

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

Отчет

по лабораторной работе №7 «Анализ точности систем управления»
по дисциплине «Теория автоматического управления»

Авторы: Есаулов Лев

Титова Екатерина

Факультет: СУиР

Группа: R33812

Преподаватель: Чепинский С.А

Вариант: 10



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург, 2023

Цель работы. Исследование точностных свойств систем управления.

Порядок выполнения работы.

1. Исследуем систему с астатизмом нулевого порядка

Исходные данные:

Передаточная функция: $W(s) = \frac{2}{3s+1}$

Параметры постоянного сигнала воздействия: $g(t) = 1$;

Параметры сигнала линейно – возрастающего воздействия: $g(t) = t$

Общий коэффициент усиления разомкнутой системы: $k = 1$; $k = 5$; $k = 10$

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

$$g(t) = 1$$

Моделируем замкнутую систему и получаем переходные процессы для трех различных значений коэффициента k и определяем предельное значение установившейся ошибки ε :

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1+W(s)} \frac{A}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1+\frac{2k}{3s+1}} \frac{1}{s} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1+\frac{2k}{3s+1}} = \frac{1}{2k+1}$$

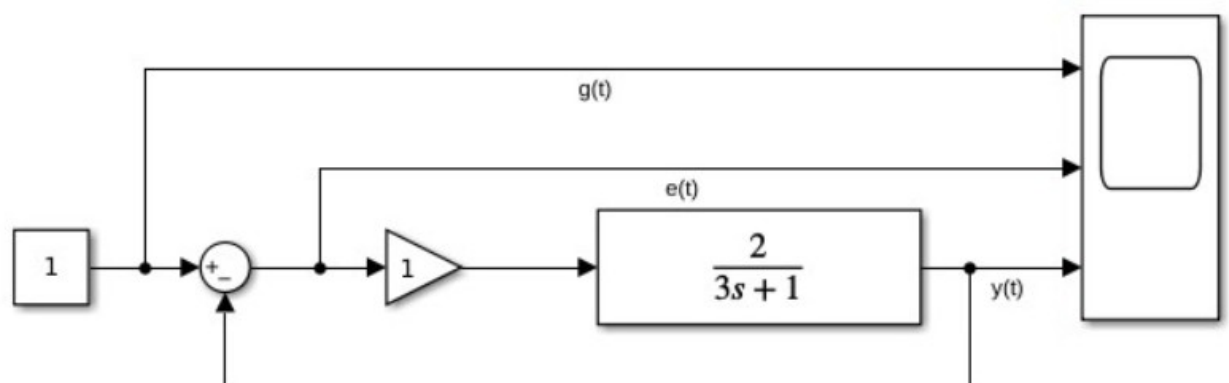


Рис 1.1. Схема моделирования системы с астатизмом нулевого порядка в стационарном режиме работы

При $k = 1$: $\varepsilon = \frac{1}{2*1+1} = \frac{1}{3} = 0.333$

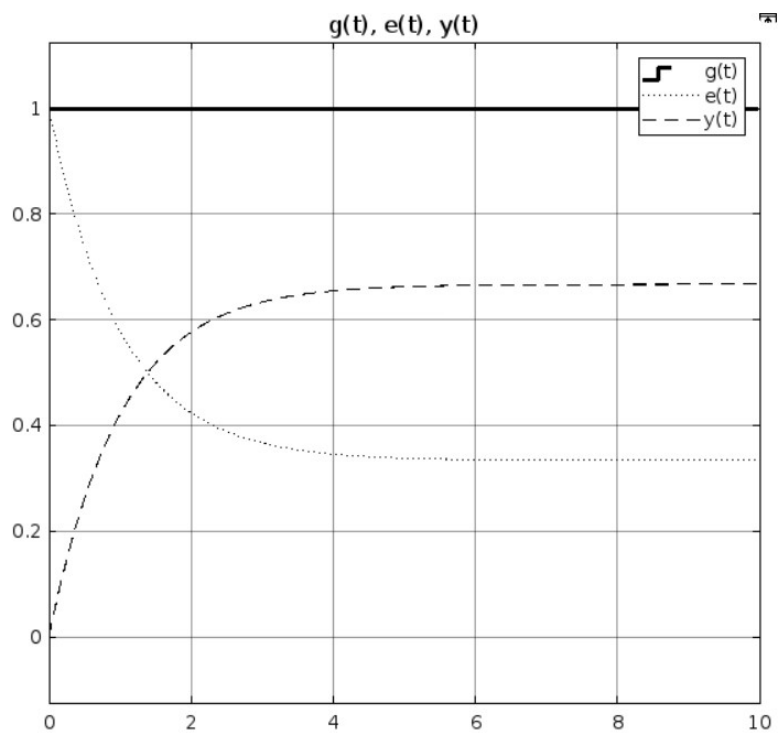


Рис 1.2 Результат моделирования при $k = 1$

При $k = 5$: $\varepsilon = \frac{1}{10+1} = \frac{1}{11} = 0,0909$

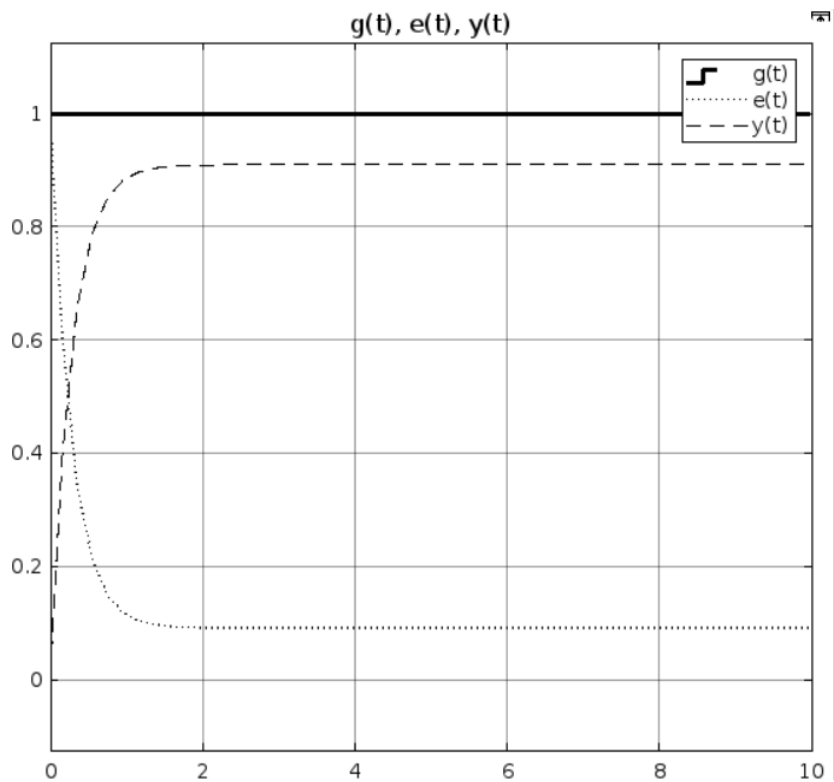


Рис 1.3 Результат моделирования при $k = 5$

При $k = 10$: $\varepsilon = \frac{1}{2 \cdot 10 + 1} = \frac{1}{21} = 0,0476$

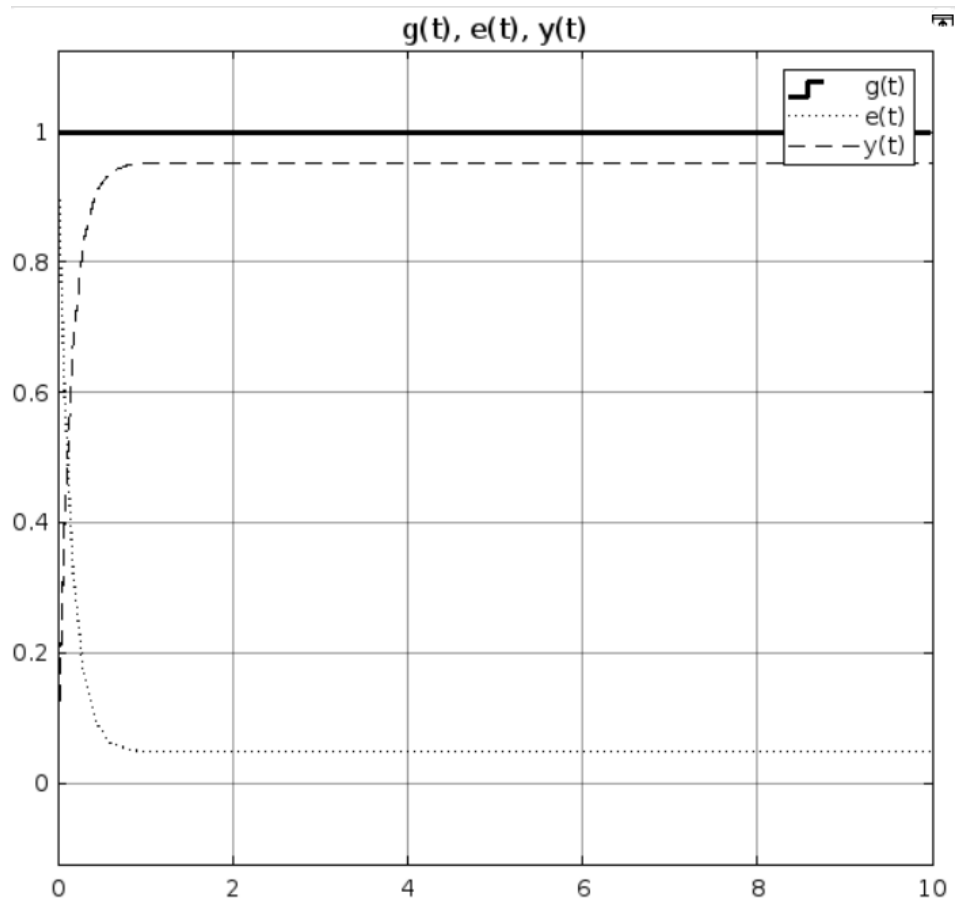


Рис 1.4 Результат моделирования при $k = 10$

1.2. Исследование режима движения с постоянной скоростью: $g(t) = Vt$.
 $g(t) = 0,5t$

Моделируем замкнутую систему и получаем переходные процессы для трех различных значений коэффициента k :

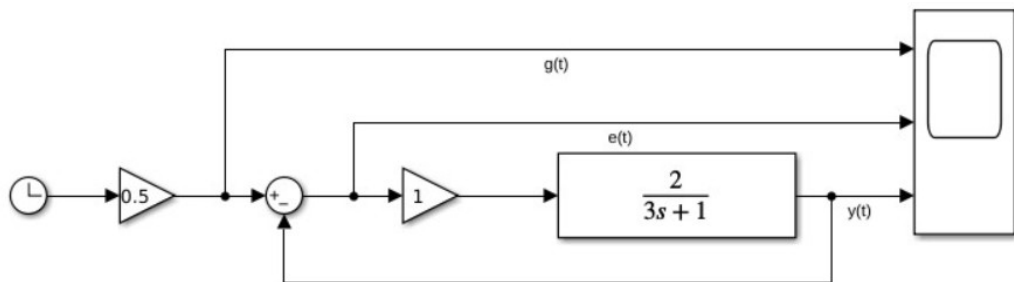


Рис 1.5. Схема моделирования системы с астатизмом нулевого порядка с режимом движения с постоянной скоростью

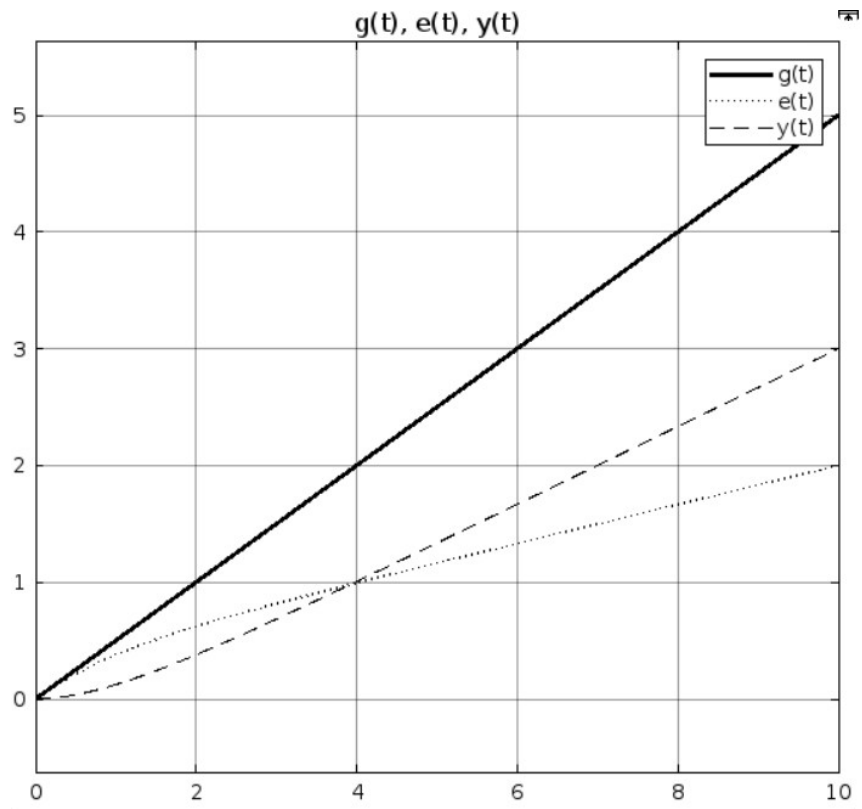


Рис 1.6. Результат моделирования при $k = 1$

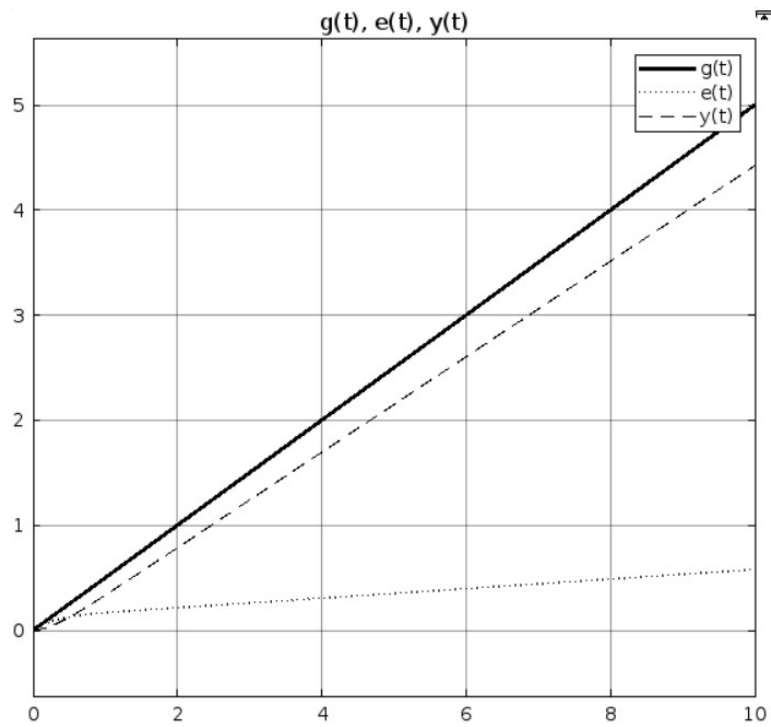


Рис 1.7. Результат моделирования при $k = 5$

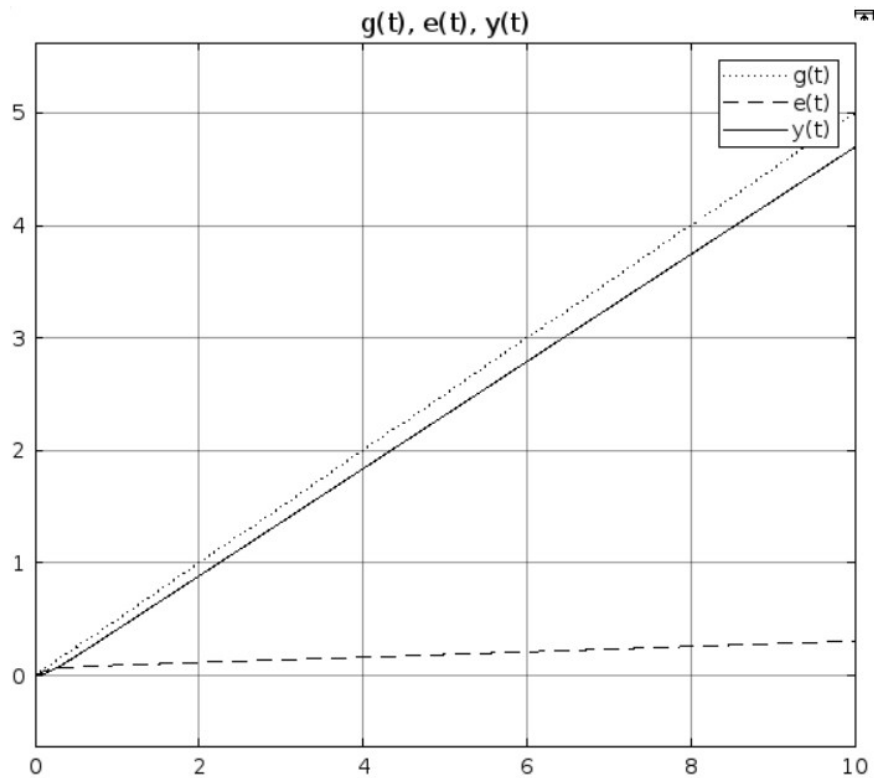


Рис 1.8. Результат моделирования при $k = 10$

2. Исследование системы с астатизмом первого порядка

Исходные данные:

$$\text{Передающая функция: } W(s) = \frac{s+2}{0,5s^2+2s+1}$$

Параметры постоянного сигнала воздействия: $g(t)=1$

Параметры сигнала линейно – возрастающего воздействия: $g(t)=0.5t$

Характеристики квадратично нарастающего задающего воздействия: $g(t)=0,25t^2$

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

$$g(t)=1$$

Получаем переходные процессы для различных значений коэффициента k и Определяем предельное значение установившейся ошибки ε :

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

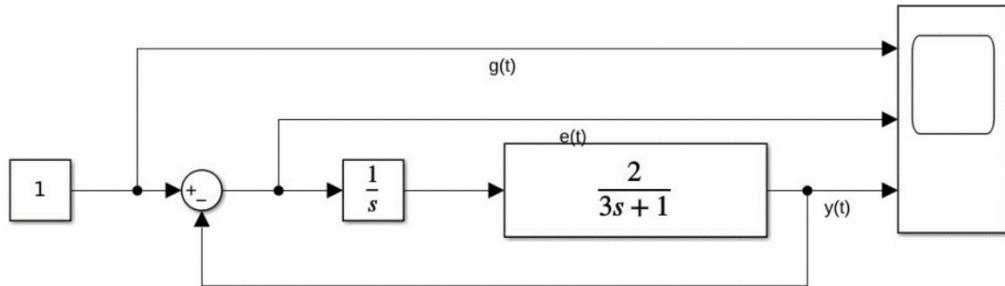


Рисунок 2.1 Схема моделирования системы с астатизмом первого порядка в стационарном режиме работы

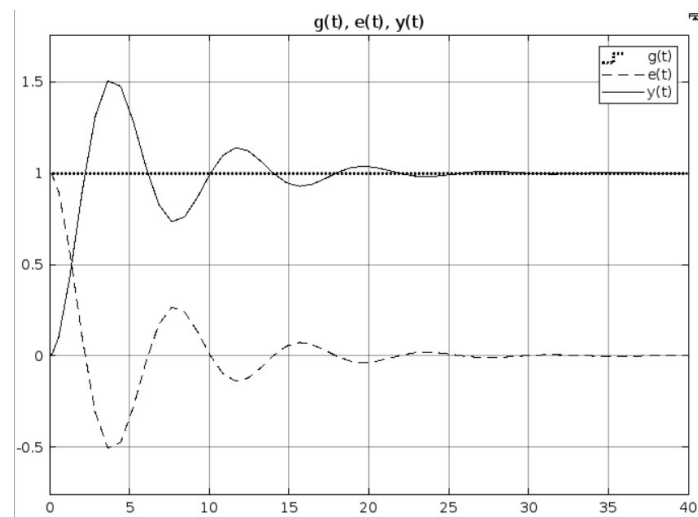


Рис 2.2. Результат моделирования при $k = 1$

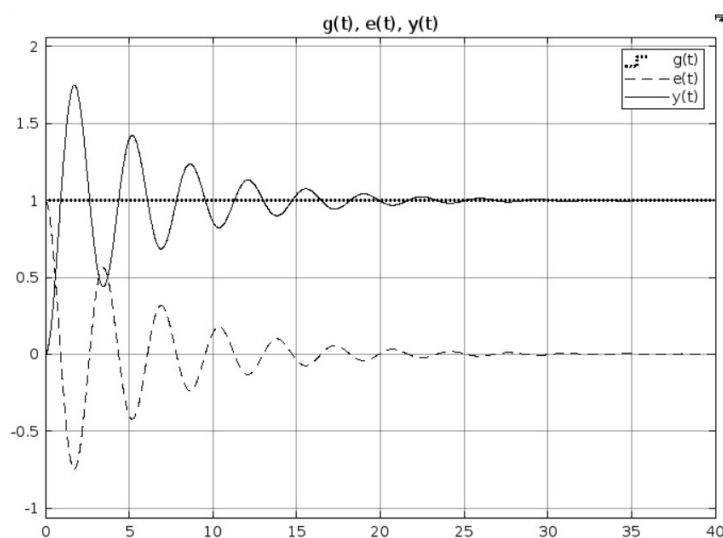


Рис 2.3. Результат моделирования при $k = 5$

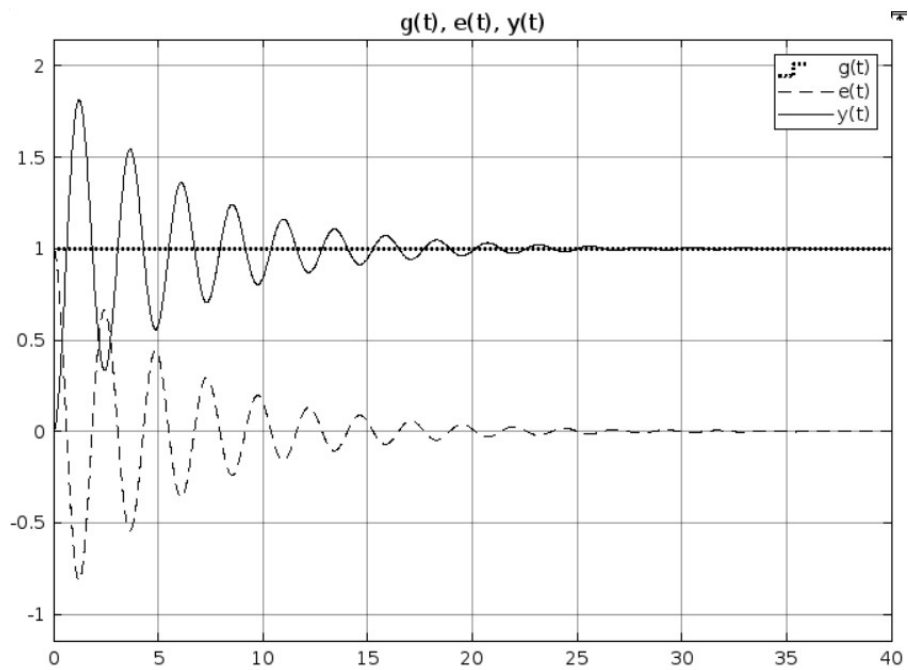


Рис 2.4. Результат моделирования при $k = 10$

2.2. Исследование режима движения с постоянной скоростью: $g(t) = 0,5t$.

Определяем предельное значение установившейся ошибки ε для различных значений коэффициента k :

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

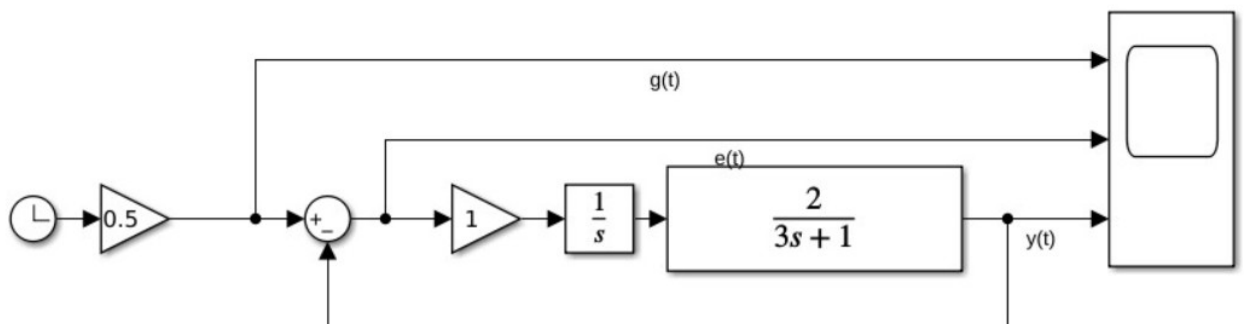


Рис 2.5. Схема моделирования системы с астатизмом первого порядка с режимом движения с постоянной скоростью

При $k = 1$: $\varepsilon = \frac{2}{1} = 2$

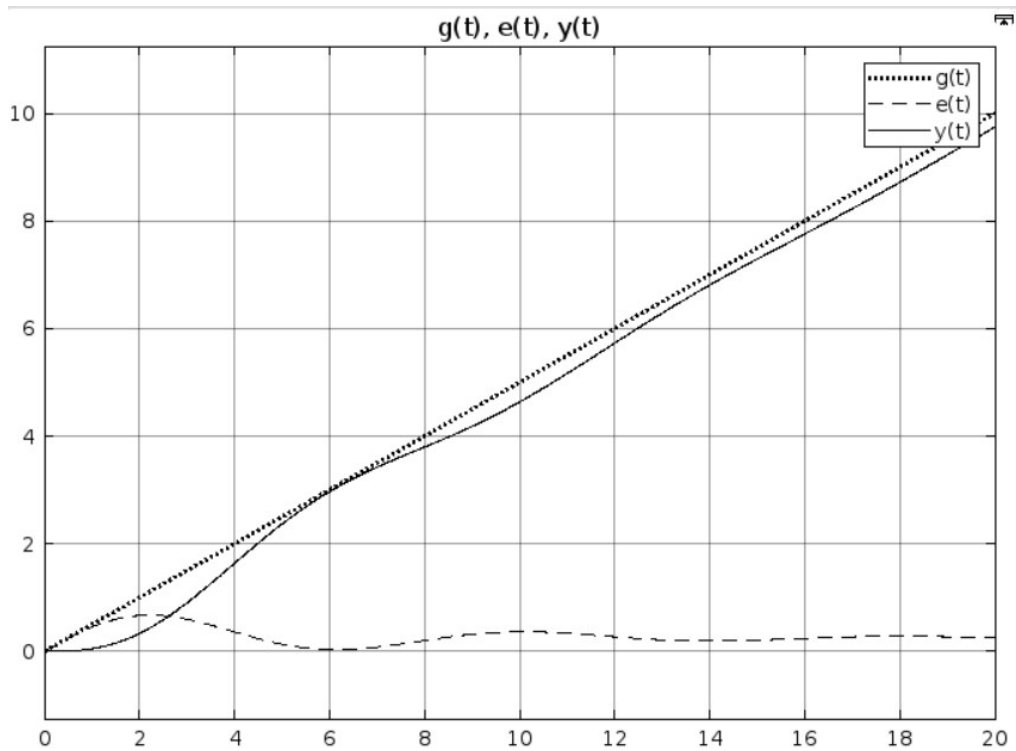


Рис 2.6. Результат моделирования при $k = 1$

При $k = 5$: $\varepsilon = \frac{2}{5} = 0,4$

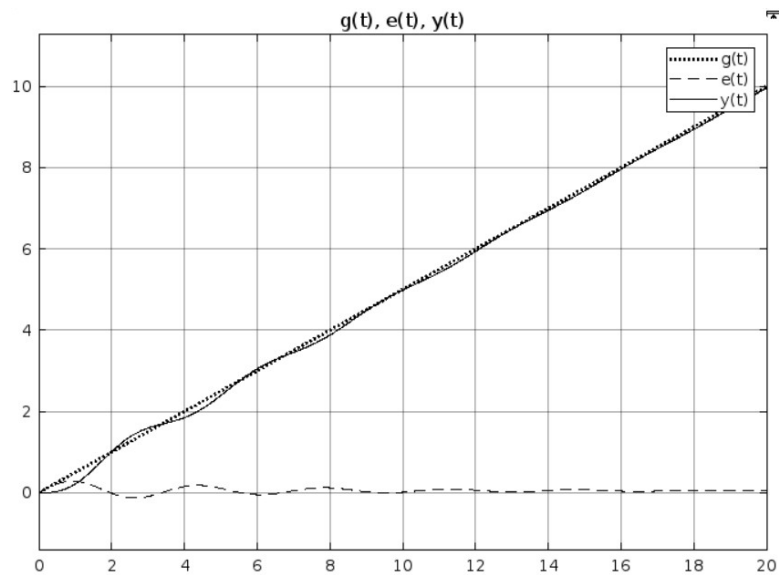


Рис 2.7. Результат моделирования при $k = 5$

При $k = 10$: $\varepsilon = \frac{2}{10} = 0,2$

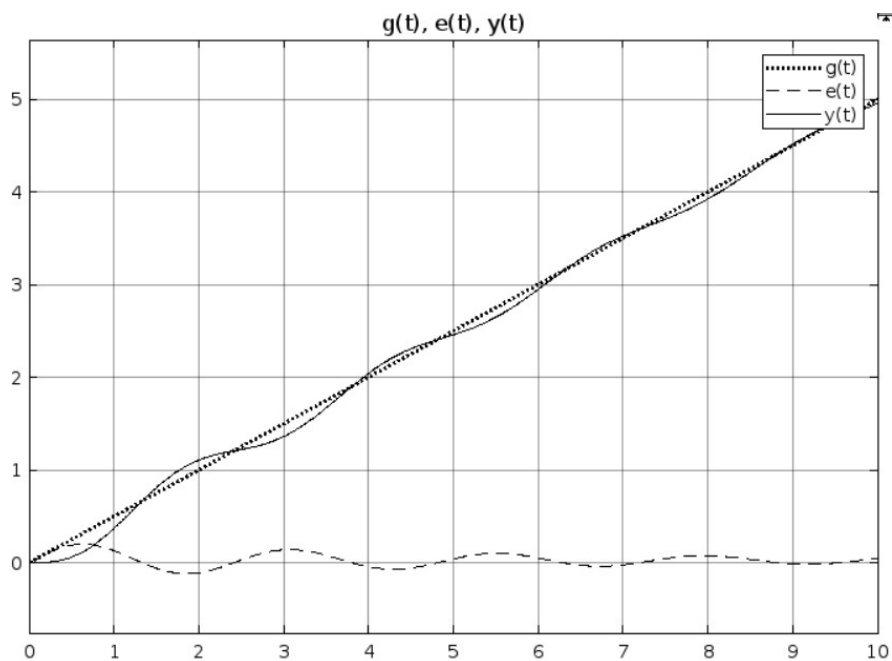


Рис 2.8. Результат моделирования при $k = 10$

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

$$g(t) = 0,2t^2$$

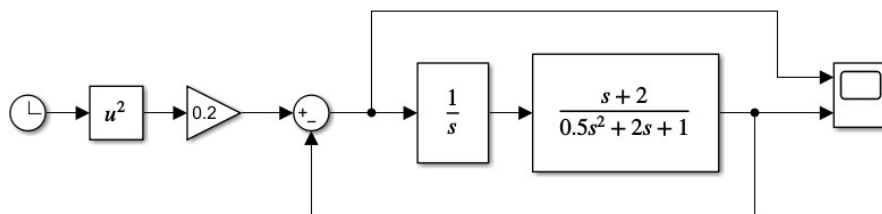


Рис 2.9. Схема моделирования системы с астатизмом первого порядка с режимом движения с постоянным ускорением

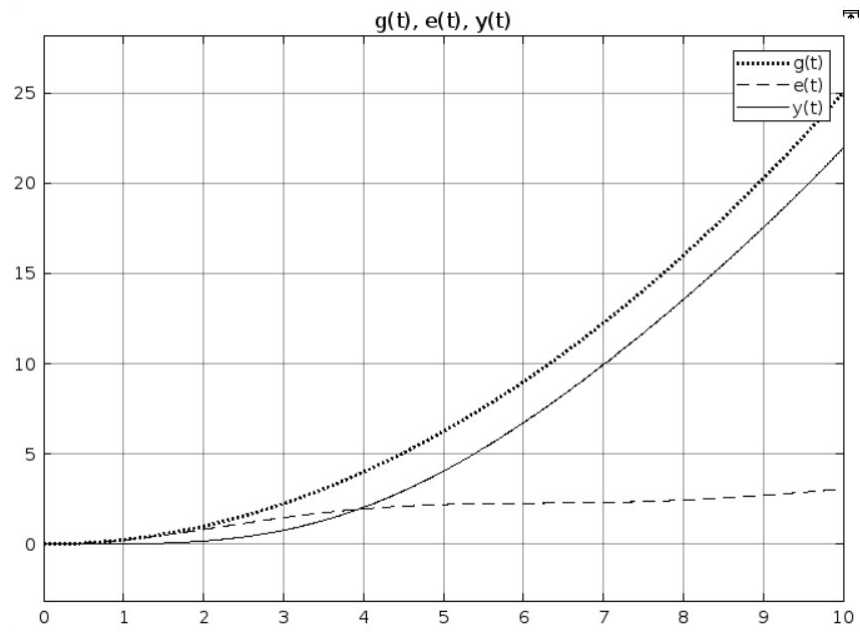


Рис 2.10. Результат моделирования при $k = 1$

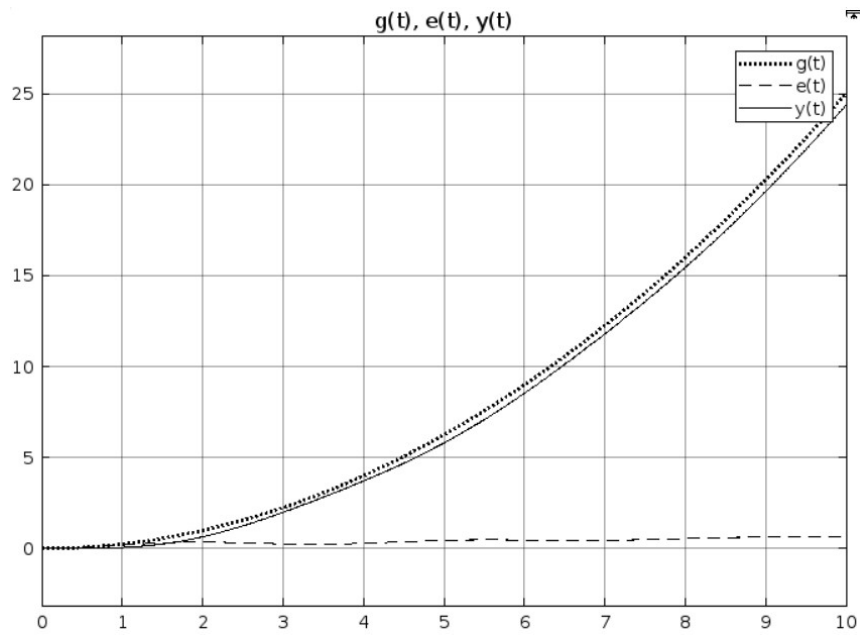


Рис 2.11. Результат моделирования при $k = 5$

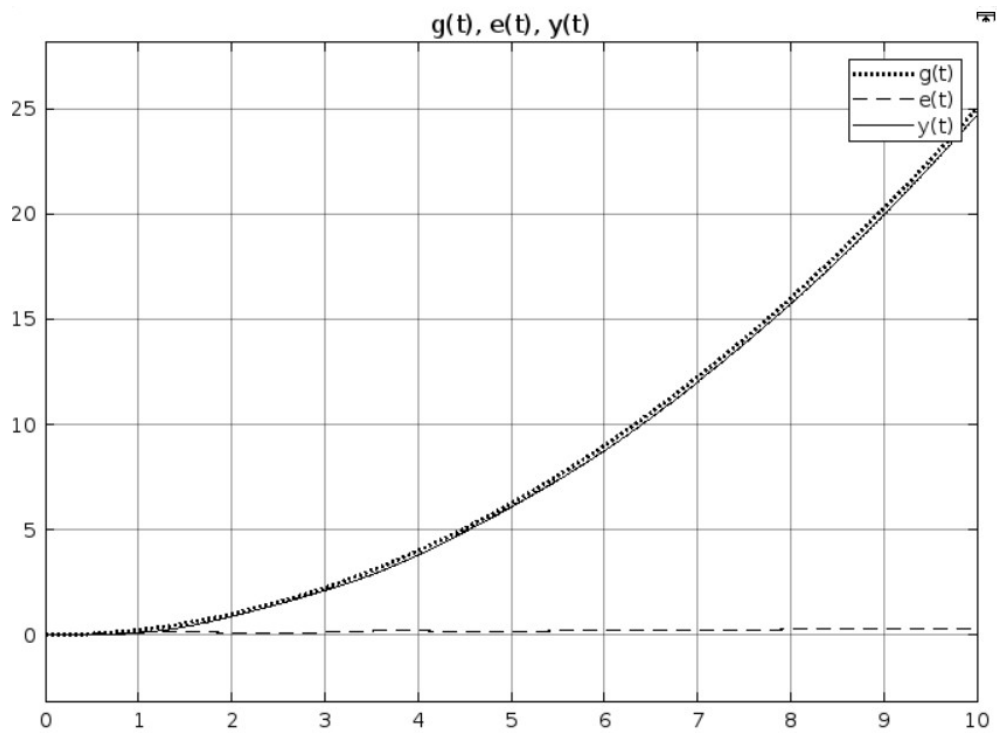


Рис 2.12. Результат моделирования при $k = 10$

3. Исследование влияния внешних возмущений.

Исходные данные:

Передаточная функция: $W(s) = \frac{2}{3s+1}$

Возмущение по выходу: $f_1 = 1$;

Возмущение по управлению $f_2 = -0,5$

3.1. В соответствии с вариантом задания собираем схему моделирования

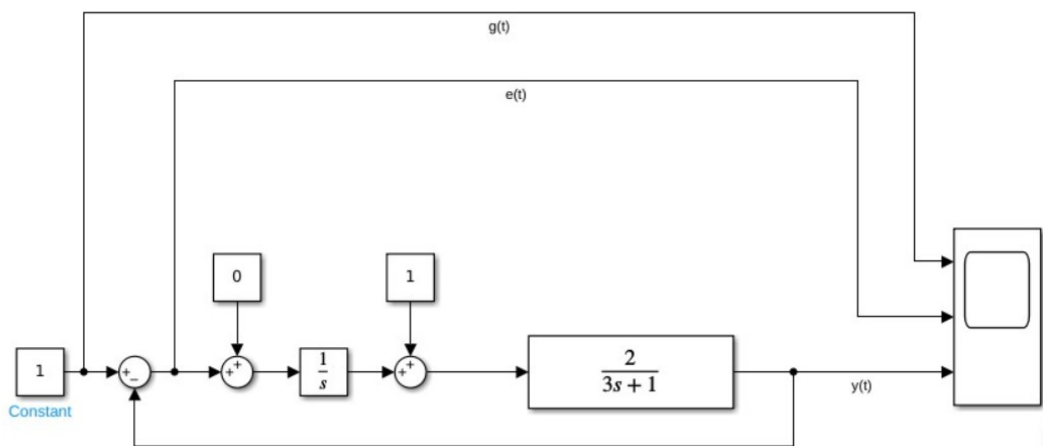


Рис 3.1. Схема моделирования возмущенной системы

3.2. Определим предельное значение установившейся ошибки при

$$f_1(t) = 1;$$

$$f_2(t) = 0;$$

$$g(t) = 1;$$

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{s}{s+W} \frac{1}{s} - s \frac{sW}{s+W} \frac{0,5}{s} - s \frac{W}{s+W} \frac{0}{s} = 0$$

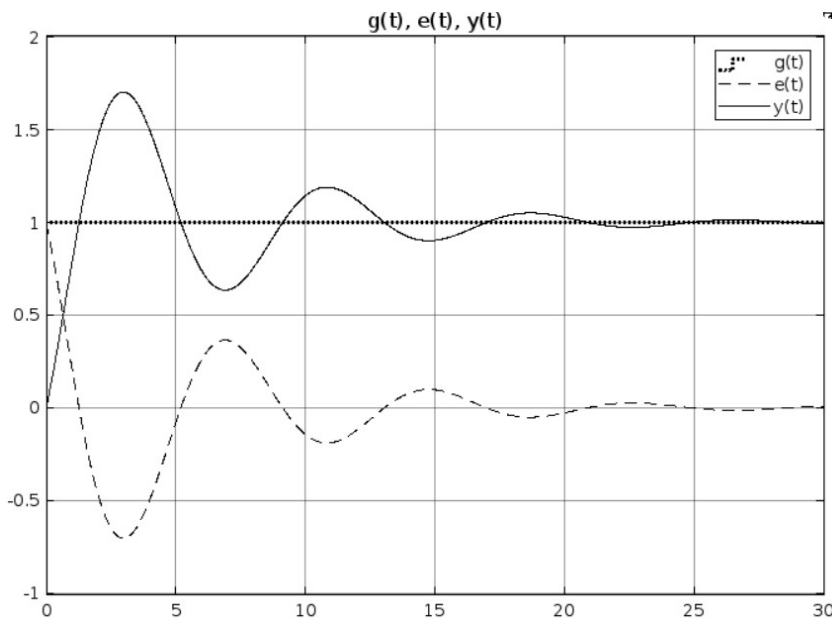


Рис 3.2. Результаты моделирования

3.3. Определим предельное значение установившейся ошибки при

$$f_1(t) = 0;$$

$$f_2(t) = 0.5;$$

$$g(t) = 1;$$

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{s}{s+W} \frac{1}{s} - s \frac{sW}{s+W} \frac{0}{s} - s \frac{W}{s+W} \frac{0,5}{s} = 0,5$$

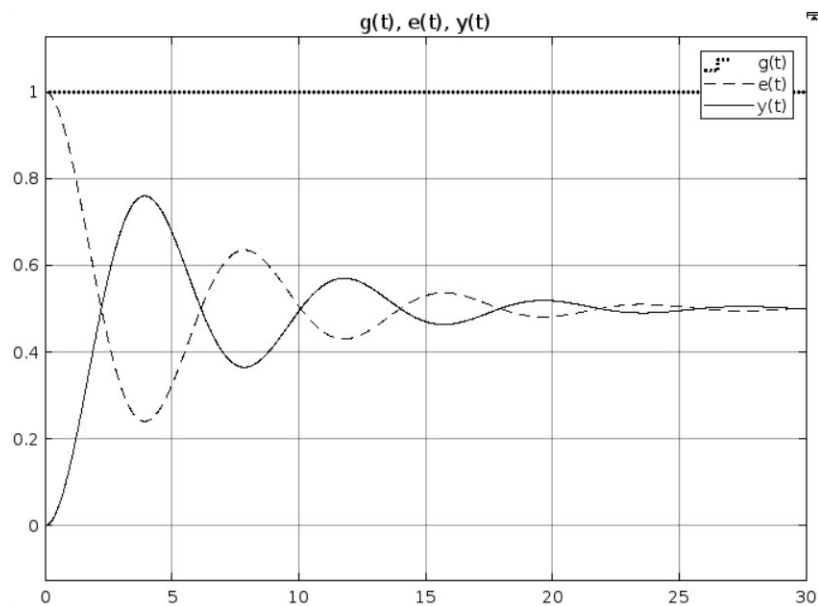


Рис 3.3. Результаты моделирования

4. Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии.

Задающее воздействие: $g(t) = 2 + 3 \sin(0,5t)$

Передаточная функция: $W(s) = \frac{2}{3s+1}$

Моделируем замкнутую систему с регулятором $H(s) = 1$:

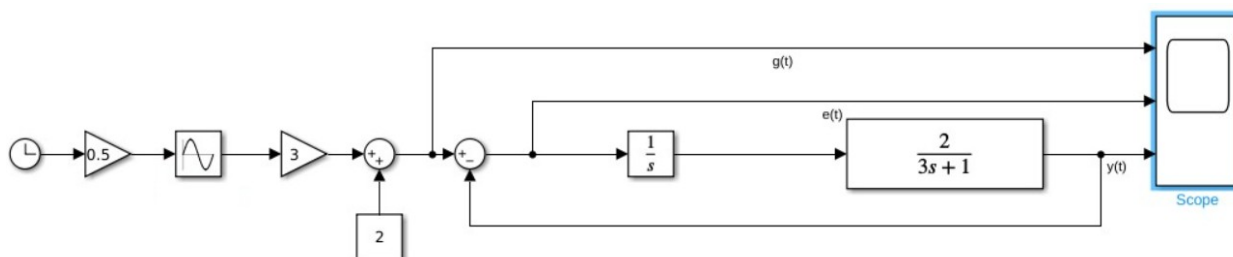


Рис 4.1. Схема моделирования системы

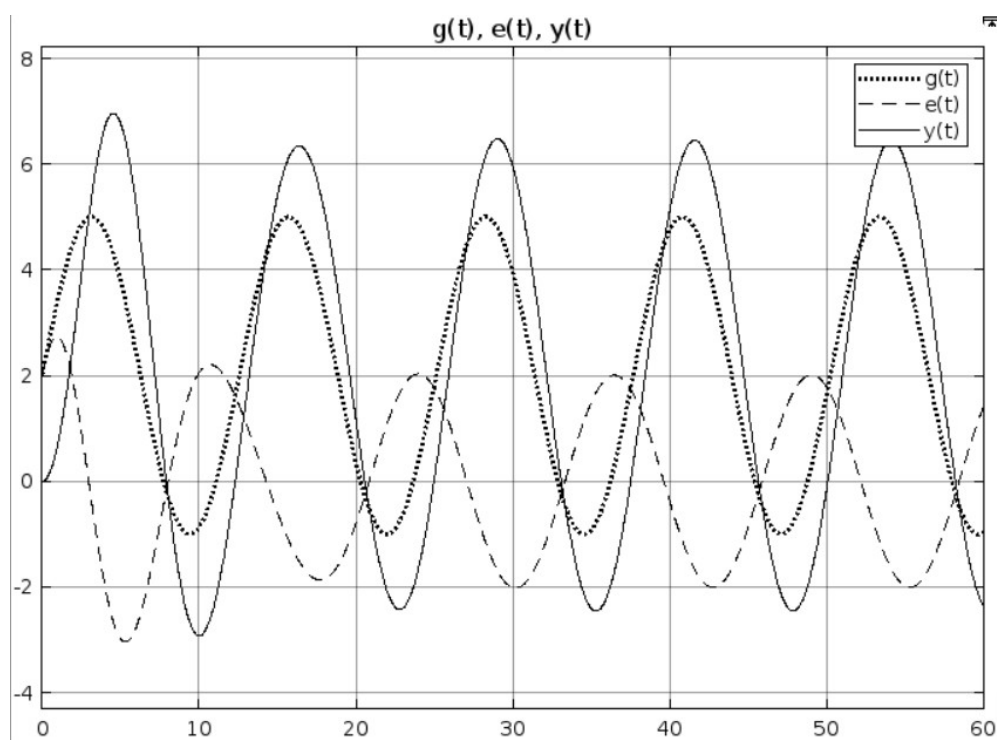


Рис 4.2 Результаты моделирования

Получаем приближенное аналитическое выражение для $e_y(t)$, сохранив в ряде Тейлора три первых члена:

$$\Phi_e(s) = \frac{1}{1+W(s)} = \frac{s^2+4s+2}{s^2+4s+6}$$

$$c_i = \left[\frac{d^i}{d s^i} \Phi_e(s) \right]_{s=0}$$

$$c_0 = \Phi_e(0) = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$c_1 = \frac{d}{ds} \Phi_e(s) = \frac{8s+16}{(s^2+4s+6)^2} = \frac{16}{36} = 0,44$$

$$c_2 = \frac{d^2}{d s^2} \Phi_e(s) = \frac{-24s^2-96s-80}{(s^2+4s+6)^3} = \frac{-80}{216} = -0,370$$

$$e_y(t) = c_0 g(t) + c_1 \frac{d}{dt} g(t) + \frac{c_2}{2!} \frac{d^2}{dt^2} g(t) = 0,33(2+0,5t) + 0,44*0,5 + \frac{-0,37}{2!} * 0 = 0,165t + 0,88$$

Вывод: По графикам моделирования системы с астатизмом нулевого порядка мы можем увидеть, что значение установившейся ошибки уменьшается с увеличением коэффициента к регулятора в стационарном режиме работы. В режиме движения с постоянной скоростью график ошибки при более высоких значениях коэффициента к регулятора лежит ближе к нулевой оси. По графикам моделирования системы с астатизмом первого порядка мы видим, что значение установившейся ошибки равно 0 при любых значениях коэффициента к регулятора в стационарном режиме работы. В режиме движения с постоянной скоростью значение установившейся ошибки всегда равно V/k. В режиме движения с постоянным ускорением график ошибки при более высоких значениях коэффициента к регулятора лежит ближе к нулевой оси. По графикам моделирования возмущённой системы видно, что при отсутствии возмущения f_2 значение установившейся ошибки равно 0. При отсутствии возмущения f_1 значение установившейся ошибки равно 0,5. В общем итоге по графикам моделирования различных систем видно, что управлять точностными свойствами системы можно при помощи регуляторов. Для обеспечения требуемой установившейся ошибки можно повышать коэффициент усиления, а также изменять астатизм системы.