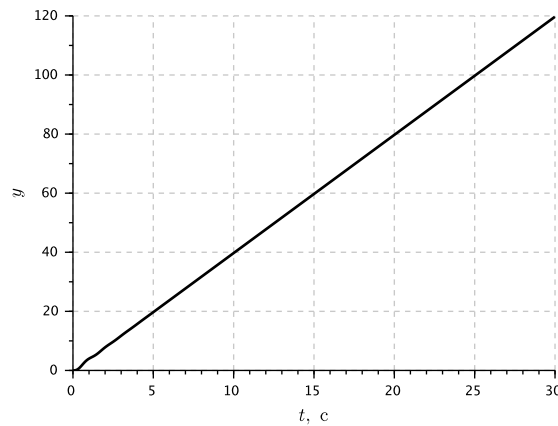
$$\varepsilon|_{k=1} \approx 2.67 \quad \varepsilon|_{k=5} \approx 0.53 \quad \varepsilon|_{k=10} \approx 0.27$$



(a) $k = 1$



(b) $k = 5$



(c) $k = 10$

Рис. 8 – Графики при различных k .

Исследование движения с постоянным ускорением: $g(t) = 0.2t^2$. На рисунках 9 и 10 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных k .

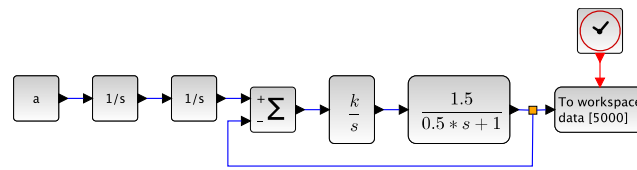
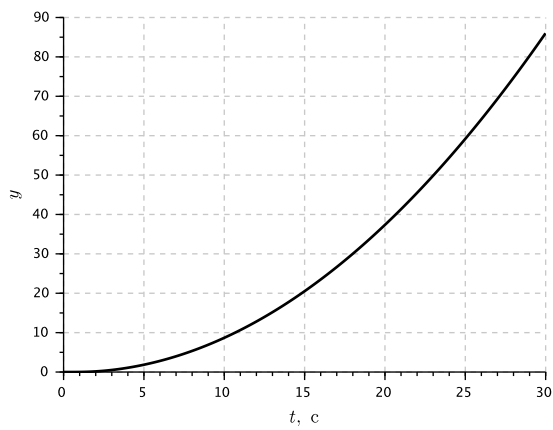
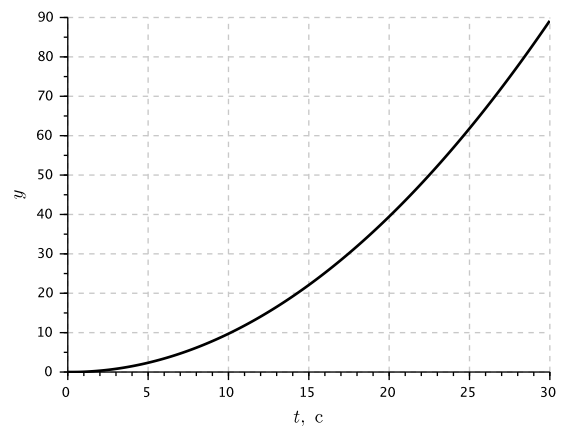


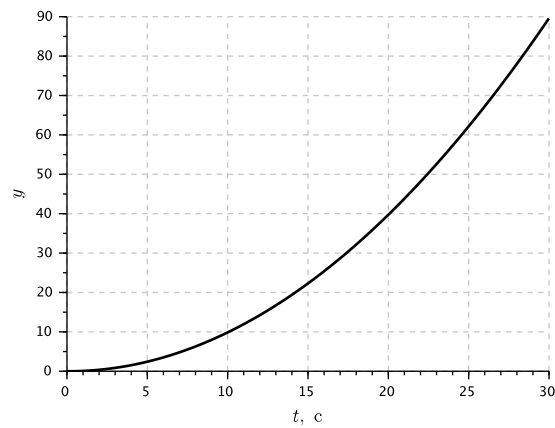
Рис. 9 – Схема моделирования.



(a) $k = 1$



(b) $k = 5$



(c) $k = 10$

Рис. 10 – Графики при различных k .

Исследование влияния внешних возмущений

На рисунках 11 и 12 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных значениях шумов f_1 и f_2 .

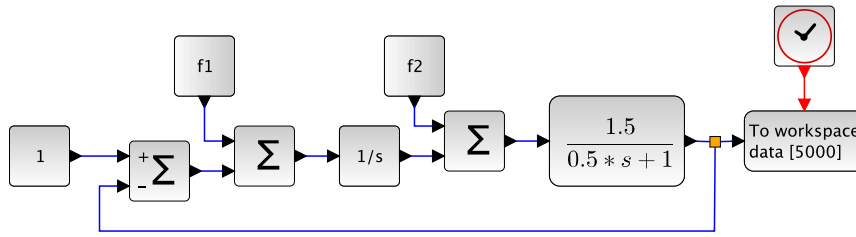


Рис. 11 – Схема моделирования.

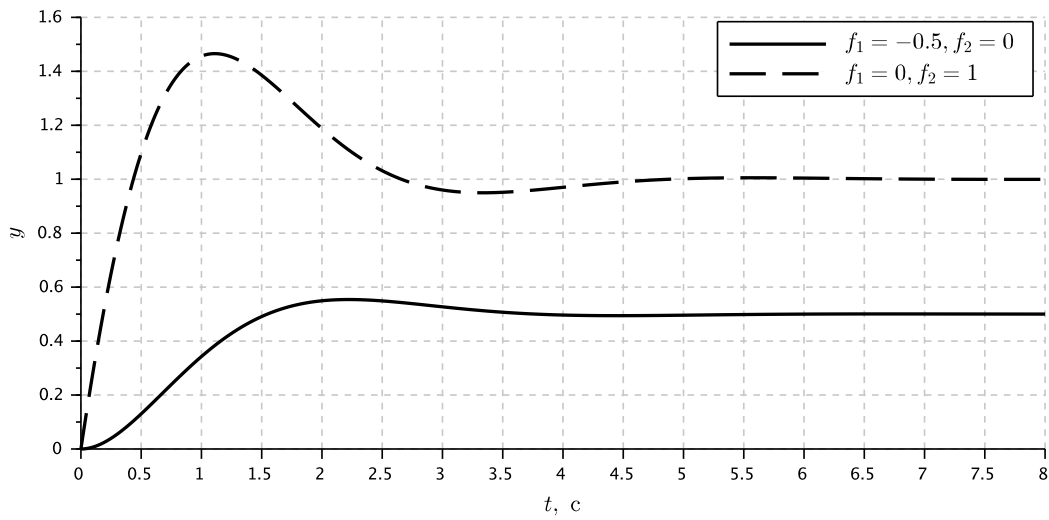


Рис. 12 – Графики при различных значениях шумов.

Функция ошибки в операторном виде выглядит следующим образом:

$$e(s) = \frac{g(0.5s^2 + s) - 1.5f_1 - 1.5f_2s}{0.5s^2 + s + 1.5} \quad (5)$$

Итак, при $g = 2$ можем записать выражения для предельного значения ошибки и подсчитать их значения при различных f_1 и f_2 :

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} e(s) = -f_1; \quad (6)$$

$$\varepsilon|_{f_1=-0.5, f_2=0.5} = 0.5$$

$$\varepsilon|_{f_1=0, f_2=1} = 0$$

Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

На рисунках 13 и 14 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных значениях шумов f_1 и f_2 .

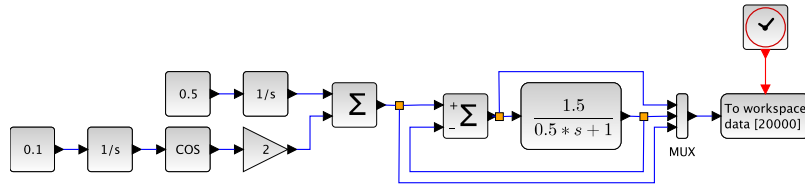


Рис. 13 – Схема моделирования.

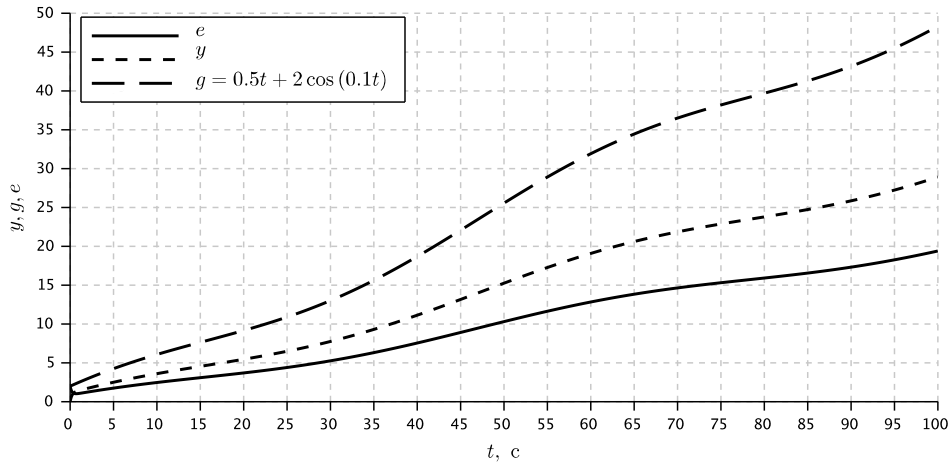


Рис. 14 – Графики ошибки, выходного и входного сигнала.

Как видно из графика ошибки (рисунок 14) она представлена уравнением с постоянно возрастающей и гармонической составляющей. Ее вид можно записать следующим образом:

$$e(t) = at + b + c \sin(0.1t + \varphi_0) \quad (7)$$

Здесь $at + b$ задает уравнение прямой, и $c \sin(0.1 + \varphi_0)$ описывает гармонические колебание вдоль этой прямой. Теперь давайте найдем коэффициенты и элементы разложенной в ряд Тейлора уравнения ошибки. Само разложение (до третьего члена) выглядит следующим образом.

$$e(t) = W_e(s)|_{s \rightarrow 0} g(t) + \frac{dW_e(s)}{ds} \Big|_{s \rightarrow 0} \dot{g}(t) + \frac{d^2 W_e(s)}{ds^2} \Big|_{s \rightarrow 0} \frac{\ddot{g}(t)}{2!} \quad (8)$$

Для это необходимо взять производные по задающему воздействию, а также передаточной функции ошибки. Они задаются уравнениями:

$$W_e(s) = \frac{0.5s + 1}{0.5s + 2.5} \quad (9)$$

$$g(t) = 0.5t + 2 \cos(0.1t) \quad (10)$$

Производные:

$$\begin{aligned}
 g(t) & & W_e(s)|_{s \rightarrow 0} &= 0.4 \\
 \dot{g}(t) &= 0.5 - 0.2 \sin(0.1t) & \left. \frac{dW_e(s)}{ds} \right|_{s \rightarrow 0} &= 0.12 \\
 \ddot{g}(t) &= -0.02 \cos(0.1t) & \left. \frac{d^2W_e(s)}{ds^2} \right|_{s \rightarrow 0} &= -0.048
 \end{aligned}$$

Подставив полученные значения в уравнение (8) получим искомое выражение для ошибки.

$$e(t) = 0.2t + 0.06 + 0.80048 \cos(0.1t) - 0.024 \sin 0.1t \quad (11)$$

Теперь можем получить графики ошибки, разложенной в ряд и реальной.

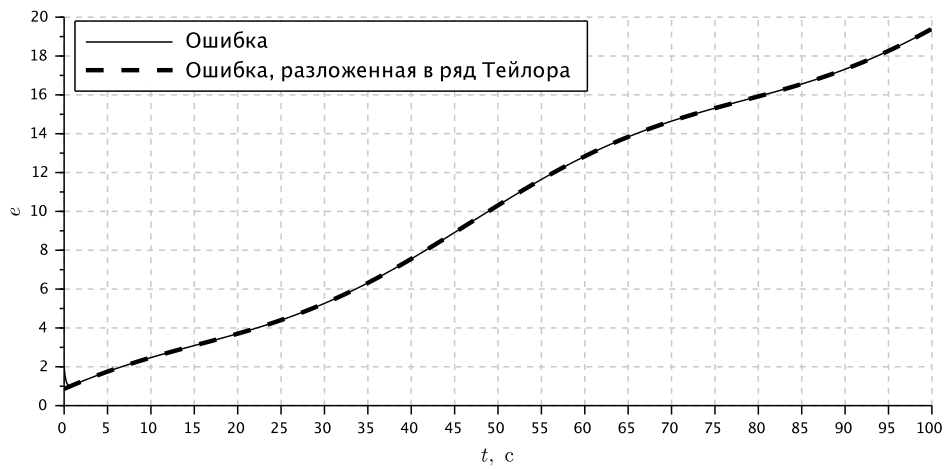


Рис. 15 – Графики ошибок.

Выводы

В данной работе мы исследовали системы с различным астатизмом, при наличии внешних возмущений и при произвольно входном воздействии. Получили значения и выражение для предельного значения установившейся ошибки и построили графики переходной характеристики.

При исследовании стационарного режима работы, убедились в том, что при $g = A$, и увеличении коэффициента усиления k ошибка стремится к нулю. Убедились в том, что при увеличении порядка астатизма, ошибка, при статическом входном воздействии ошибка равна нулю. Внешние возмущения могут оказывать довольно сильное влияние - изменение выходного сигнала в 2 раза, сильное перерегулирование.