

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 - 5

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 точностных свойств систем управления.

Исходные данные: Представлены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные

Система с нулевым порядком астатизма			Система с первым порядком астатизма	
$W(s)$	$g = A$	$g = Vt$	$W(s)$	$g = \frac{at^2}{2}$
$\frac{1}{s^2+s+2}$	2	$2t$	$\frac{s+1}{s^2+s+2}$	$0.3t^2$
Исследование влияния возмущений			Исследование установившейся ошибки	
Структура системы	f_1	f_2	Сигнал задания	
б	-0.5	0.25	$t + 0.5 \cos 0.5t$	

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

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

Схема моделирования представлена на рисунке 1

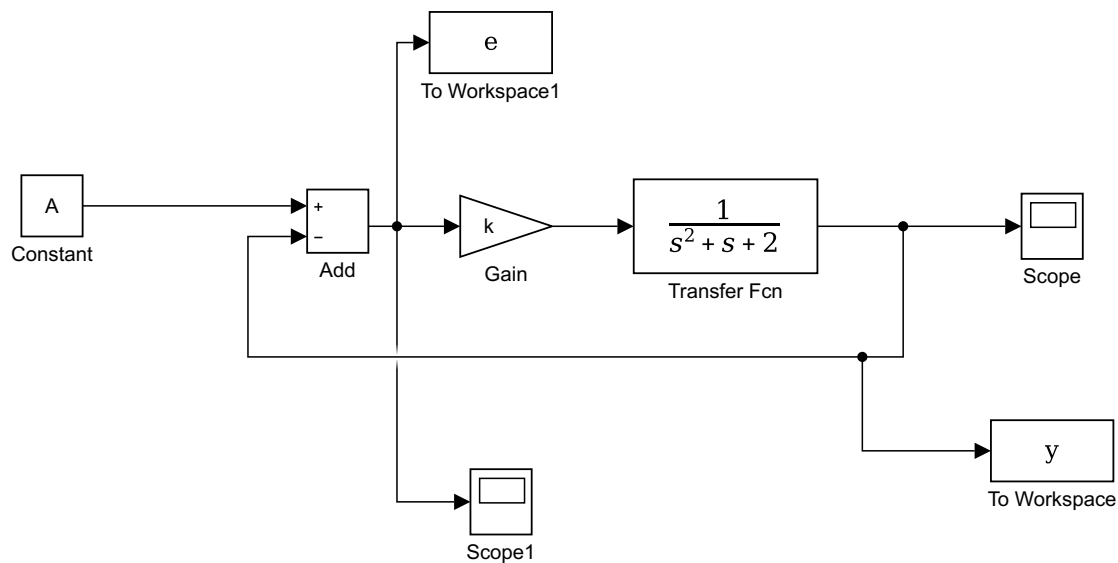


Рисунок 1 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях k представлены на рисунках 2 и 3 соответственно

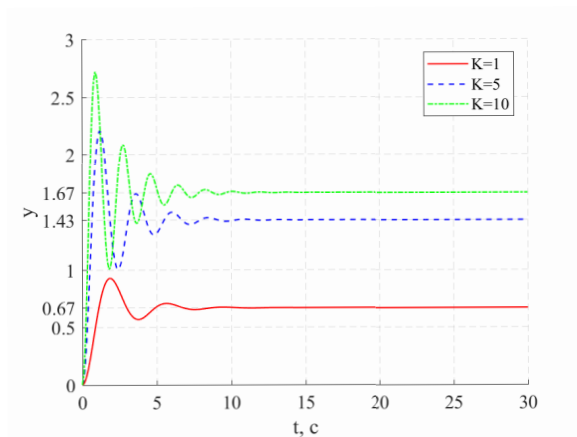


Рисунок 2 – Переходные процессы

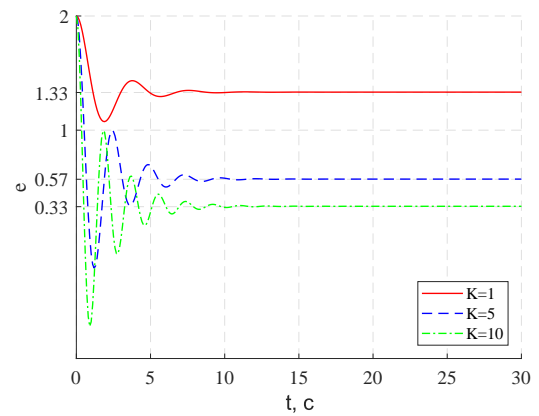


Рисунок 3 – Ошибка

Аналитический расчет установившейся ошибки: $\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{A}{1+kW(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{2(s^2+s+2)}{s^2+s+2+k}$

- При $k = 1$: $\varepsilon = 1.33$
- При $k = 5$: $\varepsilon = 0.57$
- При $k = 10$: $\varepsilon = 0.33$

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

Схема моделирования представлена на рисунке 4

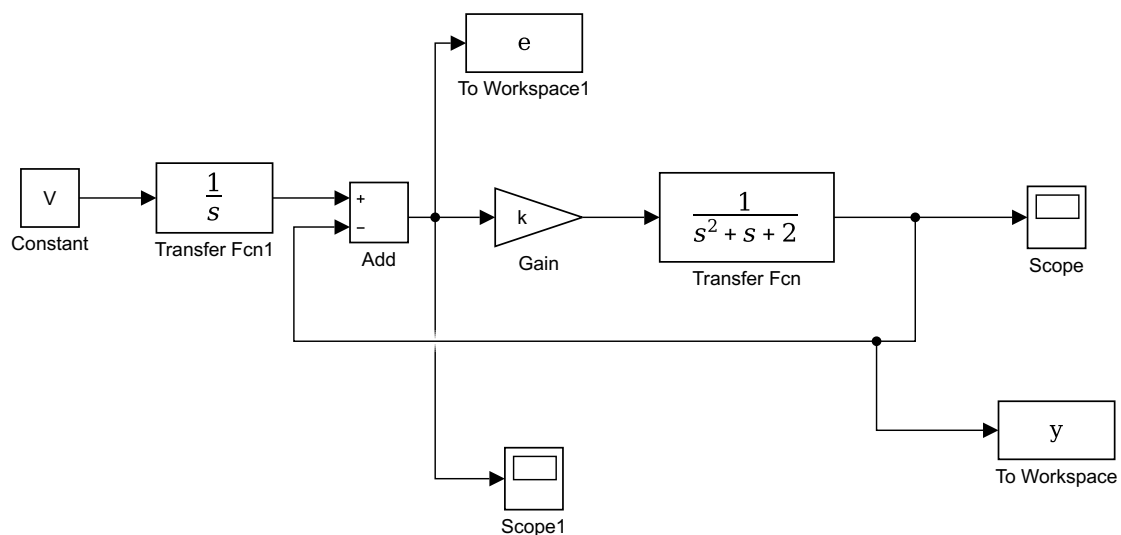


Рисунок 4 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях k представлены на рисунках 5 и 6 соответственно

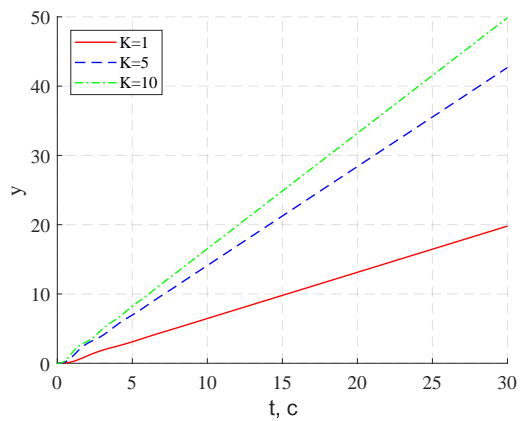


Рисунок 5 – Переходные процессы

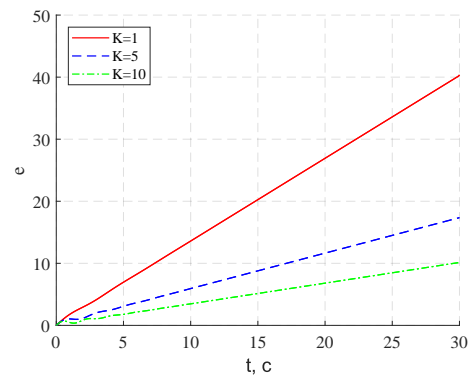


Рисунок 6 – Ошибка

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

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

Схема моделирования представлена на рисунке 7

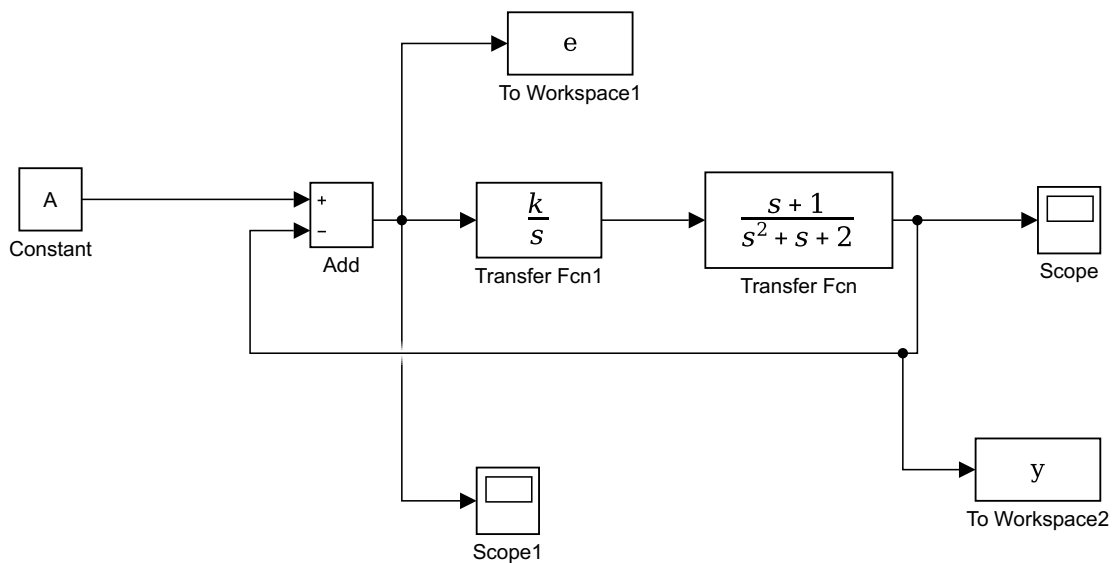


Рисунок 7 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях k представлены на рисунках 8 и 9 соответственно

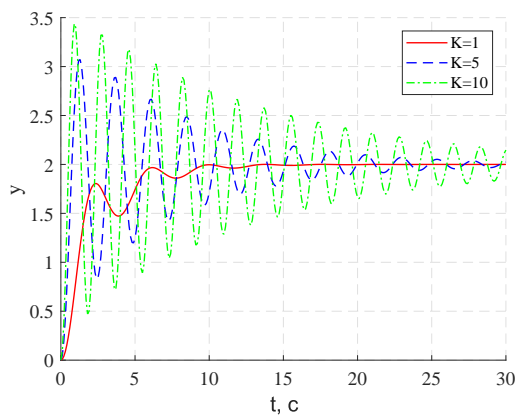


Рисунок 8 – Переходные процессы

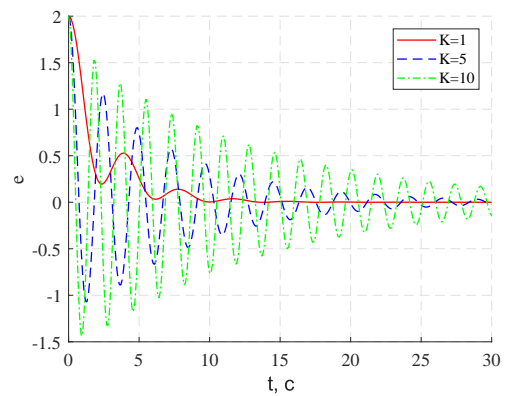


Рисунок 9 – Ошибка

Аналитический расчет установившейся ошибки: $\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{A}{1+kW(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{2(s^2+s+2)}{s^2+s+2+k} = 0$

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

Схема моделирования представлена на рисунке 10

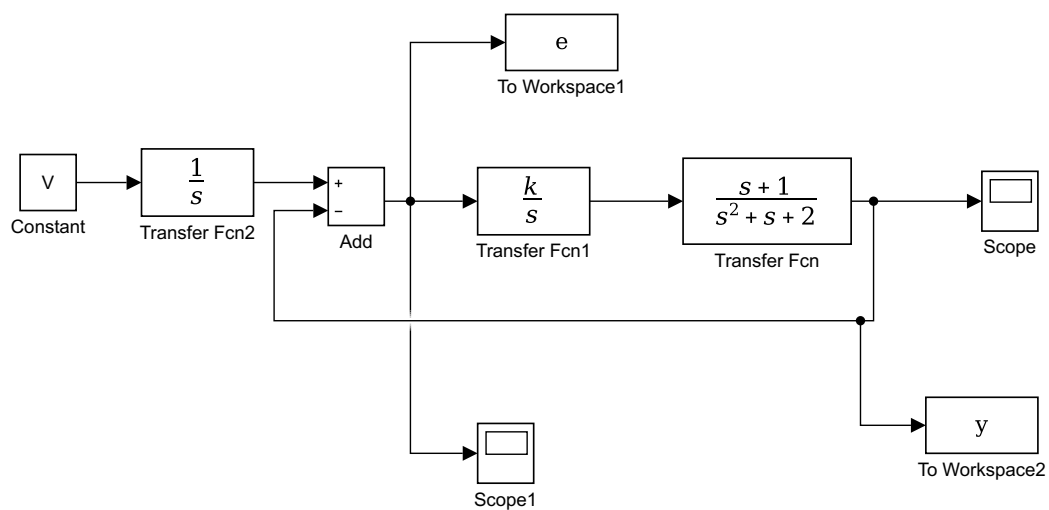


Рисунок 10 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях k представлены на рисунках 11 и 12 соответственно

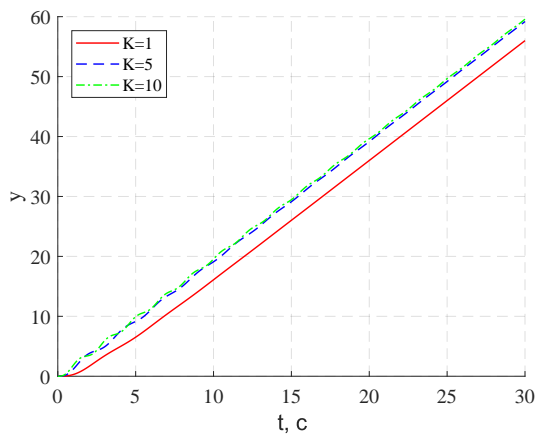


Рисунок 11 – Переходные процессы

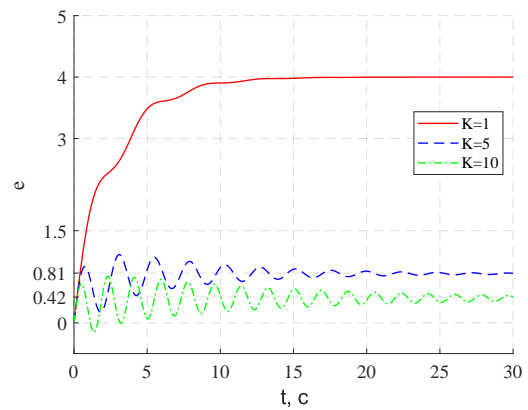


Рисунок 12 – Ошибка

Аналитический расчет установившейся ошибки: $\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{V}{s(1 + \frac{k}{s}W(s))} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{V(s^2 + s + 2)}{s(s^2 + s + 2 + k + \frac{k}{s})} = \frac{2V}{k}$

- При $k = 1$: $\varepsilon = 4$
- При $k = 5$: $\varepsilon = 0.8$
- При $k = 10$: $\varepsilon = 0.4$

2.3 Исследование режима движения с постоянным ускорением: $g(t) = \frac{at^2}{2}$

Схема моделирования представлена на рисунке 13

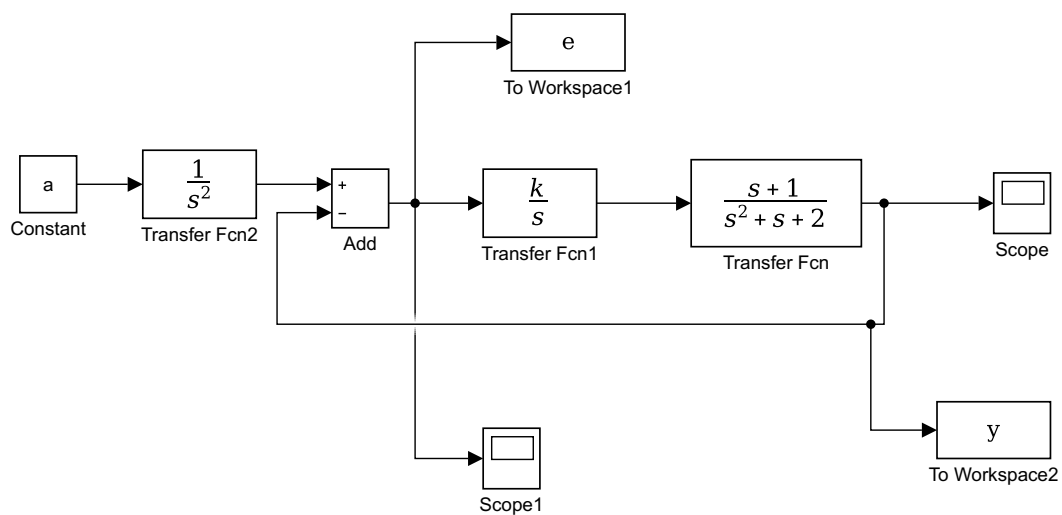


Рисунок 13 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях k представлены на рисунках 14 и 15 соответственно

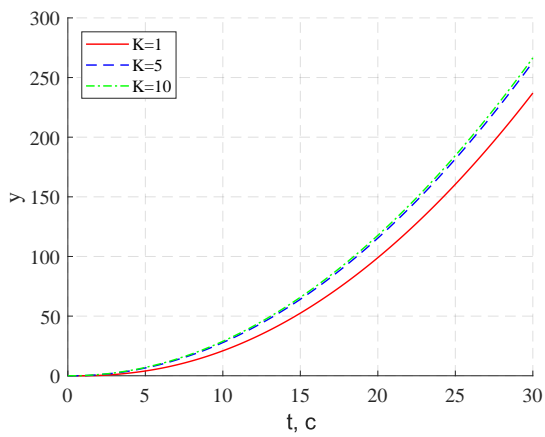


Рисунок 14 – Переходные процессы

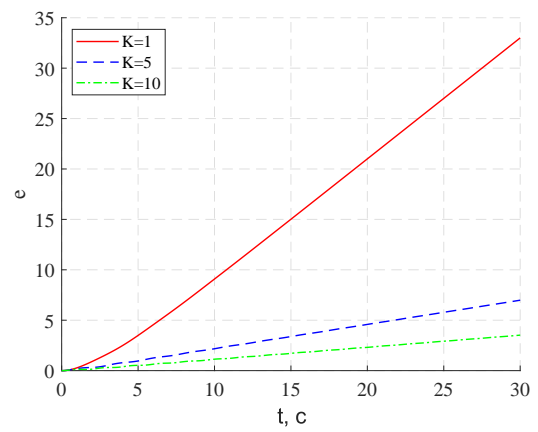


Рисунок 15 – Ошибка

3 Исследование влияния внешних возмущений

Схема моделирования представлена на рисунке 16

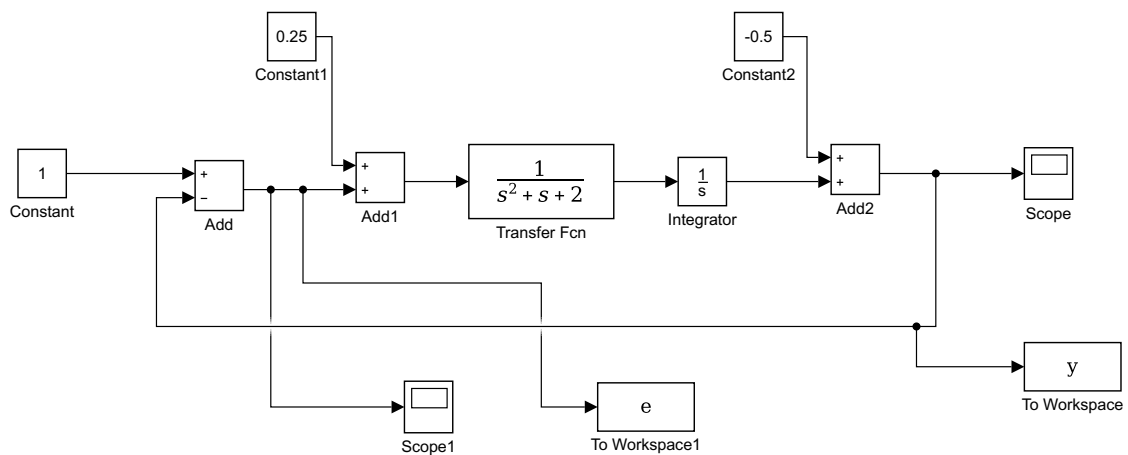


Рисунок 16 – Схема моделирования

Переходные процессы и график ошибки при различных значениях f_1 и f_2 представлены на рисунках 17 и 18 соответственно

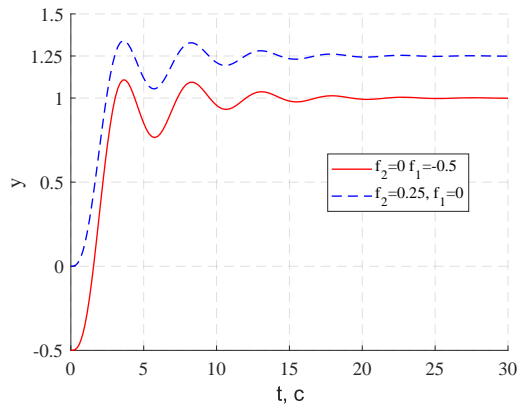


Рисунок 17 – Переходные процессы

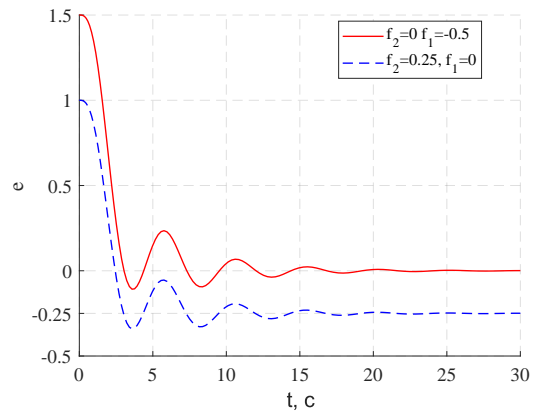


Рисунок 18 – Ошибка

Аналитический расчет установившейся ошибки: $\frac{(e+f_2)W(s)}{s} + f_1 = y = g - e$

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

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

Так как g , f_1 и f_2 постоянные во времени сигналы, то образ Лапласа для каждого из них равен $\frac{g}{s}$, $\frac{f_1}{s}$ и $\frac{f_2}{s}$ соответственно. Отсюда следует, что:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{g}{1 + \frac{W(s)}{s}} - \frac{f_1}{1 + \frac{W(s)}{s}} - f_2 \frac{W(s)}{s + W(s)} = -f_2$$

- При $f_2 = 0$ и $f_1 = -0.5$: $\varepsilon = 0$
- При $f_1 = 0$ и $f_2 = 0.25$: $\varepsilon = -0.25$

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

Схема моделирования представлена на рисунке 19

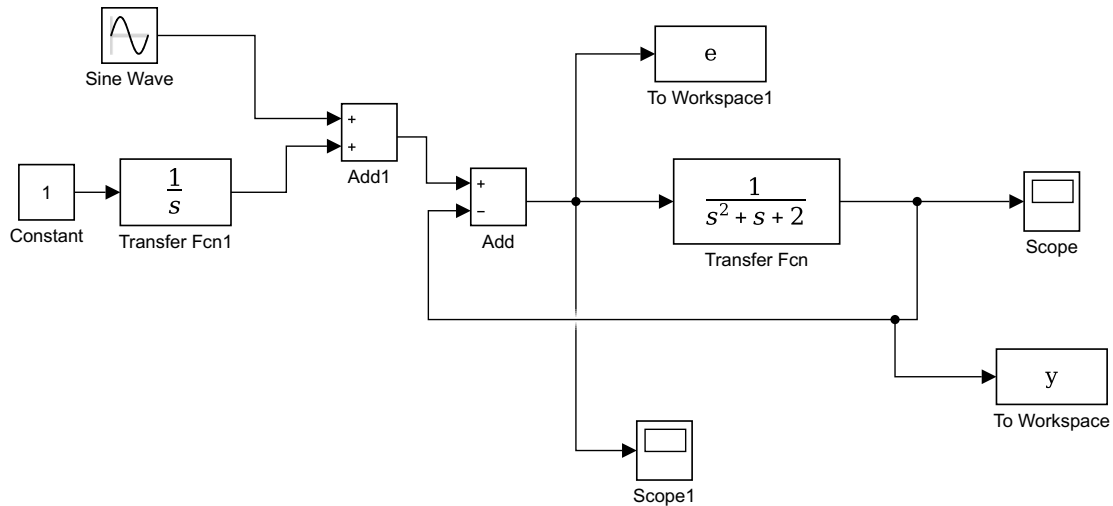


Рисунок 19 – Схема моделирования

Переходной процесс представлен на рисунке 20

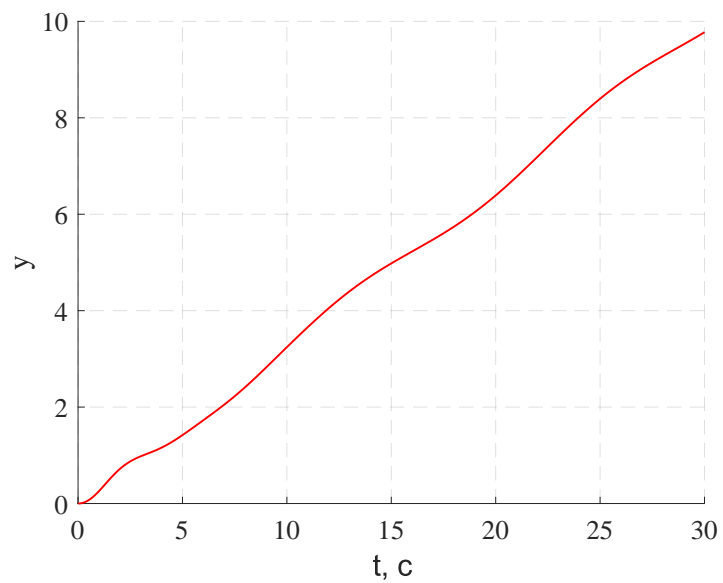


Рисунок 20 – Переходной процесс

График экспериментальной ошибки и теоретической представлен на рисунке 21

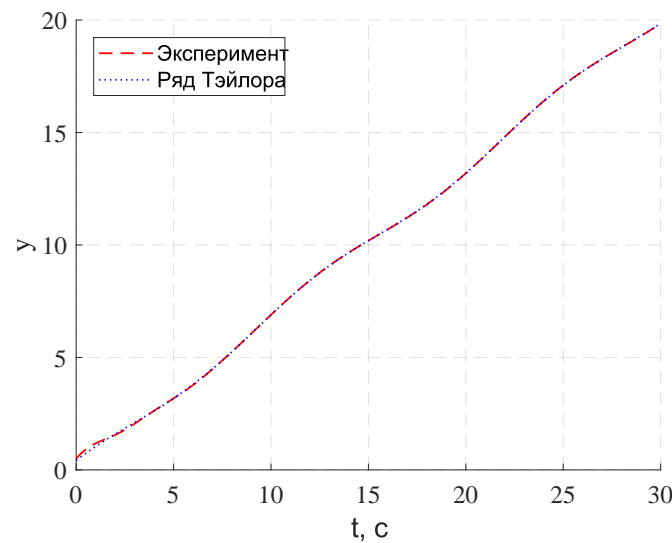


Рисунок 21 – Ошибка

Приближенное разложение ошибки в ряд Тейлора, содержащий только 3 члена:

$$E(S) = \Phi_e(s)G(s), \text{ где } \Phi_e(s) = \frac{s^2+s+2}{s^2+s+3}$$

$$e(t) = c_0 g(t) + c_1 \dot{g}(t) + c_2 \frac{\ddot{g}(t)}{2!}, \text{ где:}$$

$$c_0 = \Phi_e(s)_{s=0} = \frac{2}{3}$$

$$c_1 = \left(\frac{d\Phi_e(s)}{ds} \right)_{s=0} = \frac{1}{9}$$

$$c_2 = \left(\frac{d^2\Phi_e(s)}{ds^2} \right)_{s=0} = \frac{4}{27}$$

$$g(t) = t + 0.5 \cos 0.5t$$

$$\dot{g}(t) = 1 - 0.25 \sin 0.5t$$

$$\ddot{g}(t) = -0.125 \cos 0.5t$$

В итоге:

$$e(t) = \frac{2}{3}(t + 0.5 \cos 0.5t) + \frac{1}{9}(1 - 0.25 \sin 0.5t) + \frac{4}{27} \frac{-0.125 \cos 0.5t}{2!}$$

Выводы

В данной работе были исследованы две системы с разным порядком астатизма. Для системы с нулевым порядком было произведено моделирование как и в стационарном режиме, так и для линейно возрастающего сигнала при различных значениях коэффициента усиления k . Установившееся значение ошибки в стационарном режиме при увеличении k уменьшалось, а при линейном сигнале стремилось к бесконечности. Для системы с первым порядком астатизма дополнительно было произведено моделирование при квадратично возрастающем сигнале. В результате, в стационарном режиме ошибка нулевая, в линейном - константа, которая уменьшается при увеличении k , а в при квадратичном сигнале - уходит в бесконечность. Все результаты подтвердились аналитически.

Также было исследовано влияние внешних возмущений и аналитический расчет установившейся ошибки. В результате было выявлено, что для устранения ошибки от постоянного сигнала возмущения необходимо интегрирующий элемент ставить до места приложения этого возмущения.

Было произведено моделирование системы при произвольном входном воздействии. Экспериментальная и рассчитанная ошибки совпали.