#### 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 <u>Р3340</u>

### Лабораторная работа №7 "Анализ точности систем управления" Вариант - 11

Выполнил		(подпись
	(фамилия, и.о.)	
Проверил		(подпись)
	(фамилия, и.о.)	
"" 20г.	Санкт-Петербург,	20г.
Работа выполнена с оценкой		
Hama payyymy !! !!	20 -	

### Цель работы

Исследование точностных свойств систем управления.

### 1 Исследование системы с астатизмом нулевого порядка

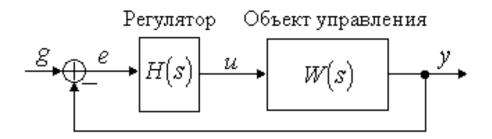


Рис. 1: Структурная схема моделируемой системы

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

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

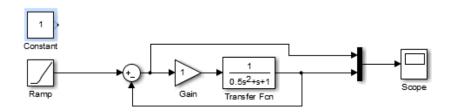


Рис. 2: Схема моделирования

### 1.1 Исследование стационарного режима работы при $\mathbf{g}(\mathbf{t}) = 2$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

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

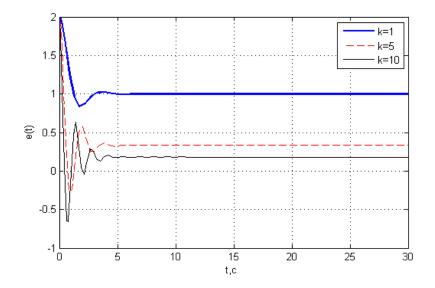


Рис. 3: Графика ошибки e(t)

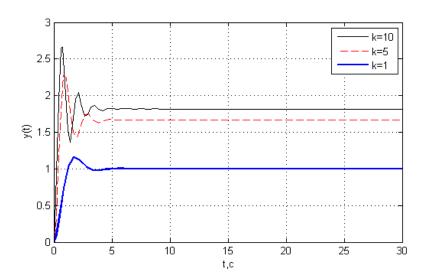


Рис. 4: Графика переходных процессов

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

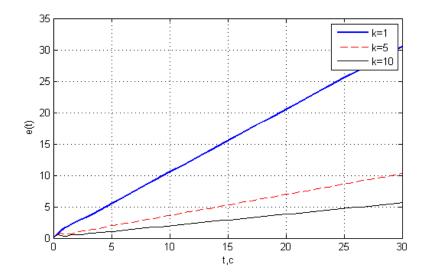


Рис. 5: Графика ошибки e(t)

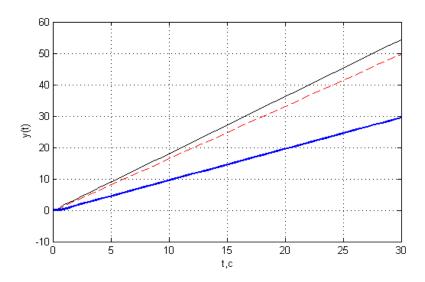


Рис. 6: Графика переходных процессов

### 2 Исследование системы с астатизмом первого порядка.

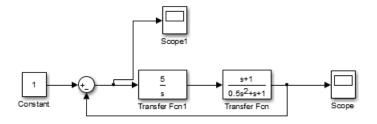


Рис. 7: Схема моделирования

#### 2.1 Исследование стационарного режима работы при $\mathbf{g}(\mathbf{t}) = 2$

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

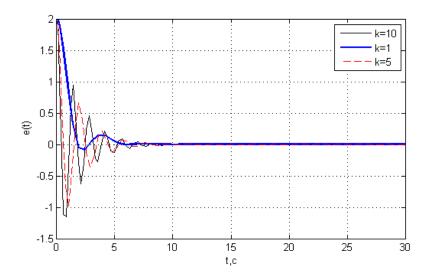


Рис. 8: Графика ошибки e(t)

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

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки

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

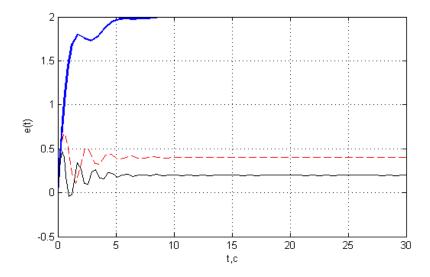


Рис. 9: Графика ошибки e(t)

таким образом, найдём ощибки 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

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

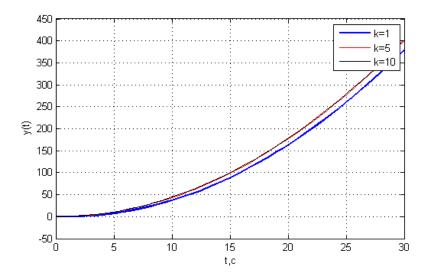


Рис. 10: Графика переходных процессов

### 3 Исследование влияния внешних возмущений

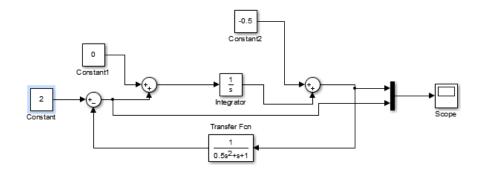


Рис. 11: Схема моделирования

Рассчитаем предельное значение установившейся ошибки:

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

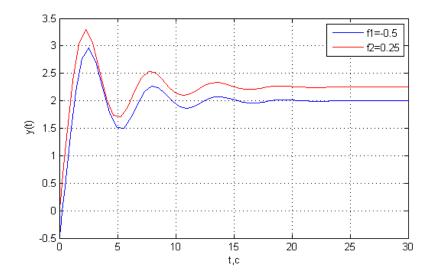


Рис. 12: Графика переходных процессов

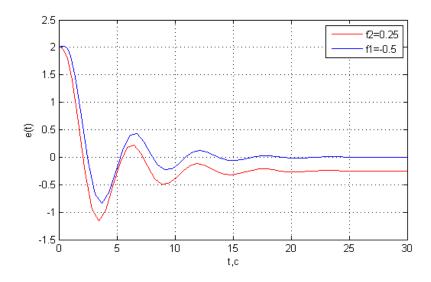


Рис. 13: Графика ошибки e(t)

# 4 Исследование установившейся ошибки при произвольном входном воздействии

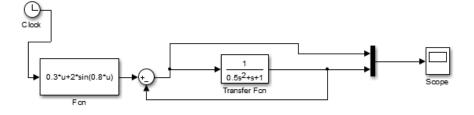


Рис. 14: Схема моделирования

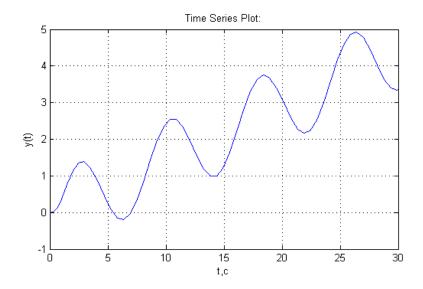


Рис. 15: Графика переходного процесса

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:

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

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

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

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

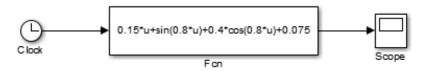


Рис. 16: Схема моделирования

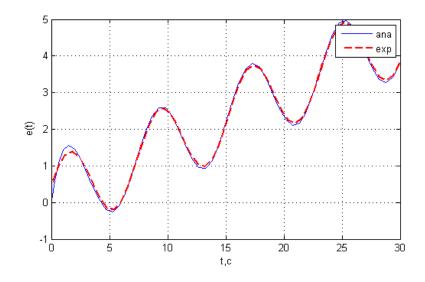


Рис. 17: Графика экспериментальной и аналитически вычисленной ощибок  $\mathrm{e}(\mathrm{t})$ 

### 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.