

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 Р3340

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

Передаточная функция $W(s)$	Параметры сигнала задания		
	$g = A$	$g = Vt$	$g = at^2$
$\frac{3}{2.5s+1}$	2	$2t$	$0.5t^2$

Исследование системы с астатизмом нулевого порядка.

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.

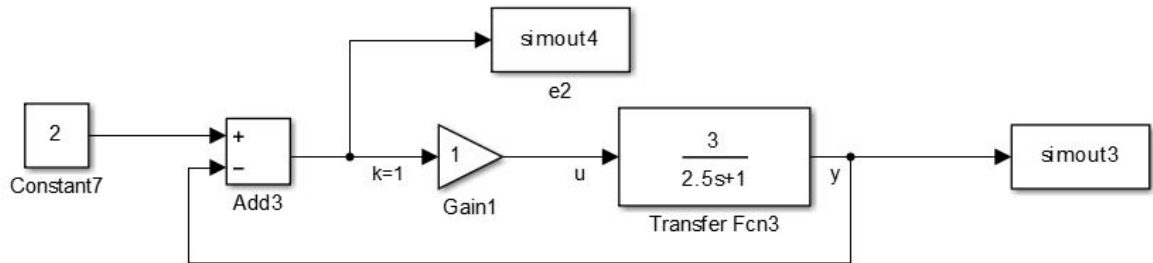


Рис. 1: Система с астатизмом нулевого порядка.

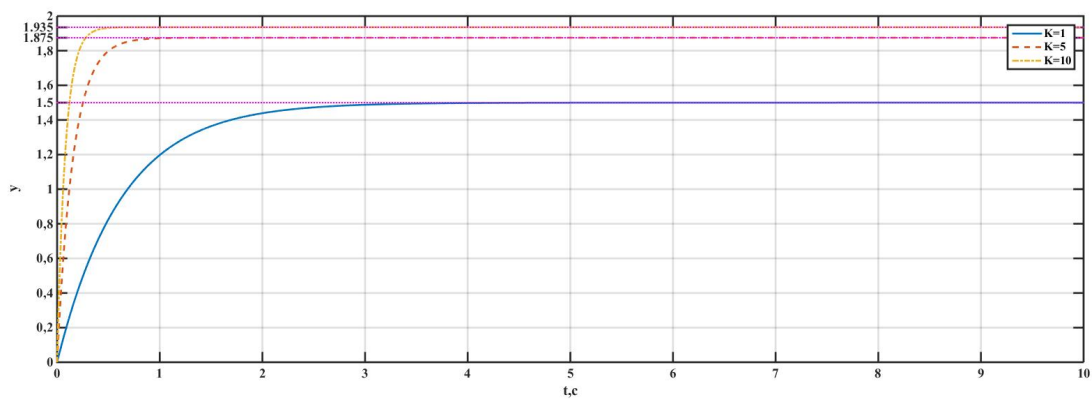


Рис. 2: График переходного процесса

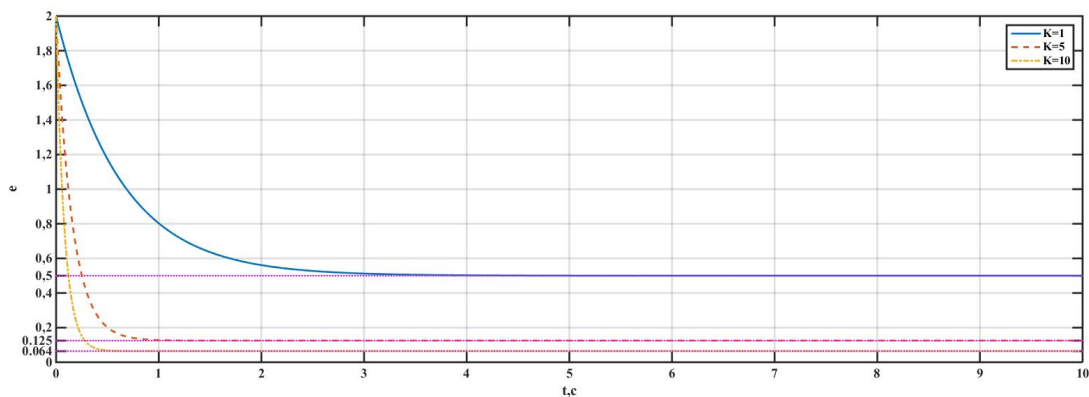


Рис. 3: График ошибки переходного процесса

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.

**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.

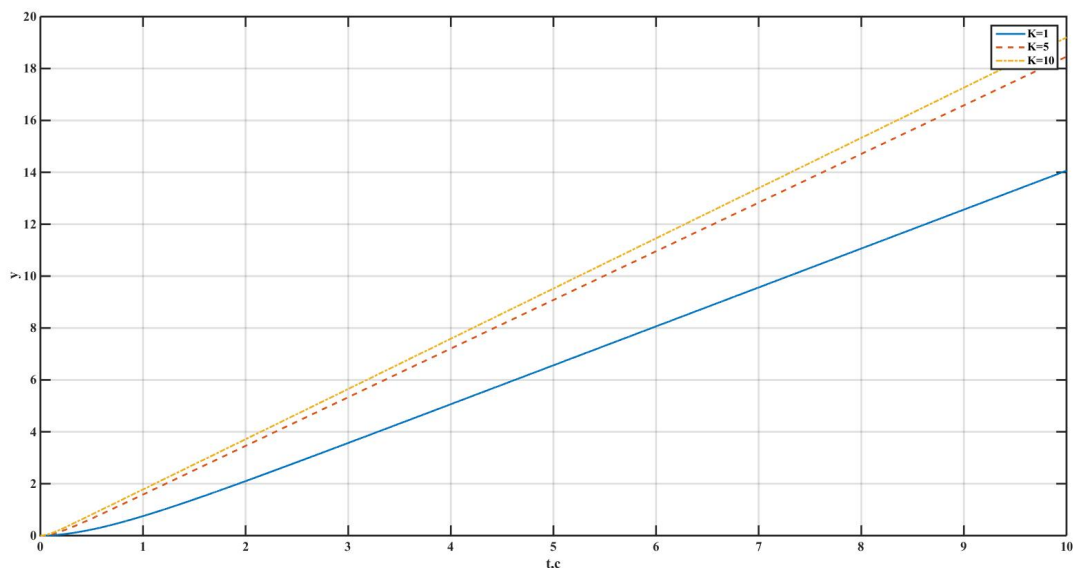


Рис. 4: График переходного процесса

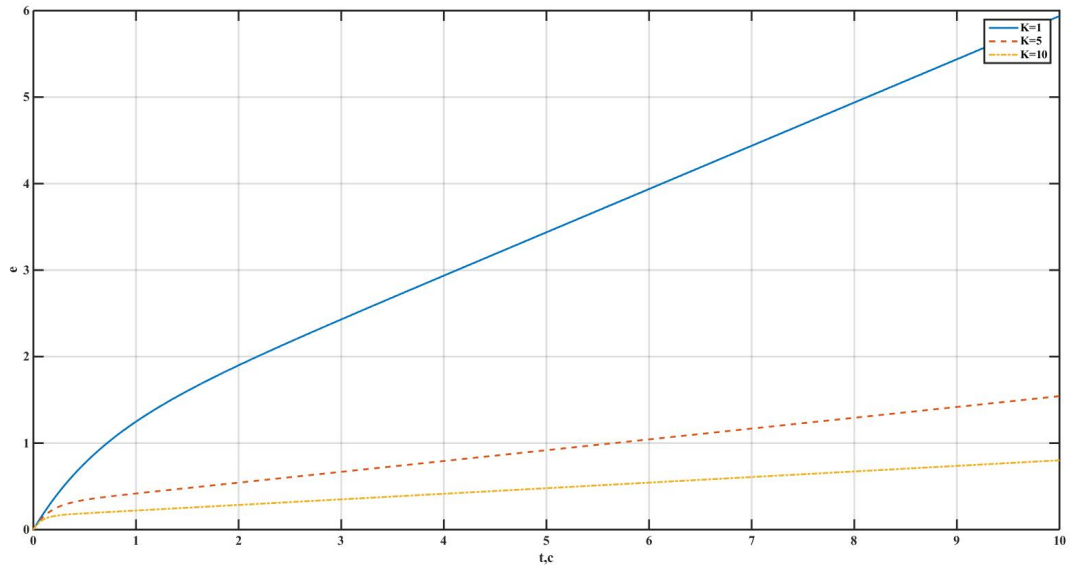


Рис. 5: График ошибки переходного процесса

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

Во всех случаях  $\varepsilon \rightarrow \infty$

## Исследование системы с астатизмом первого порядка.

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

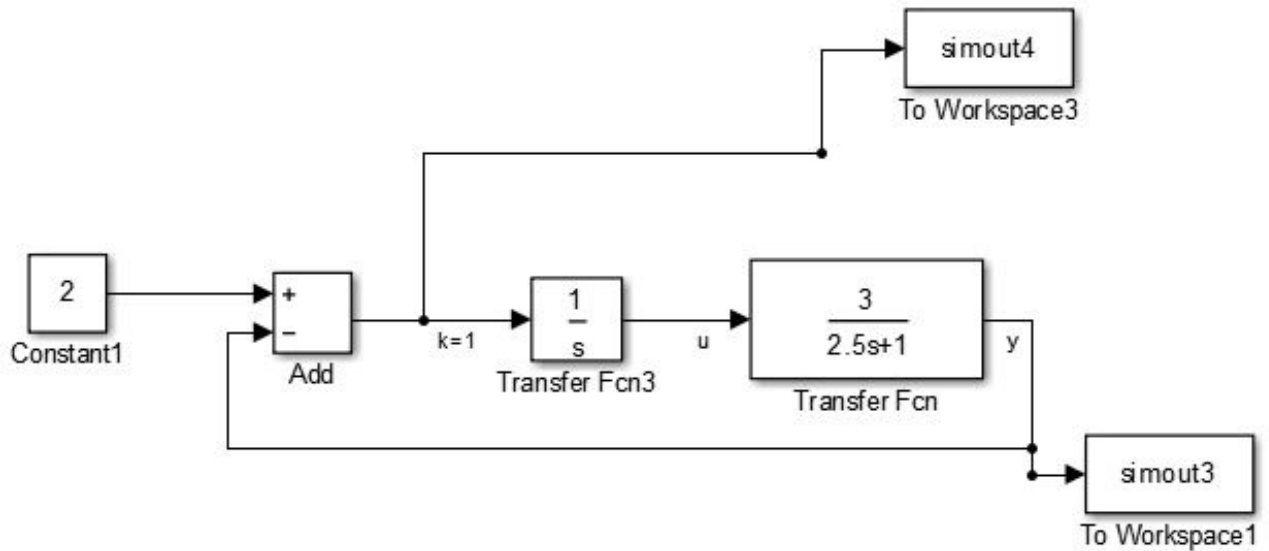


Рис. 6: Система с астатизмом первого порядка.

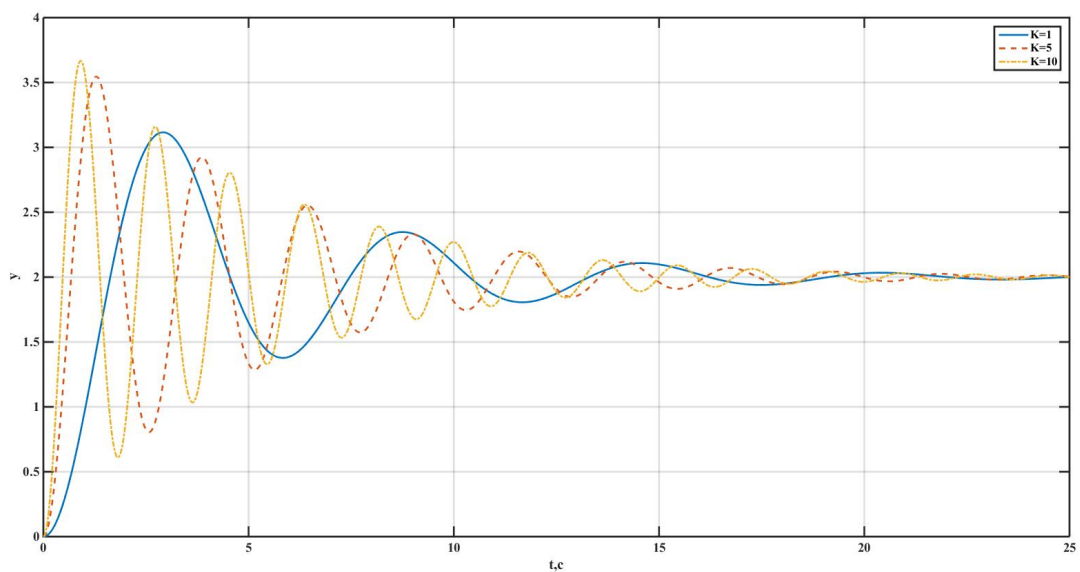


Рис. 7: График переходного процесса

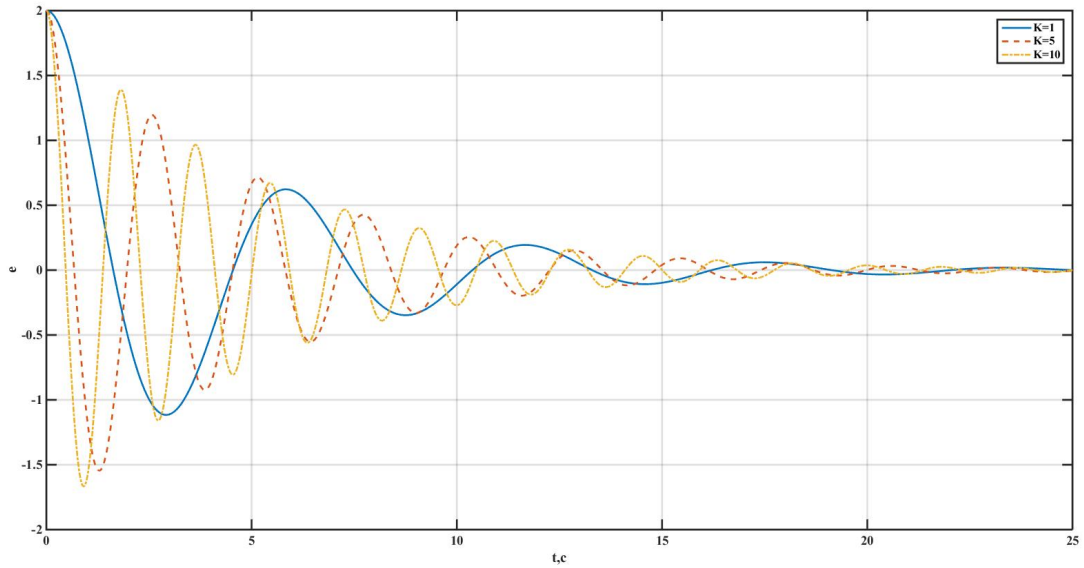


Рис. 8: График ошибки переходного процесса

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

**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.

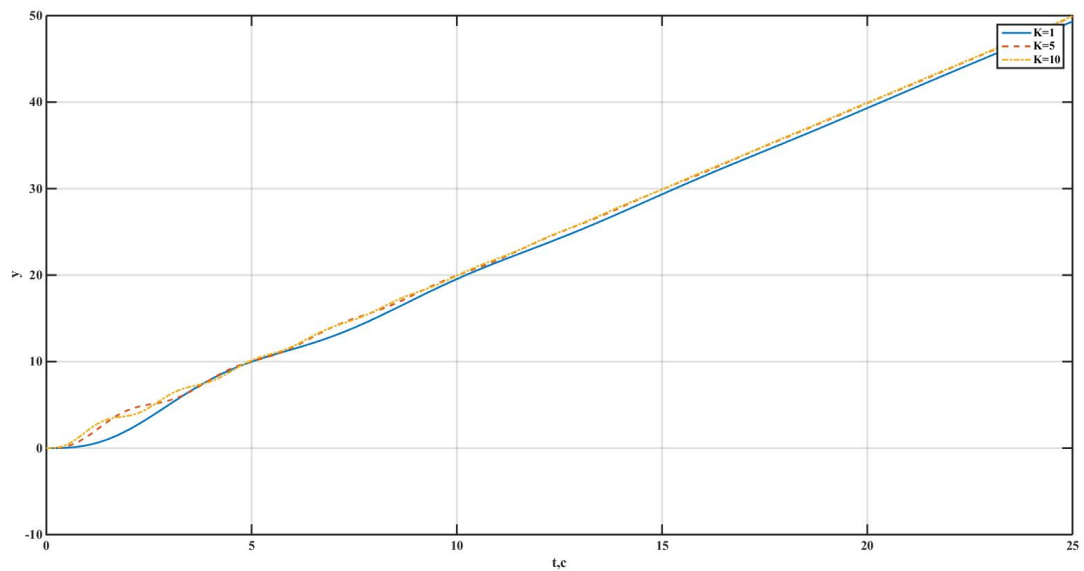


Рис. 9: График переходного процесса

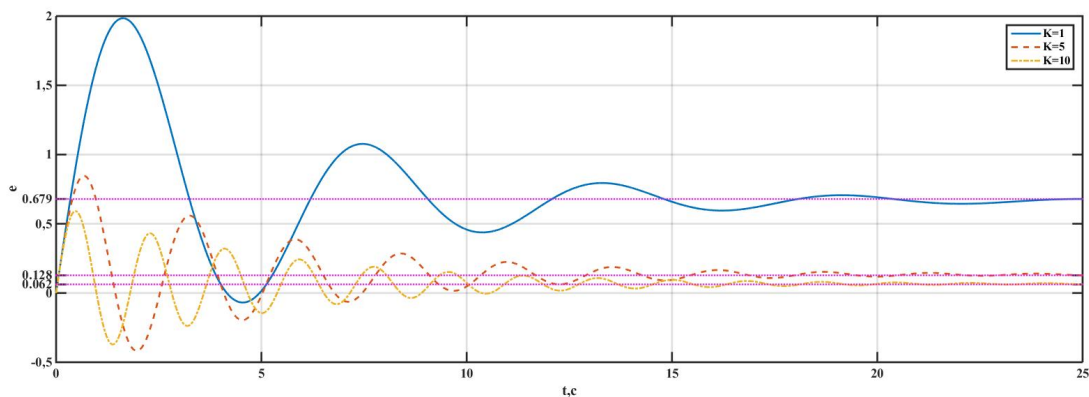


Рис. 10: График ошибки переходного процесса

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

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.

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

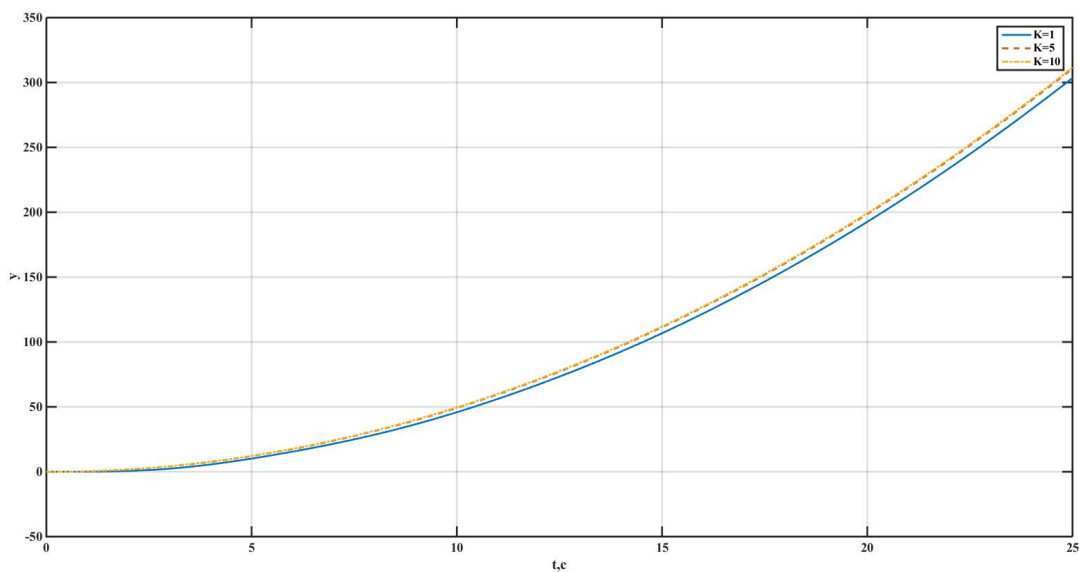


Рис. 11: График переходного процесса

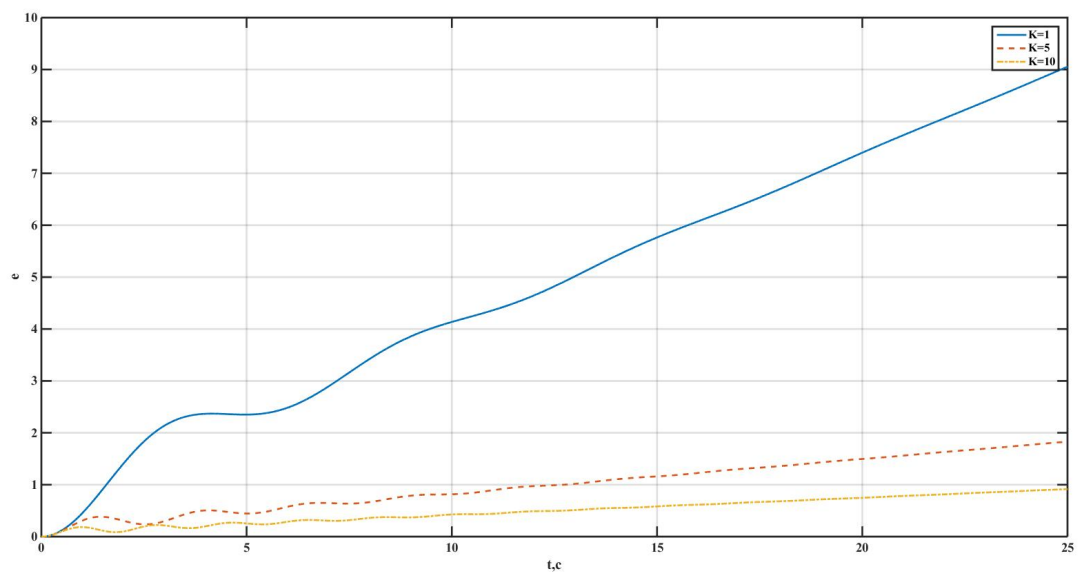


Рис. 12: График ошибки переходного процесса



## 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  $f_1 = 0.5, f_2 = 0.5$

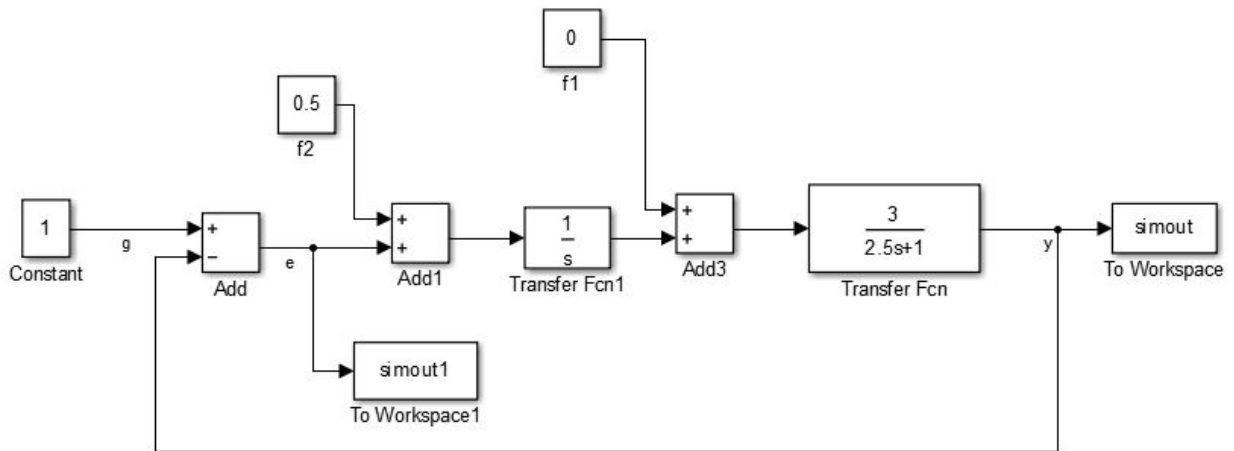


Рис. 13: Схема моделирования влияния внешних возмущений.

Зададим  $f_2(t) = 0, g(t) = 1(t)$

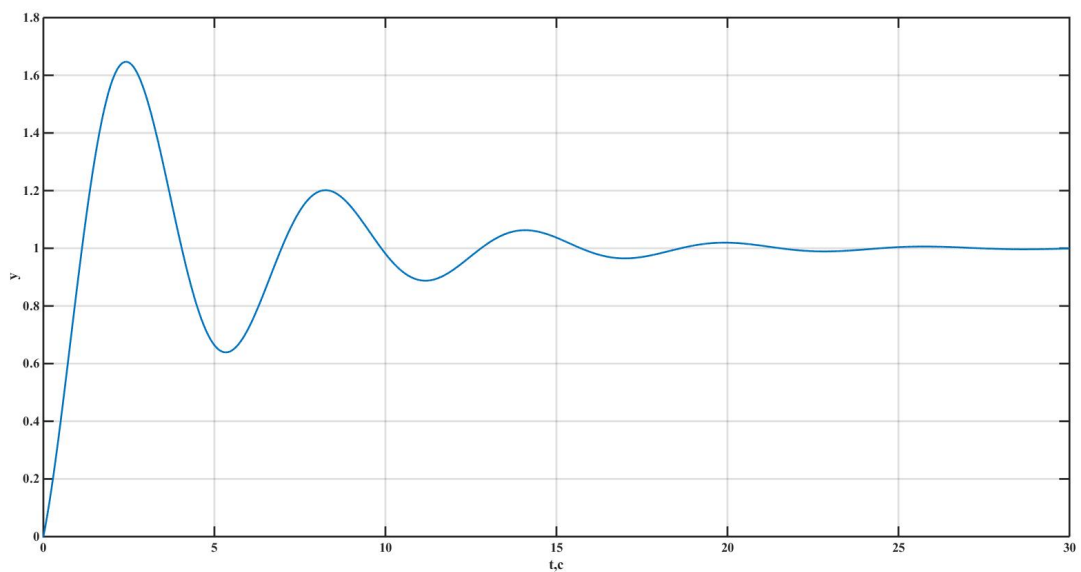


Рис. 14: График переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

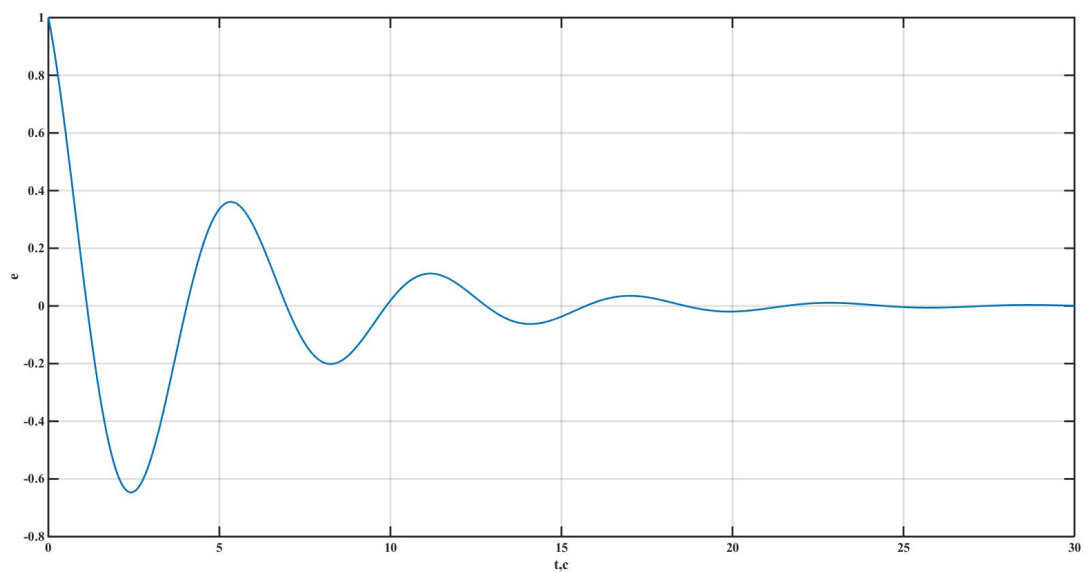


Рис. 15: График ошибки переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

Зададим  $f_1(t) = 0, g(t) = 1(t)$

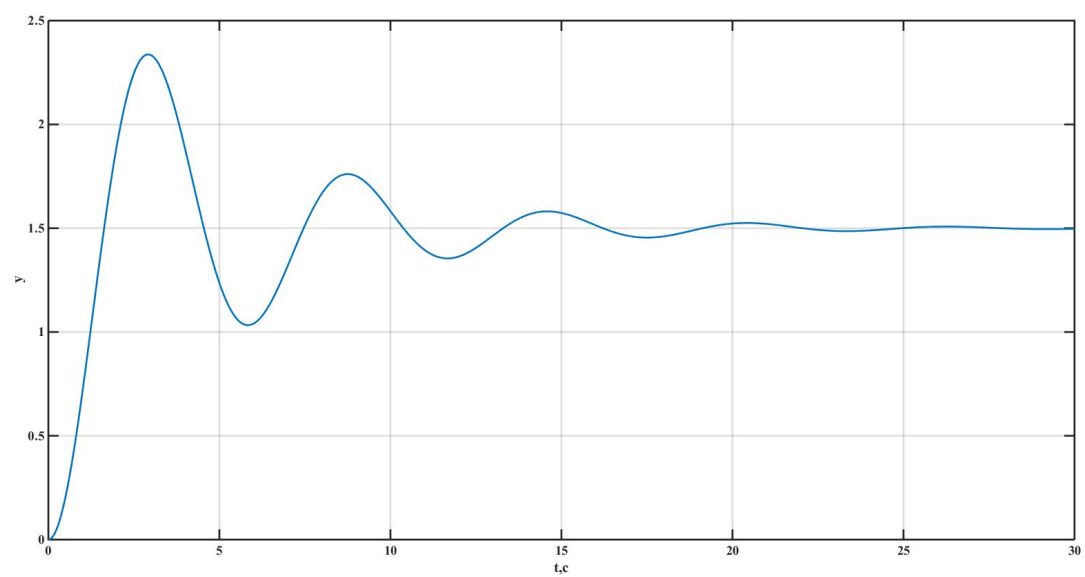


Рис. 16: График переходного процесса при  $f_1(t) = 0$

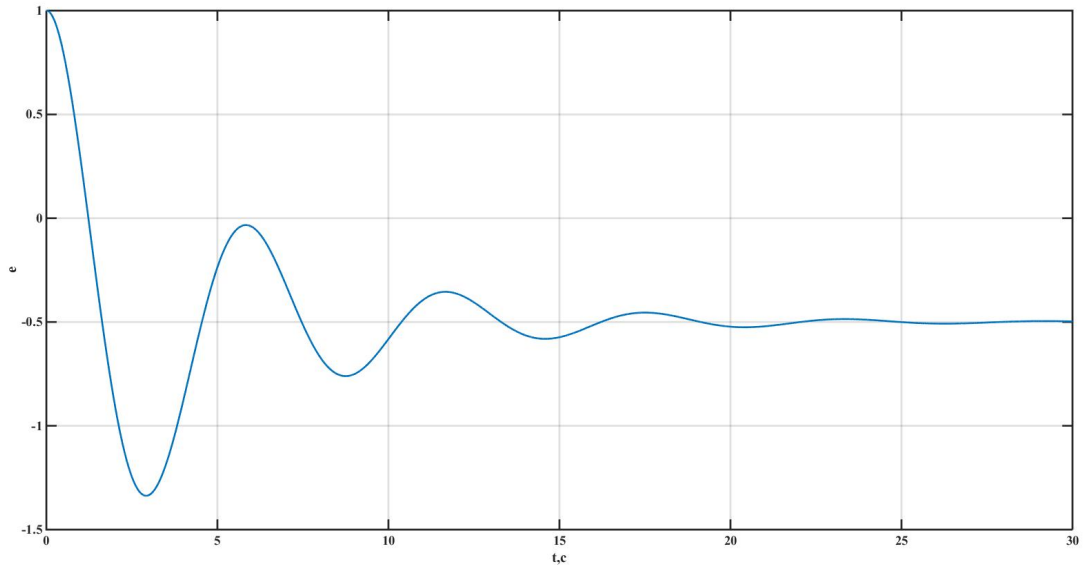


Рис. 17: График ошибки переходного процесса при  $f_1(t) = 0$

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

$$\varepsilon = \lim_{s \rightarrow 0} e(s) = -f1 \quad (4)$$

## 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:

$$H(s) = 1;$$

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

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

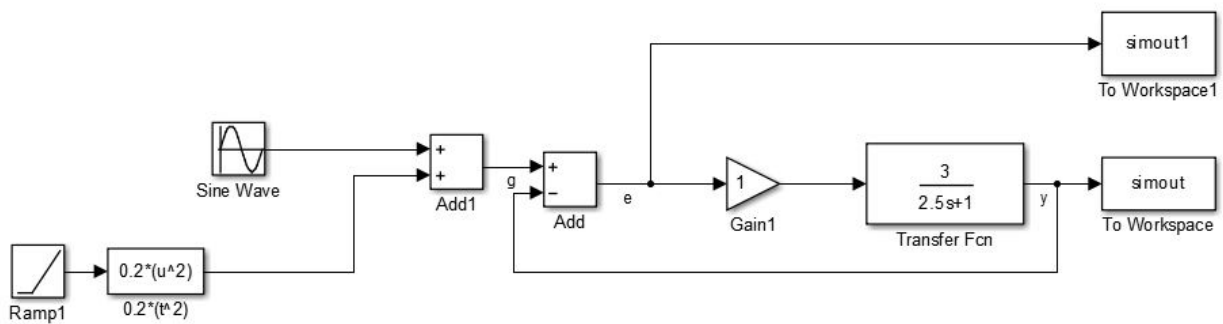


Рис. 18: Схема моделирования произвольного входного воздействия.

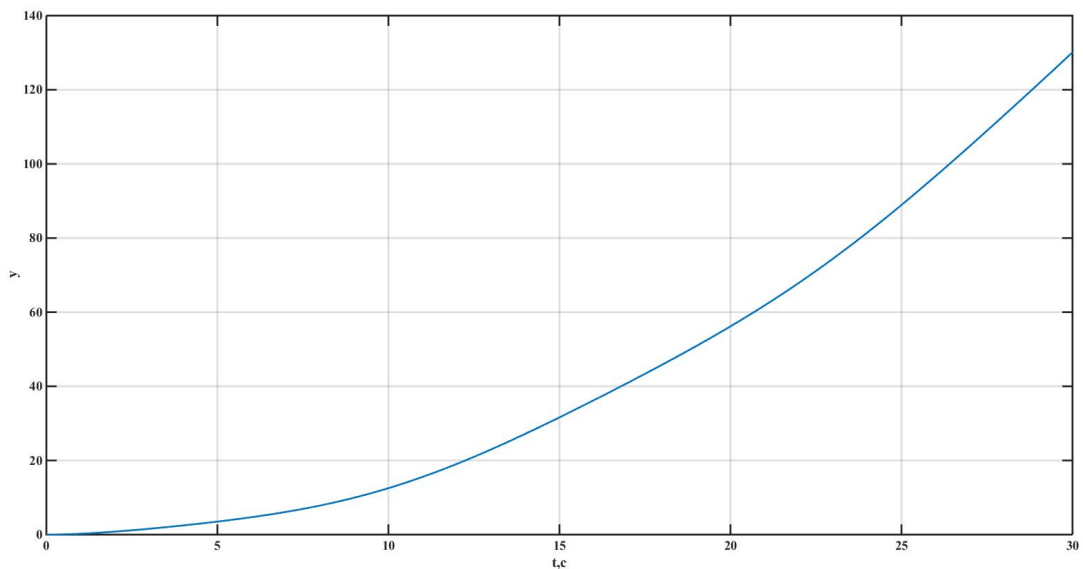


Рис. 19: График переходного процесса.

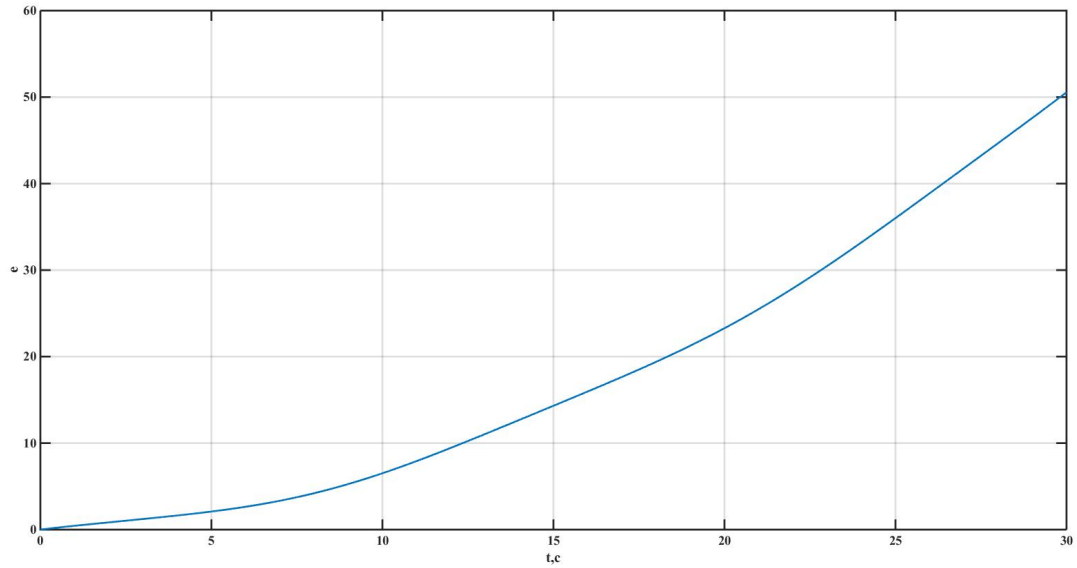


Рис. 20: График ошибки переходного процесса.

$e_y(t) \rightarrow \infty$ , 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.

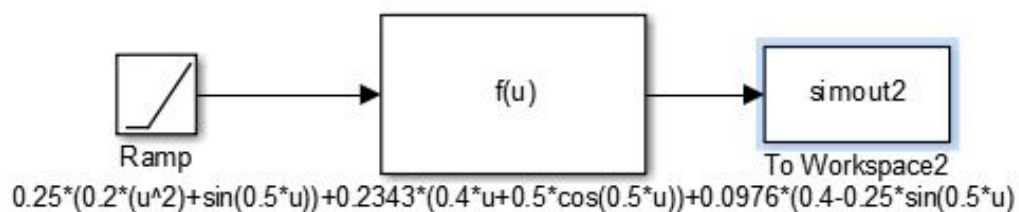


Рис. 21: Схема моделирование. Ряд Тейлора.

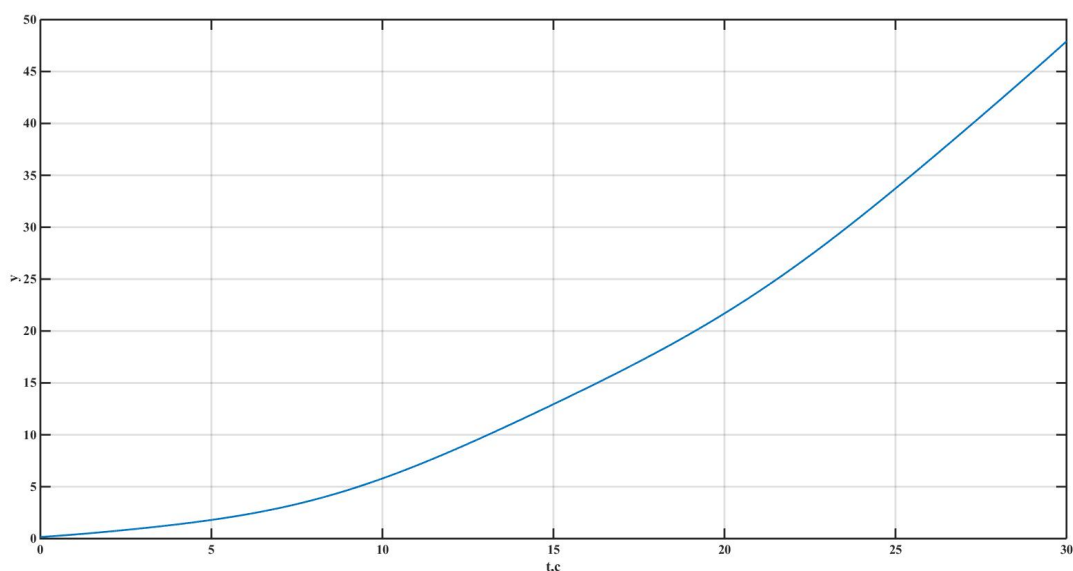


Рис. 22: График ошибки переходного процесса.

## Вывод.

В данной работе мы исследовали передаточные функции с различным 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.