

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА  
УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННО ВИСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.А. Резников  
И.А. Тарасова  
И.В. Дорохов

## **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Методические указания  
к индивидуальным работам

Рассмотрено на заседании кафедры  
«Компьютеризированные системы  
управления»,  
протокол № 5 от 24.12.2012

Утверждено на заседании  
учебно-издательского совета ДонНТУ  
протокол № 1 от 21.02.13

Донецк  
2013

**УДК 681.5**

**Резников В.А., Тарасова И.А., Дорохов И.В.**

Методические указания к индивидуальным работам по курсу «Системы автоматического управления». – Донецк: ДонНТУ, 2013 – 16 с.

Данное методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Компьютеризованные системы управления» и изучающих дисциплины «Теория автоматического управления» и «Проектирование и наладка систем управления».

Пособие также может быть использовано студентами специальности «Системный анализ и управление», изучающими дисциплину «Теория управления».

В пособие включены индивидуальные задания, выполняемые студентами самостоятельно.

Пособие направлено на успешное усвоение студентами теоретического материала и выработку у них практических навыков анализа и синтеза систем автоматического управления.

УДК 681.5

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

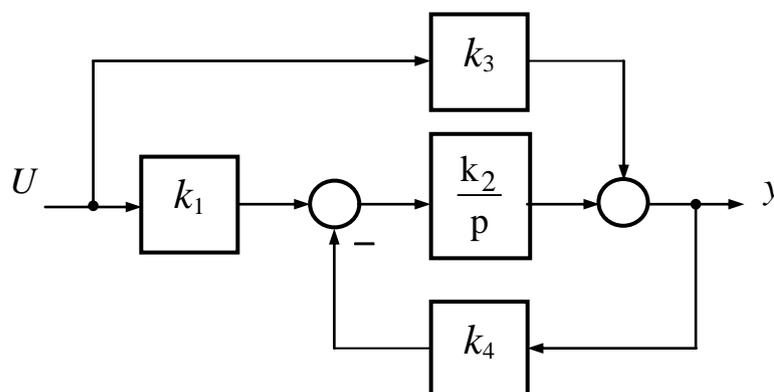
### Требования к выполнению и оформлению индивидуальных работ

1. Анализ и синтез линейных и нелинейных систем автоматического управления должен быть проведен с использованием программного комплекса «Моделирование в технических устройствах (МВТУ)».
2. Отчеты о работах должны содержать:
  - структурные схемы объектов управления и САУ;
  - характеристики нелинейностей;
  - таблицы с численными значениями параметров систем;
  - задания;
  - результаты аналитических расчетов;
  - схемы моделей;
  - результаты моделирования в виде соответствующих графиков с пояснениями;
  - выводы.
3. Отчеты должны быть оформлены в соответствии с действующими методическими указаниями.

### Работа № 1. Анализ динамики линейных объектов управления

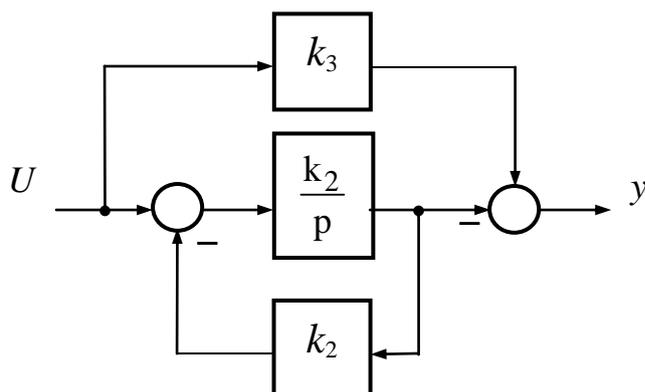
1. Построить модели объектов управления в соответствии с приведенными структурными схемами.
2. Определить вид и основные параметры переходных процессов.
3. Определить основные параметры амплитудно-частотных характеристик (АЧХ).
4. Сформировать передаточные функции объектов управления (как единых элементов) и определить численные значения их параметров.
5. Используя полученные передаточные функции, дать объяснения графикам переходных процессов и АЧХ.

#### Вариант I



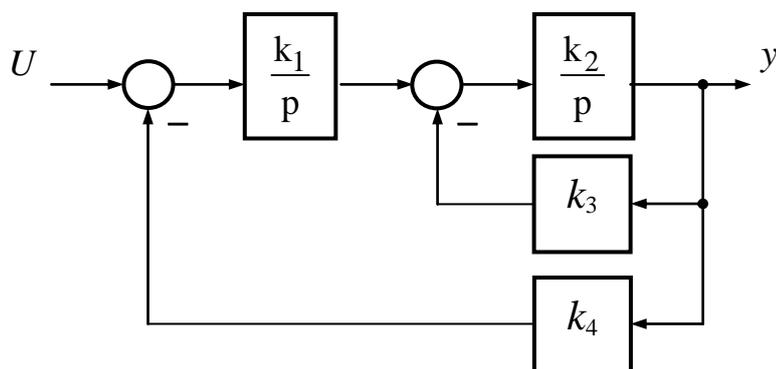
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	17,5	22,22	26,67	49,33	26,67	40,0	18,0	37,5	37,5	20,0
$k_2$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$k_3$	0,35	0,333	1,333	0,65	1,333	0,8	0,63	1,5	0,75	0,9
$k_4$	25	22,22	33,33	33,33	46,67	28,57	20,0	50,0	25,0	50,0

### Вариант II



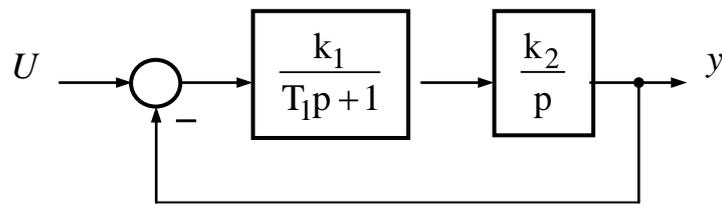
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	25	41,67	28,57	12,5	20,0	31,25	40,0	66,67	16,67	27,78
$k_2$	2,0	0,8	1,0	2,0	1,0	0,8	1,25	1,0	2,0	0,8
$k_3$	0,5	1,25	1,0	0,5	1,0	1,25	0,8	1,0	0,5	1,25

### Вариант III



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	33,33	125,0	100,0	111,1	166,7	66,67	142,9	83,33	50,0	62,5
$k_2$	100,0	100,0	142,9	111,1	100,0	83,33	100,0	62,5	66,67	90,91
$k_3$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$k_4$	1,2	0,8	1,25	0,75	1,25	1,25	1,4	0,75	1,0	1,0

### Вариант IV



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	1,0	1,1	0,8	0,9	1,0	0,8	1,2	0,9	1,1	1,0
$T_1$	0,02	0,02	0,015	0,01	0,01	0,02	0,015	0,02	0,014	0,012
$k_2$	50,0	100,0	33,33	100,0	50,0	45,45	100,0	40,0	90,91	100,0

### Работа № 2. Анализ динамики линейных САУ

*Задание 1.* При единичном входном воздействии построить график переходного процесса, график АЧХ и годограф Найквиста и дать обоснование и оценку полученным результатам для систем, описываемых следующими дифференциальными уравнениями при нулевых начальных условиях:

- 1)  $\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + y(t) = 2[\dot{x}(t) + x(t)];$
- 2)  $\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + y(t) = 2[\dot{x}(t) - x(t)];$
- 3)  $\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + y(t) = 0,5[\dot{x}(t) + x(t)];$
- 4)  $\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + y(t) = 0,5[\dot{x}(t) - x(t)];$
- 5)  $0,25\ddot{y}(t) + 4,25\dot{y}(t) + 5y(t) = 5[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 6)  $0,25\ddot{y}(t) + 4,25\dot{y}(t) + 5y(t) = 2[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 7)  $0,25\ddot{y}(t) + 4,25\dot{y}(t) + 5y(t) = 5[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 8)  $0,25\ddot{y}(t) + 4,25\dot{y}(t) + 5y(t) = 2[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 9)  $0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 5[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 10)  $0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 1,5[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 11)  $0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 5[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 12)  $0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 1,5[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t) + x(t)];$
- 13)  $0,25\ddot{y}(t) + 0,75\dot{y}(t) + 1,5y(t) = 2[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t)];$
- 14)  $0,25\ddot{y}(t) + 0,75\dot{y}(t) + 1,5y(t) = 0,2[\ddot{x}(t) + 0,4\dot{x}(t)];$
- 15)  $0,25\ddot{y}(t) + 0,75\dot{y}(t) + 1,5y(t) = 2[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t)];$
- 16)  $0,25\ddot{y}(t) + 0,75\dot{y}(t) + 1,5y(t) = 0,2[\ddot{x}(t) - 0,4\dot{x}(t)];$
- 17)  $0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 2[\ddot{x}(t) + 4\dot{x}(t) + 4x(t)];$

$$18) 0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 0,5[\ddot{x}(t) + 4\dot{x}(t) + 4x(t)];$$

$$19) 0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 2[\ddot{x}(t) - 4\dot{x}(t) + 4x(t)];$$

$$20) 0,25\ddot{y}(t) + 4\dot{y}(t) + y(t) = 0,5[\ddot{x}(t) - 4\dot{x}(t) + 4x(t)].$$

*Задание 2.* По заданным характеристическим уравнениям замкнутой САУ сформировать передаточную функцию разомкнутой системы. При единичном входном воздействии построить график переходного процесса, график АЧХ и годограф Найквиста и дать обоснование и оценку полученным результатам.

$$1) p^6 + 2p^5 + 3p^4 + 4p^2 + p + 1 = 0;$$

$$2) p^6 + 3p^5 + 5p^4 + 2p^2 + 2p + 1 = 0;$$

$$3) p^5 + 3p^4 + 4p^2 + p + 1 = 0;$$

$$4) p^5 + 2p^4 + 5p^2 + 3p + 1 = 0;$$

$$5) p^4 + 3p^3 + 3p^2 + 2p = 0;$$

$$6) p^4 + 2p^3 + 2p^2 + p = 0;$$

$$7) p^4 + p^3 + 5p^2 + 2p = 0;$$

$$8) p^4 + 4p^3 + 2p^2 + 2p = 0;$$

$$9) p^3 + 3p^2 + 2p + 1 = 0;$$

$$10) p^3 + 6p^2 + 3p + 1 = 0;$$

$$11) p^3 + 2p^2 + p + 2 = 0;$$

$$12) p^3 + 4p^2 + 2p + 1 = 0;$$

$$13) p^4 + 4p^3 + 2p^2 + p + 1 = 0;$$

$$14) p^4 + 2p^3 + 2p^2 + p + 1 = 0;$$

$$15) p^4 + 4p^3 + 3p^2 + 2p + 1 = 0;$$

$$16) p^4 + 3p^3 + 2p^2 + p + 2 = 0;$$

$$17) p^4 + 4p^3 + 6p^2 + 5p + 2 = 0;$$

$$18) p^4 + 4p^3 + 5p^2 + 6p + 1 = 0;$$

$$19) p^4 + 3p^3 + 4p^2 + 5p + 2 = 0;$$

$$20) p^4 + 2p^3 + 4p^2 + 3p + 1 = 0.$$

### **Работа № 3. Параметрический синтез линейных САУ**

#### **Вариант I**

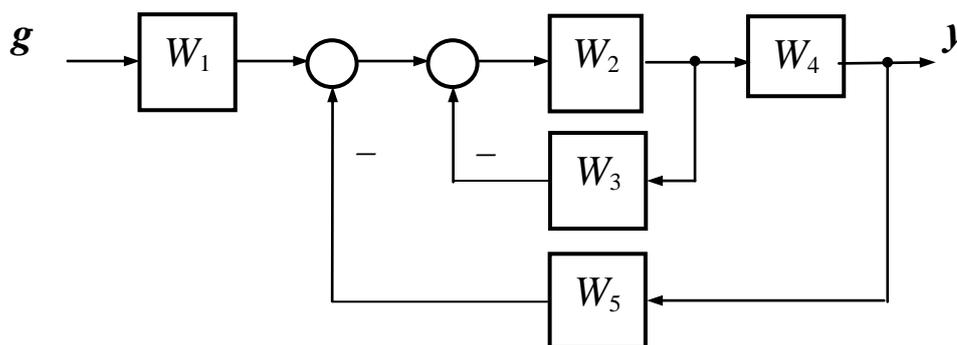
1. Сформировать передаточную функцию системы.



### Вариант II

1. Сформировать передаточную функцию системы.
2. Определить предельные значения коэффициента  $k_3$ , при которых система будет устойчива.
3. Построить модель САУ в соответствии с заданной структурной схемой.
4. С помощью моделирования определить значение  $k_3$ , при котором в системе имеет место быстрый переходной процесс без колебаний. Допустимо получение переходных процессов с перерегулированием, не превышающим 5%.
5. При выбранном в п. 4 значении  $k_3$  определить длительность переходного процесса при условии, что  $\Delta = \pm 0,02$  от установившегося значения выходной переменной.
6. При выбранном в п. 4 значении  $k_3$  сформировать графики АЧХ и провести их анализ.

$$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1 p + 1}; \quad W_2(p) = \frac{k_2}{p}; \quad W_3(p) = k_3; \quad W_4(p) = \frac{k_4}{p}; \quad W_5(p) = k_5.$$

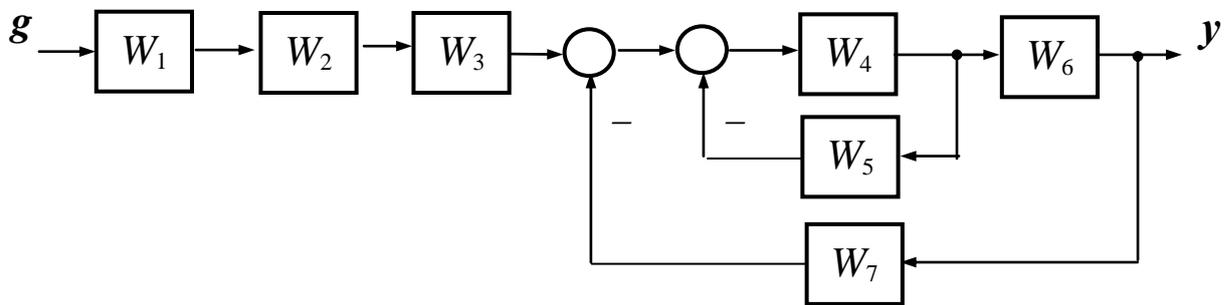


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	1,0	1,5	1,2	0,9	0,9	0,5	0,5	0,7	2,0	2,0
$T_1$	0,1	0,5	0,7	1,1	1,1	1,5	1,5	0,5	0,8	0,8
$k_2$	1,0	2,0	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	5,0	2,2	2,2
$k_4$	1,0	0,8	1,2	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	0,9	0,9
$k_5$	1,0	1,5	1,2	0,9	0,9	0,5	0,5	0,7	2,0	1,0

### Вариант III

1. Сформировать передаточную функцию системы.

2. Определить предельные значения коэффициента  $k_5$ , при которых система будет устойчива.
3. Построить модель САУ в соответствии с заданной структурной схемой.
4. С помощью моделирования определить значение  $k_5$ , при котором в системе имеет место быстрый переходной процесс без колебаний. Допустимо получение переходных процессов с перерегулированием, не превышающим 5%.
5. При выбранном в п. 4 значении  $k_5$  определить длительность переходного процесса при условии, что  $\Delta = \pm 0,02$  от установившегося значения выходной переменной.
6. При выбранном в п. 4 значении  $k_5$  сформировать графики АЧХ и провести их анализ.



$$W_1(p) = k_1; W_2(p) = \frac{a_2 p + 1}{b_2 p + 1}; W_3(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}; W_4(p) = \frac{k_4}{p};$$

$$W_5(p) = k_5; W_6(p) = \frac{k_6}{p}; W_7(p) = k_7.$$

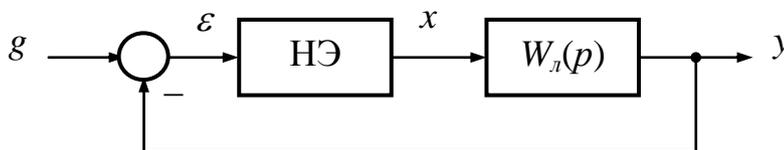
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1$	15,0	10,0	10,0	5,0	25,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
$a_2$	0,25	0,15	0,15	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8
$b_2$	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
$k_3$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,7	0,7	0,2	0,2
$T_3$	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$k_4$	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8	1,5	1,2	0,6	0,6
$k_6$	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	0,7	0,7	1,5
$k_7$	1,0	1,0	1,1	1,1	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

### Работа № 4. Синтез САУ с типовыми линейными регуляторами

1. Для объектов, исследованных в работе № 1, провести выбор и обоснование типовых законов управления, позволяющих стабилизировать выходную переменную  $y(t)$  на заданном уровне  $y^\circ(t)$ .
2. Аналитически определить параметры регулятора, обеспечивающие устойчивость замкнутой системы автоматического управления.
3. Построить модель системы автоматического управления в соответствии с заданной структурной схемой и с параметрами регулятора, определенными в п. 2 настоящего задания.
4. Получить графики  $y(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  и  $U(t)$  и провести их анализ.
5. Обосновать и путем моделирования подтвердить выбор таких численных значений параметров регулятора, при которых в замкнутой системе имеет место быстрый переходный процесс без колебаний. Допустимое значение перерегулирования –  $\sigma \leq 5\%$ , точность регулирования –  $\Delta = \pm 0,02 y^\circ(t)$ .
6. Получить окончательные графики  $y(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  и  $U(t)$  и провести их анализ.
7. Если настройка параметров регулятора не позволяет получить требуемые показатели качества замкнутой системы, то обосновать структуру, схему включения в регулятор и параметры корректирующих звеньев, повторив предыдущие пункты настоящего задания.

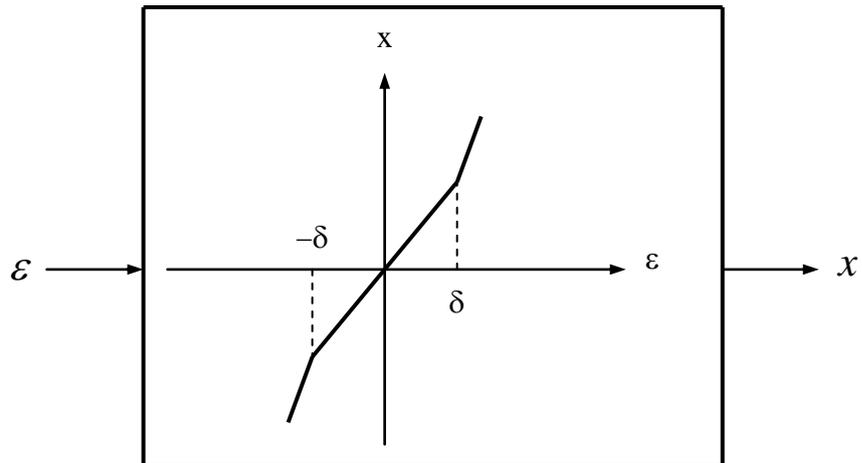
### Работа № 5. Параметрический синтез нелинейных САУ

1. С помощью моделирования определить возможность проведения гармонической линеаризации нелинейности.
2. С помощью моделирования определить значение коэффициента усиления  $k$ , при котором в системе устанавливаются быстрые переходные процессы без колебаний. Допустимое перерегулирование –  $\sigma \leq 3\%$ , точность регулирования –  $\Delta = \pm 0,01 g(t)$ .



$$W_n(p) = \frac{k}{p(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)}$$

### Вариант I



Параметры	1	2	3	4
$ \delta $	0,1	0,1	0,1	0,1
$k_1$	10	10	5	15
$k_2$	25	25	25	25
$T_1$	0,05	0,1	0,05	0,01
$T_2$	0,05	0,01	0,02	0,08

### Вариант II

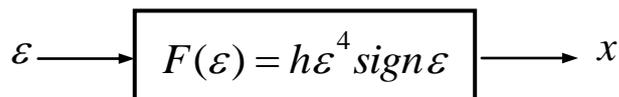
$$\varepsilon \longrightarrow \boxed{F(\varepsilon) = h\varepsilon^2 \operatorname{sign} \varepsilon} \longrightarrow x$$

Параметры	1	2	3	4
$h$	0,8	0,8	1,0	1,2
$T_1$	0,05	0,1	0,05	0,01
$T_2$	0,05	0,01	0,02	0,08

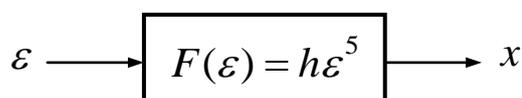
### Вариант III

$$\varepsilon \longrightarrow \boxed{F(\varepsilon) = h\varepsilon^3} \longrightarrow x$$

Параметры	1	2	3	4
$h$	0,8	0,8	1,0	1,2
$T_1$	0,05	0,1	0,05	0,01
$T_2$	0,05	0,01	0,02	0,08

**Вариант IV**

Параметры	1	2	3	4
$h$	0,8	0,8	1,0	1,2
$T_1$	0,05	0,1	0,05	0,01
$T_2$	0,05	0,01	0,02	0,08

**Вариант V**

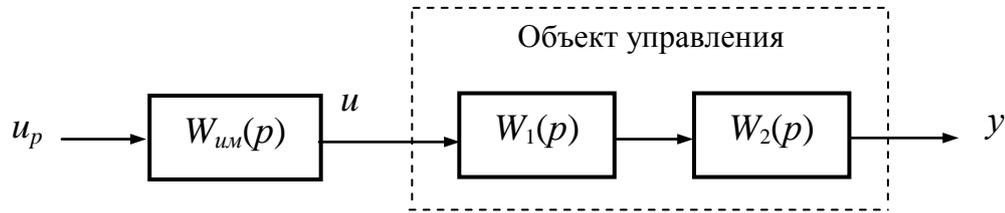
Параметры	1	2	3	4
$h$	0,8	0,8	1,0	1,2
$T_1$	0,05	0,1	0,05	0,01
$T_2$	0,05	0,01	0,02	0,08

**Работа № 6. Синтез САУ с нелинейными регуляторами**

1. Для объектов, исследованных в работе № 1, провести выбор и обоснование нелинейных законов управления, позволяющих стабилизировать выходную переменную  $y(t)$  на заданном уровне  $y^\circ(t)$ .
2. Построить модель системы автоматического управления, получить графики  $y(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  и  $U(t)$  и провести их анализ.
3. Обосновать и путем моделирования подтвердить выбор таких численных значений параметров регулятора, при которых в замкнутой системе имеет место быстрый переходный процесс без колебаний. Допустимое значение перерегулирования –  $\sigma \leq 5\%$ , точность регулирования –  $\Delta = \pm 0,02 y^\circ(t)$ .
4. Получить окончательные графики  $y(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  и  $U(t)$  и провести их анализ.
5. Если настройка параметров регулятора не позволяет получить требуемые показатели качества замкнутой системы, то обосновать структуру, схему включения в регулятор и параметры корректирующих звеньев, повторив предыдущие пункты настоящего задания.

### Работа № 7. Синтез адаптивной САУ

На рисунке приведена структурная схема последовательного соединения исполнительного механизма и объекта управления.



В качестве исполнительного механизма используется механизм постоянной скорости с ограничением:

$$u = \begin{cases} \frac{k_{ум}}{p} u_p, & 0 \leq u \leq 100; \\ 100, & u > 100; \\ 0, & u < 0. \end{cases}$$

Объект управления описывается передаточными функциями вида:

$$W_1(p) = \frac{k_1}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1};$$

$$W_2(p) = \frac{k_2}{T_2^2 p^2 + 2\xi_2 T_2 p + 1}.$$

Численные значения параметров исполнительного механизма и объекта управления (по вариантам) приведены в таблице.

Вариант	$k_{\text{ИМ}}$	$k_1$	$k_2$	$T_1$	$T_2$	$\xi_1$	$\xi_2$
1	0,20	1,00	1,00	1,38	2,90	0,80	0,80
2	0,20	1,00	1,00	1,38	2,90	0,56	0,56
3	0,20	1,00	1,00	1,80	2,90	0,80	0,80
4	0,20	1,00	1,00	0,90	2,90	0,80	0,80
5	0,20	1,00	1,00	1,80	2,90	0,56	0,56
6	0,20	1,00	1,00	0,90	2,90	0,56	0,56
7	0,20	1,00	1,00	1,38	3,80	0,80	0,80
8	0,20	1,00	1,00	1,38	2,00	0,80	0,80
9	0,20	1,00	1,00	1,38	3,80	0,56	0,56
10	0,20	1,00	1,00	1,38	2,00	0,56	0,56
11	0,20	1,00	1,00	1,80	3,80	0,80	0,80
12	0,20	1,00	1,00	1,80	3,80	0,56	0,56
13	0,20	1,00	1,00	1,80	2,00	0,80	0,80
14	0,20	1,00	1,00	1,80	2,00	0,56	0,56
15	0,20	1,00	1,00	0,90	3,80	0,80	0,80
16	0,20	1,00	1,00	0,90	3,80	0,56	0,56
17	0,20	1,00	1,00	0,90	2,00	0,80	0,80
18	0,20	1,00	1,00	0,90	2,00	0,56	0,56
19	0,20	1,00	1,00	1,38	2,90	0,80	0,80
20	0,20	1,00	1,00	1,38	2,90	0,56	0,56
21	0,20	1,00	1,00	1,80	2,90	0,80	0,80
22	0,20	1,00	1,00	0,90	2,90	0,80	0,80
23	0,20	1,00	1,00	1,80	2,90	0,56	0,56
24	0,20	1,00	1,00	0,90	2,90	0,56	0,56
25	0,20	1,00	1,00	1,38	3,80	0,80	0,80
26	0,20	1,00	1,00	1,38	2,00	0,80	0,80
27	0,20	1,00	1,00	1,38	3,80	0,56	0,56
28	0,20	1,00	1,00	1,38	2,00	0,56	0,56
29	0,20	1,00	1,00	1,80	3,80	0,80	0,80
30	0,20	1,00	1,00	1,80	3,80	0,56	0,56
31	0,20	1,00	1,00	1,80	2,00	0,80	0,80
32	0,20	1,00	1,00	1,80	2,00	0,56	0,56
33	0,20	1,00	1,00	0,90	3,80	0,80	0,80
34	0,20	1,00	1,00	0,90	3,80	0,56	0,56
35	0,20	1,00	1,00	0,90	2,00	0,80	0,80
36	0,20	1,00	1,00	0,90	2,00	0,56	0,56

### Этап 1. Анализ динамики объекта управления

Провести анализ динамических свойств объекта управления с использованием графиков переходного процесса и амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). При определении длительности переходного процесса принять  $\Delta = \pm 5\%$  от установившегося значения выходной переменной.

### Этап 2. Синтез системы автоматического управления

1. Сконструировать линейный (для вариантов 1-18) и релейный (для вариантов 19-36) регуляторы, обеспечивающие перевод объекта из начального состояния  $y_n = 0$  в конечное состояние  $y_k = 40$ . Ошибка управления в установившемся состоянии не должна превышать  $\pm 5\%$  от  $y_k$ .
2. Выполнить аналитическое определение численных значений параметров регуляторов.
3. С помощью моделирования скорректировать рассчитанные в п.2 численные значения параметров регуляторов таким образом, чтобы в замкнутой САУ имели место плавные (без перерегулирования) и быстрые переходные процессы.
4. В том случае, если с помощью параметрического синтеза регуляторов не удастся обеспечить требуемые показатели качества управления, выбрать и обосновать структуру и параметры корректирующих звеньев.

### Этап 3. Синтез САУ с пассивной адаптацией

1. Провести анализ динамических свойств САУ, синтезированной во второй части расчетной работы, при  $k_2 = 0,4$ .
2. Провести анализ динамических свойств САУ, синтезированной во второй части расчетной работы, при  $k_2 = 1,6$ .
3. Обосновать способ пассивной адаптации САУ к изменениям параметра  $k_2$ .
4. Разработать структуру и алгоритмы работы и определить параметры контура пассивной адаптации.
5. Провести моделирование разработанной адаптивной САУ при  $k_2 = 1,0; 0,4$  и  $1,6$  и оценить её эффективность.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003.
2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1: Линейные системы: Учебное пособие. – М.: Физматлит, 2003.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2: Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учебное пособие. – М.: Физматлит, 2003.
5. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: Учебное пособие. – Тверь: ТвГТУ, 2001.
6. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления: Учебное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 2004.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.
8. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справ. пособие / Под ред. А.С. Клюева. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Резников В.А. Теория автоматического управления: Конспект лекций для студентов заочного отделения. – Донецк: ИПШ «Наука і освіта», 2011.
10. Резников В.А. Проектирование и наладка систем управления: Конспект лекций для студентов заочного отделения. – Донецк: ИПШ «Наука і освіта», 2011.