

Цель работы: Исследование точностных 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
$\frac{1}{0.5s^2 + s + 1}$	2	2t	$0.45t^2$	г)	-0.5	0,25	$0.3t + 2 \sin(0.8t)$

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Задана замкнутая система с регулятором $H(s) = k$ и передаточной функцией разомкнутого контура

$$W(s) = \frac{1}{0.5s^2 + s + 1} \quad (1)$$

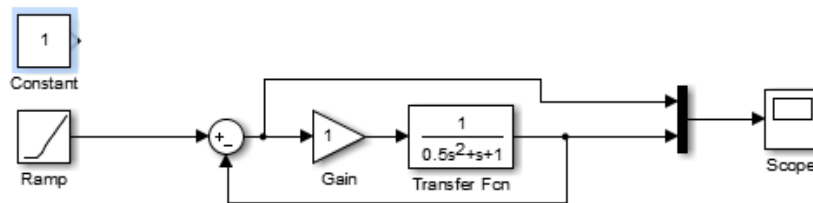


Рисунок 1 – Схема моделирования

1.1 Исследование стационарного режима работы при $g(t)=2$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

таким образом, найдём ошибки для различных значений k : $\varepsilon = 1(k = 1), \varepsilon = 0.33(k = 5), \varepsilon = 0.18(k = 10)$

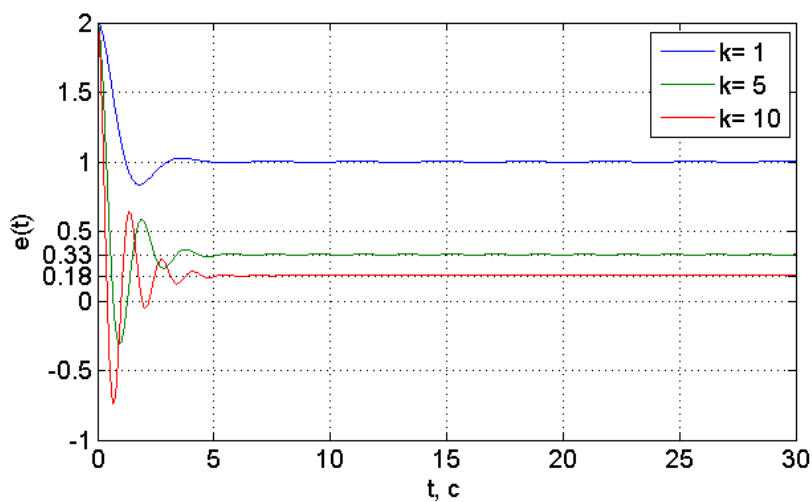


Рисунок 2 – Графика ошибки $e(t)$

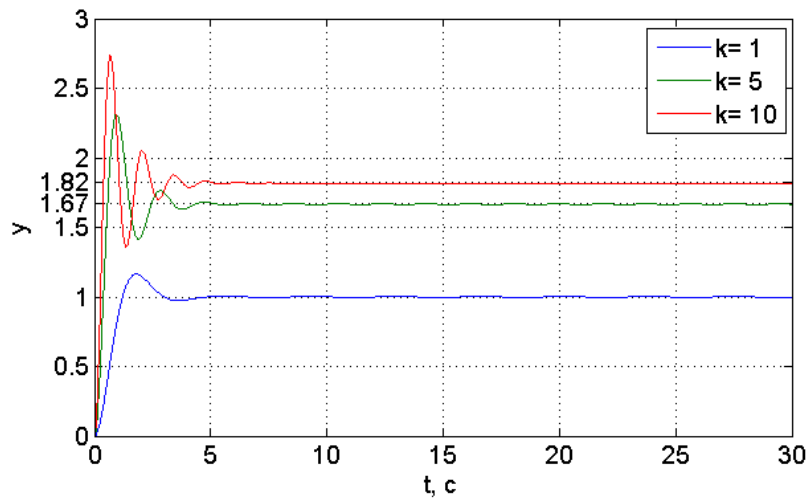


Рисунок 3 – Графика переходных процессов

1.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью при $g(t)=2t$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + H(s)W(s)} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + \frac{k}{0.5s^2 + s + 1}} \frac{2}{s^2} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0.5s^2 + s + 1}{0.5s^2 + s + 1 + k} \frac{2}{s} = \infty \quad (3)$$

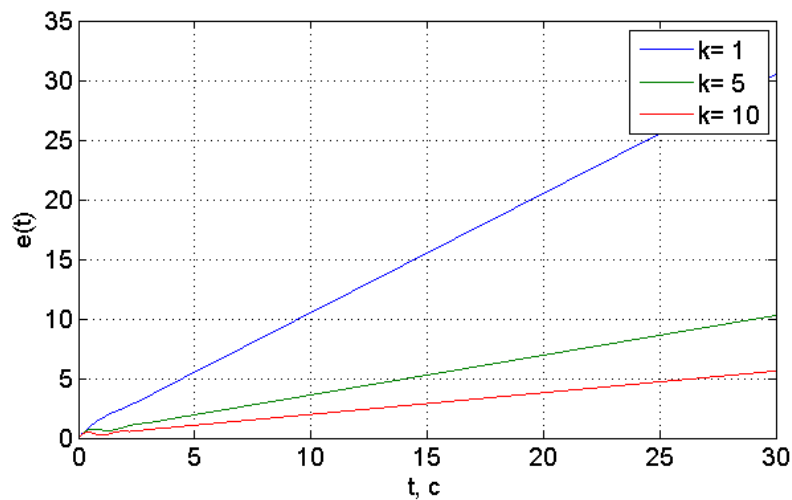


Рисунок 4 – Графика ошибки $e(t)$

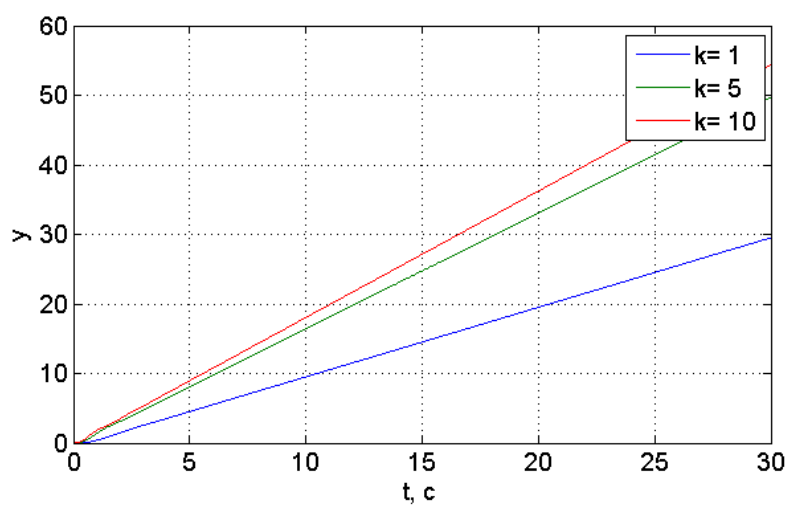


Рисунок 5 – Графика переходных процессов

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка.

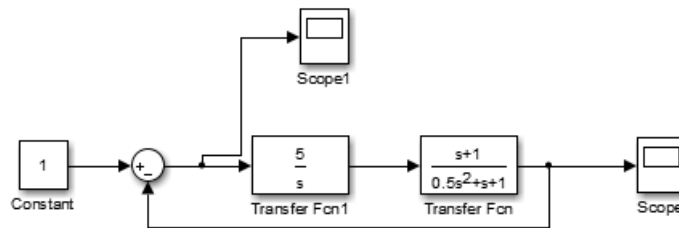


Рисунок 6 – Схема моделирования

2.1 Исследование стационарного режима работы при $g(t)=2$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

$$e_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + W(s)} \frac{A}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \frac{W^*(s)}{s}} A = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{s}{s + k} A = 0 \quad (4)$$

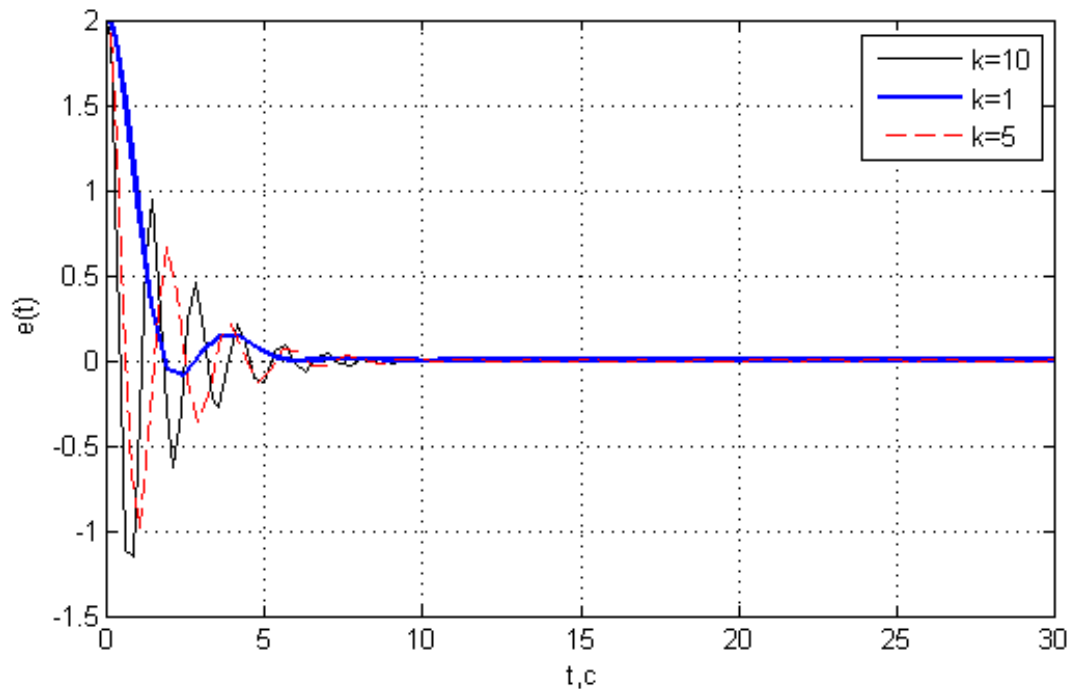


Рисунок 7 – Графика ошибки $e(t)$

2.2 Исследование режима движения с постоянной скоростью при $g(t)=2t$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + W(s)} \frac{V}{s^2} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s + k} \frac{V}{s} = \frac{V}{k} \quad (5)$$

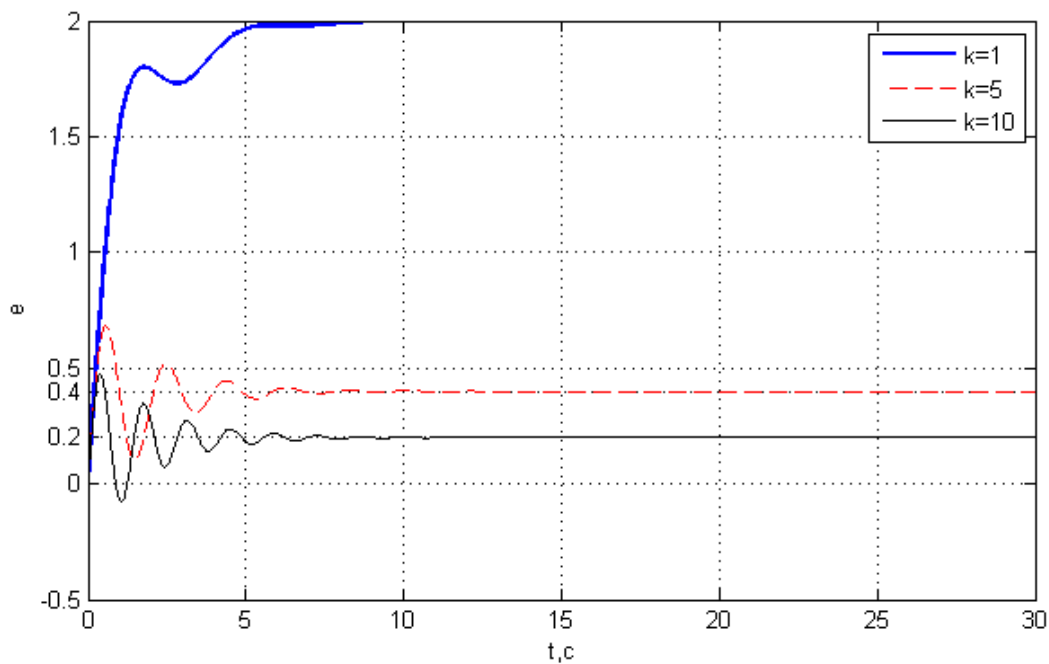


Рисунок 8 – Графика ошибки $e(t)$

таким образом, найдём ошибки для различных значений k : $\varepsilon = 2(k = 1)$, $\varepsilon = 0.4(k = 5)$, $\varepsilon = 0.2(k = 10)$

2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением $g(t) = at$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + W(s)} \frac{a}{s^3} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s + k} \frac{a}{s^2} = \infty \quad (6)$$

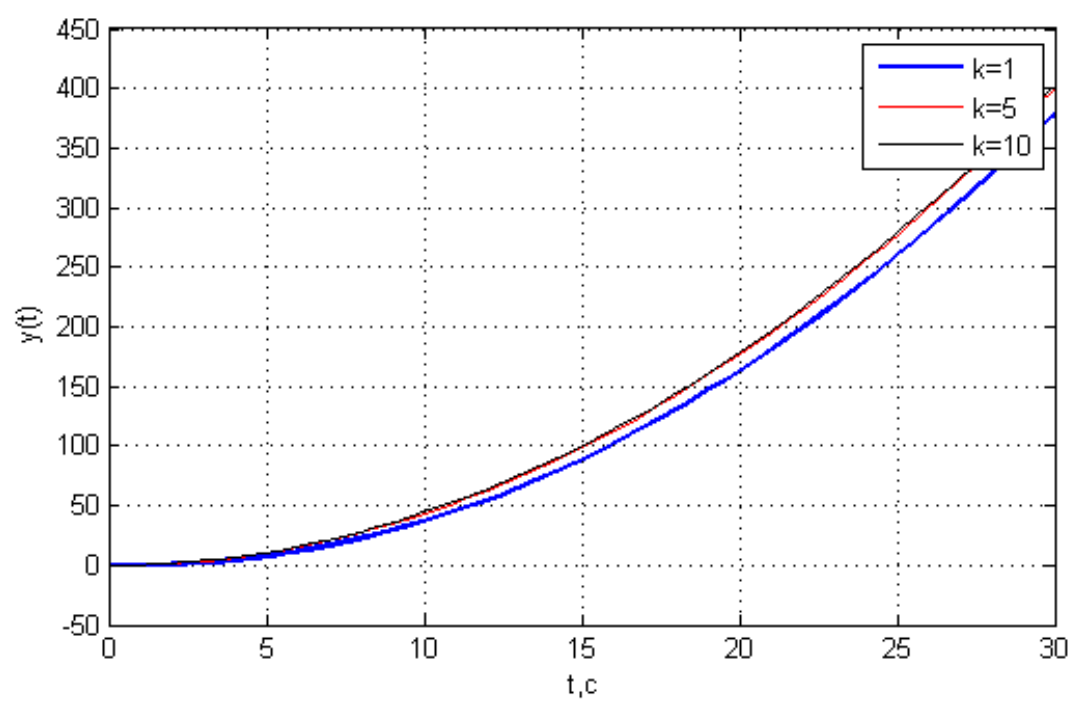


Рисунок 9 – Графика переходных процессов

3 Исследование влияния внешних возмущений

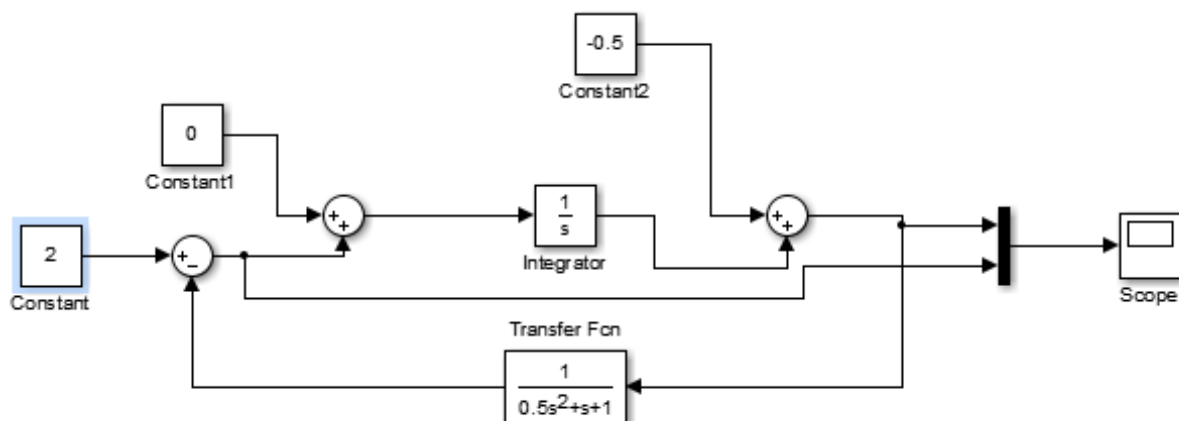


Рисунок 10 – Схема моделирования

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \left[-s \frac{sW(s)}{s + W(s)} \frac{F_1}{s} + s \frac{W(s)}{s + W(s)} \frac{F_2}{s} \right] = F_2 \quad (7)$$

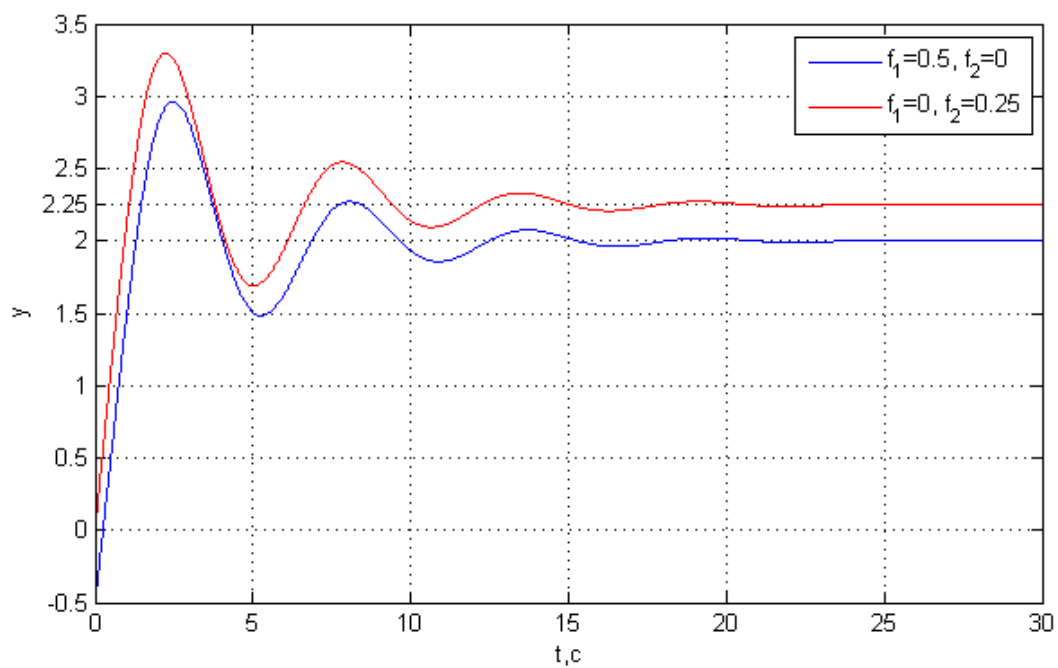


Рисунок 11 – Графика переходных процессов

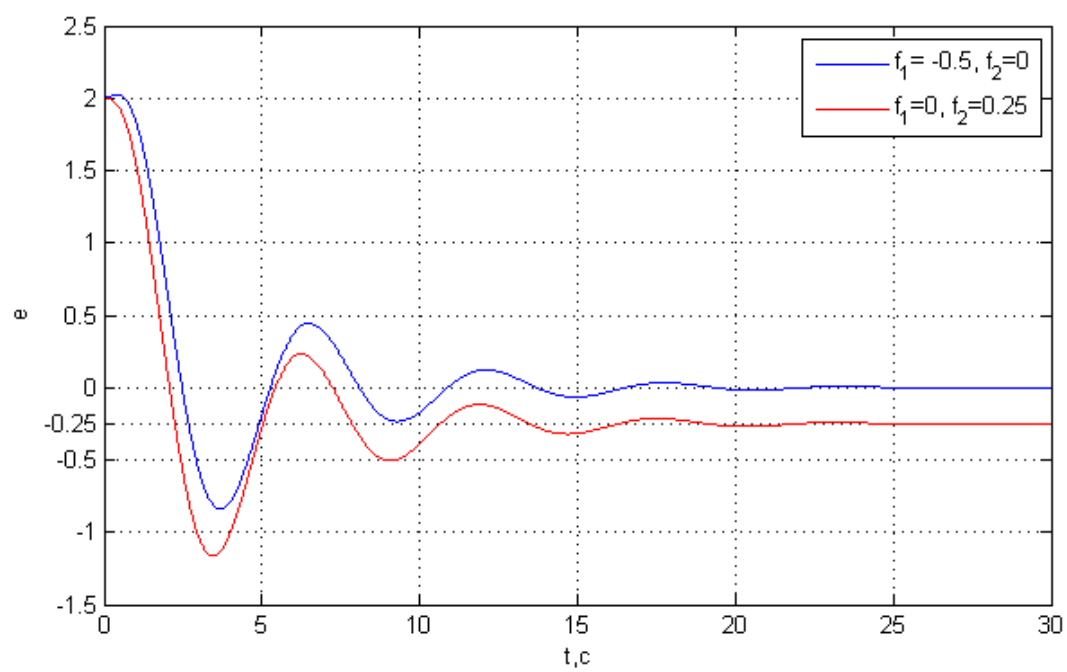


Рисунок 12 – Графика ошибки $e(t)$

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

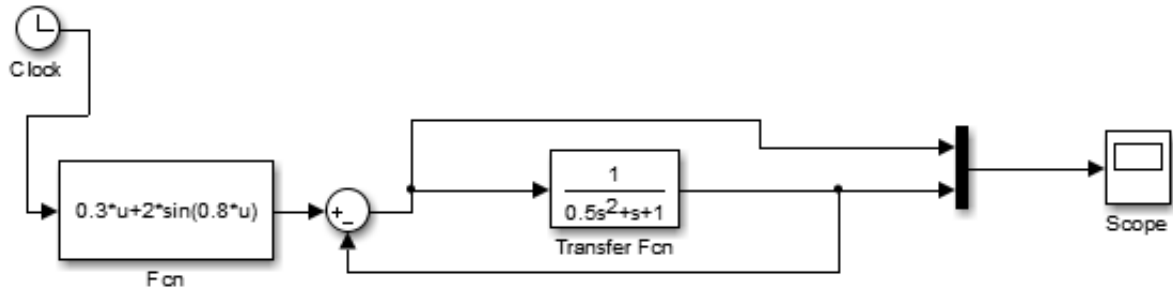


Рисунок 13 – Схема моделирования

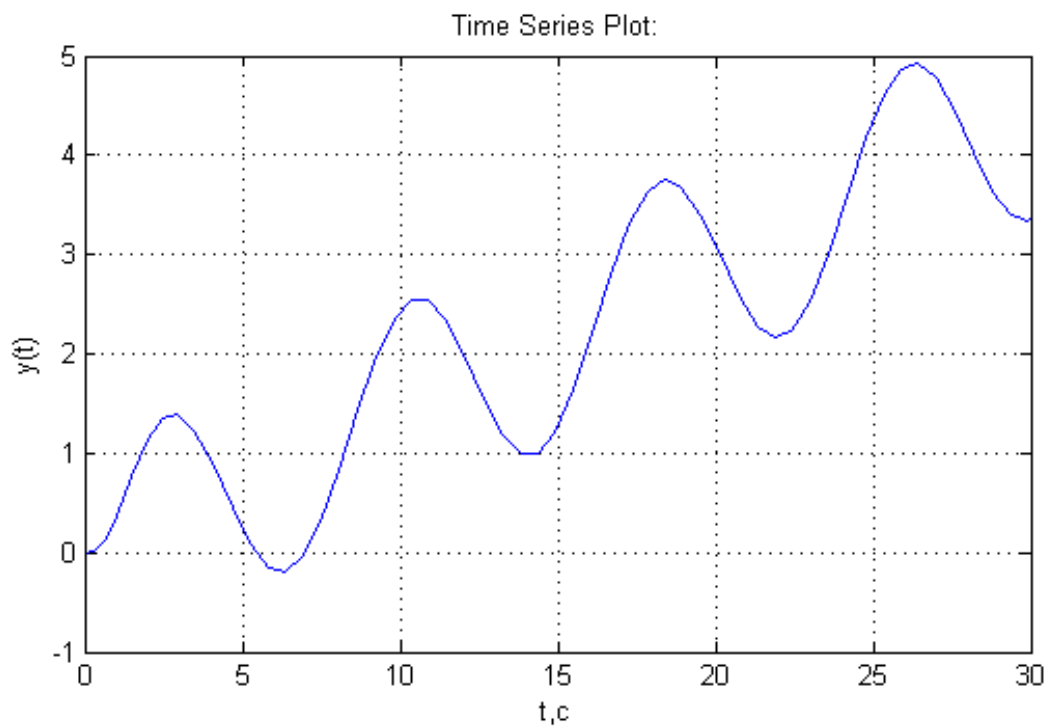


Рисунок 14 – Графика переходного процесса

Оценим приближенно установившуюся ошибку слежения:

$$\Phi(s) = \frac{1}{1 + H(s)W(s)} = \frac{0.5s^2 + s + 1}{0.5s^2 + s + 2} \quad (8)$$

Разложим $\Phi(s)$ в ряд Тейлора в окрестности точки $s=0$:

$$c_0 = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$c_1 = \frac{d}{ds} \Phi_e(s) = \frac{(s+1)(0.5s^2 + s + 2) - (0.5s^2 + s + 1)(s+1)}{(0.5s^2 + s + 2)^2} = \frac{s+1}{(0.5s^2 + s + 2)^2} \Big|_{s=0} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$c_2 = \frac{d^2}{ds^2} \Phi_e(s) = \frac{(0.5s^2 + s + 2)^2 - (s+1)2(0.5s^2 + s + 2)(s+1)}{(0.5s^2 + s + 2)^4} \Big|_{s=0} = \frac{2^2 - 2 * 2 * 1}{2^4} = 0$$

$$e_y(t) = 0.5(0.3t + 2 \sin 0.8t) + 0.25(0.3 + 1.6 \cos 0.8t) - 0 = 0.15t + \sin 0.8t + 0.4 \cos 0.8t + 0.075$$



Рисунок 15 – Схема моделирования

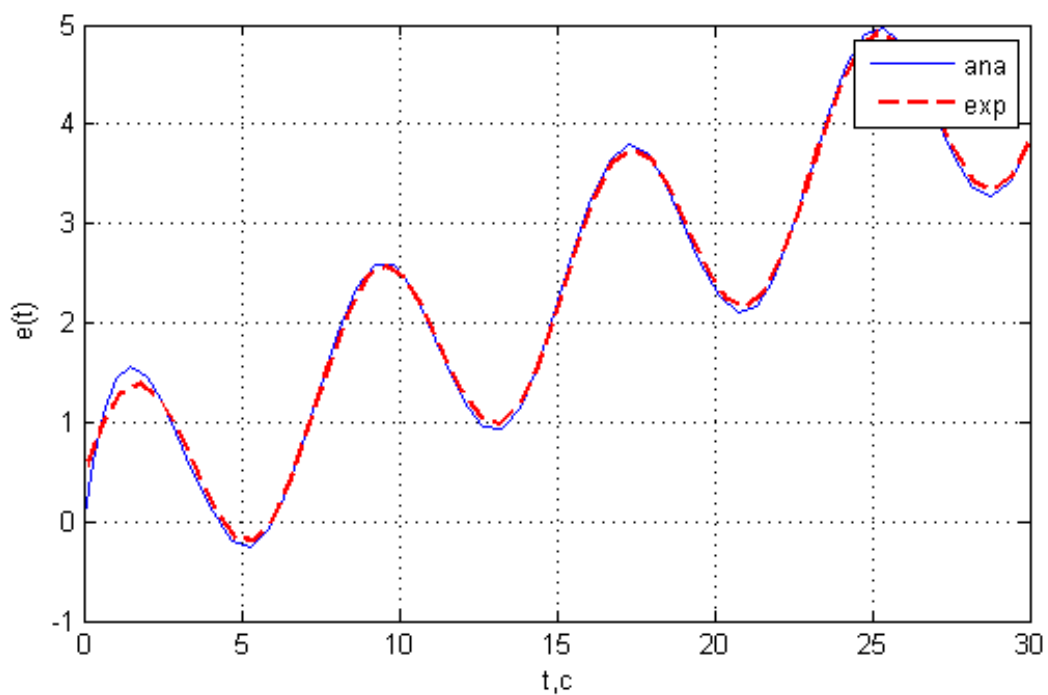


Рисунок 16 – Графика экспериментальной и аналитически вычисленной ошибки $e(t)$

Выводы

В данной работе мы исследовали системы с разными порядками астатизма и различными входными и возмущающими воздействиями. В частности, системы с астатизмом первого порядка нечувствительны к постоянным возмущениям. 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.