

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 9

Проверил: \_\_\_\_\_ (подпись)

Выполнил: \_\_\_\_\_ (подпись)

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт-Петербург,

20\_\_ г.

Работа выполнена с оценкой \_\_\_\_\_

Дата защиты "\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Цель работы.** Исследование точностных свойств систем управления.

**Исследование системы с астатизмом нулевого порядка.** Исследуемая система:

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

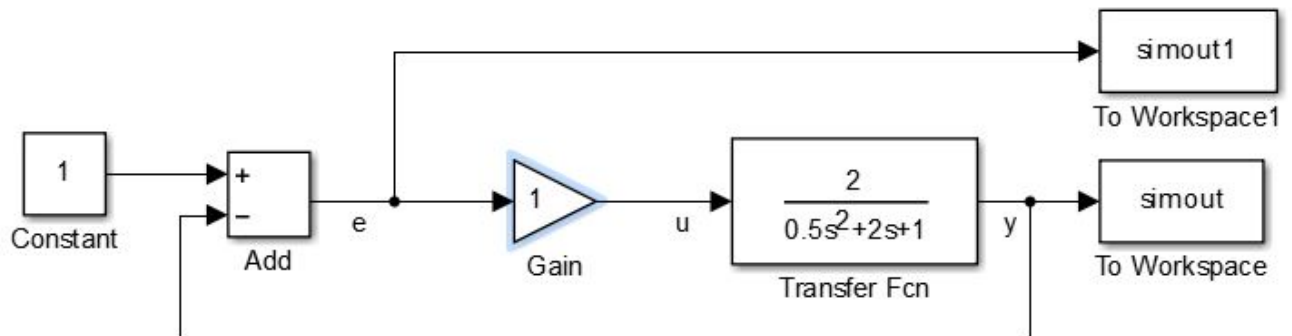


Рис. 1: Система с астатизмом нулевого порядка.

$g(t) = A$  – стационарный режим работы.  $A = 2$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=1$

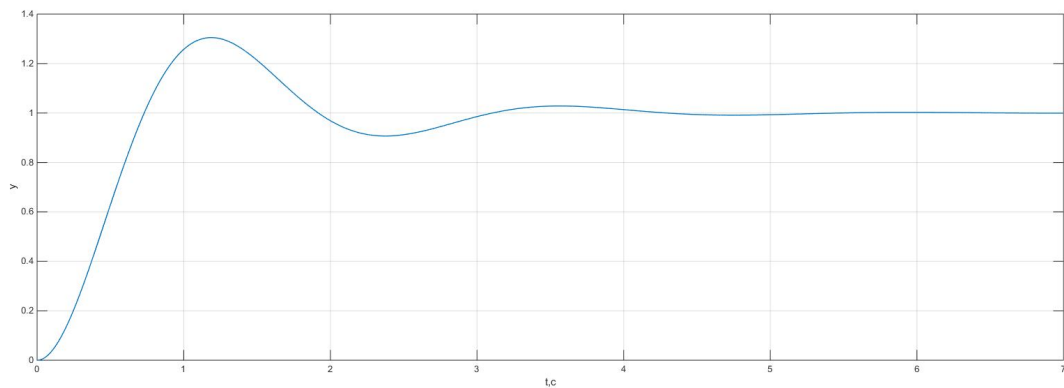


Рис. 2: График переходного процесса при  $K=1$

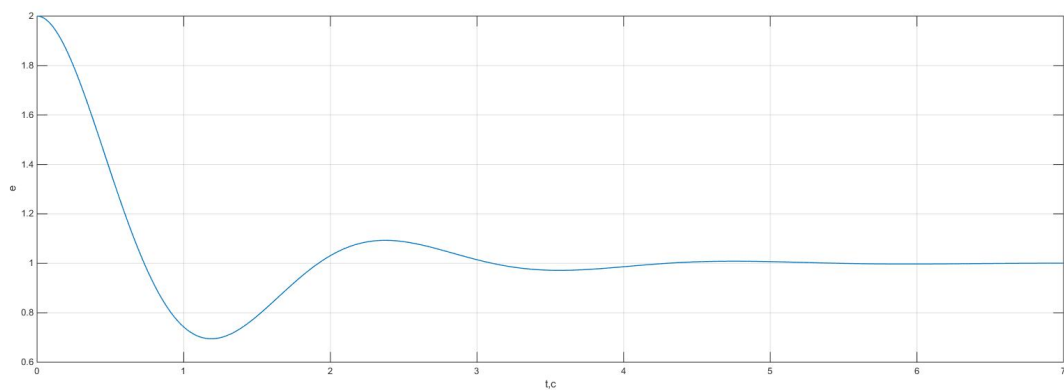


Рис. 3: График ошибки переходного процесса при  $K=1$

$$\epsilon = \frac{A}{1+k} = 2/(1+1) = 1$$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 1$ . Это значение равно значению, полученному аналитическим расчетом.

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=5$

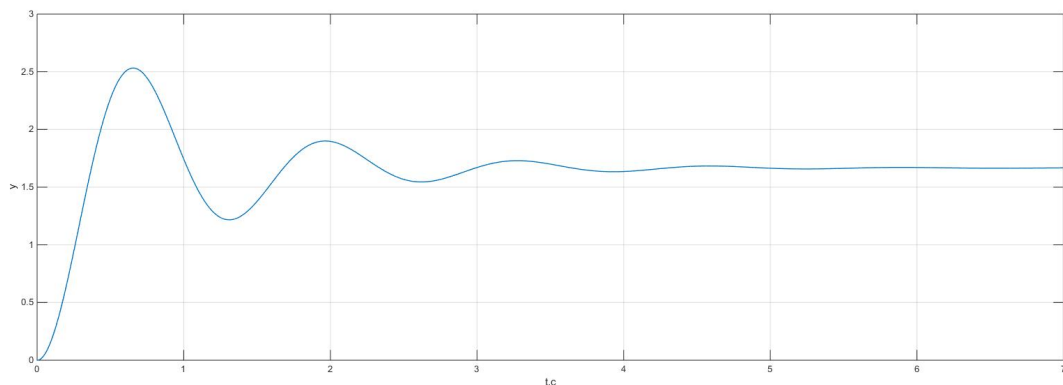


Рис. 4: График переходного процесса при  $K=5$

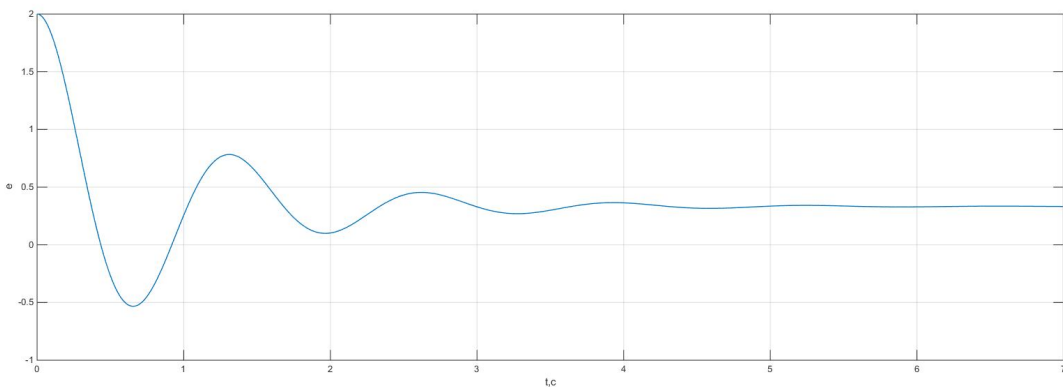


Рис. 5: График ошибки переходного процесса при  $K=5$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 0.33$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $\epsilon = \frac{A}{1+k} = 2/(1+5) = 0.33$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=10$

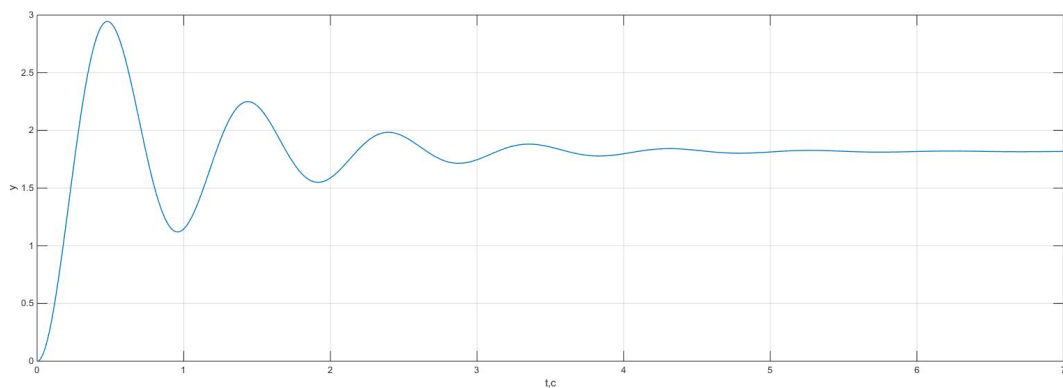


Рис. 6: График переходного процесса  $K=10$

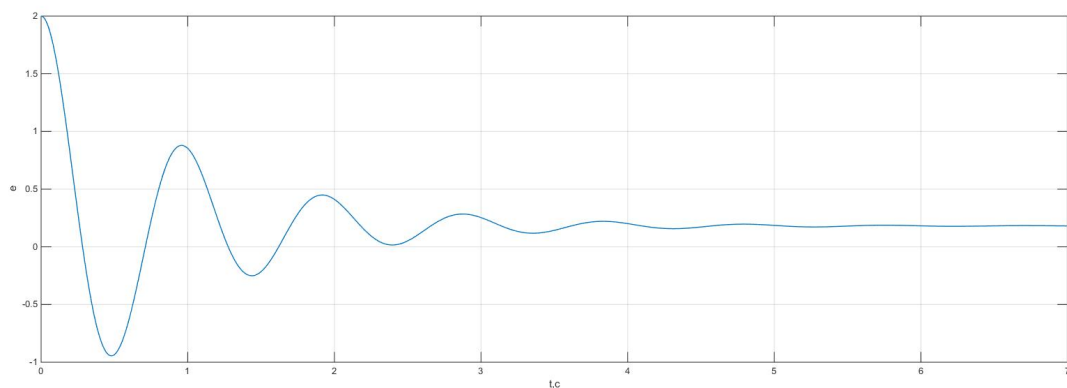


Рис. 7: График ошибки переходного процесса при  $K=10$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 0.2$ . Это значение очень близко к значению, полученному аналитическим расчетом:  $\epsilon = \frac{A}{1+k} = 2/(1+10) = 0.18$

K	1	5	10
$\epsilon$	1	0.33	0.18

Таблица 1: Зависимость коэффициента от ошибки

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

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=1$

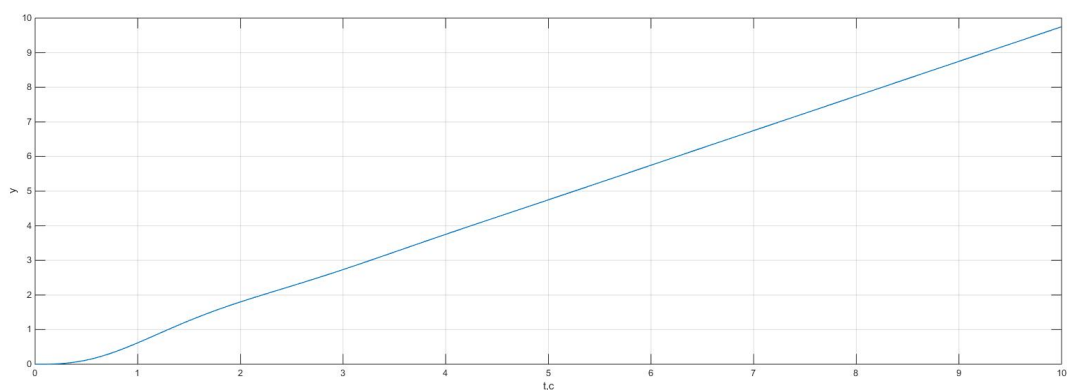


Рис. 8: График переходного процесса при  $K=1$

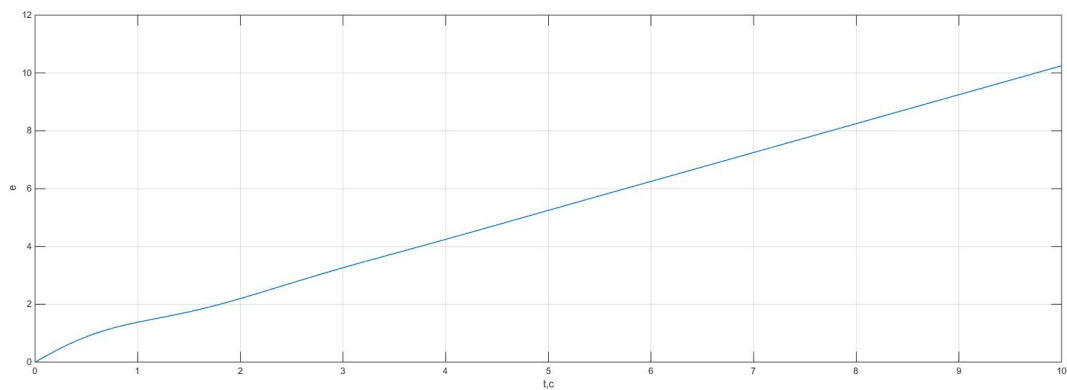


Рис. 9: График ошибки переходного процесса при  $K=1$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=5$

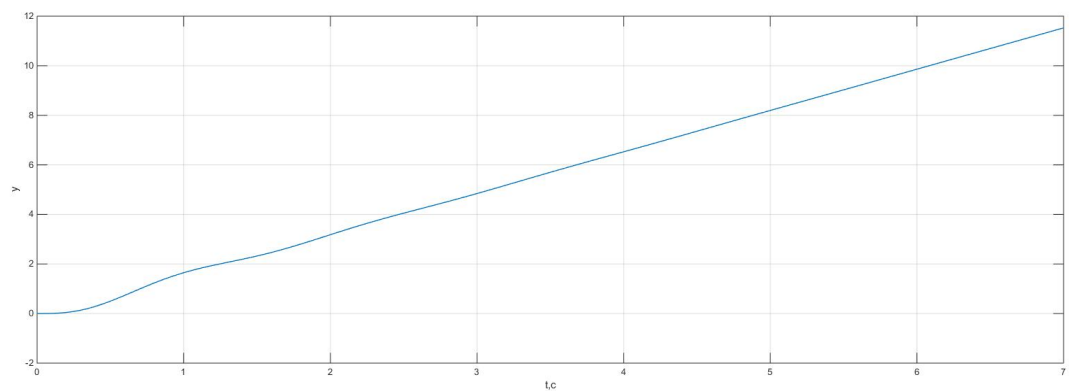


Рис. 10: График переходного процесса при  $K=5$

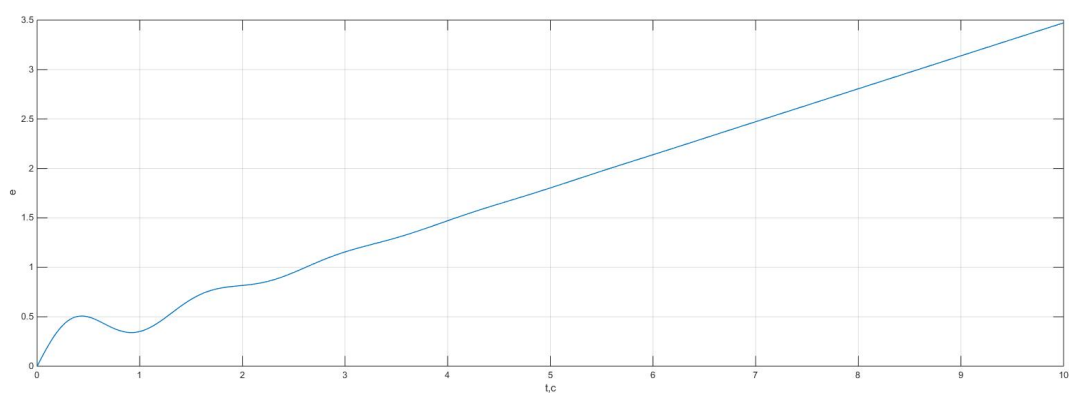


Рис. 11: График ошибки переходного процесса при  $K=5$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=10$

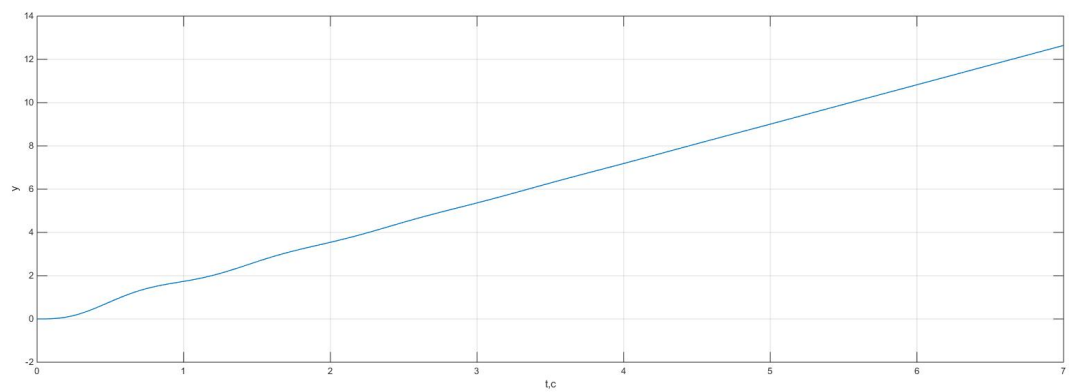


Рис. 12: График переходного процесса при  $K=10$

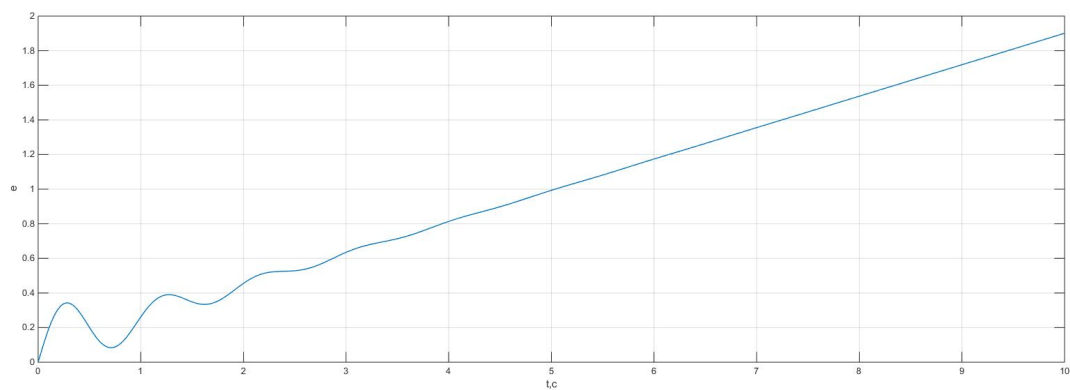


Рис. 13: График ошибки переходного процесса при K=10

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

Во всех случаях  $\epsilon \rightarrow \infty$

**Вывод.** СУ с нулевым порядком астатизма неспособна отработать изменяющееся задающее воздействие без ошибок, причем с течением времени ошибка увеличивается.

**Исследование системы с астатизмом первого порядка.** Исследуемая система:  $W(s) = \frac{s+2}{0.5s^2+s+2}$

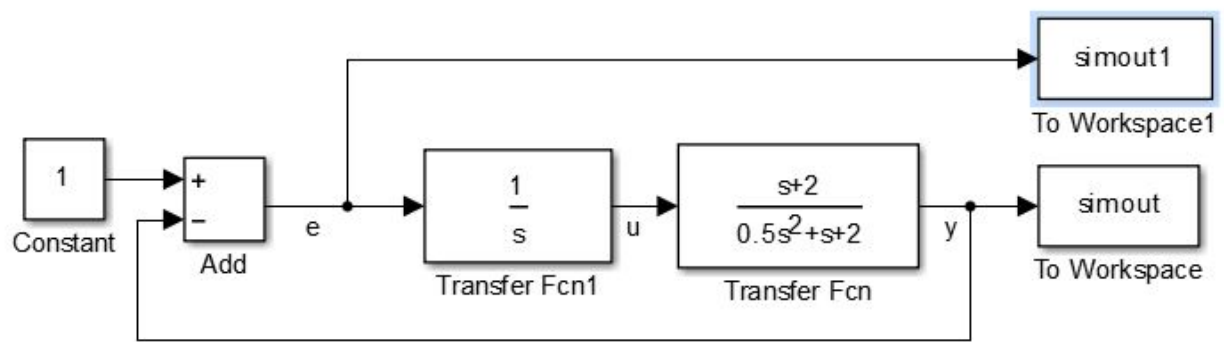


Рис. 14: Система с астатизмом первого порядка.

$g(t) = A$  – стационарный режим работы.  $A = 2$ .

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=1$

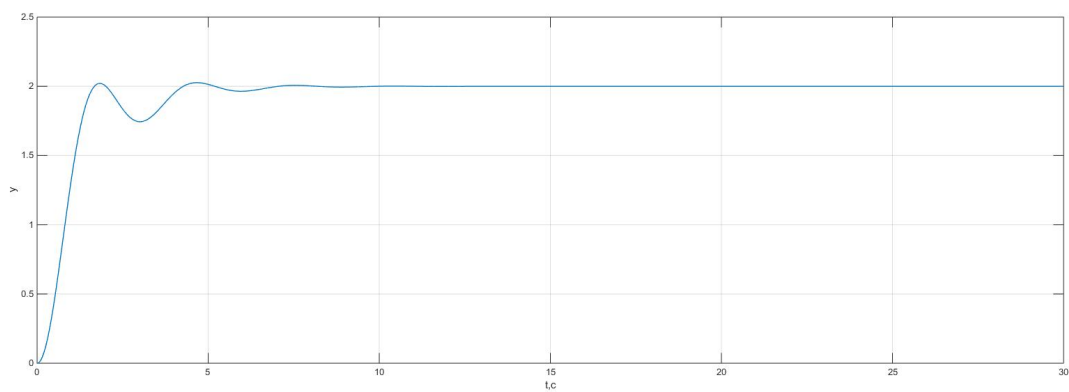


Рис. 15: График переходного процесса при  $K=1$

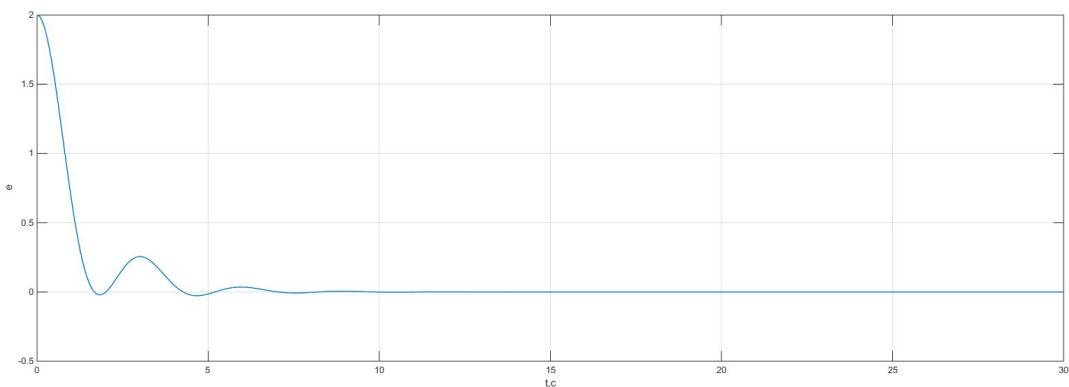


Рис. 16: График ошибки переходного процесса при  $K=1$

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

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=5$

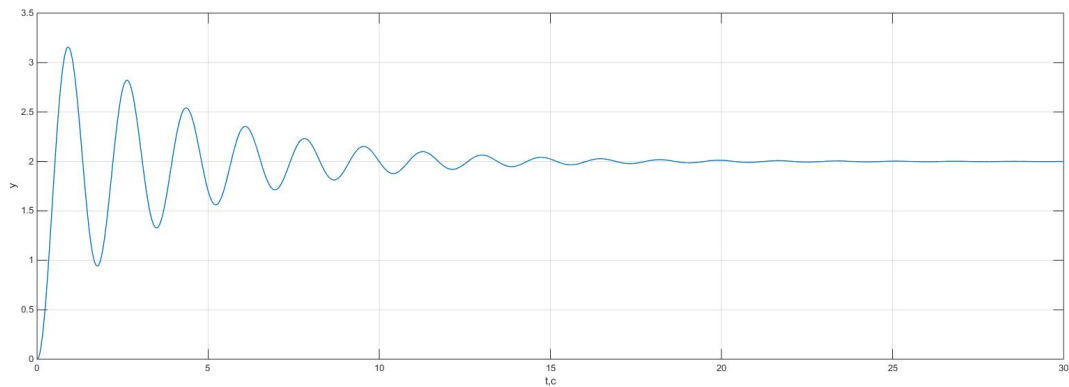


Рис. 17: График переходного процесса при  $K=5$

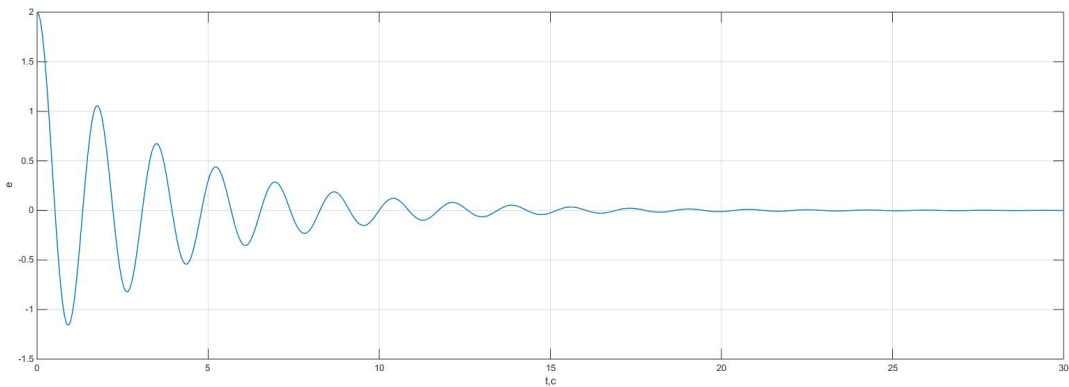


Рис. 18: График ошибки переходного процесса при  $K=5$

$$\epsilon_y(t) = 0$$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=10$

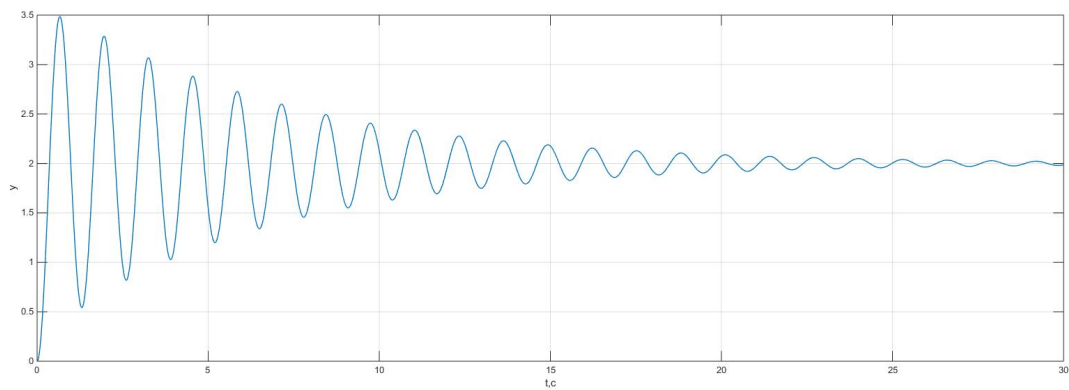


Рис. 19: График переходного процесса при  $K=10$



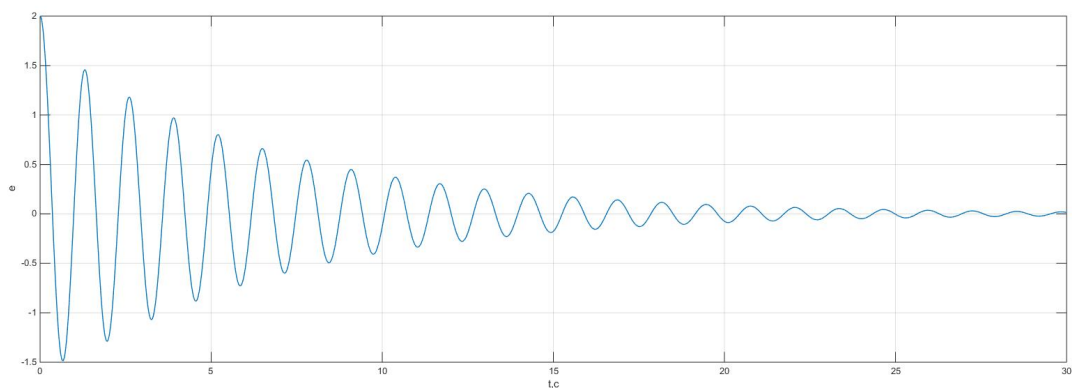


Рис. 20: График ошибки переходного процесса при  $K=10$

$$\epsilon_y(t) = 0$$

Во всех трех случаях  $\epsilon = 0$

**Вывод.** СУ с астатизмом первого порядка (и выше) отрабатывает постоянное задающее воздействие с нулевой установившейся ошибкой.

$$g(t) = Vt \text{ — движение с постоянной скоростью. } V = 2; \epsilon = \frac{V}{K}$$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=1$

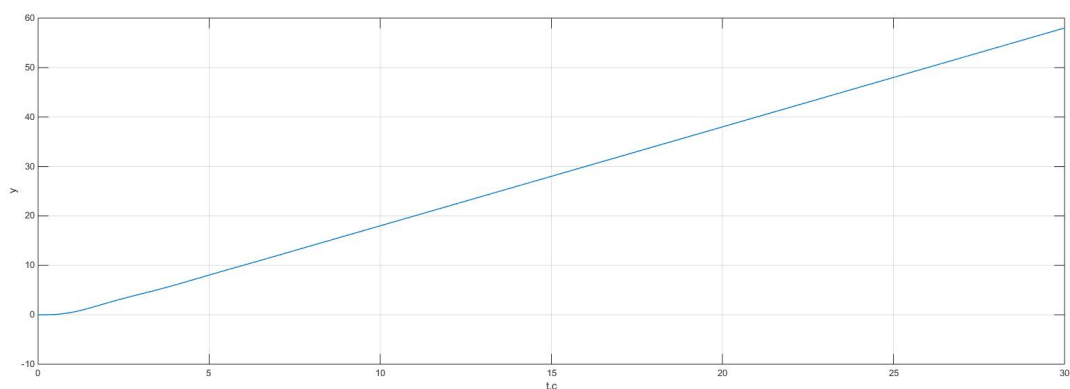


Рис. 21: График переходного процесса при  $K=1$

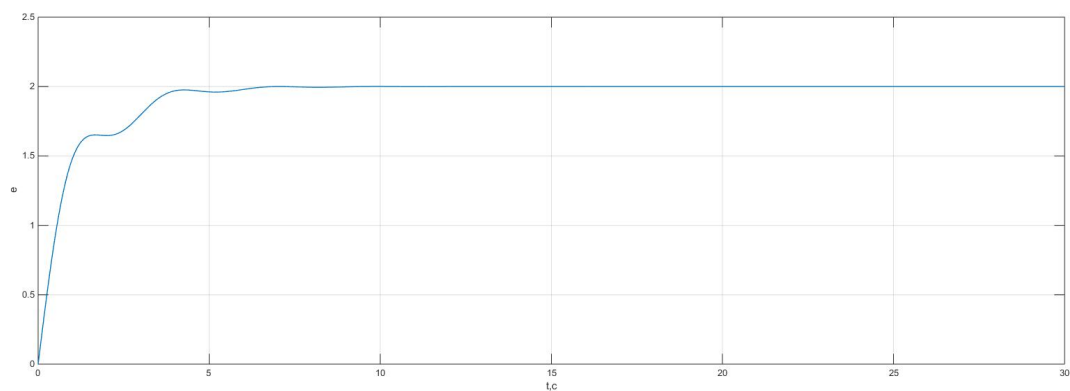


Рис. 22: График ошибки переходного процесса при  $K=1$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 2$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $\epsilon_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s+k} V = \frac{V}{k} = 2$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=5$

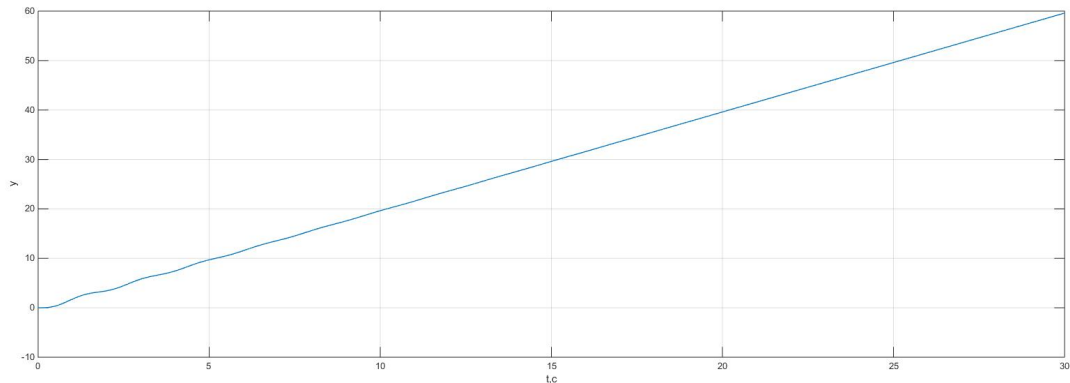


Рис. 23: График переходного процесса при  $K=5$

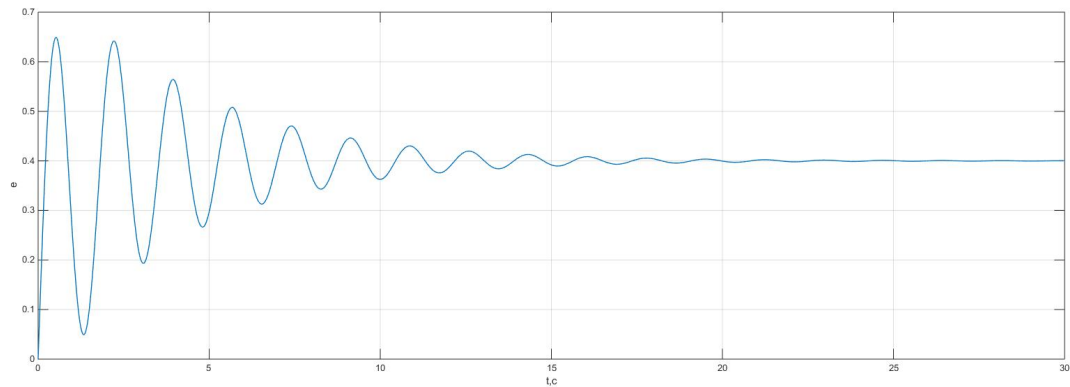


Рис. 24: График ошибки переходного процесса при  $K=5$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 0.4$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $\epsilon_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s+k} V = \frac{V}{k} = 0.4$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=10$

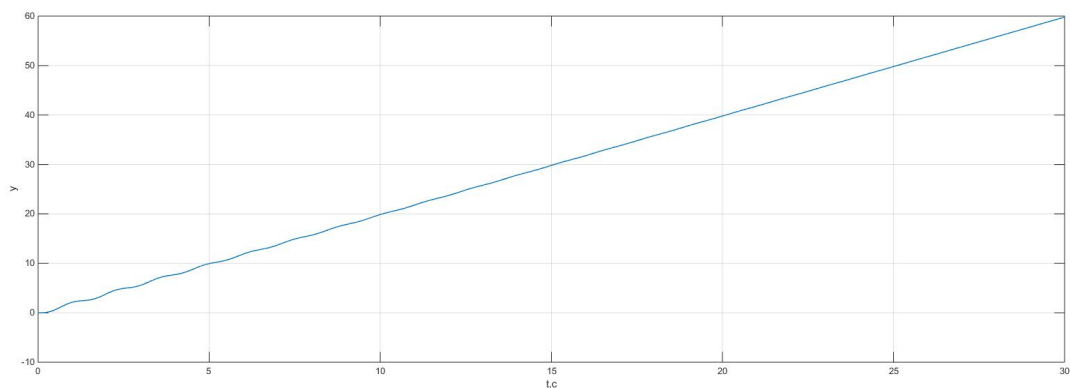


Рис. 25: График переходного процесса при  $K=10$

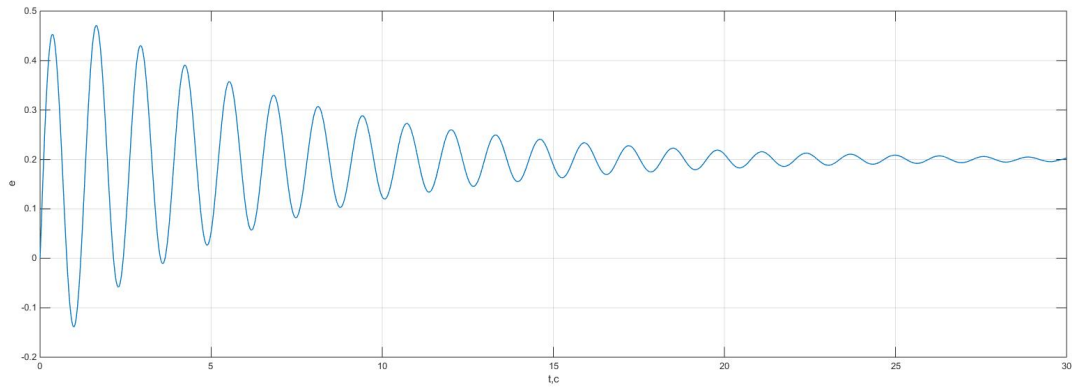


Рис. 26: График ошибки переходного процесса при  $K=10$

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $\epsilon_y(t) = 0.2$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $\epsilon_y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{s+k} V = \frac{V}{k} = 0.2$

K	1	5	10
$\epsilon$	2	0.4	0.2

Таблица 2: Зависимость коэффициента от ошибки

**Вывод.** У системы управления (СУ) с первым порядком астатизма при линейно изменяющемся задающем воздействии ( $Vt$ ) установившаяся ошибка равна  $\epsilon = V/K$

$g(t) = at^2/2$  – движение с постоянным ускорением.

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=1$

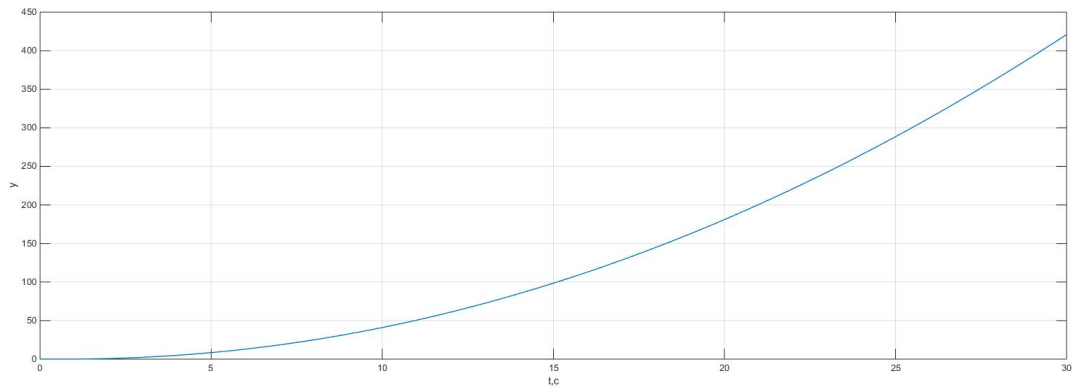


Рис. 27: График переходного процесса при  $K=1$

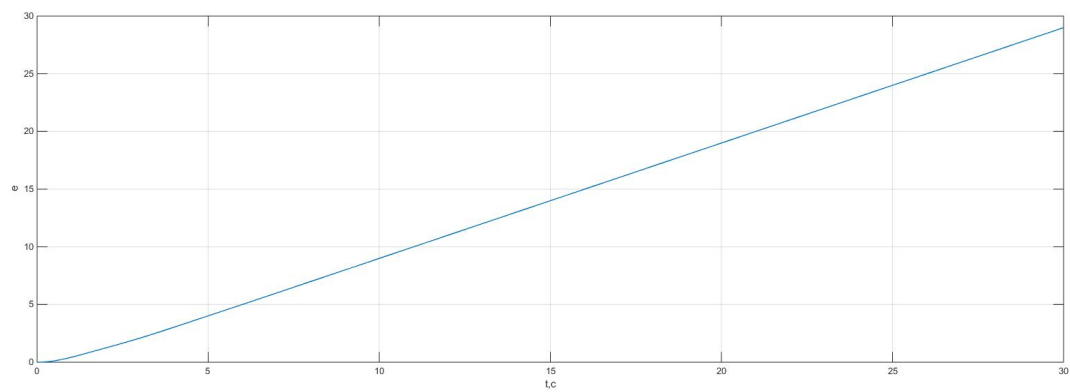


Рис. 28: График ошибки переходного процесса при  $K=1$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=5$

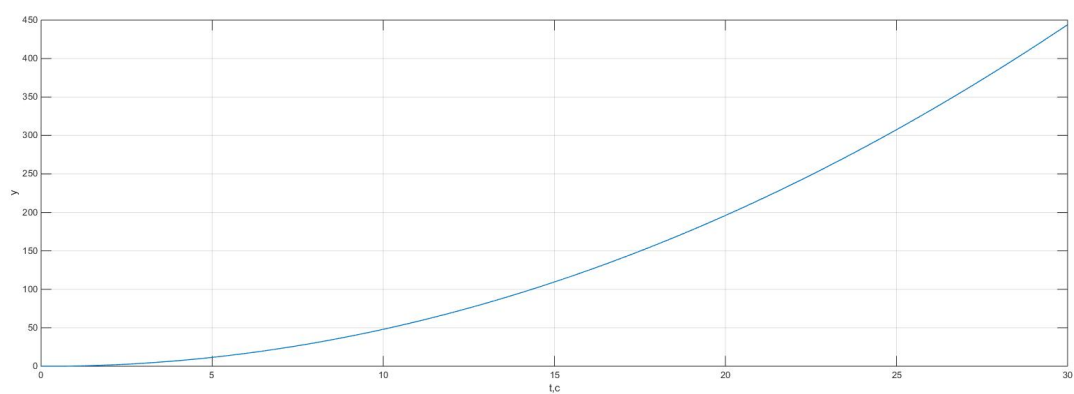


Рис. 29: График переходного процесса при  $K=5$

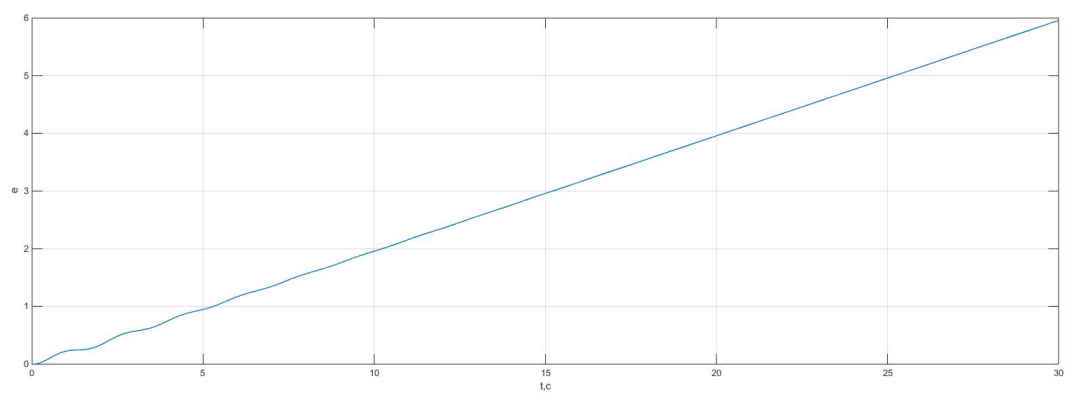


Рис. 30: График ошибки переходного процесса при  $K=5$

Рассмотрим переходные процессы  $Y(t)$  и  $e(t)$  при  $K=10$

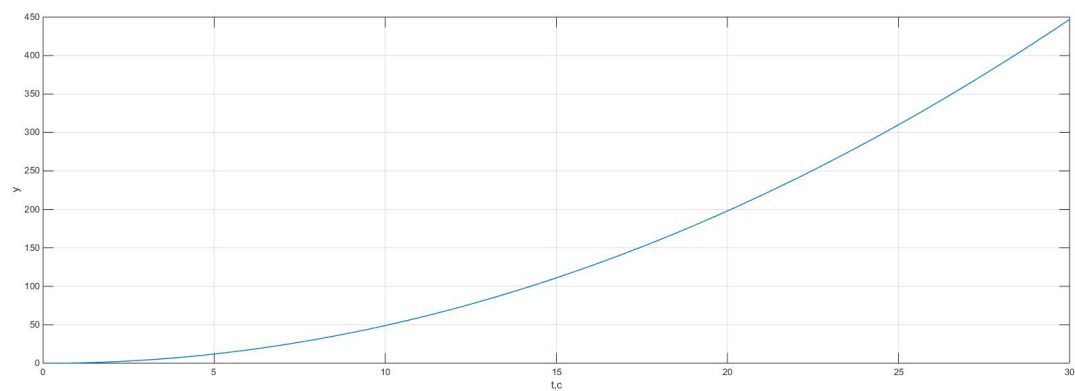


Рис. 31: График переходного процесса при  $K=10$

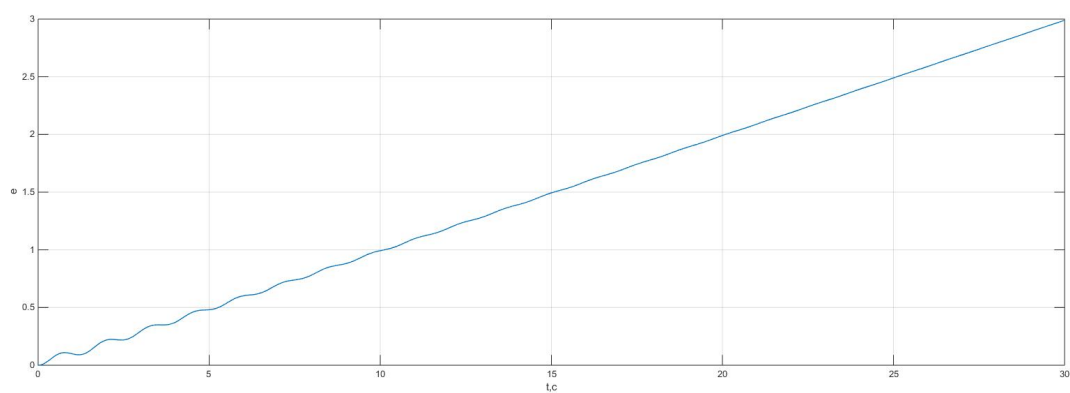


Рис. 32: График ошибки переходного процесса при  $K=10$

### Исследование влияния внешних возмущений.

$$f_1 = 2, f_2 = 0.5$$

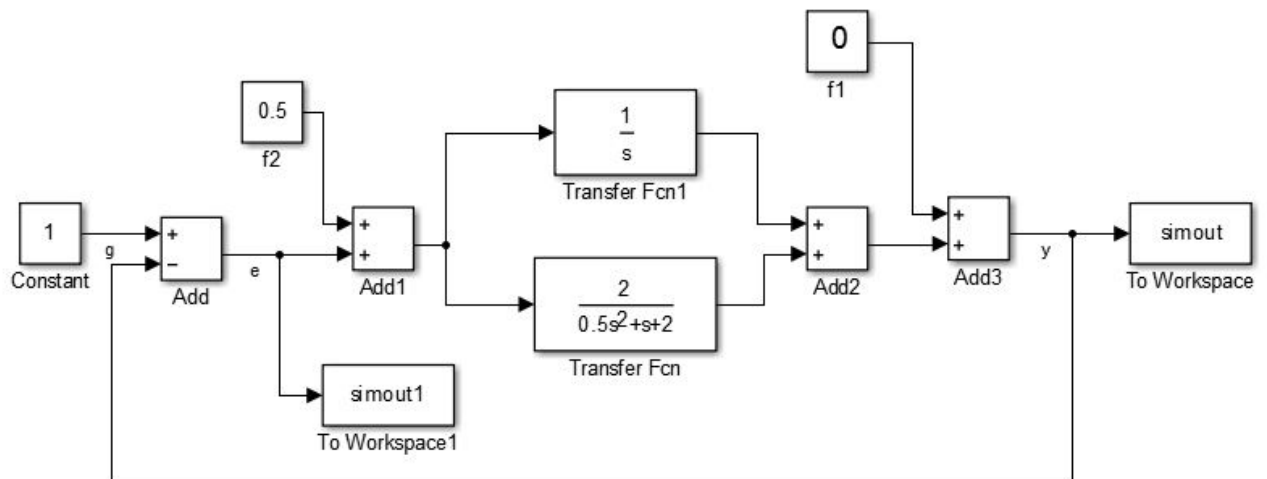


Рис. 33: Схема моделирования влияния внешних возмущений.

Зададим  $f_2(t) = 0, g(t) = 1(t)$

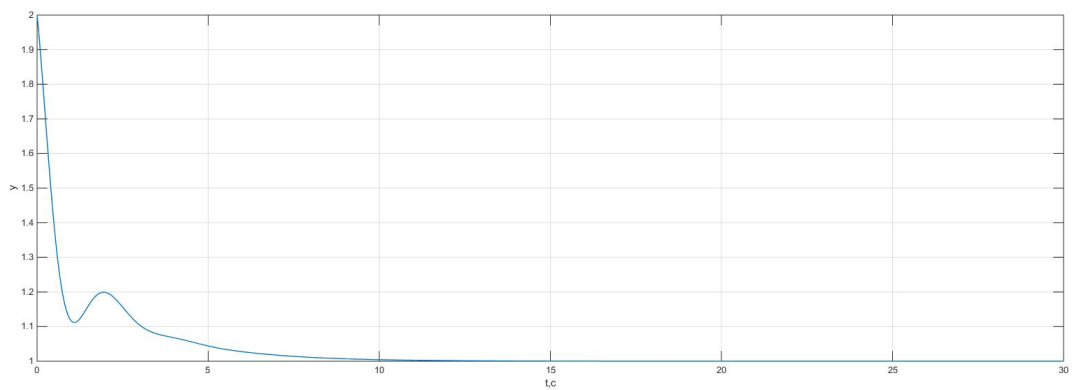


Рис. 34: График переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

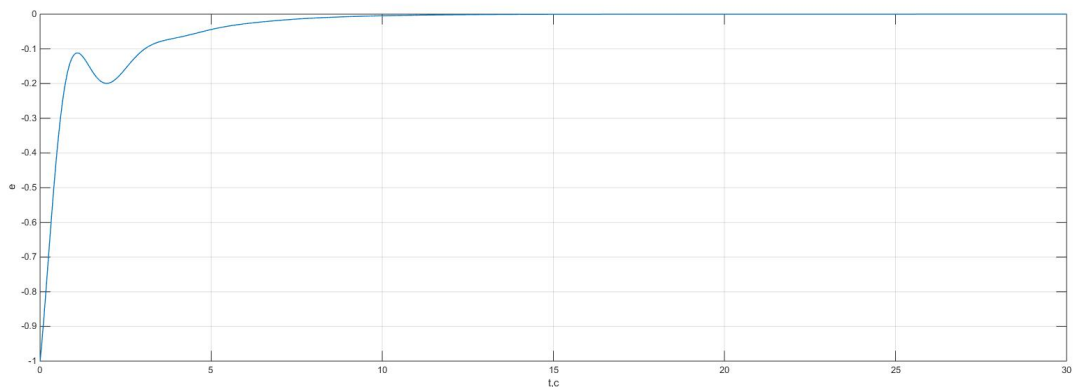


Рис. 35: График ошибки переходного процесса при  $f_2(t) = 0$

Зададим  $f_1(t) = 0, g(t) = 1(t)$

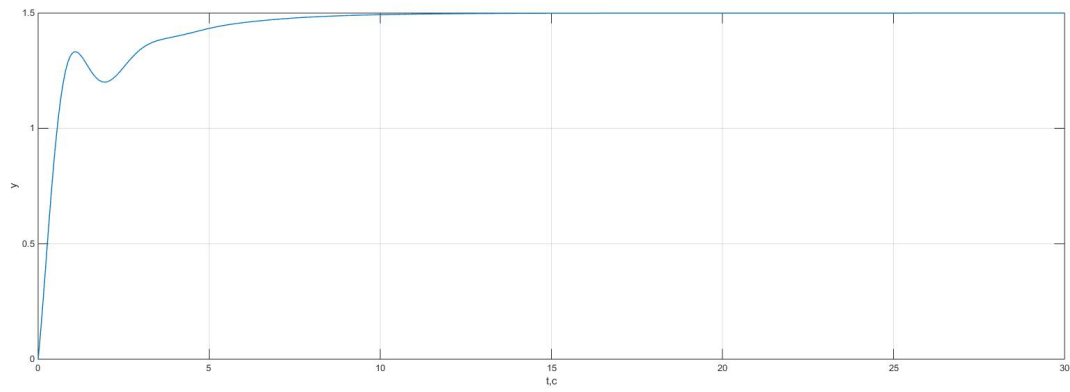


Рис. 36: График переходного процесса.

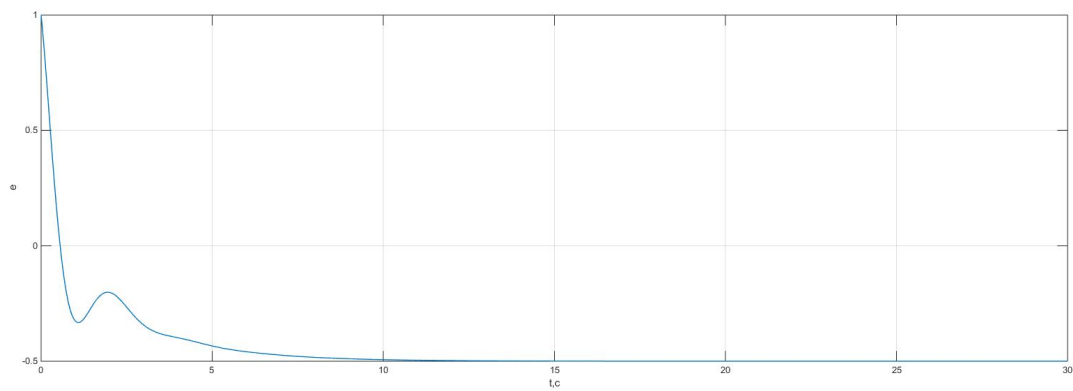


Рис. 37: График ошибки переходного процесса.

Из графика видно, что предельное значение установившейся ошибки  $e_y(t) = -0.5$ . Это значение подтверждается аналитическим расчетом:  $e_y(t) = F_2 = -0.5$

**Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии.** Рассмотрим систему при:

$$H(s) = 1;$$

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

$$g(t) = 2 + 0.1t^2;$$

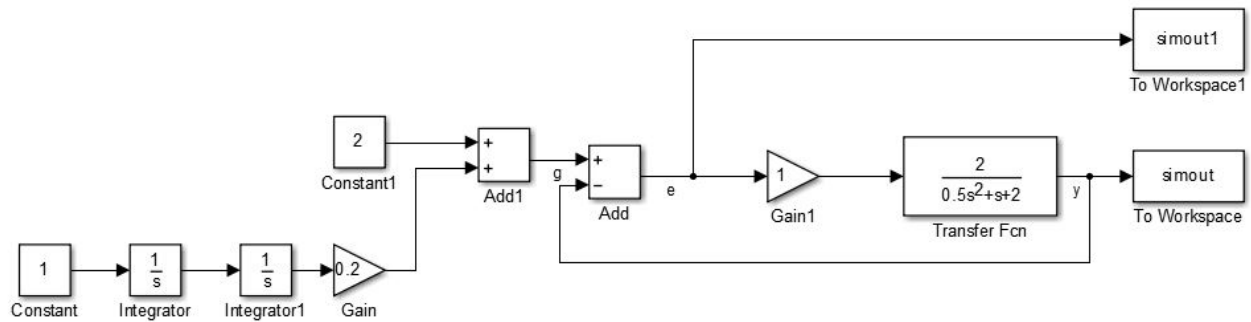


Рис. 38: Схема моделирования произвольного входного воздействия.

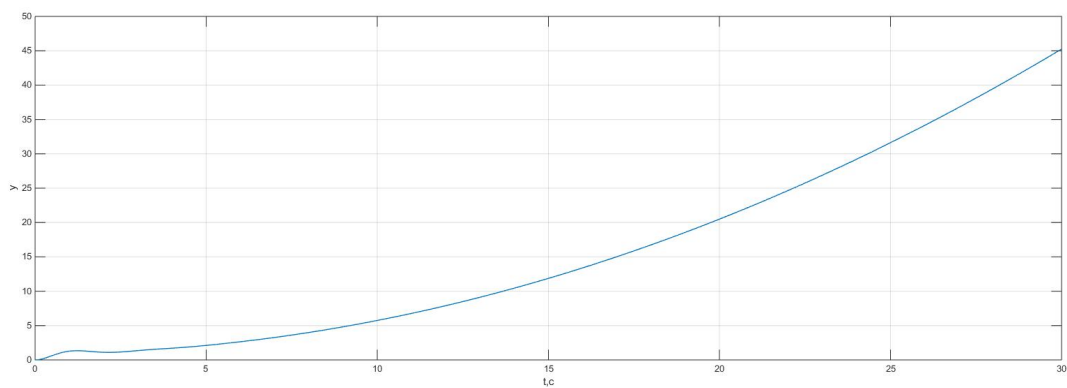


Рис. 39: График переходного процесса.

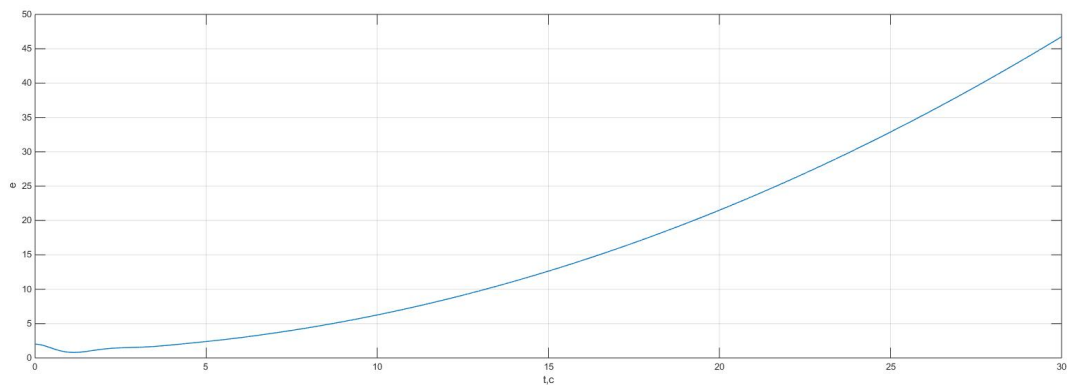


Рис. 40: График ошибки переходного процесса.



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

$e_y(t) = c_0 g(t) + c_1 \frac{d}{dt} g(t) + \frac{c_2}{2!} \frac{d^2}{dt^2} g(t) + \dots$  - 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).

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

$$\Phi_e(s) = \frac{0.5s^2 + s + 2}{0.5s^2 + s + 4}$$

$$c_0 = \Phi_e(s)|_{s=0} = 0.5$$

$$c_1 = 0.125$$

$$c_2 = 0.375$$

$$e_y(t) = 0.5(2 + 0.1t^2) + 0.125 * 0.1t + 0.125 * 0.1$$

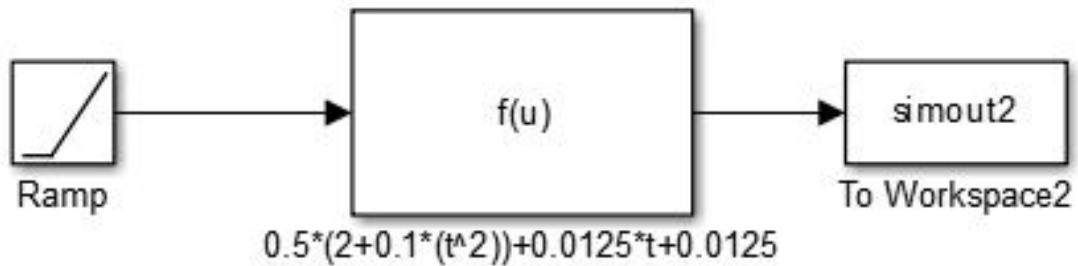


Рис. 41: Схема моделирование. Ряд Тейлора.

При  $t = 0, e_s(t) = 0.125$

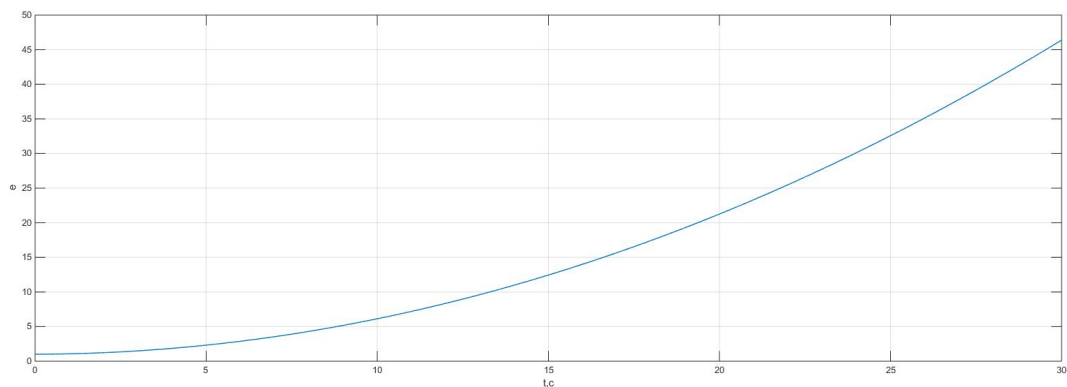


Рис. 42: График ошибки переходного процесса.

**Вывод.** В данной работе мы исследовали передаточные функции с различным астатизмом, при наличии внешних возмущений и без них. Получили установившиеся значения ошибки и сигнала. Проведенные исследования показали, что когда сигнал  $g = A$ , при увеличении коэффициента усиления  $K$ , ошибка стремится к нулю. Также на факт наличия или отсутствия установившейся ошибки влияет порядок астатизма. При увеличении порядка астатизма ошибка исчезает, становится равной нулю. Сильно влияют и внешние возмущения, при их наличии входной сигнал увеличивается.