



## Цель работы

Исследование точностных свойств систем управления.

### 1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

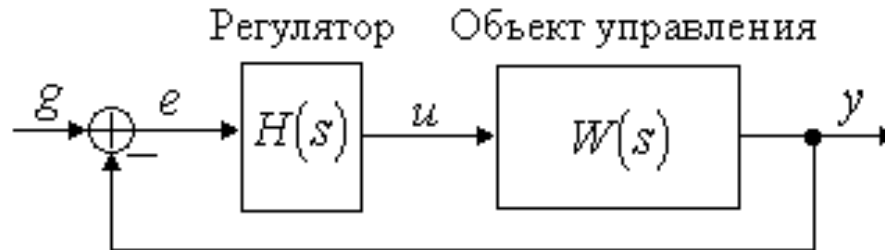


Рис. 1: Структурная схема моделируемой системы

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

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

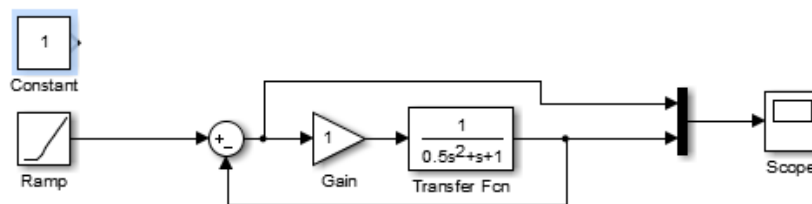


Рис. 2: Схема моделирования

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

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

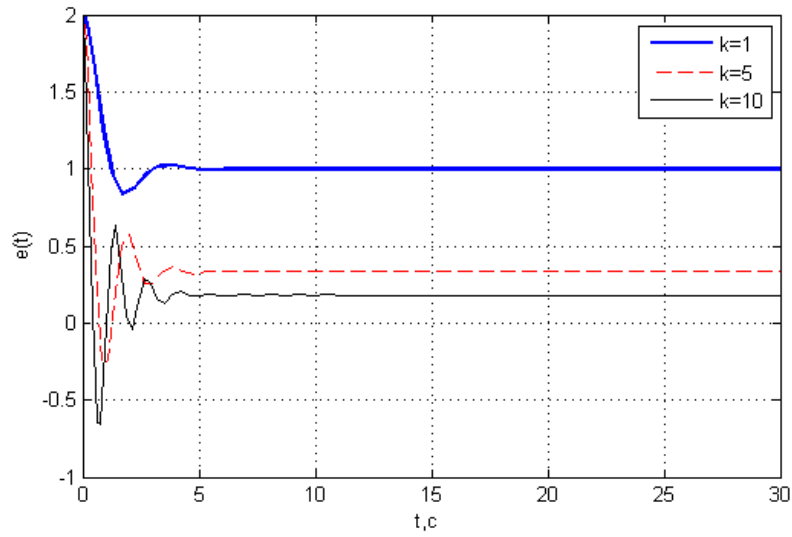


Рис. 3: Графика ошибки  $e(t)$

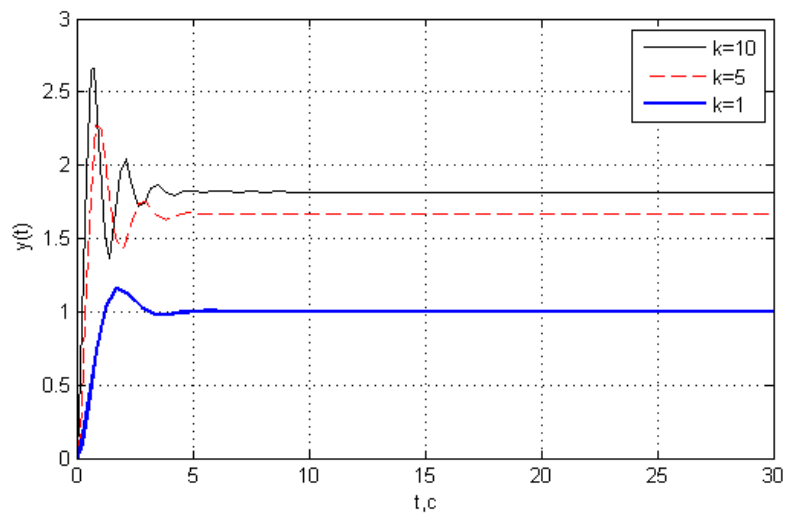


Рис. 4: Графика переходных процессов

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

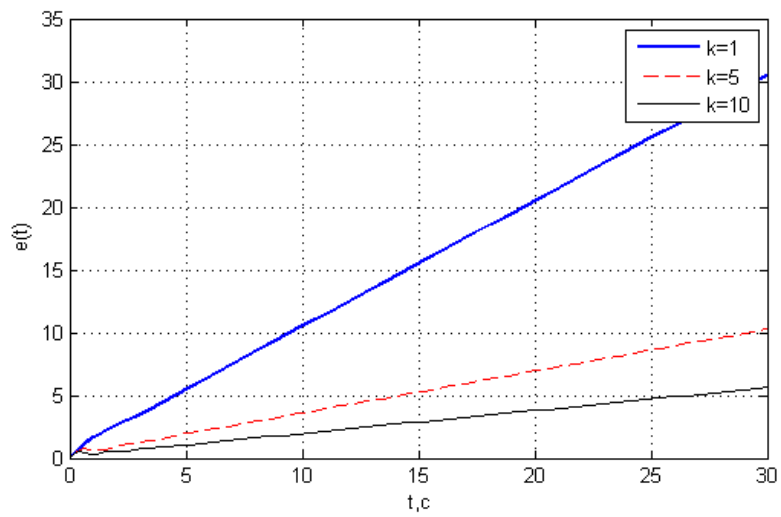


Рис. 5: Графика ошибки  $e(t)$

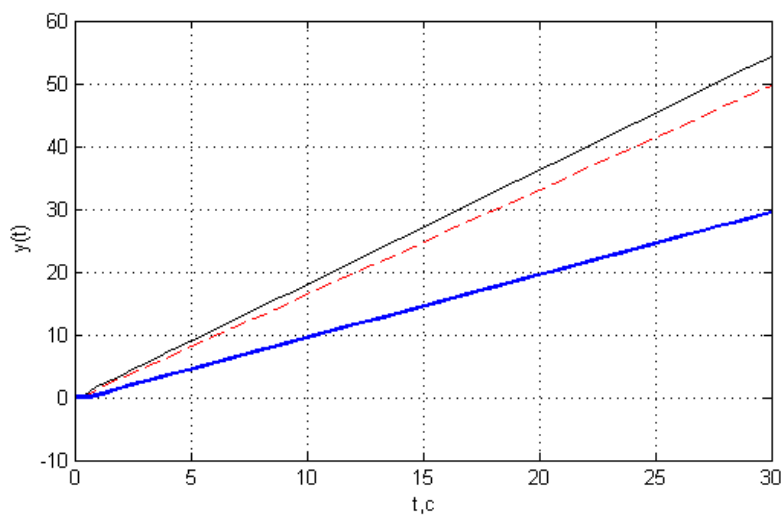


Рис. 6: Графика переходных процессов

## 2 Исследование системы с астатизмом первого порядка.

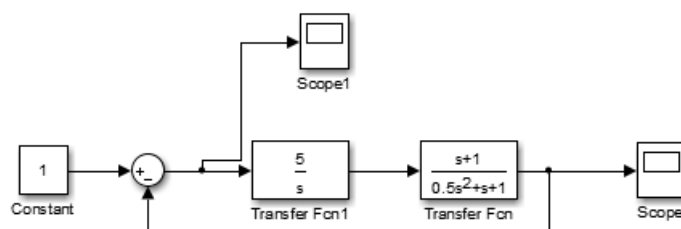


Рис. 7: Схема моделирования

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

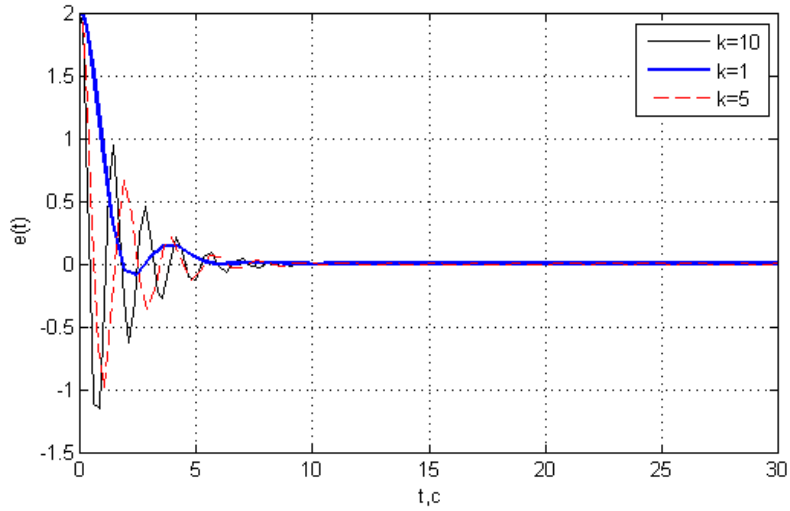


Рис. 8: Графика ошибки  $e(t)$

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

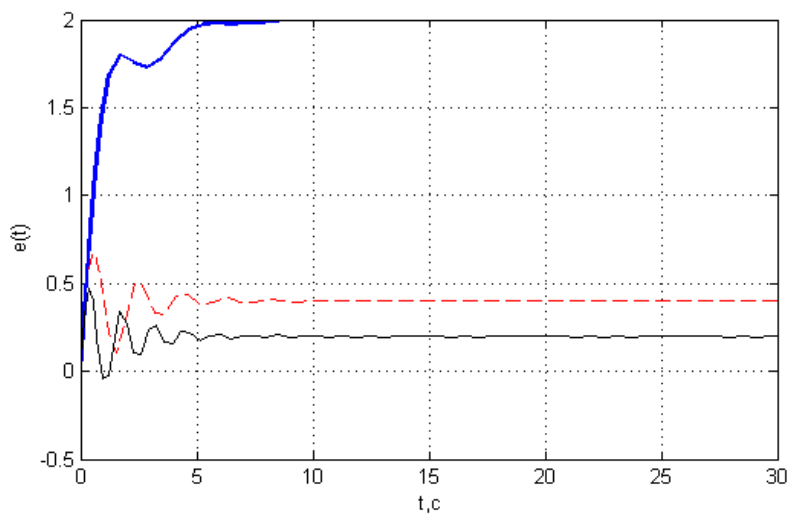


Рис. 9: Графика ошибки  $e(t)$

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

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

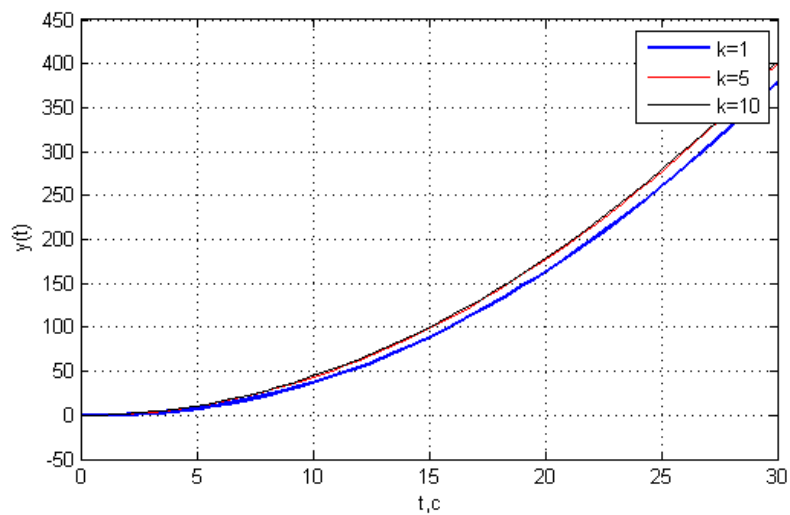


Рис. 10: Графика переходных процессов

## 3 Исследование влияния внешних возмущений

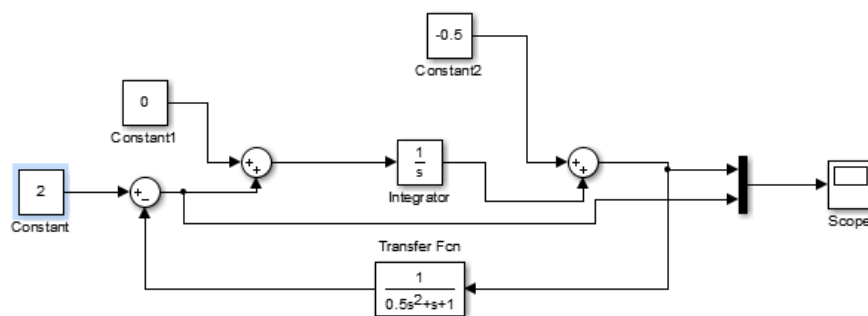


Рис. 11: Схема моделирования

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки:

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

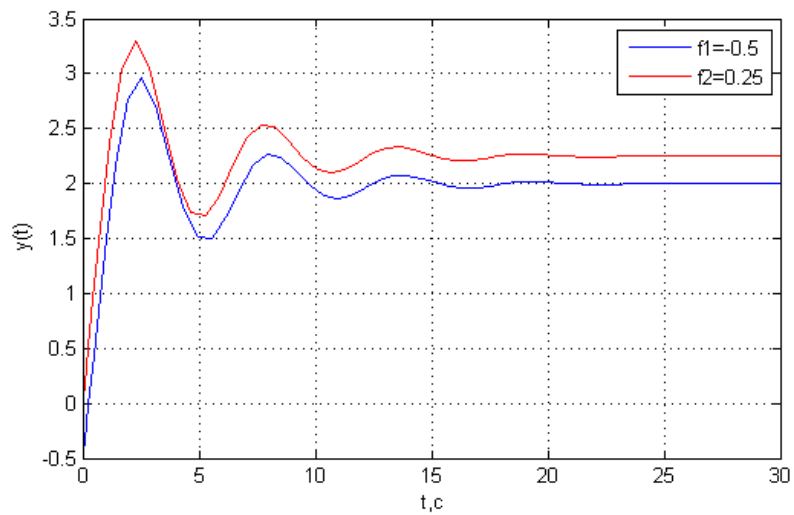


Рис. 12: Графика переходных процессов

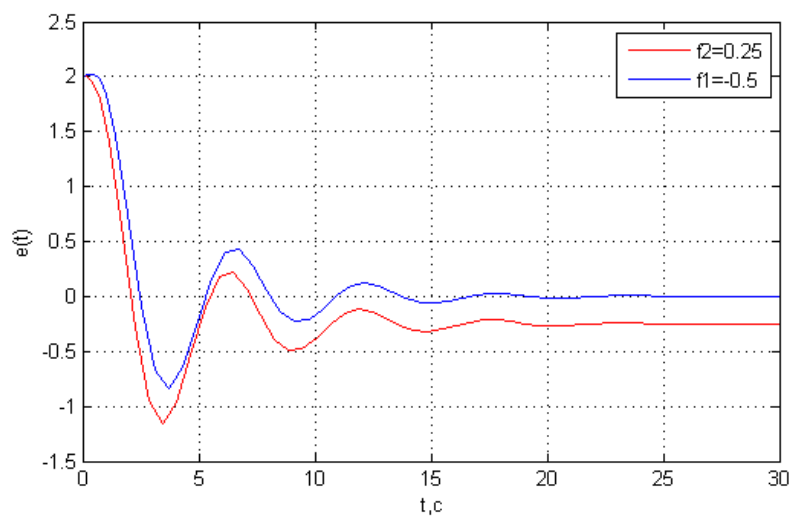


Рис. 13: Графика ошибки  $e(t)$

#### 4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

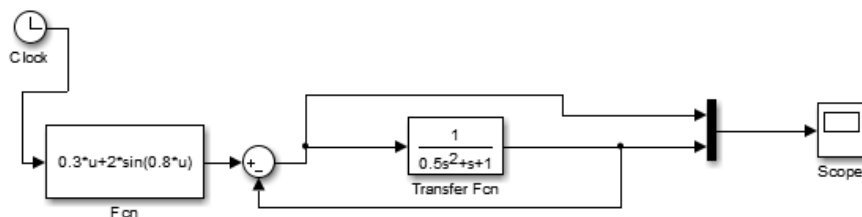


Рис. 14: Схема моделирования

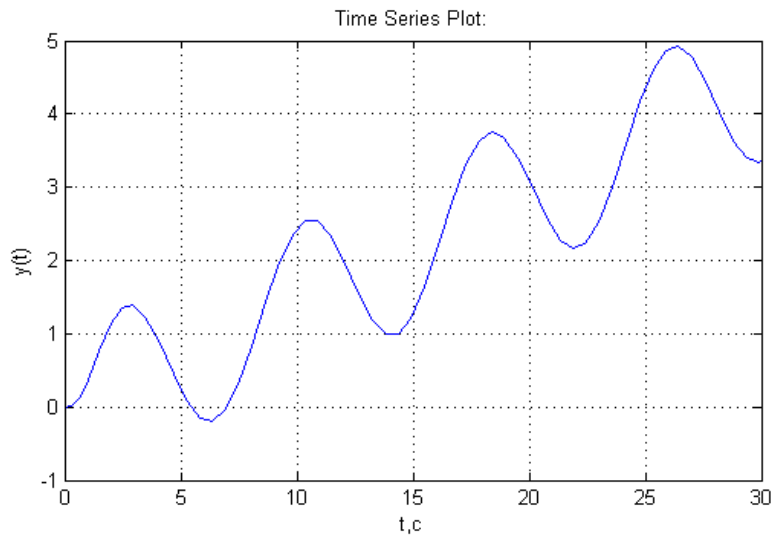


Рис. 15: Графика переходного процесса

Оценим приближенно установившуюся ошибку слежения:

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

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

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

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

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

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

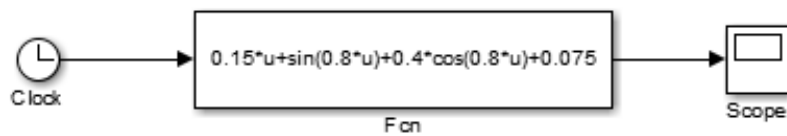


Рис. 16: Схема моделирования



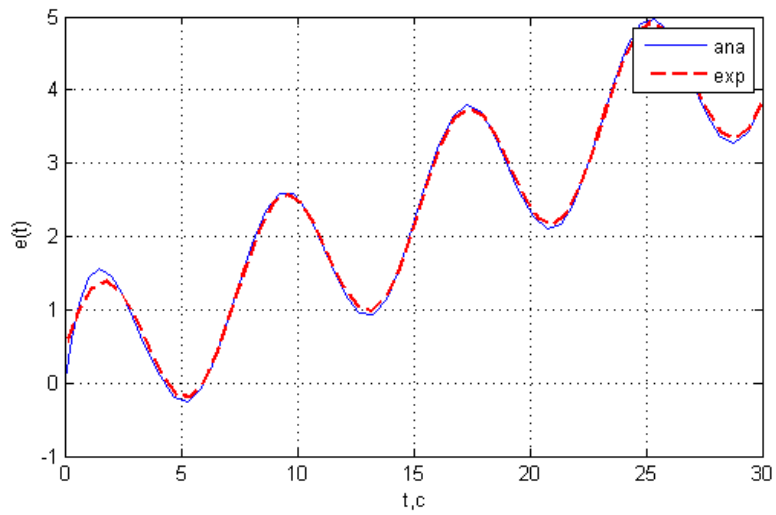


Рис. 17: Графика экспериментальной и аналитически вычисленной ошибки  $e(t)$

## Выводы

В ходе лабораторной работы были исследованы системы с разными порядками астатизма и различными входными и возмущающими воздействиями. В частности, системы с астатизмом первого порядка нечувствительны к постоянным возмущениям.