

Задание

Цель работы

Исследование точностных свойств систем управления путём воздействия на систему различных типовых воздействий, а также внешних возмущений. Для характеристики точностных свойств системы надо определить предельное значение установившейся ошибки.

Исходные данные

Таблица 1 – Исходные данные

$W(s)(0)$	$W(s)(1)$	A	V	a	f_1	f_2	$g(t)$
$\frac{1}{2s^2 + 3s + 1}$	$\frac{s + 1}{2s^2 + 3s + 1}$	1	1.5	0.25	-0.25	1	$3 + 0.6\sin(0.4t)$

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

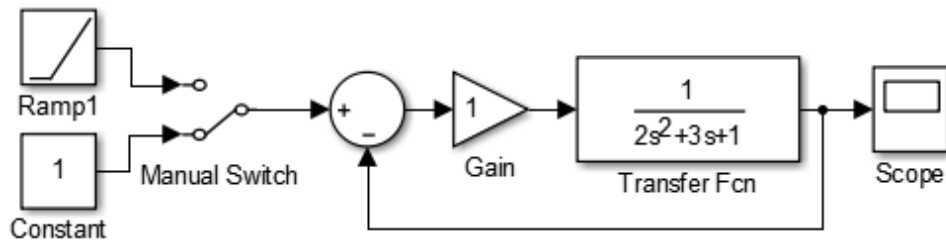


Рисунок 1 — Структурная схема моделируемой системы

1.1 Исследование стационарного режима работы

На рисунке 2 представлены графики $y(t)$ при различных значениях k в стационарном режиме $g(t) = 1$.

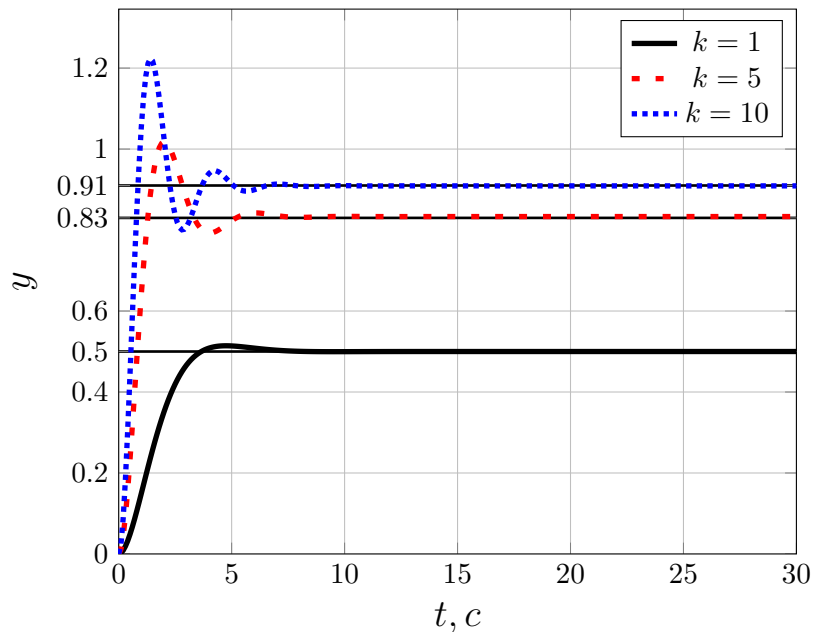


Рисунок 2 — Результаты моделирования при $g(t) = 1$

Для стационарной системы при постоянном входном воздействии $g(t) = A$ предельное значение установившейся ошибки можно найти:

$$\varepsilon = \frac{A}{1+k} \quad (1)$$

Таким образом, найдём ошибки при разных значениях k :

$$\varepsilon = 0.5(k=1), \varepsilon \approx 0.17(k=5), \varepsilon = 0.09(k=10)$$

Графики ошибок приведены на рисунке 3.

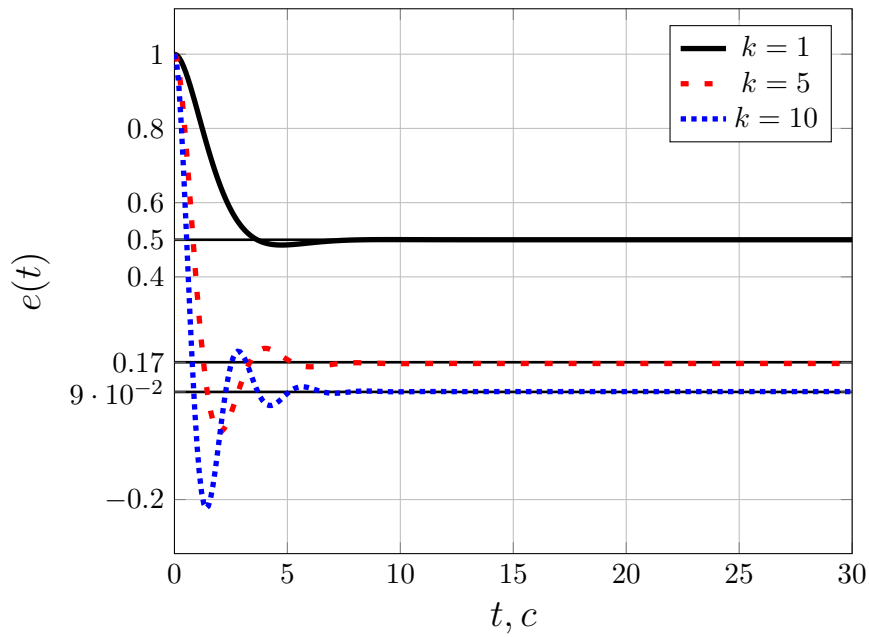


Рисунок 3 — Графики ошибок

1.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью

На рисунке 4 представлены графики $y(t)$ при различных значениях k в режиме движения с постоянной скоростью $g(t) = 1.5t$.

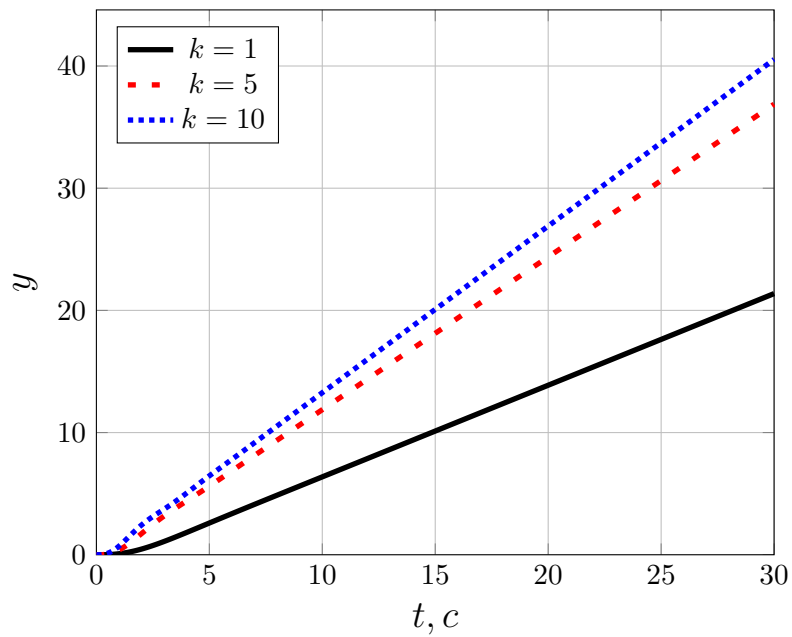


Рисунок 4 — Результаты моделирования при $g(t) = 1.5t$

Как видно из полученных графиков, ошибка постоянно растёт, не имея какого-то установившегося значения.

Графики ошибок представлены на рисунке 5.

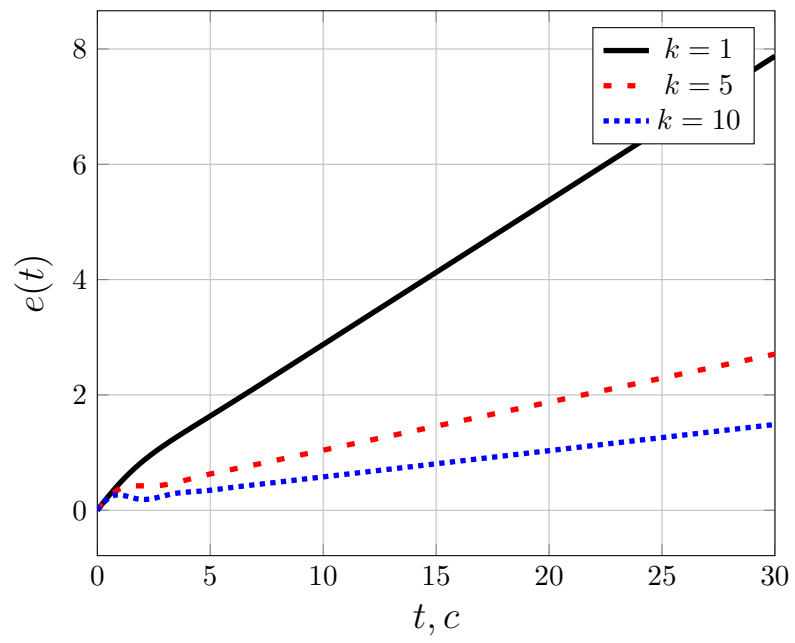


Рисунок 5 — Графики ошибок

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

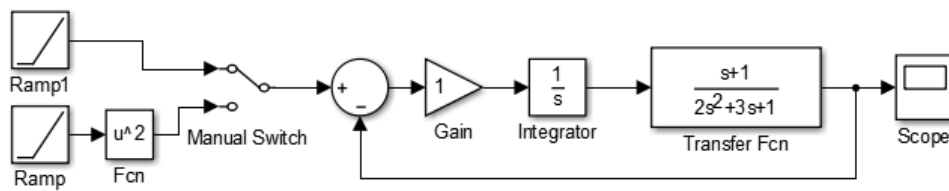


Рисунок 6 — Структурная схема моделируемой системы

2.1 Исследование стационарного режима работы

На рисунке 7 представлены графики $y(t)$ при различных значениях k в стационарном режиме $g(t) = 1$.

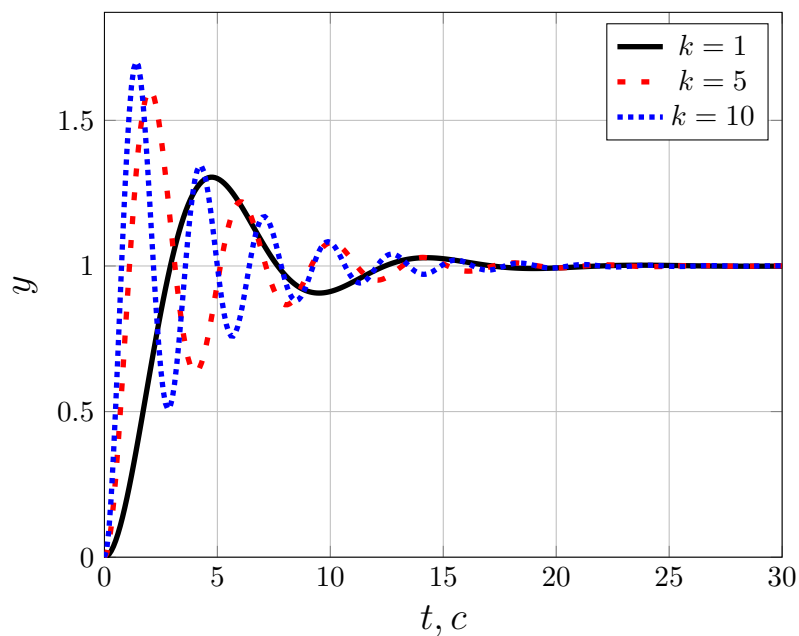


Рисунок 7 — Результаты моделирования при $g(t) = 1$

В стационарном режиме система с астатизмом первого порядка имеет нулевую ошибку. Графики ошибок представлены на рисунке 8.

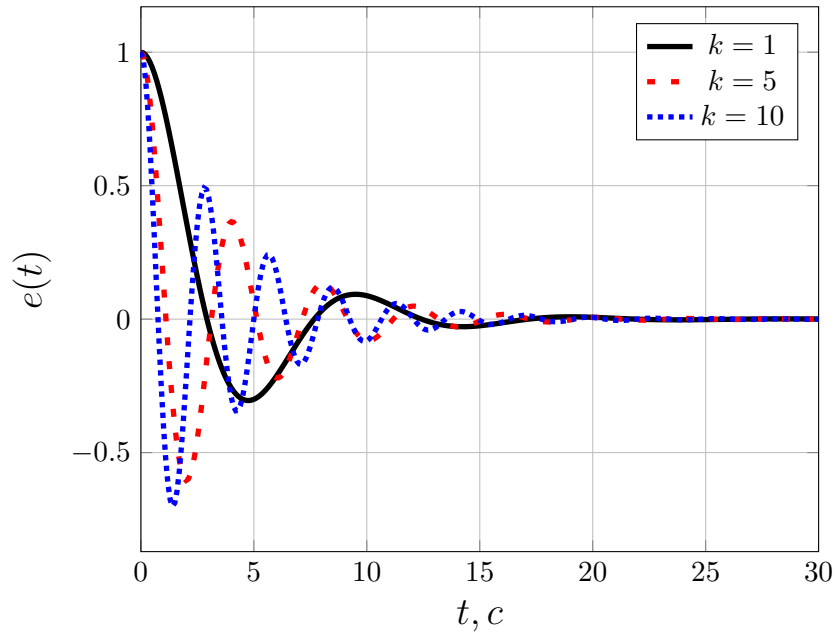


Рисунок 8 — Графики ошибок

2.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью

На рисунке 9 представлены графики $y(t)$ при различных значениях k в режиме движения с постоянной скоростью $g(t) = 1.5t$.

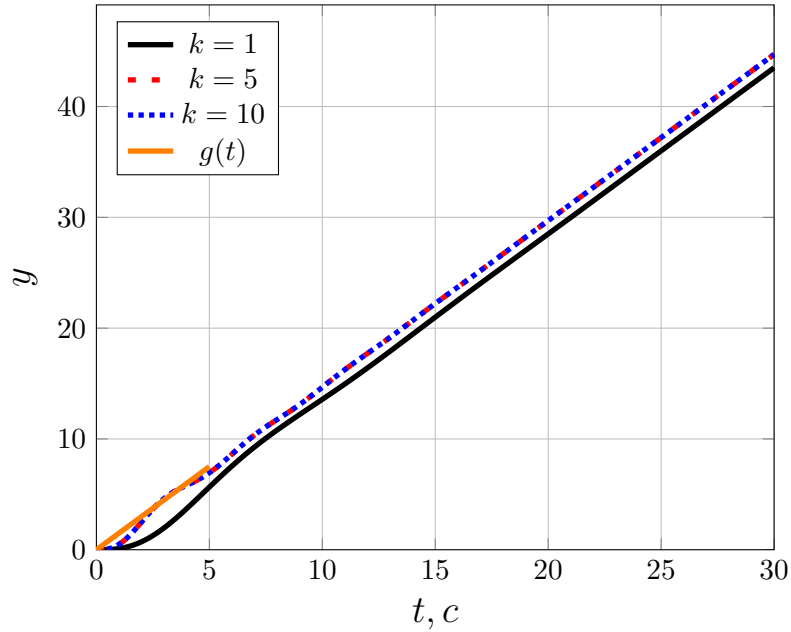


Рисунок 9 — Результаты моделирования при $g(t) = 1.5t$

Предельное значение установившейся ошибки для системы с астатизмом первого порядка при $g(t) = Vt$:

$$\varepsilon = \frac{V}{k} \quad (2)$$

Таким образом, найдём ошибки для различных значений k :

$$\varepsilon = 1.5(k = 1), \varepsilon = 0.3(k = 5), \varepsilon = 0.15(k = 10)$$

Графики ошибок представлены на рисунке 10.

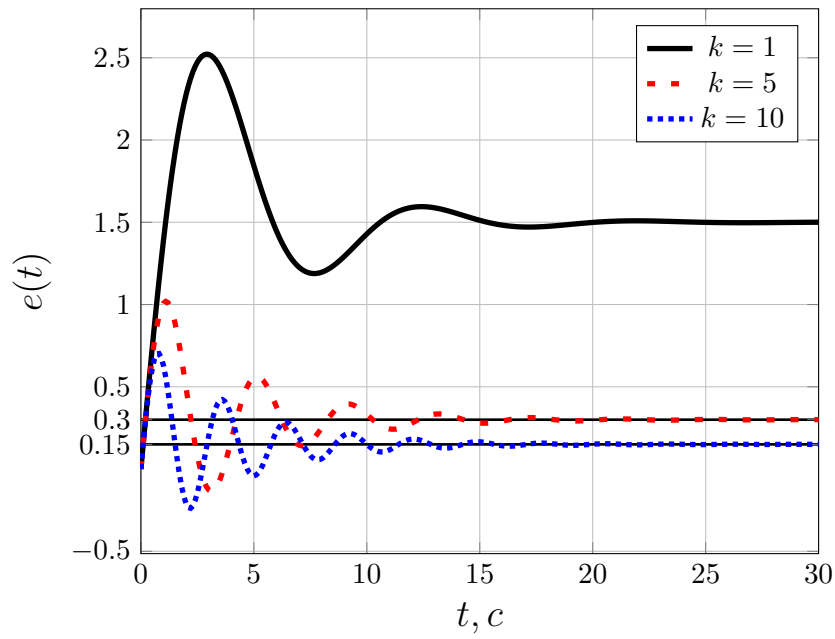


Рисунок 10 — Графики ошибок

2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением

На рисунке 11 представлены графики $y(t)$ при различных значениях k в режиме движения с постоянным ускорением $g(t) = 0.25t^2$.

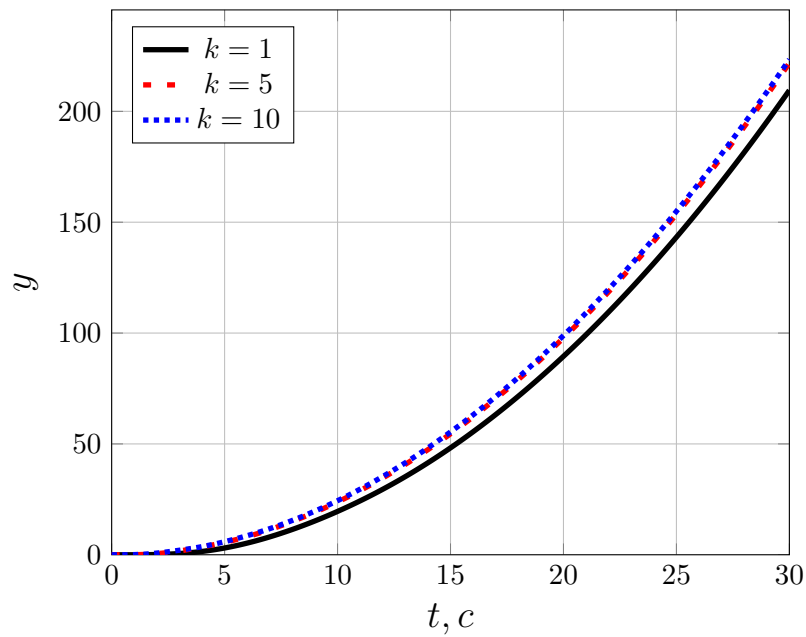


Рисунок 11 — Результаты моделирования при $g(t) = 0.25t^2$

Ошибка при $g(t) = \frac{at^2}{2}$ стремится к бесконечности.
Графики ошибок представлены на рисунке 12.

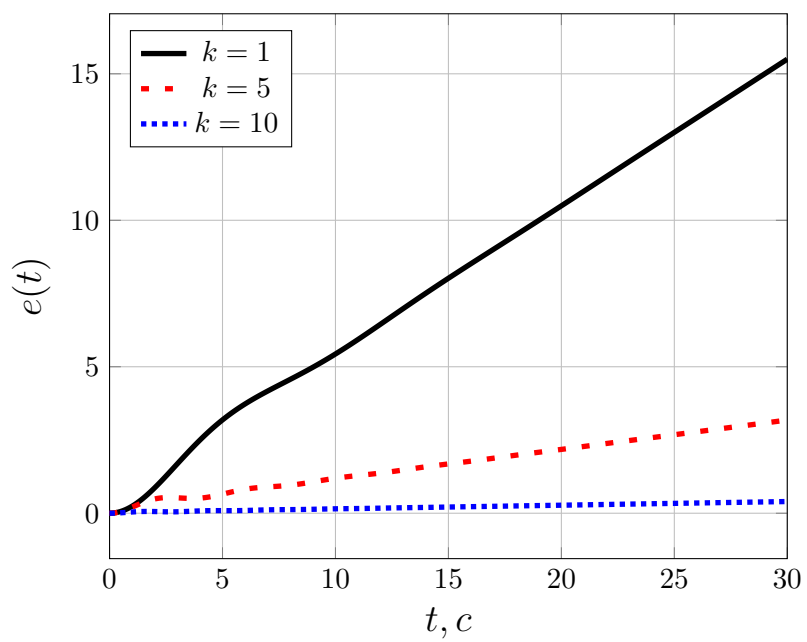


Рисунок 12 — Графики ошибок

3 Исследование влияния внешних возмущений

На рисунке 13 представлены графики $y(t)$ при различных значениях возмущающих воздействий f_1 и f_2 .

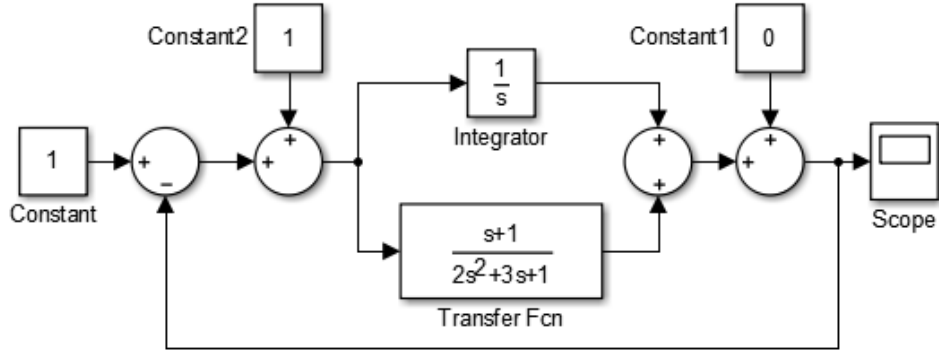


Рисунок 13 — Структурная схема моделируемой системы

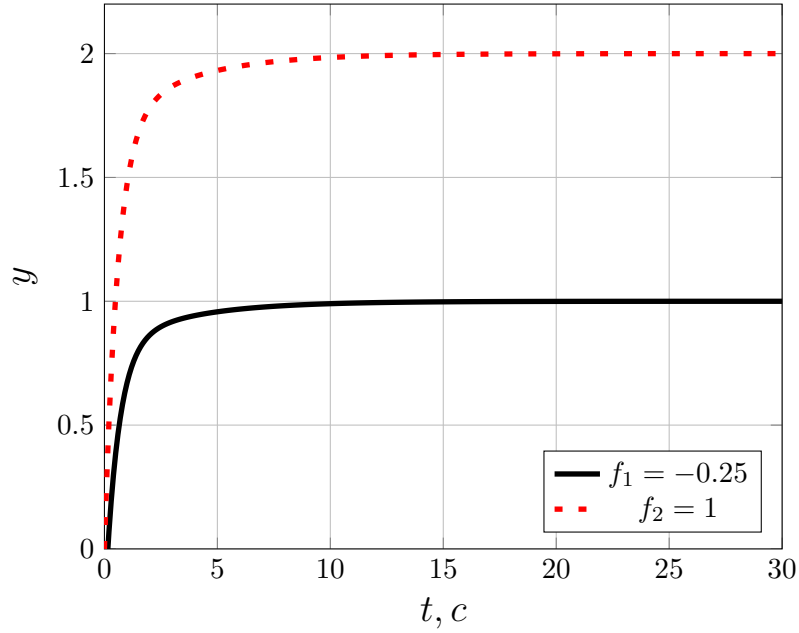


Рисунок 14 — Результаты моделирования при $g(t) = 1$

Ошибка для данной системы будет иметь следующий вид:

$$e(s) = - \left(\frac{3s^2 + 4s + 1}{2s^3 + 6s^2 + 5s + 1} f_2 - \frac{2s^3 + 3s^2 + s}{2s^3 + 6s^2 + 5s + 1} f_1 \right) \quad (3)$$

При стремлении s к нулю получаем следующее значение искомой ошибки:

$$\varepsilon = -f_2$$

$$\varepsilon = 0(f_1 = -0.25, f_2 = 0)$$

$$\varepsilon = -1(f_1 = 0, f_2 = 1)$$

Графики ошибок представлены на рисунке 14.

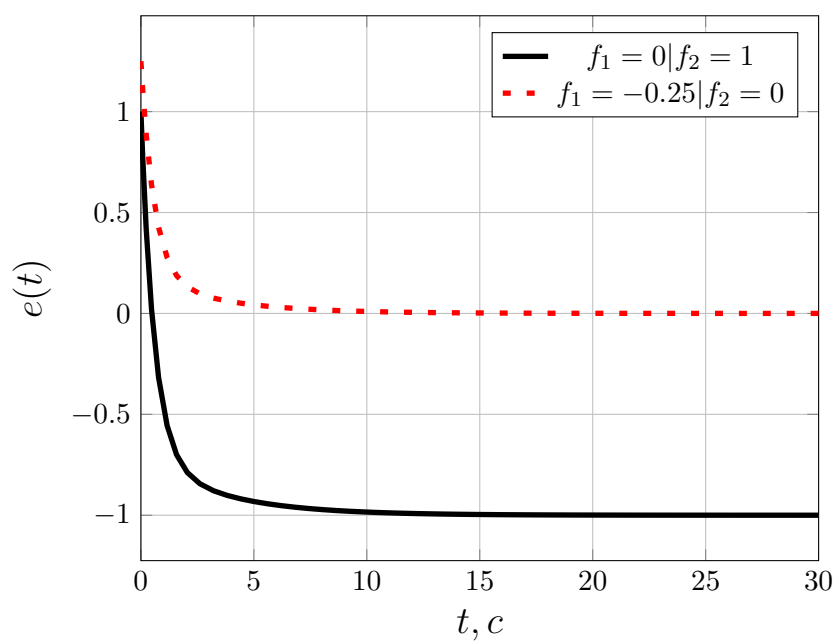


Рисунок 15 — Графики ошибок

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

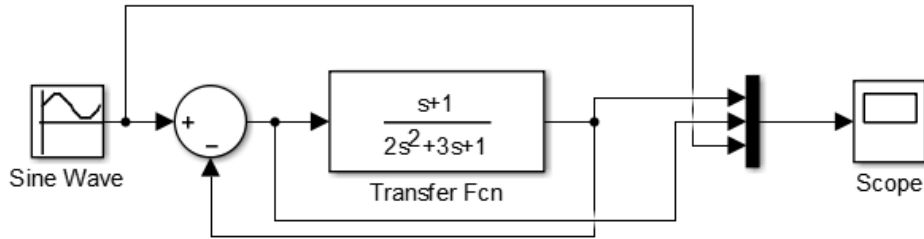


Рисунок 16 — Структурная схема моделируемой системы

На рисунке 17 представлены графики $y(t)$, $g(t) = 3 + 0.6\sin(0.4t)$ и $e(t)$.

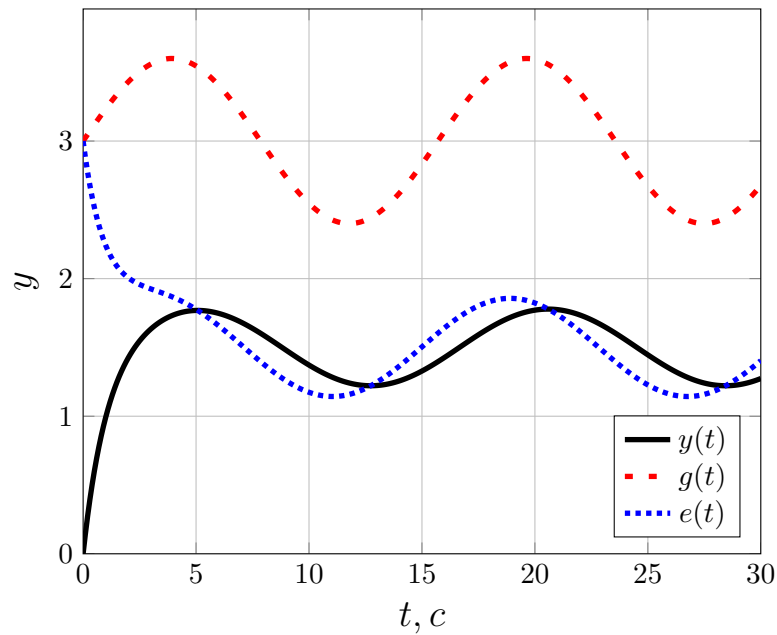


Рисунок 17 — Результаты моделирования при $g(t) = 3 + 0.6\sin(0.4t)$

Найдём приближённое аналитическое выражение для $e(t)$:

$$e(t) = c_0 g(t) + c_1 \frac{d}{dt} g(t) + \frac{c_2}{2!} \frac{d^2}{dt^2} g(t) \quad (4)$$

, где $c_i = \frac{d^i}{dt^i} F_e(s)$

$$F_e(s) = \frac{1}{1 + W(s)} = \frac{2s^2 + 3s + 1}{2s^2 + 4s + 2}$$

$$g'(t) = 0.24\cos(0.4t)$$

$$g''(t) = -0.096\sin(0.4t)$$

$$c_0 = 0.5$$

$$c_1 = 0.5$$

$$c_2 = -1$$

$$e(t) = 1.5 + 0.12\cos(0.4t) + 0.348\sin(0.4t) \quad (5)$$

На рисунке 18 представлены графики ошибок $e_{exp}(t)$ и $e_{anal}(t)$

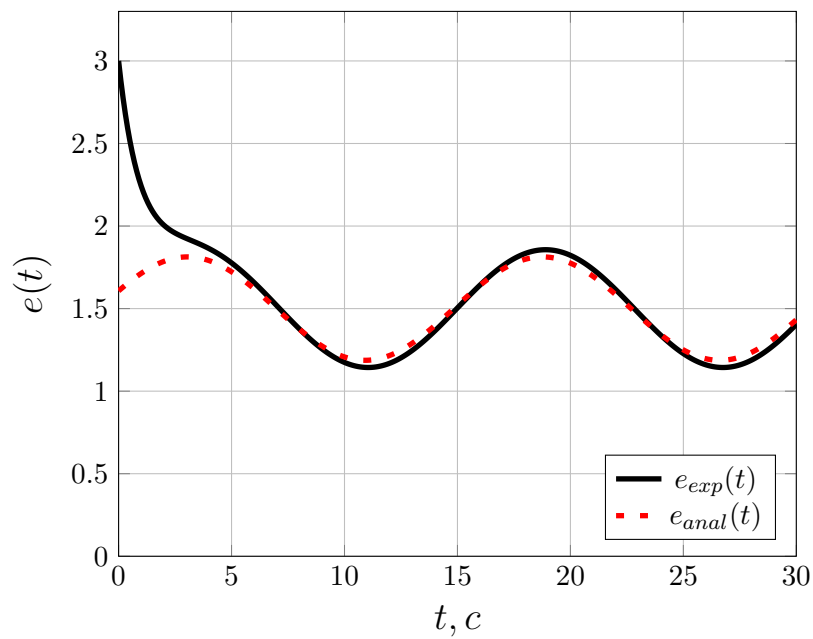


Рисунок 18 — Результаты моделирования экспериментальной и аналитически вычисленной ошибок

Как видно из полученных графиков, расхождение экспериментальной и теоретической ошибок минимально, что позволяет использовать полученное выражение для исследования системы.

Выводы

В ходе лабораторной работы были исследованы системы с разными порядками астатизма и различными входными и возмущающими воздействиями.

Система с астатизмом нулевого порядка в стационарном режиме имеет тем меньшую ошибку, чем больше коэффициент пропорциональности k . В режиме движения с постоянной скоростью ошибка стремится к бесконечности.

Для системы с астатизмом первого порядка в стационарном режиме ошибка равна нулю, а в режиме движения с постоянной скоростью ошибка равна константе, определяемой выражением $\frac{V}{k}$. В режиме движения с постоянным ускорением ошибка стремится к бесконечности.

Для данной системы возмущение измерительного устройства не имеет значения, а возмущение по управлению равно ошибке.

Для исследования ошибки системы при произвольном входном воздействии искомая ошибка была аналитически разложена на основе данных о системе и входном воздействии в ряд Тейлора. При сравнении теоретической и экспериментальной ошибок наблюдается достаточно точное совпадение графиков, поэтому аналитическое выражение для ошибки вполне можно использовать для исследования точностных характеристик системы с произвольным входным воздействием.