

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 P3340

Лабораторная работа №7  
“Анализ точности систем управления”  
Вариант - 02

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

Система с астатизмом нулевого порядка

$$\begin{array}{ll} W(s) & \frac{3}{2.5s+1} \\ g = A & 2 \\ g = Vt & 2t \\ g = at^2 & 0.5t^2 \end{array}$$

# 1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

## 1.1 Стационарный режим работы системы

На рисунке 1 представлена схема моделирования системы с астатизмом нулевого порядка при входном воздействии  $g = 2$ , также на рисунках 2 и 3 представлены графики переходного процесса и ошибки при разных коэффициентах.

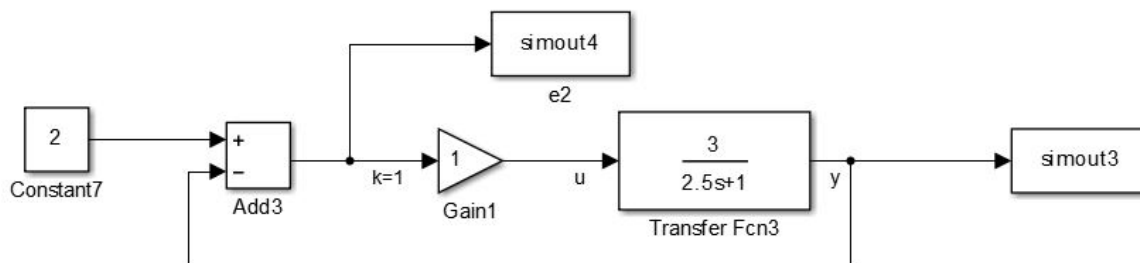


Рис. 1 – Система с астатизмом нулевого порядка

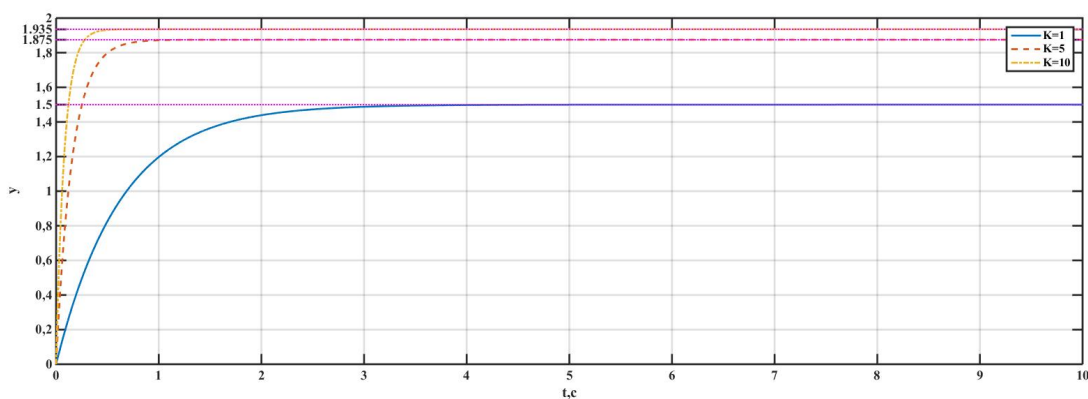


Рис. 2 – График переходного процесса

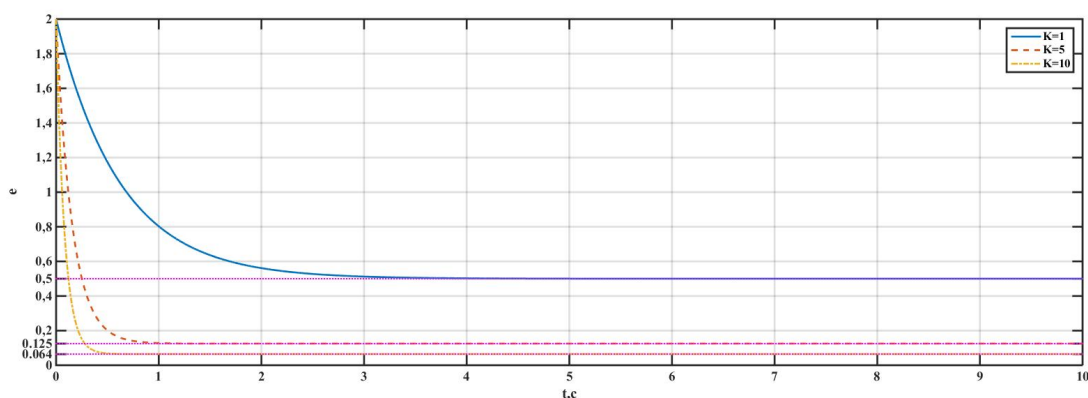


Рис. 3 – График ошибки переходного процесса

Предельное значение ошибки рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} \Phi_e(s)g = \frac{A}{1 + 3k} \quad (1)$$

На таблице 1 рассчитаны аналитическим методом ошибки переходного процесса.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента от ошибки

K	1	5	10
$\varepsilon$	0.5	0.125	0.064

Значения  $\varepsilon$  полученные аналитическим методом полностью совпадают с установившимися значениями ошибки на графике.

## 1.2 Работа с постоянной скоростью

$g(t) = Vt$  – движение с постоянной скоростью.  $V = 2$

На рисунках 4 и 5 представлены графики переходного процесса сигнала и ошибки.

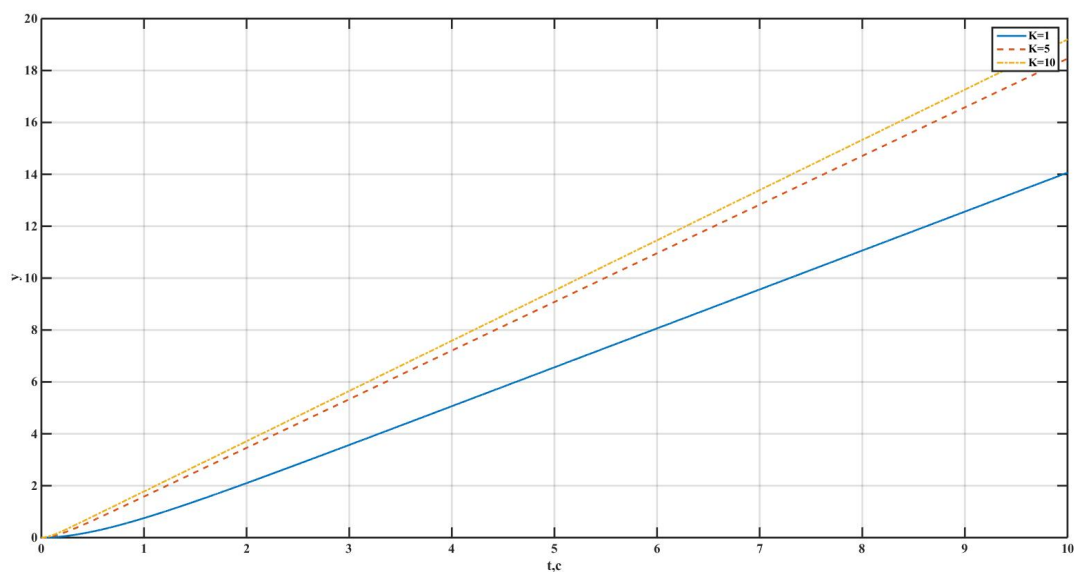


Рис. 4 – График переходного процесса

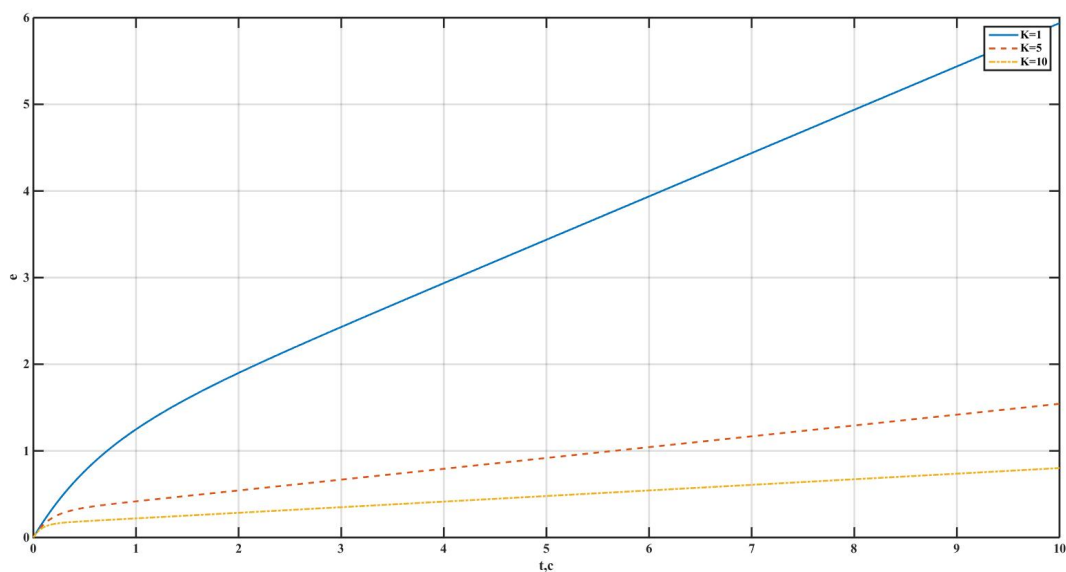


Рис. 5 – График ошибки переходного процесса

Аналитический расчет установившихся значений ошибки:

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

Во всех случаях  $\varepsilon \rightarrow \infty$

## 2 Исследование системы с астатизмом первого порядка

### 2.1 Стационарный режим работы

На рисунке 6 представлена схема моделирования системы с астатизмом первого порядка при входном воздействии  $g = 2$ , также на рисунках 7 и 8 представлены графики переходного процесса и ошибки при разных коэффициентах.

Исследуемая система:  $W(s) = \frac{3}{2.5s+1}$

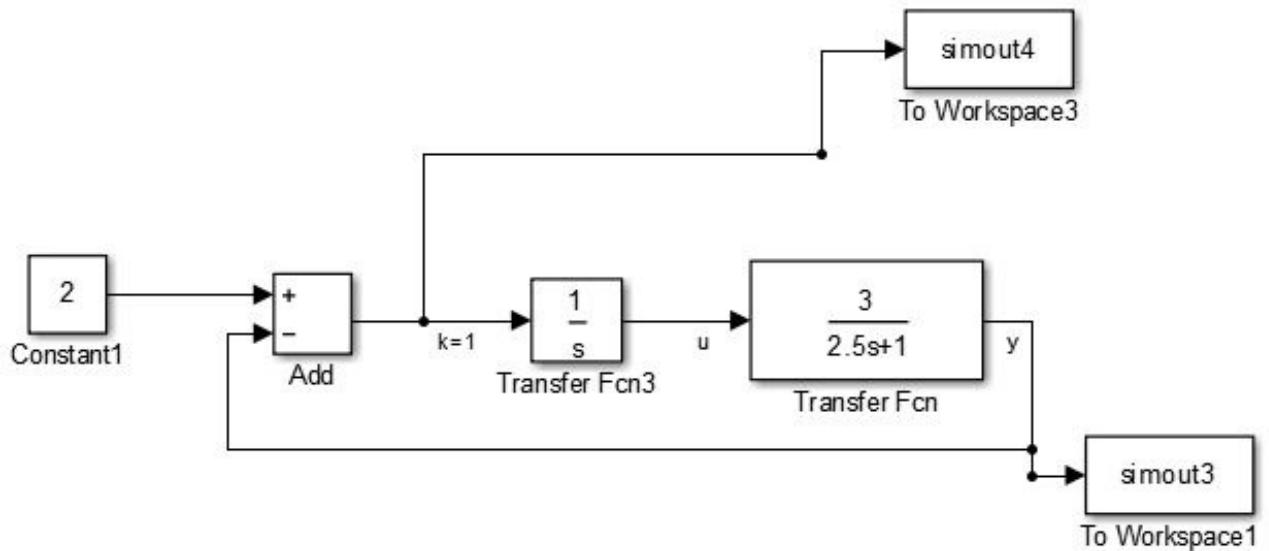


Рис. 6 – Система с астатизмом первого порядка

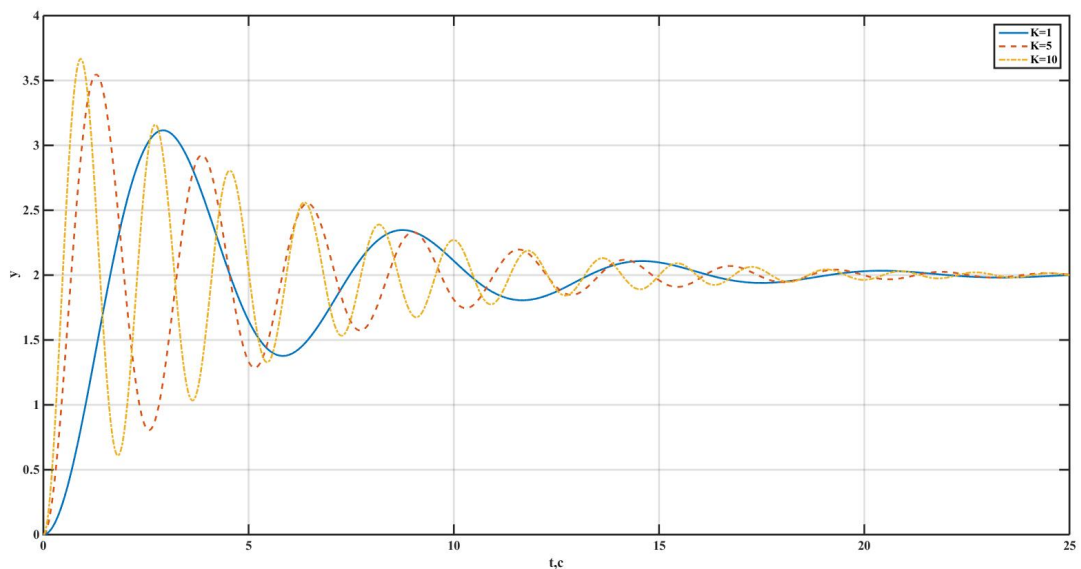


Рис. 7 – График переходного процесса

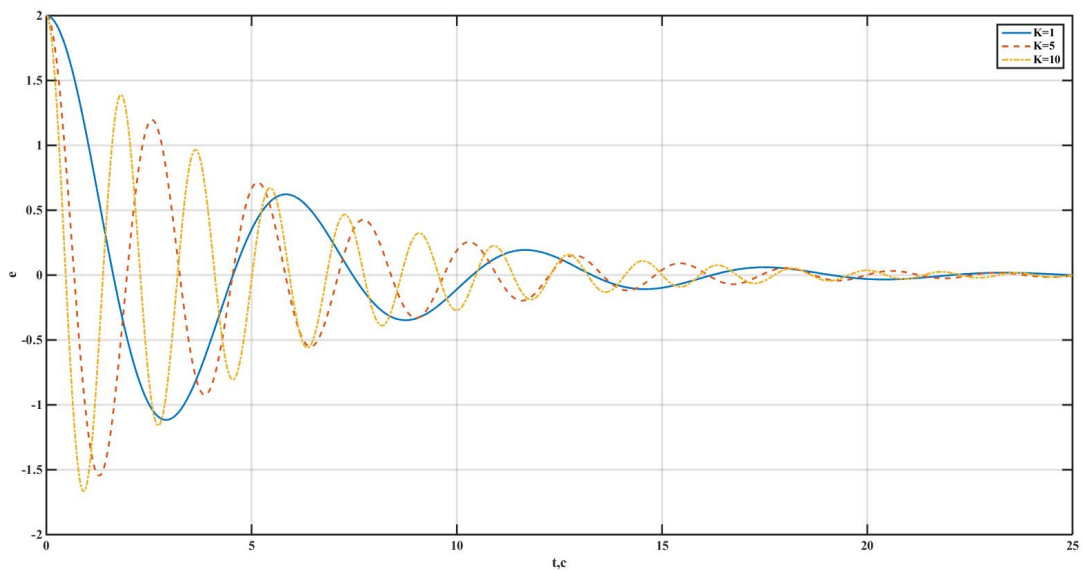


Рис. 8 – График ошибки переходного процесса

Из графика видно, что предельное значение установившихся ошибок  $\varepsilon_y(t) = 0$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $\varepsilon_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s+k} A = 0$

## 2.2 Работа с постоянной скоростью

$g(t) = Vt$  – движение с постоянной скоростью.  $V = 2$ . На рисунках 9 и 10 представлены графики переходного процесса сигнала и ошибки.

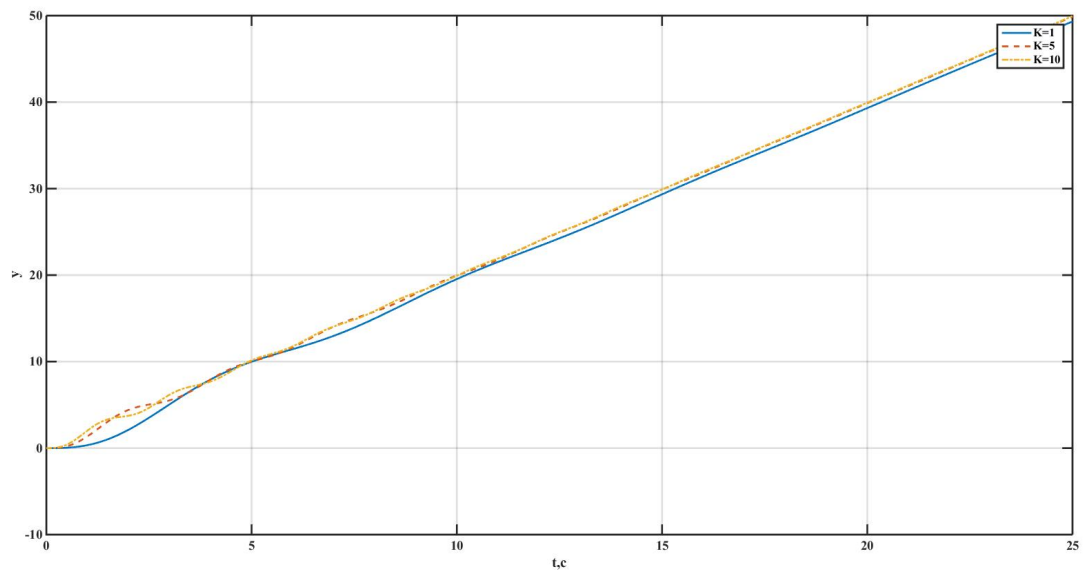


Рис. 9 – График переходного процесса

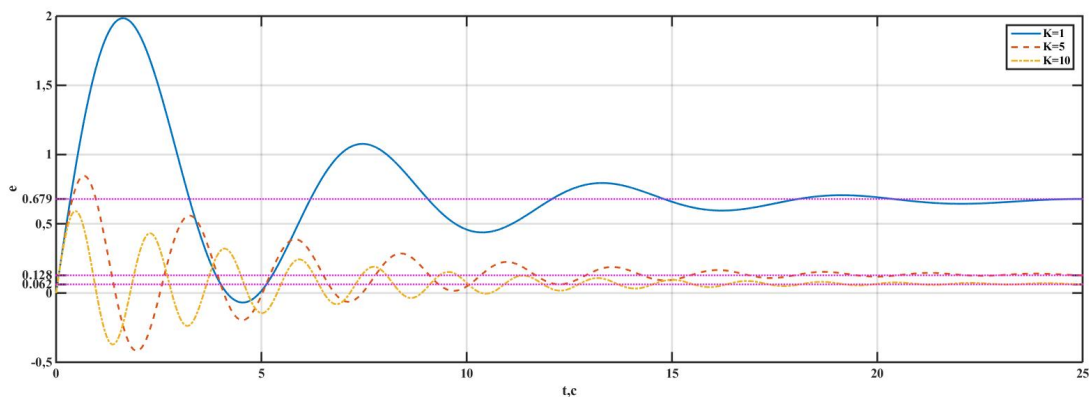


Рис. 10 – График ошибки переходного процесса

$$\varepsilon_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s+k} V = \frac{V}{3k} \quad (2)$$

На таблице 1 рассчитаны аналитическим методом ошибки переходного процесса.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента от ошибки

K	1	5	10
$\varepsilon$	0.666	0.133	0.066

Значения  $\varepsilon$  полученные аналитическим методом почти совпадают с установившимися значениями ошибки на графике.

### 2.3 Движение с постоянным ускорением

$g(t) = at^2/2$  – движение с постоянным ускорением.  $a = 0.5$ . На рисунках 11 и 12 представлены графики переходного процесса сигнала и ошибки.

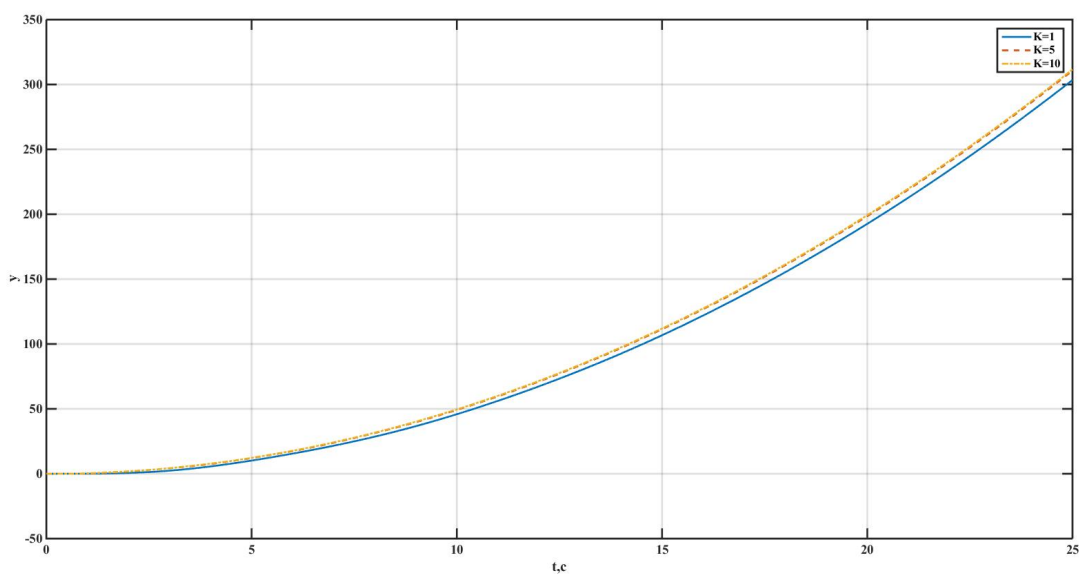


Рис. 11 – График переходного процесса



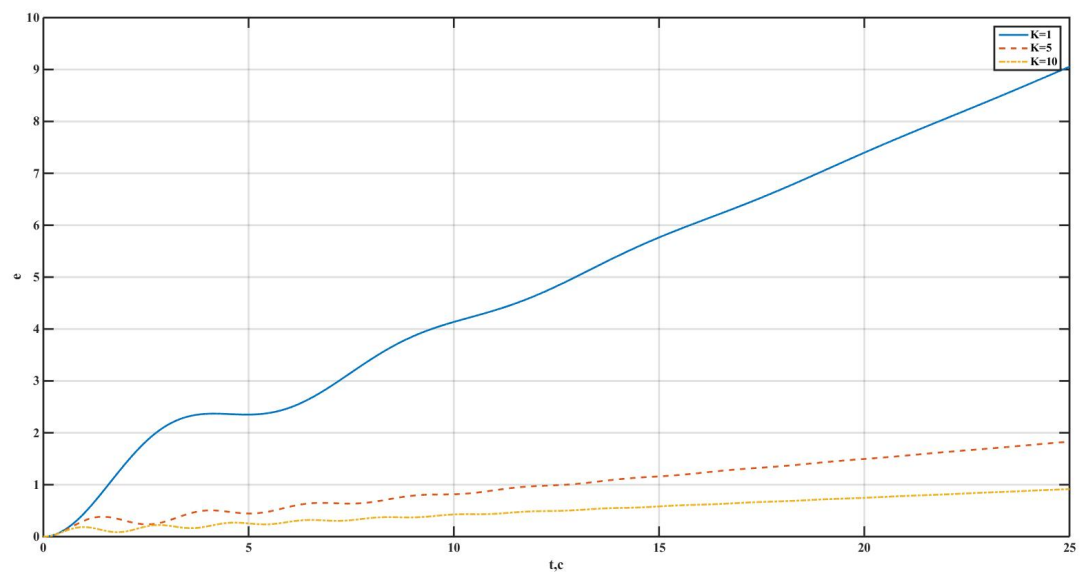


Рис. 12 – График ошибки переходного процесса

### 3 Исследование влияния внешних возмущений

На рисунке 13 представлена схема моделирования влияния внешних возмущений, также на рисунках 14, 15, 16 и 17 представлены графики переходного процесса и ошибки при различных значениях шумов  $f_1 = 0.5$ ,  $f_2 = 0.5$

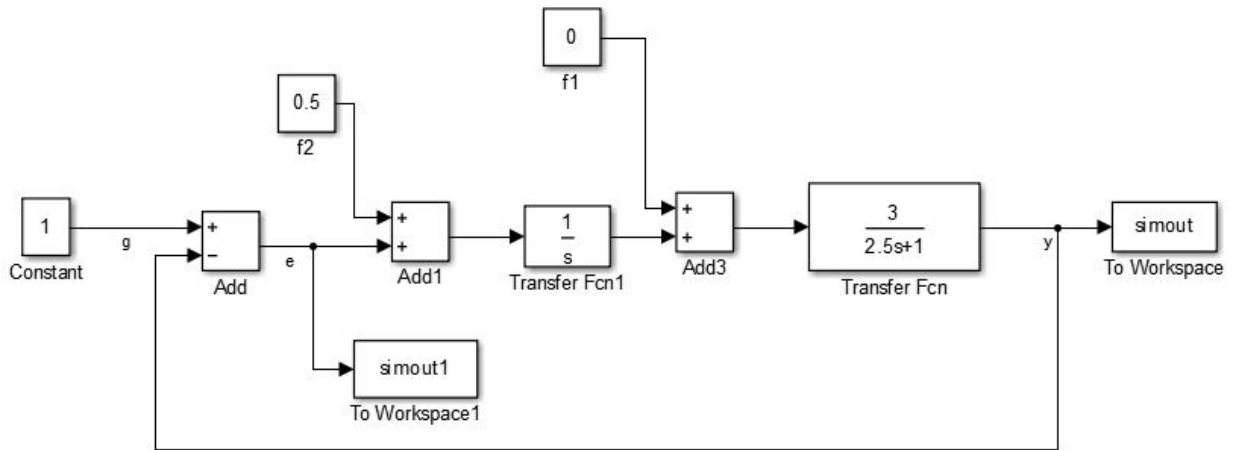


Рис. 13 – Схема моделирования влияния внешних возмущений

Зададим  $f_2(t) = 0, g(t) = 1(t)$

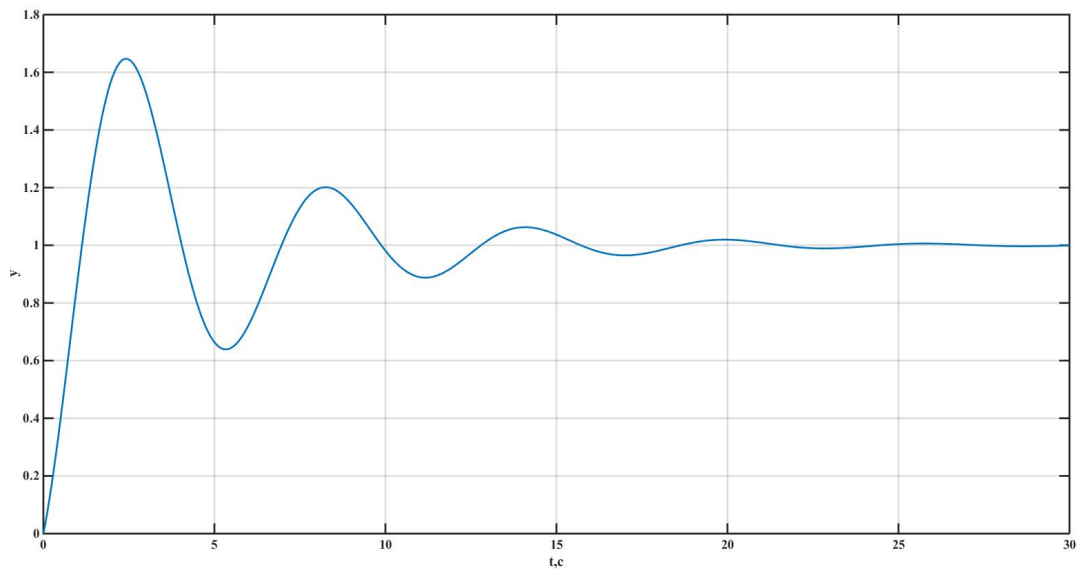


Рис. 14 – График переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

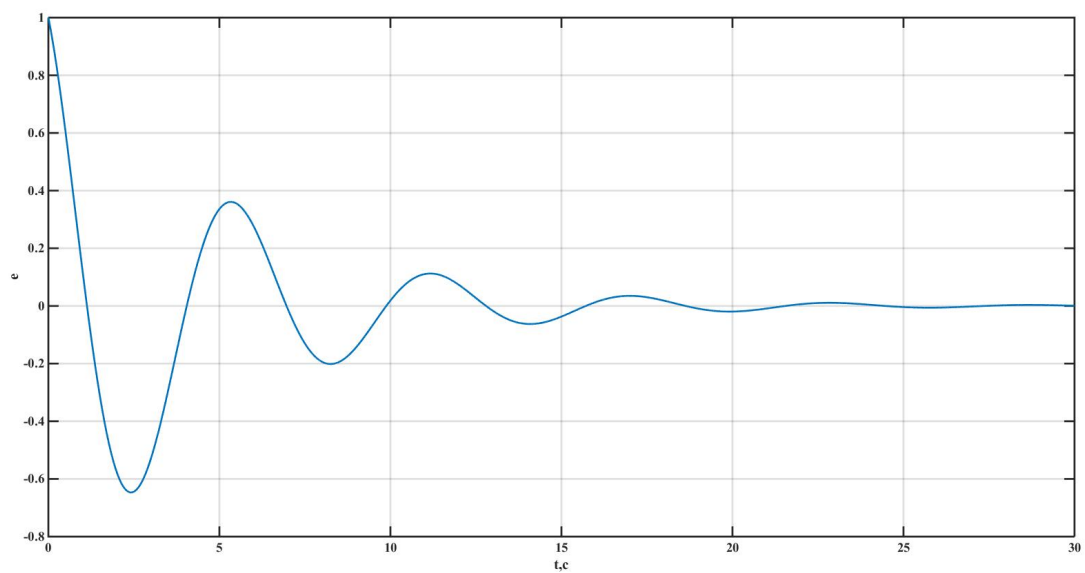


Рис. 15 – График ошибки переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

Зададим  $f_1(t) = 0, g(t) = 1(t)$

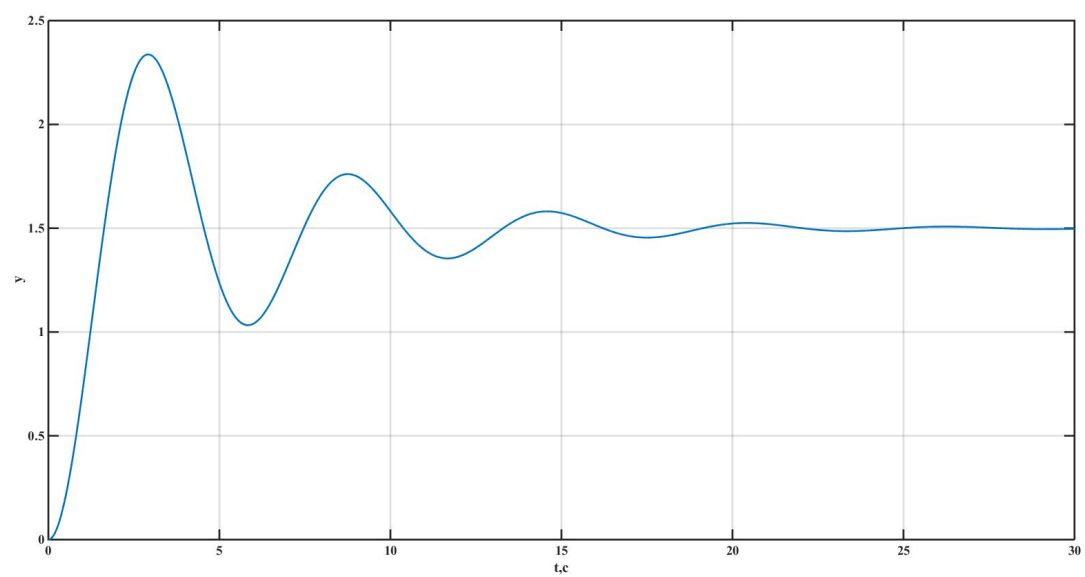


Рис. 16 – График переходного процесса при  $f_1(t) = 0$

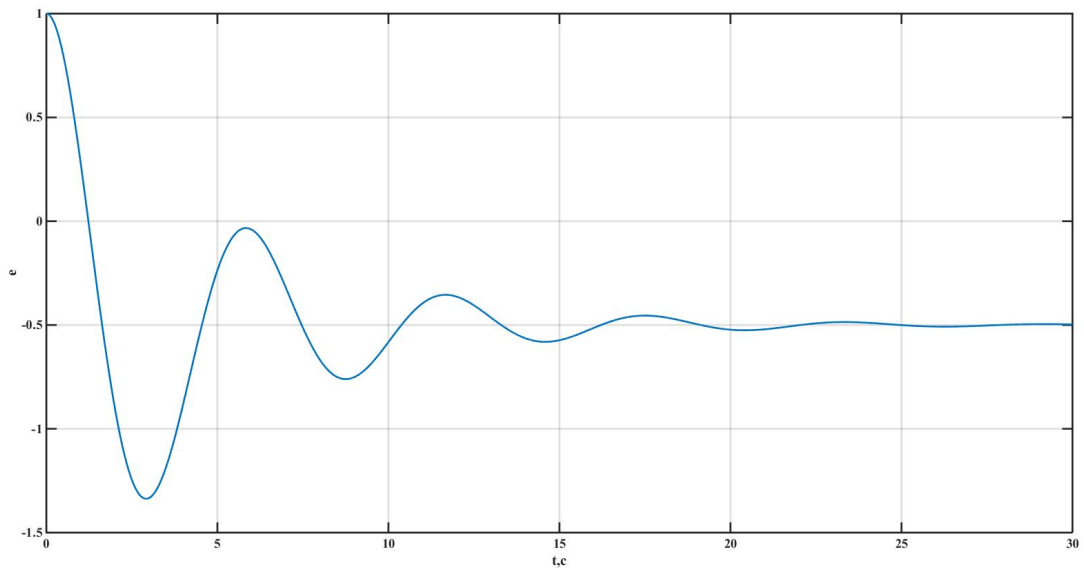


Рис. 17 – График ошибки переходного процесса при  $f_1(t) = 0$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $e_y(t) = -0.5$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} e(s) = -f1 \quad (3)$$

## 4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

На рисунке 18 представлена схема моделирования произвольного входного воздействия, также на рисунках 19 и 20 представлены графики переходного процесса и ошибки.

Рассмотрим систему при:

$$H(s) = 1;$$

$$W(s) = \frac{3}{2.5s+1};$$

$$g(t) = 0.2t^2 + \sin(0.5t);$$

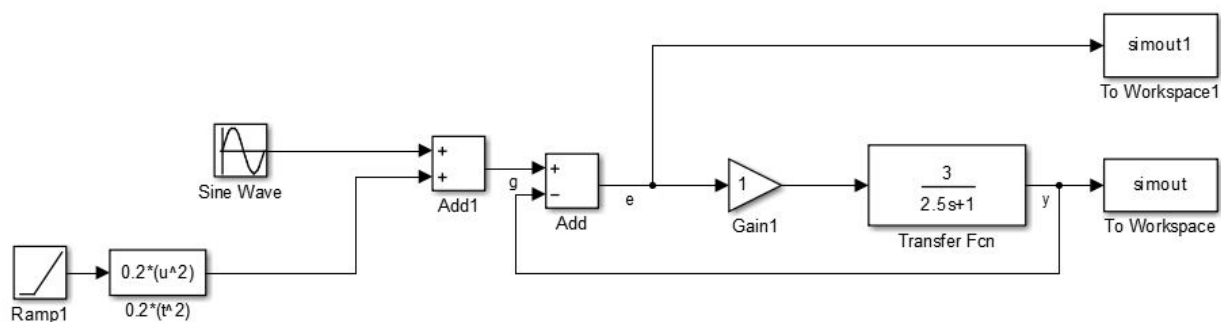


Рис. 18 – Схема моделирования произвольного входного воздействия

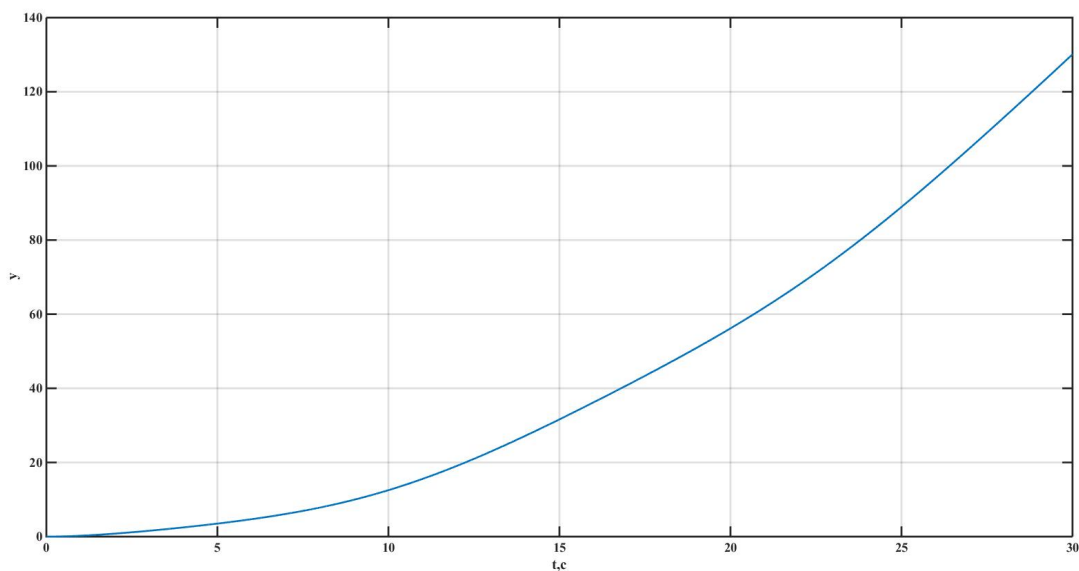


Рис. 19 – График переходного процесса

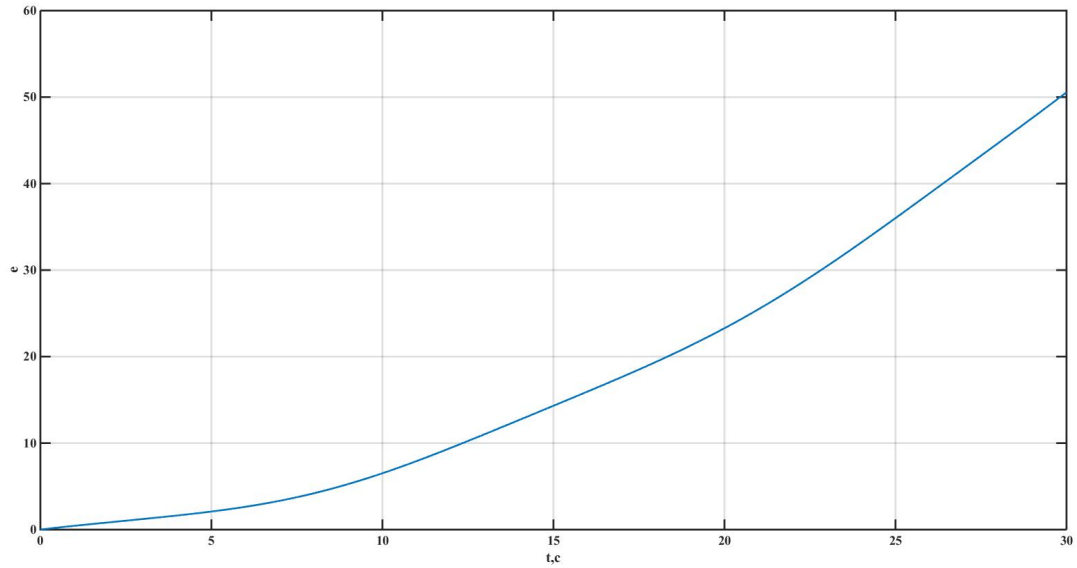


Рис. 20 – График ошибки переходного процесса

$e_y(t) \rightarrow \infty$ , т.к. СУ с астатизмом нулевого порядка не может отработать линейно нарастающее задающее воздействие.

Разложим уравнение ошибки в ряд Тейлора:  $e_y(t) = c_0 g(t) + c_1 \frac{d}{dt} g(t) + \frac{c_2}{2!} \frac{d^2}{dt^2} g(t) + \dots$ , где постоянные  $c_i$  – коэффициенты ошибок.

$\Phi_e(s) = \frac{1}{1+W(s)}$ , где  $W(s)$  – передаточная функция разомкнутой системы,  $\Phi_e(s)$  – передаточная функция замкнутой системы по ошибке слежения (относительно задающего воздействия).

$$W(s) = \frac{3}{2.5s+1};$$

$$\Phi_e(s) = \frac{2.5s+1}{2.5s+4};$$

$$c_0 = \Phi_e(s)|_{s=0} = 0.25$$

$$c_1 = \frac{1.2}{2.56}$$

$$c_2 = -\frac{2.4}{4.096}$$

$$e_y(t) = 0.25(0.2t^2 + \sin(0.5t)) + \frac{1.2}{2.56}(0.4t + 0.5\cos(0.5t)) - \frac{2.4}{4.096}(0.4 - 0.25\sin(0.5t))$$

Смоделируем получившийся ряд в матлабе. На 21 представлена схема моделирования функции ошибки, также на рисунке 22 представлен получившийся график ошибки.

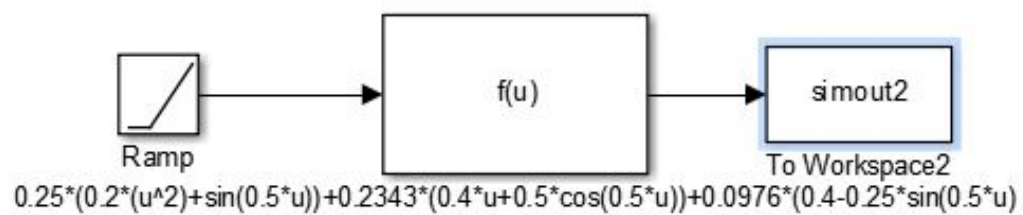


Рис. 21 – Схема моделирование. Ряд Тейлора

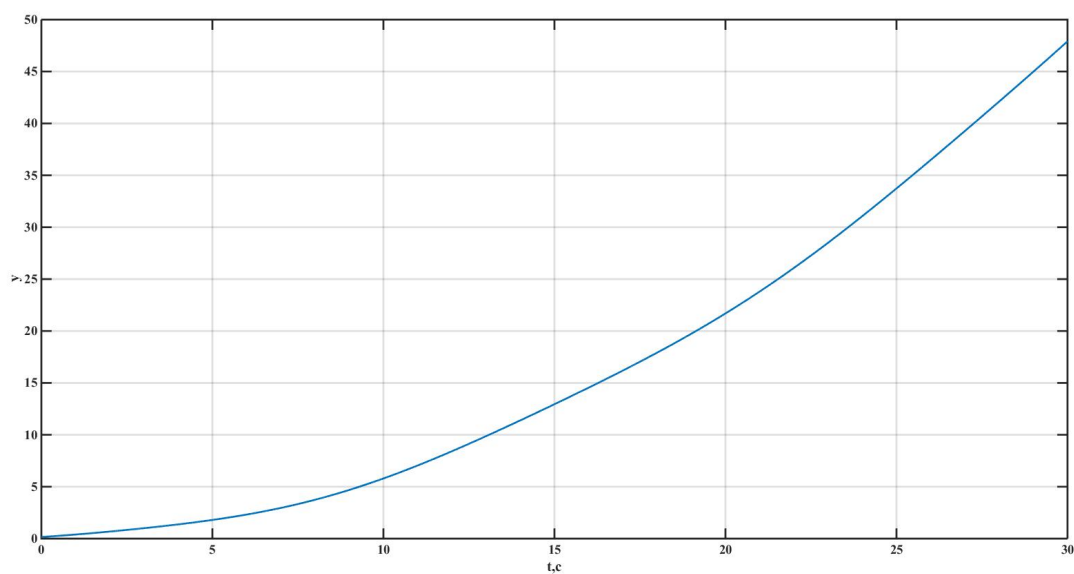


Рис. 22 – График ошибки переходного процесса

## Вывод

В данной работе мы исследовали передаточные функции с нулевым и первым астатизмом, при наличии внешних возмущений и без них. Проведенные исследования показали, что, когда сигнал стационарный ( $g = A$ ), при увеличении коэффициента усиления ( $K$ ), ошибка стремится к нулю. Также выяснилось, что на наличие или отсутствие установившейся ошибки влияет порядок астатизма: при увеличении порядка астатизма ошибка исчезает, становится равной нулю. Большое влияние оказывают и внешние возмущения: при их наличии входной сигнал увеличивается, и появляется ошибка.