

## Цель работы

Исследование свойств систем управления.

## Исходные данные

$W(s)$	$g = A$	$g = Vt$	$g = at^2/2$	Вариант схемы	$f_1$	$f_2$	Сигнал задания
$\frac{1.5}{0.5s + 1}$	2	4t	$0.2t^2$	а)	-0.5	1	$0.5t + 2 \cos(0.1t)$

## Исследование системы с астатизмом нулевого порядка.

**Исследование стационарного режима работы:**  $g(t) = 2$ . На рисунке 1 представлена диаграмма модели при входном воздействии  $g = 2$ , а также полученные графики (рисунок 2) при различных значениях  $H(s) = k$ .

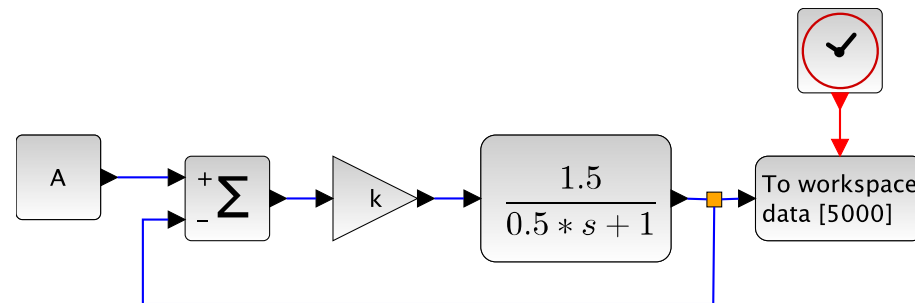


Рис. 1: Схема моделирования.

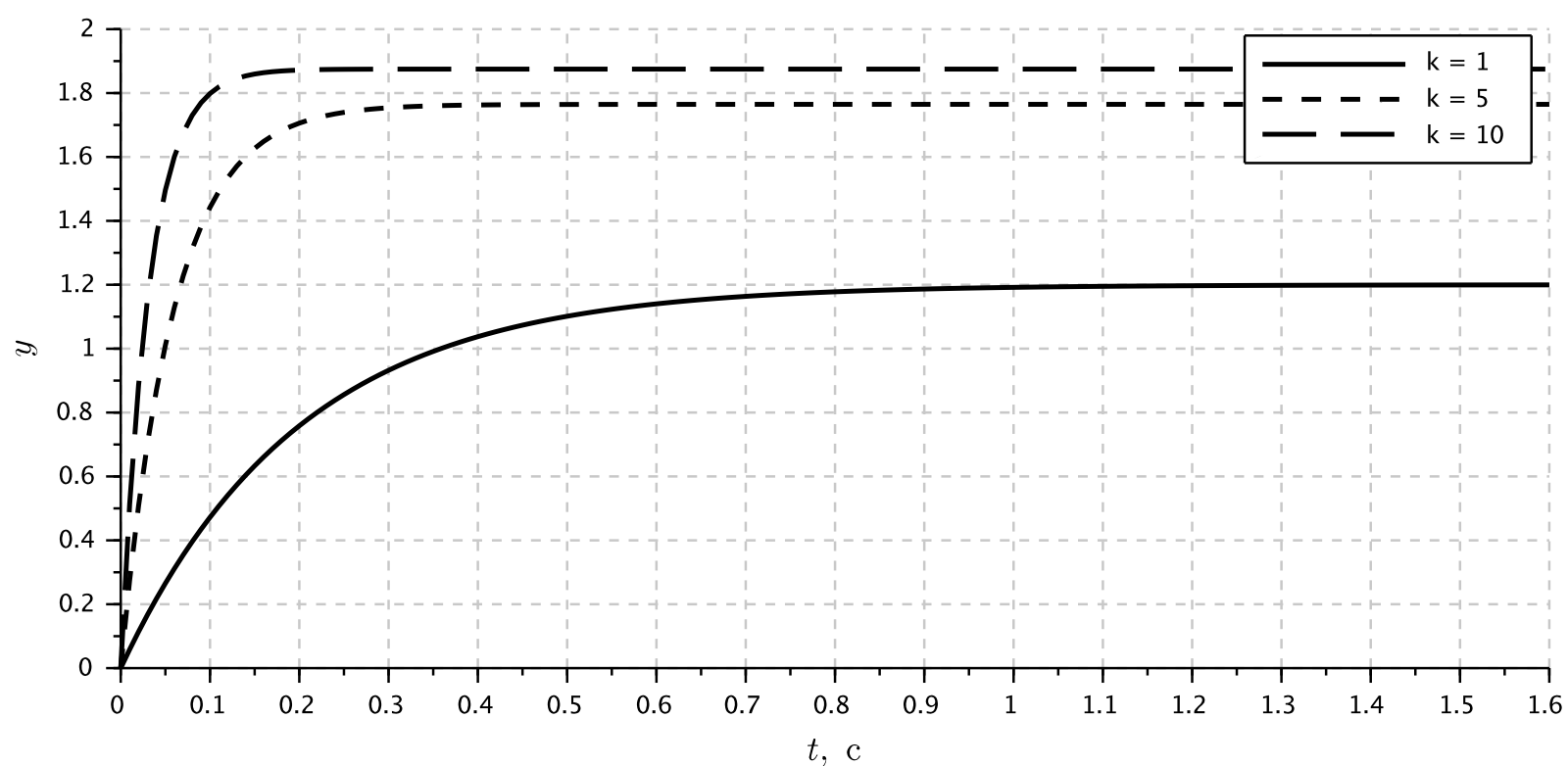


Рис. 2: Графики при различных k.

Передаточную функцию ошибки можно представить следующим выражением:

$$\Phi_e(s) = \frac{0.5s + 1}{0.5s + 1 + 1.5k} \quad (1)$$

Соответственно можем получить предельное значение ошибки при различных k:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi_e(s)g = \frac{2}{2 + 3k}g \quad (2)$$

$$\varepsilon|_{k=1} = 0.8$$

$$\varepsilon|_{k=5} \approx 0.235$$

$$\varepsilon|_{k=10} = 0.125$$

**Исследование режима работы с постоянной скоростью:**  $g(t) = 4t$ . Далее на рисунках 3 и 4 представлены модель и графики моделирования исходной системы при постоянной скорости.

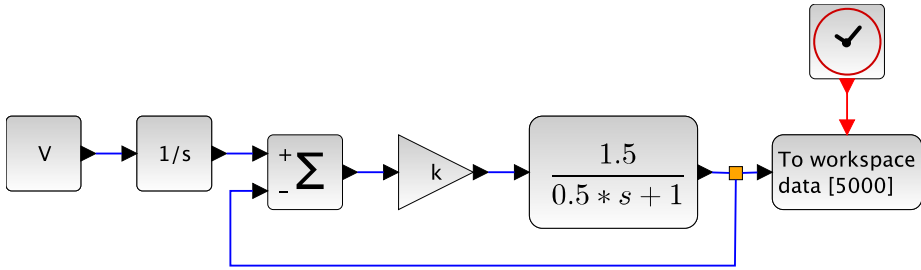


Рис. 3: Схема моделирования.

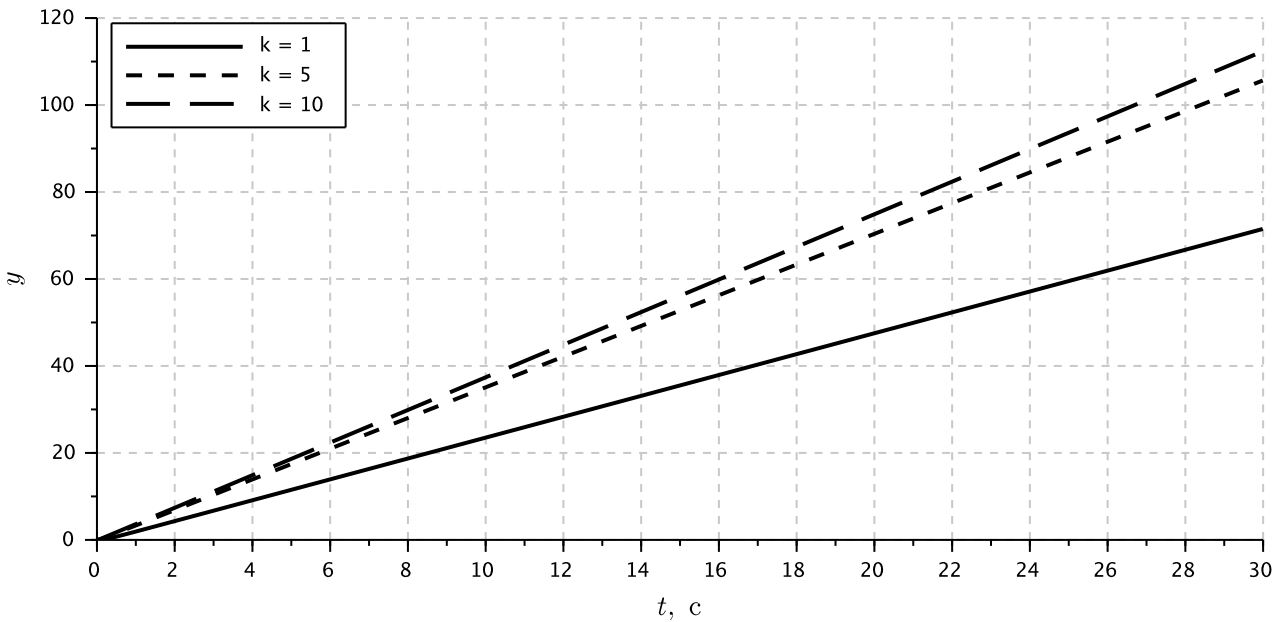
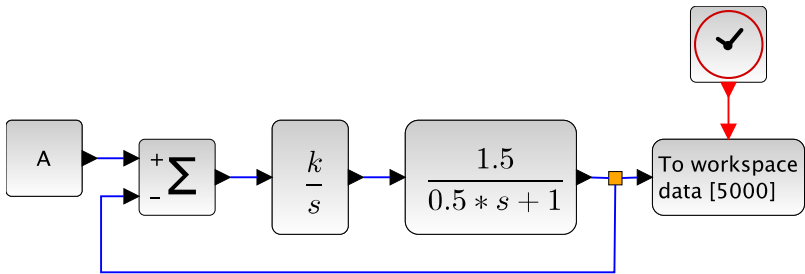


Рис. 4: График при различных k.

### Исследование системы с астатизмом первого порядка.

**Исследование стационарного режима работы:**  $g(t) = 2$ . На рисунках 5 и 6 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных k.



Передаточная функция ошибки:

$$\Phi_e = \frac{0.5s^2 + s}{0.5s^2 + s + 1.5k} \tag{3}$$

Предельное значение ошибки при различных k:

$$\varepsilon = 0;$$

Рис. 5: Схема моделирования.

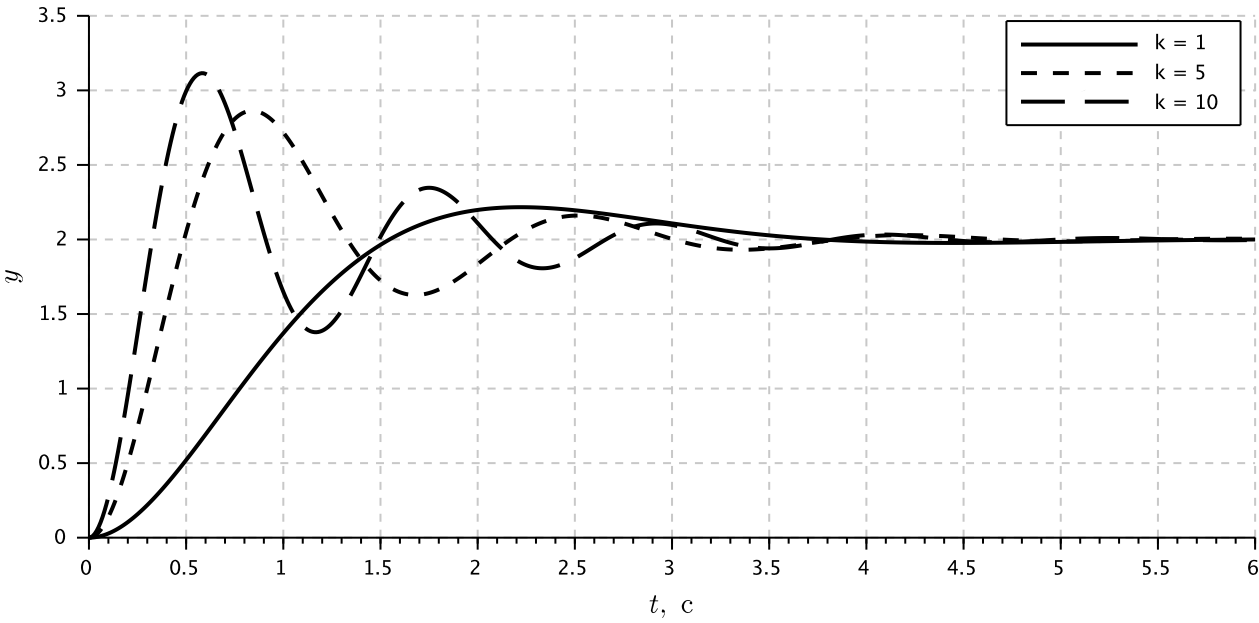
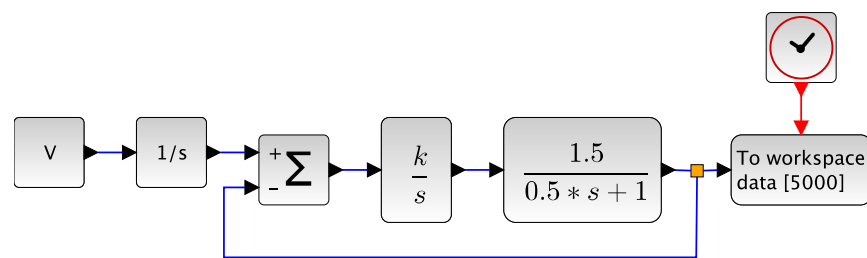


Рис. 6: Графики при различных k.

**Исследование режима движения с постоянной скоростью:**  $g(t) = 4t$ . На рисунках 7 и 8 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных  $k$ .



Передаточная функция ошибки представлена в выражении (3). Предельное значение ошибки можно записать уравнением:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi_e(s) \frac{4}{s} = \frac{8}{3k} \quad (4)$$

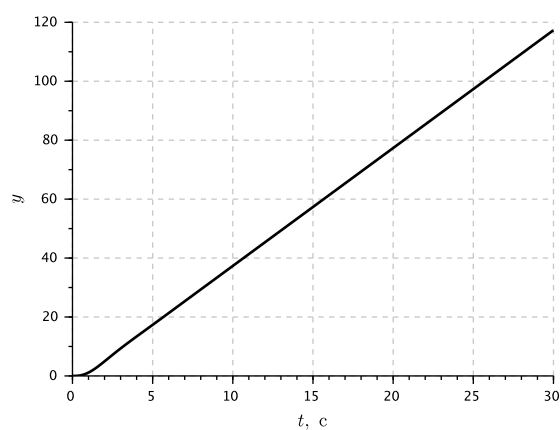
Теперь можем получить предельные значения ошибки при различных  $k$ :

$$\varepsilon|_{k=1} \approx 2.67$$

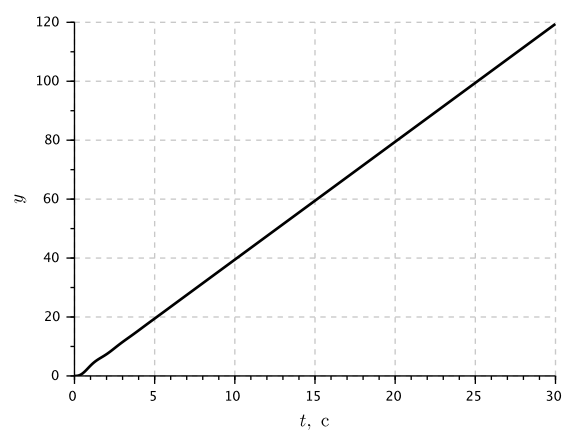
$$\varepsilon|_{k=5} \approx 0.53$$

$$\varepsilon|_{k=10} \approx 0.27$$

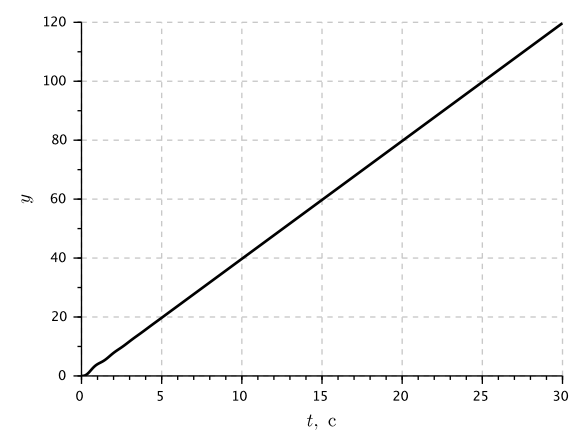
Рис. 7: Схема моделирования.



(a)  $k = 1$



(b)  $k = 5$



(c)  $k = 10$

Рис. 8: Графики при различных  $k$ .

**Исследование движения с постоянным ускорением:**  $g(t) = 0.2t^2$ . На рисунках 9 и 10 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных  $k$ .

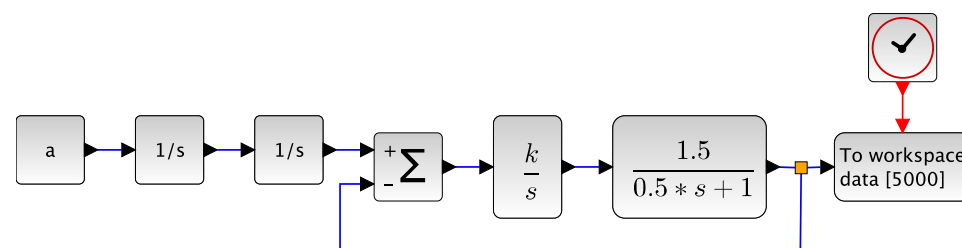
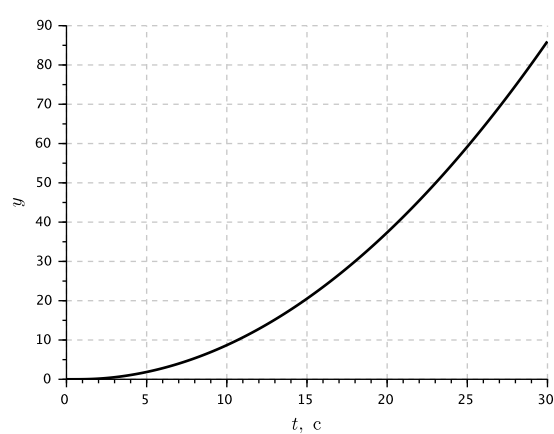
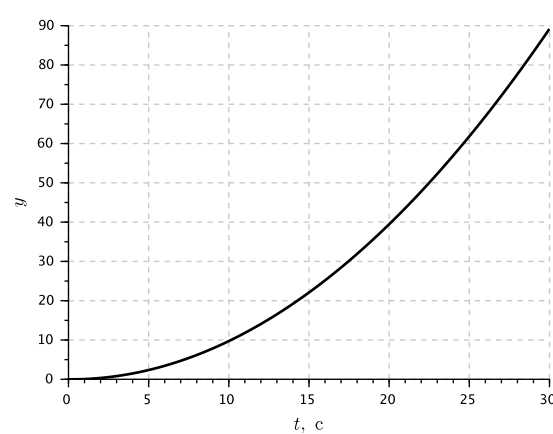


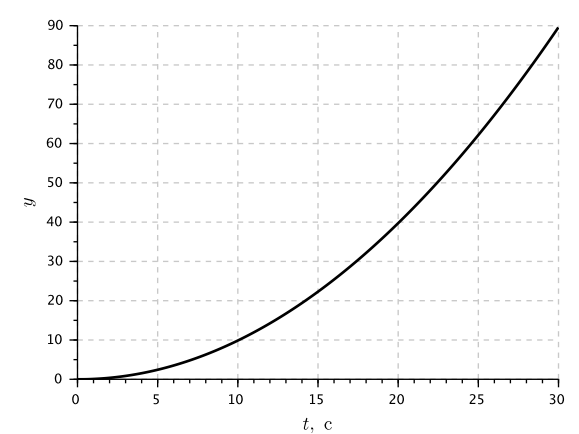
Рис. 9: Схема моделирования.



(a)  $k = 1$



(b)  $k = 5$



(c)  $k = 10$

Рис. 10: Графики при различных  $k$ .

## Исследование влияния внешних возмущений.

На рисунках 11 и 12 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных значениях шумов  $f_1$  и  $f_2$ .

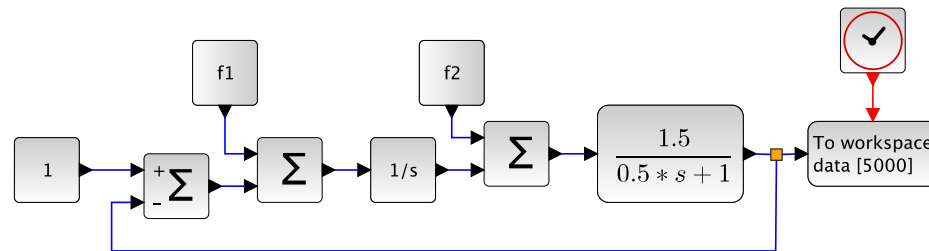


Рис. 11: Схема моделирования.

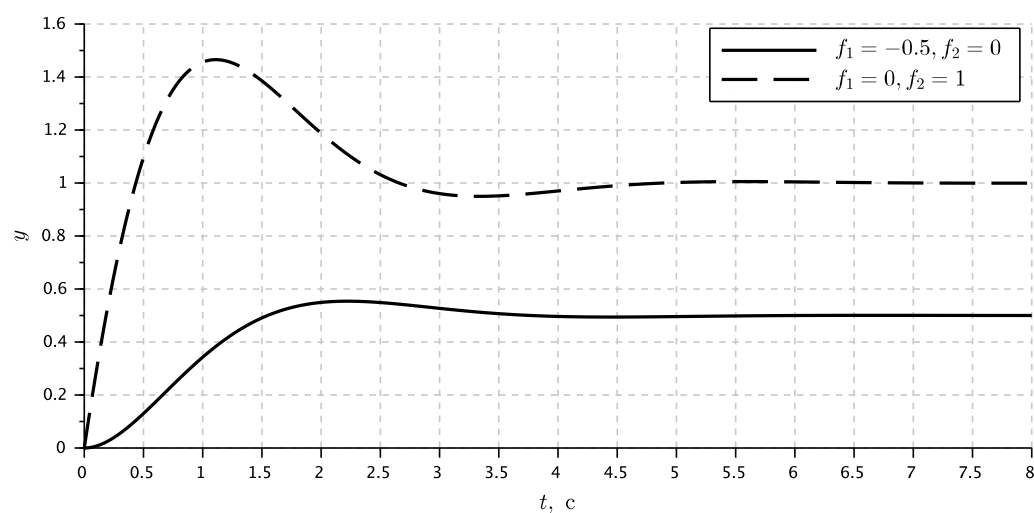


Рис. 12: Графики при различных значениях шумов.

Функция ошибки в операторном виде выглядит следующим образом:

$$e(s) = \frac{g(0.5s^2 + s) - 1.5f_1 - 1.5f_2s}{0.5s^2 + s + 1.5} \quad (5)$$

Итак, при  $g = 2$  можем записать выражения для предельного значения ошибки и подсчитать их значения при различных  $f_1$  и  $f_2$ :

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} e(s) = -f_1; \quad (6)$$

$$\varepsilon|_{f_1=-0.5, f_2=0.5} = 0.5$$

$$\varepsilon|_{f_1=0, f_2=1} = 0$$

## Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии.

На рисунках 13 и 14 представлены диаграмма модели и соответственно полученные графики при различных значениях шумов  $f_1$  и  $f_2$ .

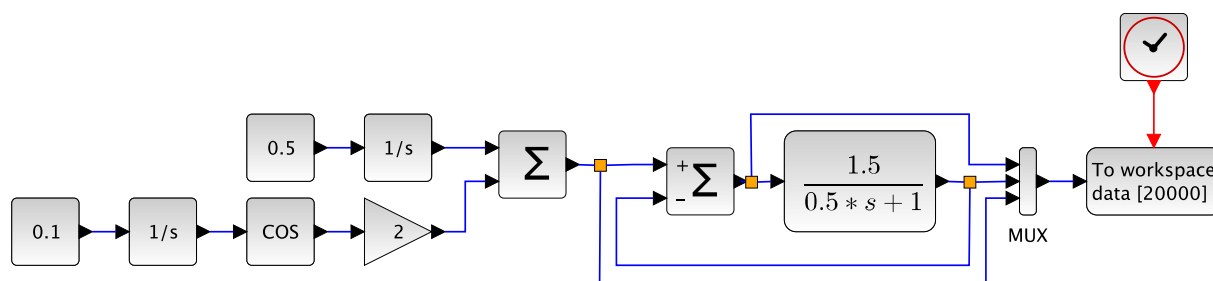


Рис. 13: Схема моделирования.

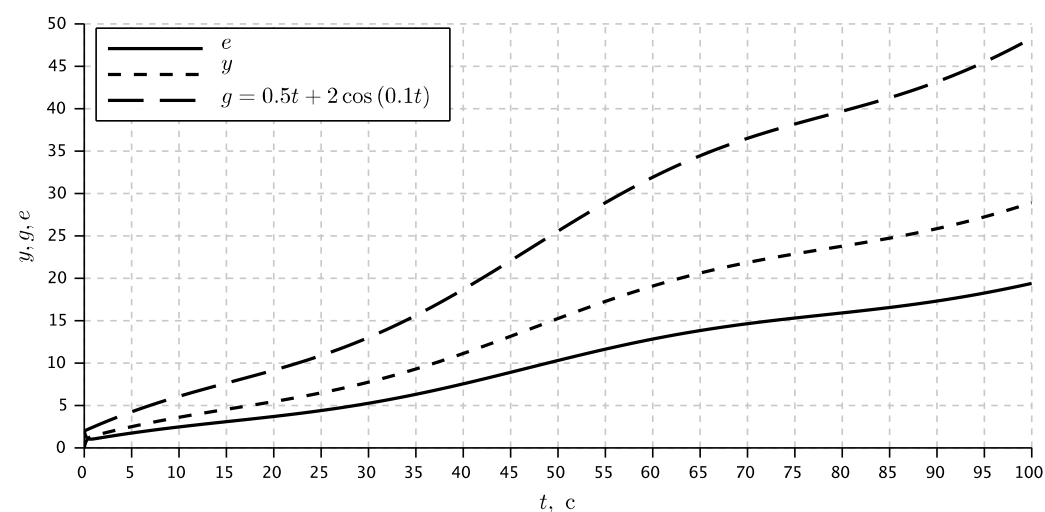


Рис. 14: Графики ошибки, выходного и входного сигнала.

Как видно из графика ошибки (рисунок 14) она представлена уравнением с постоянно возрастающей и гармонической составляющей. Ее вид можно записать следующим образом:

$$e(t) = at + b + c \sin(0.1t + \varphi_0) \quad (7)$$

Здесь  $at + b$  задает уравнение прямой, и  $c \sin(0.1 + \varphi_0)$  описывает гармонические колебание вдоль этой прямой. Теперь давайте найдем коэффициенты и элементы разложенной в ряд Тейлора уравнения ошибки. Само разложение (до третьего члена) выглядит следующим образом.

$$e(t) = W_e(s)|_{s \rightarrow 0} g(t) + \left. \frac{dW_e(s)}{ds} \right|_{s \rightarrow 0} \dot{g}(t) + \left. \frac{d^2 W_e(s)}{ds^2} \right|_{s \rightarrow 0} \frac{\ddot{g}(t)}{2!} \quad (8)$$

Для это необходимо взять производные по задающему воздействию, а также передаточной функции ошибки. Они задаются уравнениями:

$$W_e(s) = \frac{0.5s + 1}{0.5s + 2.5} \quad (9)$$

$$g(t) = 0.5t + 2 \cos(0.1t) \quad (10)$$

Производные:

$$\begin{aligned} g(t) & & W_e(s)|_{s \rightarrow 0} &= 0.4 \\ \dot{g}(t) &= 0.5 - 0.2 \sin(0.1t) & \left. \frac{dW_e(s)}{ds} \right|_{s \rightarrow 0} &= 0.12 \\ \ddot{g}(t) &= -0.02 \cos(0.1t) & \left. \frac{d^2 W_e(s)}{ds^2} \right|_{s \rightarrow 0} &= -0.048 \end{aligned}$$

Подставив полученные значения в уравнение (8) получим искомое выражение для ошибки.

$$e(t) = 0.2t + 0.06 + 0.80048 \cos(0.1t) - 0.024 \sin 0.1t \quad (11)$$

Теперь можем получить графики ошибки, разложенной в ряд и реальной.

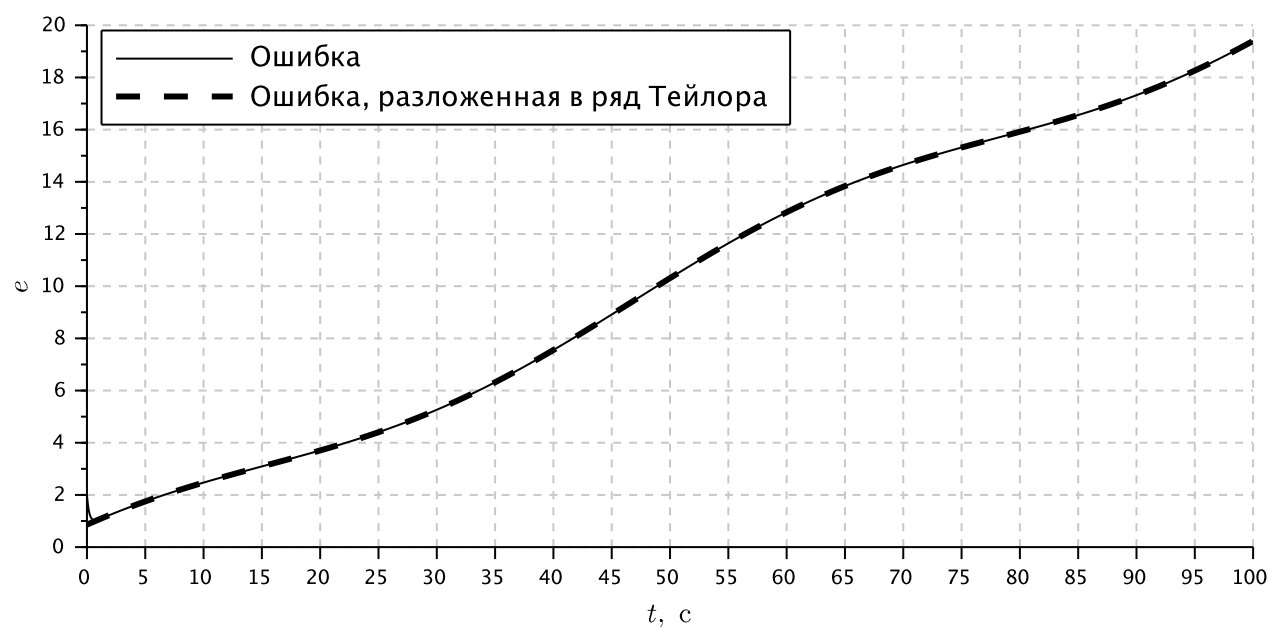


Рис. 15: Графики ошибок.

## Выводы.

В данной работе мы исследовали системы с различным астатизмом, при наличии внешних возмущений и при произвольно входном воздействии. Получили значения и выражение для предельного значения установившейся ошибки и построили графики переходной характеристики.

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.