

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И
ОПТИКИ"(УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)

Факультет Систем управления и робототехники

Кафедра Систем управления и информатики

Группа Р3340

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лабораторная работа №7

Анализ точности систем управления
Вариант 9

Проверил: _____

Выполнил: _____

СПб 2017

Цель работы: Исследование точностных свойств систем управления.

1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

Начальные данные:

$H(s)=k$, где $k=1,5,10$

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

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

Начальные данные:

$H(s)=k$, где $k=1,5,10$

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

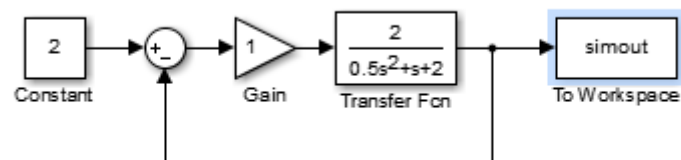


Рис. 1: Система с астатизмом нулевого порядка

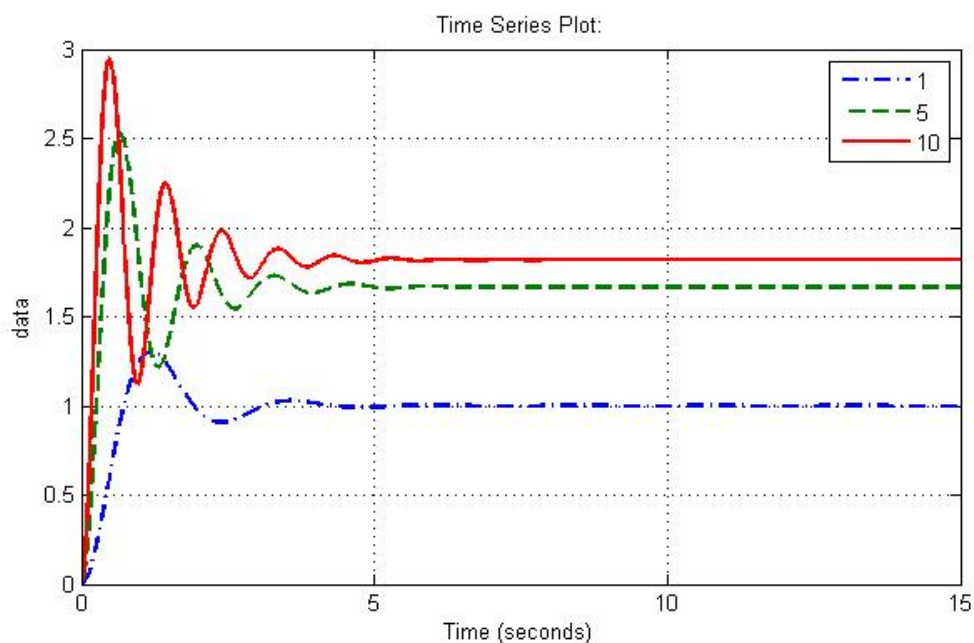


Рис. 2: Переходная характеристика при $g(t)=2$

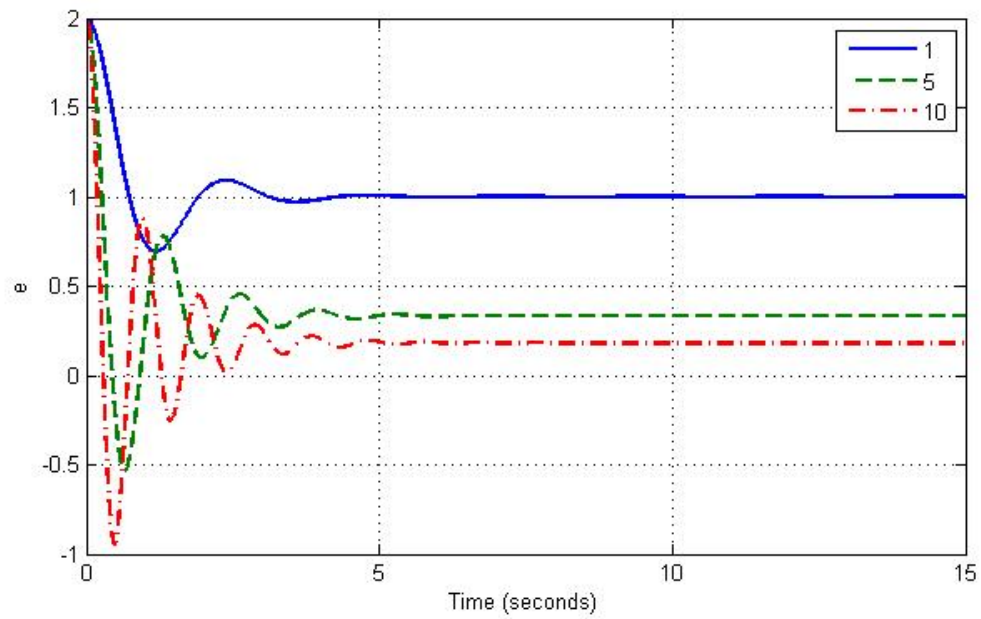


Рис. 3: Ошибка при $g(t)=2$

Аналитическое подтверждение полученных результатов

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

$$\varepsilon = \frac{A}{1+k} = \frac{2}{1+5} = 0.33$$

$$\varepsilon = \frac{A}{1+k} = \frac{2}{1+10} = 0.18$$

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

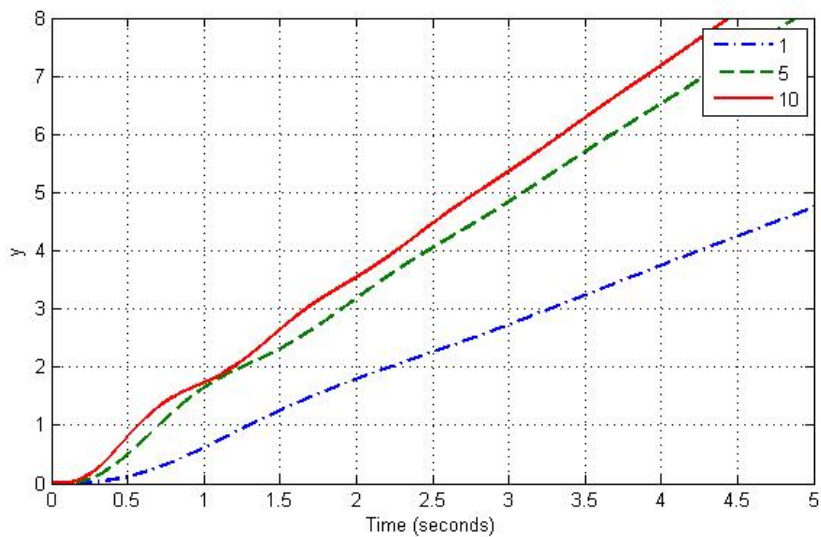


Рис. 4: Переходная характеристика при $g(t)=2t$

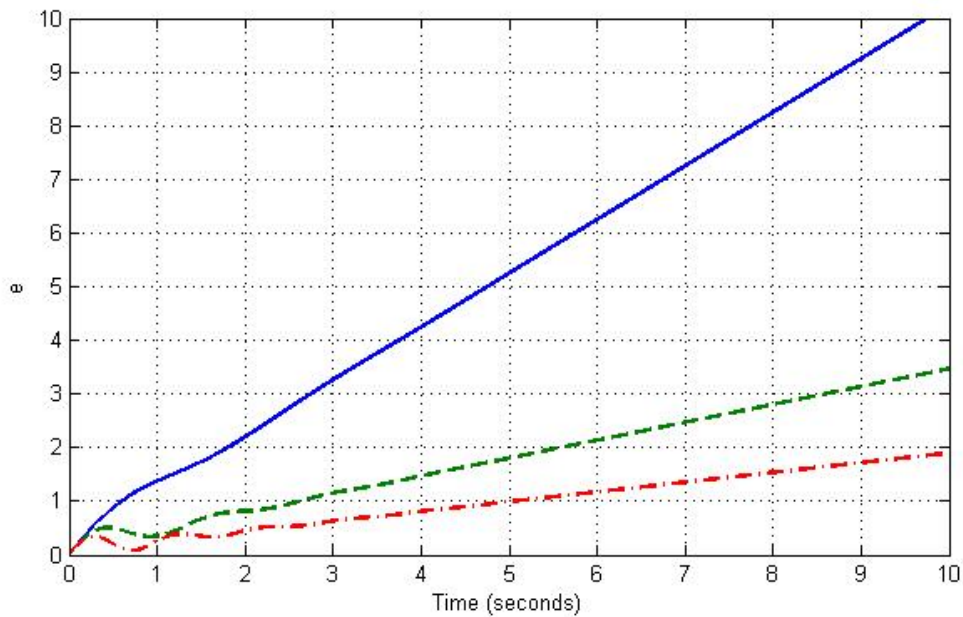


Рис. 5: Ошибка при $g(t)=2t$

Аналитическое подтверждение полученных результатов

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{1+W(s)} \right) \left(\frac{V}{s^2} \right)$$

Во всех случаях $\varepsilon \rightarrow \infty$

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

2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

Начальные данные:

$$H(s) = \frac{k}{s}, \text{ где } k=1, 5, 10$$

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

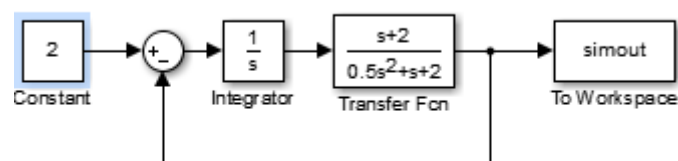


Рис. 6: Система с астатизмом первого порядка

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

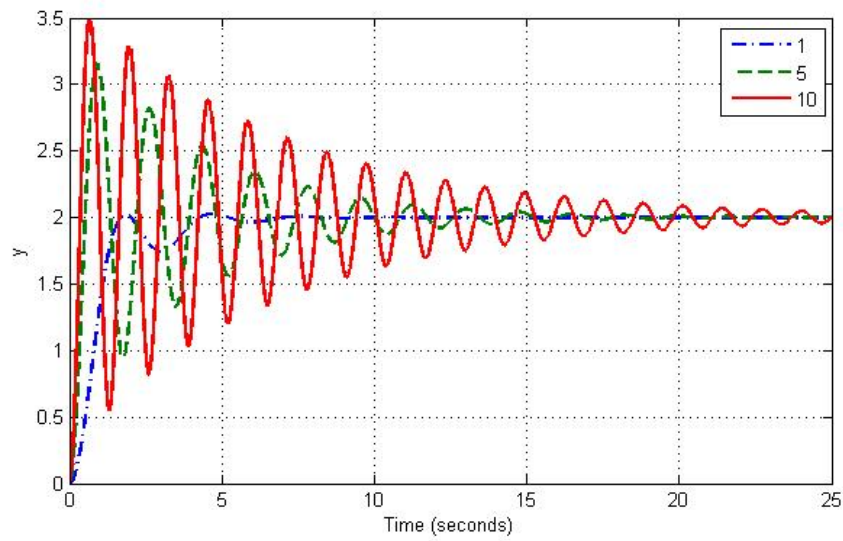


Рис. 7: Переходная характеристика при $g(t)=2$

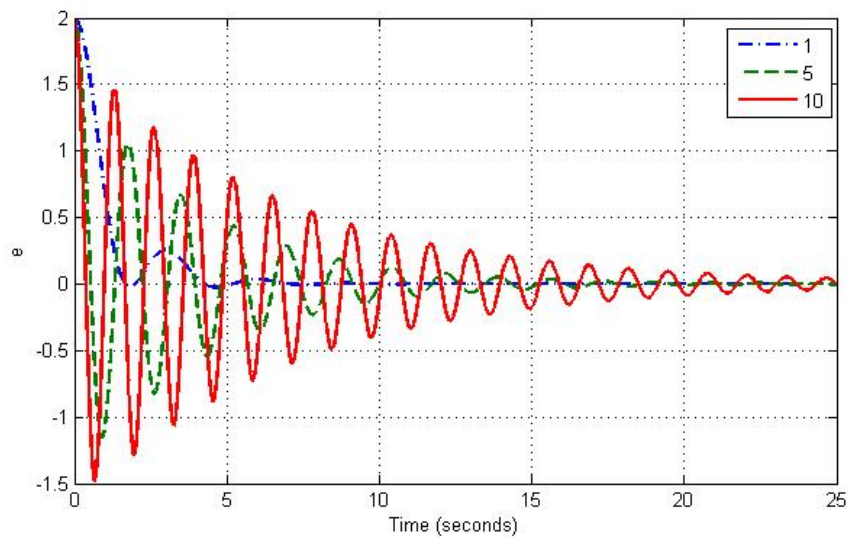


Рис. 8: Ошибка при $g(t)=2$

Аналитическое подтверждение полученных результатов:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{1+W(s)} \right) \left(\frac{A}{s} \right) = \lim_{s \rightarrow 0} A \left(\frac{s}{s+k} \right) = 0$$

Вывод. СУ с астатизмом первого порядка (и выше) отрабатывает постоянное задающее воздействие с нулевой установившейся ошибкой.

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

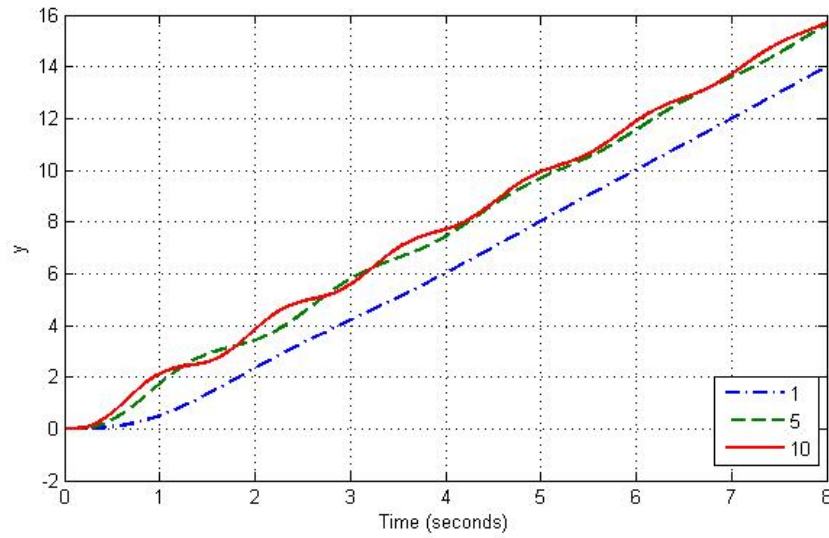


Рис. 9: Переходная характеристика при $g(t)=2t$

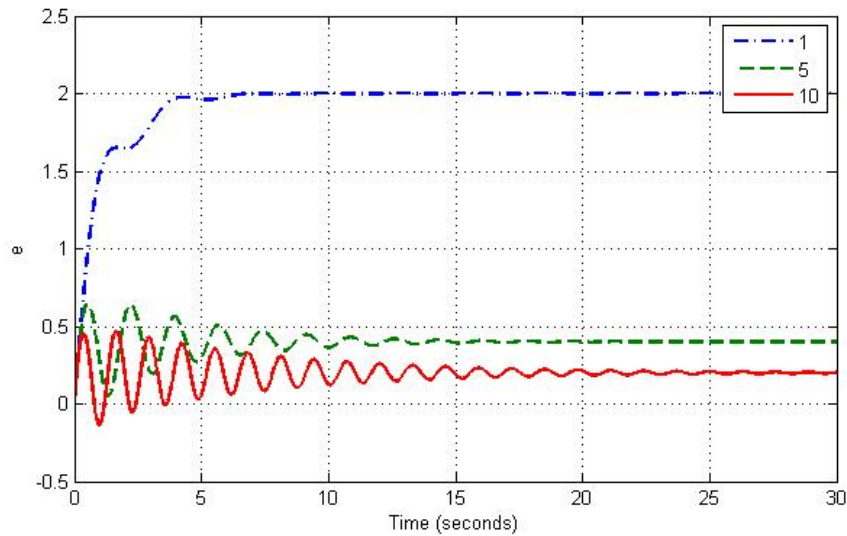


Рис. 10: Ошибка при $g(t)=2t$

Аналитическое подтверждение полученных результатов:

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{1+W(s)} \right) \left(\frac{V}{s^2} \right) = \lim_{s \rightarrow 0} \left(\frac{V}{s} \right) \left(\frac{s}{s+k} \right) = 2/5 = 0.4$$

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{1+W(s)} \right) \left(\frac{V}{s^2} \right) = \lim_{s \rightarrow 0} \left(\frac{V}{s} \right) \left(\frac{s}{s+k} \right) = 2/10 = 0.2$$

Вывод. СУ с астатизмом первого порядка (и выше) отрабатывает линейное воздействие с постоянной установившейся ошибкой.

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

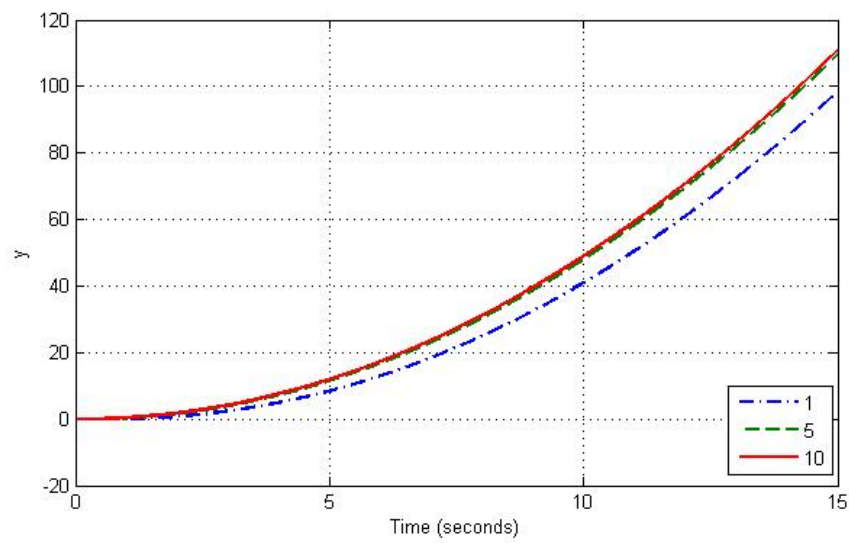


Рис. 11: Переходная характеристика при $g(t)=0.5t^2$

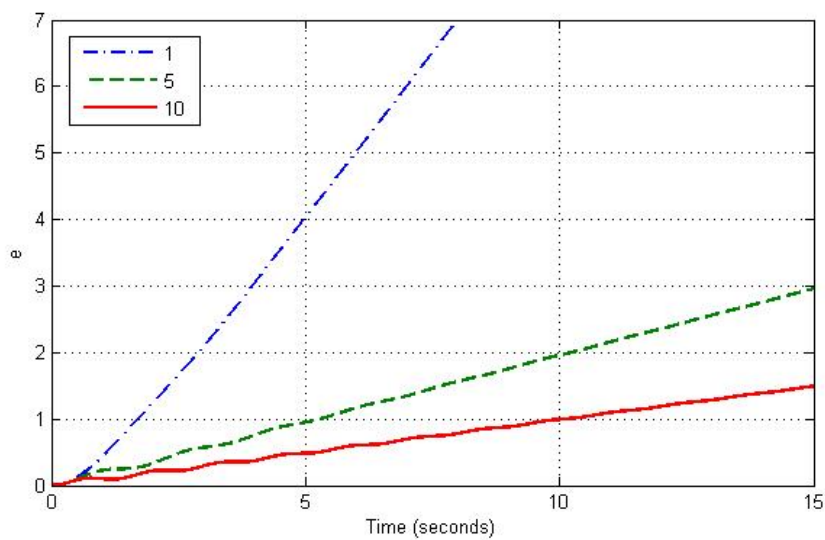


Рис. 12: Ошибка при $g(t)=0.5t^2$

Вывод: СУ с астатизмом первого порядка обрабатывает квадратичное воздействие с бесконечной ошибкой.

3 Исследование влияния внешних возмущений

Начальные данные:

$f_1=2$, $f_2=0.5$

3.1 Исследование системы при $f_1=0$, $f_2=0.5$

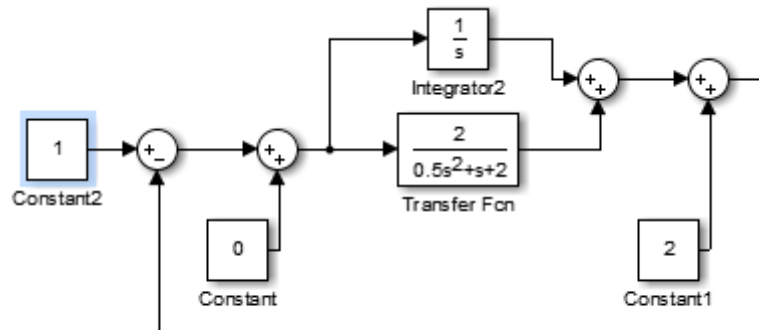


Рис. 13: Схема моделирования возмущенной системы

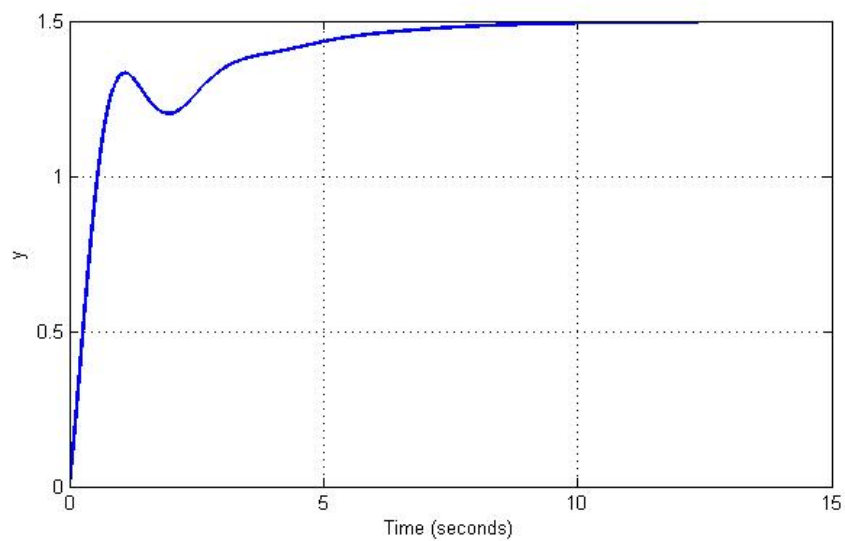


Рис. 14: Переходной процесс при $f_1=0$, $f_2=0.5$

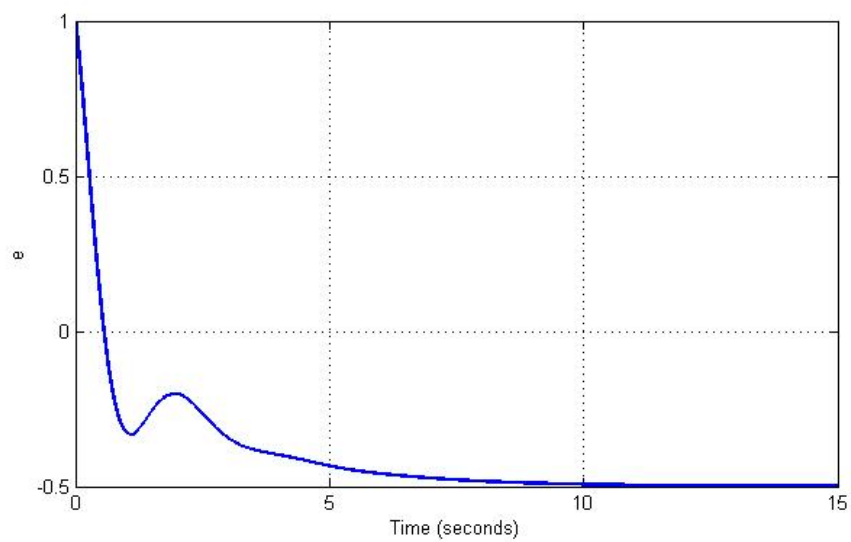


Рис. 15: Ошибка при $f_1=0$, $f_2=0.5$

3.2 Исследование системы при $f_1=0$, $f_2=0.5$

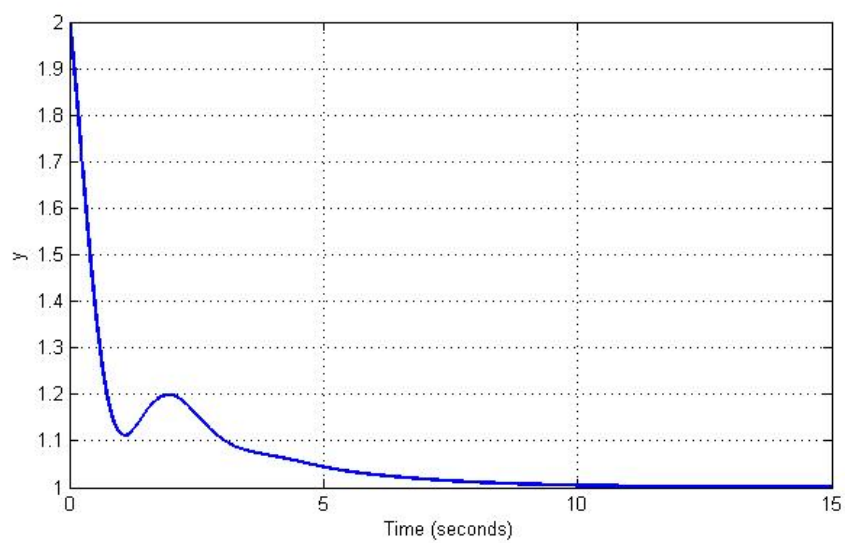


Рис. 16: Переходной процесс при $f_1=2$, $f_2=0$

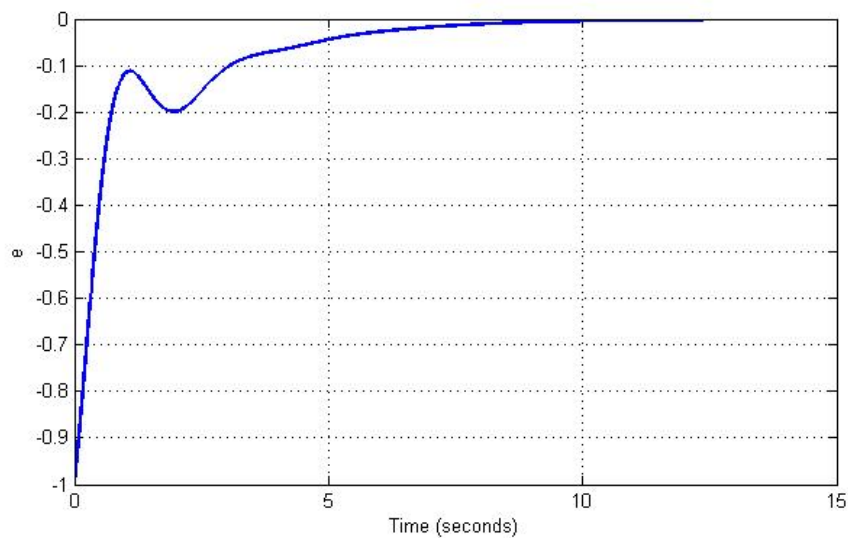


Рис. 17: Ошибка при $f_1=2$, $f_2=0$

Предельное значение установившейся ошибки $\varepsilon = -0.5$

Это значение подтверждается аналитическим расчетом:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \left(-s \left(\frac{sW(s)}{s+W(s)} \right) \left(\frac{F_1}{s} \right) + s \left(\frac{sW(s)}{s+W(s)} \right) \left(\frac{F_2}{s} \right) \right) = -0.5$$

4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

Начальные данные:

$$H(s)=1$$

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

$$g(t)=2 + 0.1t^2$$

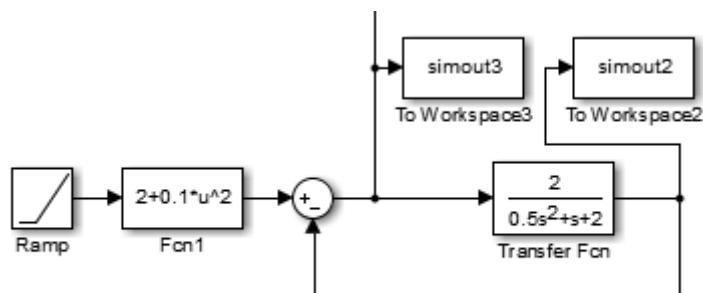


Рис. 18: Схема моделирования

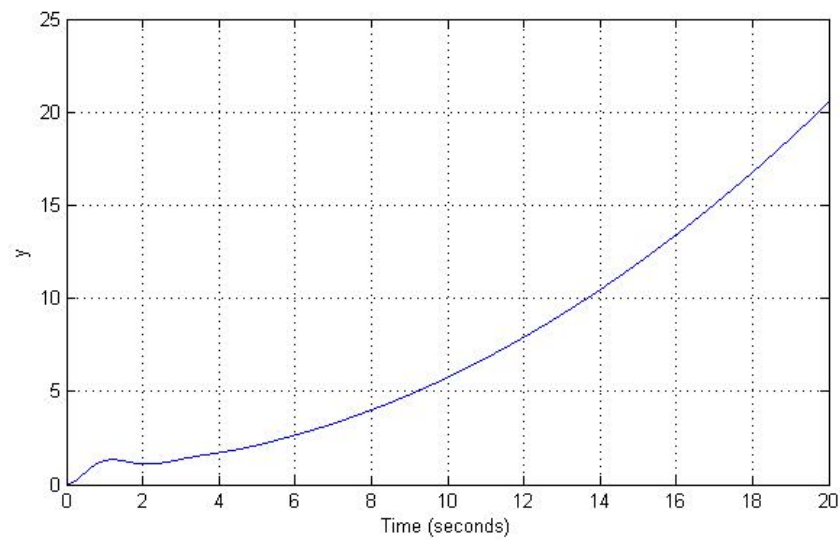


Рис. 19: Преходной процесс при $g(t)=2 + 0.1t^2$

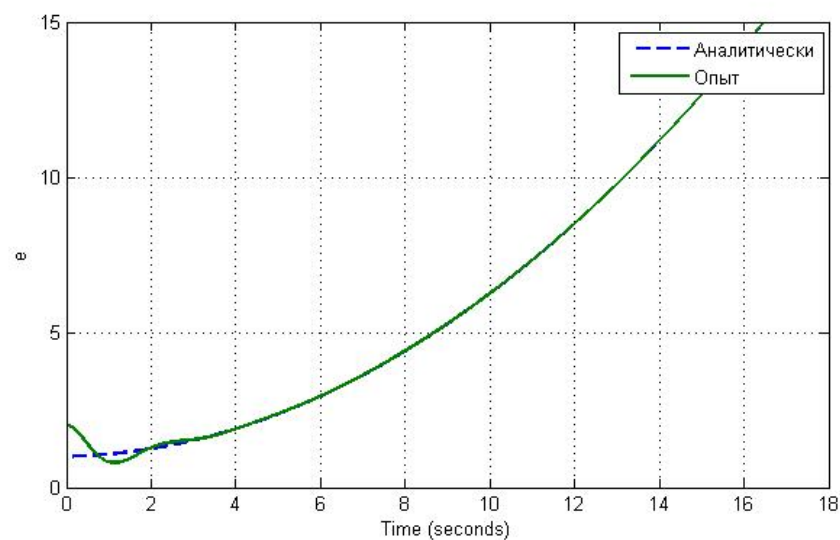


Рис. 20: Ошибка и рассчитанная ошибка при $g(t)=2 + 0.1t^2$

4.1 Расчет установившейся ошибки слежения при произвольном входном воздействии

Ошибка рассчитывается по формуле: $e(t) = c_0 g(t) + c_1 \frac{d}{dt} g(t) + \frac{c_2 d^2}{2! dt^2} g(t)$

Где

$$c_0 = \Phi(s)|_{s=0}$$

$$c_1 = \frac{d\Phi(s)}{ds} \Big|_{s=0}$$

$$c_2 = \frac{d^2\Phi(s)}{ds^2} \Big|_{s=0}$$

$$\Phi = \frac{1}{1+W(s)}$$

$$c_0=0.5$$

$$c_1=0.125$$

$$c_2=0.0625$$

$$\text{В итоге: } e(t) = 1 + 0.05t^2 + 0.025t$$

5 Выводы

В данной работе были исследованы системы с астатизмом нулевого и первого порядка. Была исследована система с произвольным входным воздействием, экспериментально полученная ошибка и ошибка рассчитанная аналитически совпали.