

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. Учебный план дисциплины «Автоматика и управление» для направления 162500, 25.03.02 (III курс) .....	4
2. Основные сведения о дисциплине «Автоматика и управление».....	4
2.1. Цель и задачи дисциплины.....	5
2.2. Рекомендуемая литература для заочного обучения.....	5
3. Электронный адрес кафедры ТЭАЭСиПНК и электронные средства информации.....	7
4. Структура дисциплины .....	7
5. Методические указания для изучения дисциплины .....	8
5.1. Введение.....	8
5.2. Основные понятия и определения.....	8
5.3. Основные элементы авиационной автоматики.....	8
5.4. Математические модели и характеристики САУ и их типовых звеньев.....	9
5.5. Устойчивость линейных САУ.....	14
5.6. Статическая и динамическая точность линейных САУ.....	17
6. Основная терминология и понятия дисциплины .....	19
7. Содержание лекций.....	20
8. Перечень практических занятий .....	21
9. Перечень лабораторных занятий .....	21
10. Тематика контрольной работы.....	21

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Автоматика и управление» относится к учебным дисциплинам базовой части профессионального цикла основной образовательной программы направления подготовки 162500, 25.03.02 – Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов.

Предлагаемое пособие содержит методические указания к изучению по дисциплине «Автоматика и управление» для самостоятельной работы студентов третьего курса заочного отделения направлений 162500, 25.03.02.

### 1. Учебный план дисциплины «Автоматика и управление» для направления 162500, 25.03.02 (III курс)

Объем часов по учебному плану ДО		Объем и распределение аудиторных часов занятий для ЗО				Виды СРС			Форма итогового контроля
Общие	Аудит	Аудит. занятия	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	КП	КР	Кр	
180	72	16	8	-	8	-	-	1	Экзамен

### 2. Основные сведения о дисциплине «Автоматика и управление»

Современные летательные аппараты нельзя представить без автоматических систем, которые предназначены для частичного или полного исключения человека из непосредственного участия в их эксплуатации. Особенно это касается гражданской авиационной техники.

«Автоматика и управление» является одной из основных дисциплин, формирующих общетехнический уровень бакалавра по эксплуатации авиационной техники. В рамках этой дисциплины будущему эксплуатационнику предоставляется возможность изучения одного из основных подходов исследования объектов и систем авиационной техники, где процесс автоматизации носит главенствующий характер. Цель, которая ставится в этой дисциплине - это изучение основ теории систем автоматического управления летательных аппаратов, их свойства и характеристики. В этой дисциплине на основе методов прикладной математики и теории автоматического управления решаются три задачи: задача анализа систем автоматического управления (САУ), задача синтеза САУ и задача оптимального управления САУ. В данном курсе рассматривается только первая задача, которая является основой для изучения других задач.

## 2.1. Цель и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний у студентов общих принципов построения и расчета систем автоматического управления в авиационной технике, основ анализа этих систем, принципов действия и особенностей конструкции элементов автоматики.

Задачи изучения дисциплины (минимально необходимый комплекс знаний и умений).

Иметь представление:

- о принципах построения авиационных систем автоматического управления;
- о принципах анализа авиационных систем автоматического управления.

Знать и уметь использовать:

- электрические, функциональные и структурные схемы САУ;
- методы статического расчета САУ и их элементов;
- методы динамического расчета САУ и их элементов;
- методы определения устойчивости и качества САУ.

Иметь опыт:

- определения основных характеристик САУ и их элементов как расчетным, так и экспериментальным способом.

Перечень базовых дисциплин: введение в специальность, высшая математика, физика, электротехника, теоретическая механика.

Перечень формируемых дисциплин: авиационные приборы и информационно-измерительные системы, электрофицированное оборудование воздушных судов, системы автоматического управления полетом, пилотажно-навигационные комплексы.

## 2.2. Рекомендуемая литература для заочного обучения

### ОСНОВНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. М., Машиностроение, 1985 г., 536 с.
2. Теория автоматического управления. Ч.1, Ч.2 под ред. А.А.Воронова. – М., Высшая школа, 1986г.
3. Глухов В.В. Теория автоматического управления .Часть 1. РИО МИИГА. 2006 г., 59 с.
4. Глухов В.В. Автоматика и управление. Пособие по выполнению лабораторной работы №1 «Исследование потенциметрических датчиков» для студентов 3 курса специальности 160903 всех форм обучения. М: МГТУ ГА, 2006г.

5. Глухов В.В. Автоматика и управление. Пособие по выполнению лабораторной работы №2 «Исследование индуктивных датчиков» для студентов 3 курса специальности 160903 всех форм обучения. М: МГТУ ГА, 2006г.
6. Глухов В.В. Автоматика и управление. Пособие по выполнению лабораторной работы №3 «Исследование индукционных датчиков» для студентов 3 курса специальности 160903 всех форм обучения. М: МГТУ ГА, 2006г.
7. Глухов В.В. Автоматика и управление. Пособие по выполнению лабораторной работы №4 «Исследование сельсинов» для студентов 3 курса специальности 160903 всех форм обучения. М: МГТУ ГА, 2006г.
8. Глухов В.В. Автоматика и управление. Пособие по выполнению контрольной работы для студентов 3 курса специальности 160903 заочного обучения. М: МГТУ ГА, 2009 г. 24 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. – М. Машиностроение, 1972.,- 738 стр.
2. Певзнер Л.Д. Теория систем управления – М., МГГУ, 2002 .,- 472 с.
3. Теория управления в примерах и задачах: Учебное пособие/А.В. Пантелеев, А.С. Бартаковский. – М.: Высш. Шк., 2003. - 583 с.
4. Коновалов Г.В. Радиоавтоматика. – М.: Радиотехника, 2003.-288 с.

### Средства обеспечения освоения дисциплины

1. Программа моделирования САУ и ее элементов - “МАРС-11”
2. Разработка математических и графоаналитических моделей элементарных звеньев САУ в системе Mathcad/

### Регламентирующая литература

1. Случайные процессы и динамические системы. Термины и определения ГОСТ 21878-76. М.: 1976.

### **3. Электронный адрес кафедры ТЭАЭСиПНК и электронные средства информации**

- 1. Электронный адрес кафедры ТЭАЭСиПНК (для консультаций)**  
[http://www.mstuca.ru/about/structure/kafedral/departement.php?IBLOCK\\_ID=75](http://www.mstuca.ru/about/structure/kafedral/departement.php?IBLOCK_ID=75)
- 2. Электронные библиотечные ресурсы МГТУ ГА**

<http://www.mstuca.ru/biblio/>

### 3. Перечень адресов порталов и сайтов в Интернете, содержащих учебную информацию по дисциплине:

<http://www.lingvoda.ru/forum/actualthread.aspx?tid=5337> – авиационные словари;

<http://www.aviaizdat.ru/> - авиационная документация;

<http://aviadoc.narod.ru/> - авиационная документация;

<http://www.aviadocs.net/> - авиационная документация.

### 4. Справочники, учебники и учебные пособия:

<http://ru.wikipedia.org/wiki/> - википедия

<http://www.aviapages.ru/aircrafts/> - авиационный справочник;

<http://www.aviaport.ru/directory/aviation/> - авиационный справочник;

## 4. Структура дисциплины

Учебная дисциплина «Автоматика и управление» содержит пять разделов. Каждый раздел состоит из совокупности тем, объединённым этим разделом.

**1. Основные понятия и определения:** процесс управления, объект управления, система автоматического управления, цель управления. Принципы построения САУ. Классификация САУ. Литература \Осн.1,2,3. Доп.1,2,4\

**2. Основные элементы авиационной автоматики:** датчики, усилители, преобразователи, исполнительные устройства, вычислительные устройства, корректирующие элементы. Литература \Осн.1,2. Доп.1\

**3. Математические модели и характеристики САУ и их типовых звеньев:** уравнения статики, уравнения динамики, преобразование Лапласа, передаточные функции, частотные характеристики, временные характеристики, типовые динамические звенья САУ и их характеристики, структурные преобразования САУ и определение их характеристик. Литература \Осн.1,2,3. Доп. 1,2.\

**4. Устойчивость линейных САУ:** основные понятия устойчивости, теоремы Ляпунова, критерии устойчивости, определение запасов устойчивости, области устойчивости в пространстве параметров. Литература \Осн.1,2. Доп.1,2.\

**5. Статическая и динамическая точность линейных САУ:** критерии качества, точность САУ в установившихся режимах, методы построения переходных процессов. Литература \Осн.1,2. Доп.1,2,4\

## 5. Методические указания для изучения дисциплины

Разделы учебной программы сгруппированы по уровням компетентности: иметь представление, знать и уметь. Для самопроверки после каждого раздела даны тестовые задания, которые желательно выполнить после его изучения или сформулировать соответствующий вопрос, если возникли какие-либо трудности в понимании заданного материала. Разъяснения на эти вопросы можно получать при проведении дистанционных консультаций.

### 5.1. Введение

Иметь представление:

- об основных исторических моментах формирования дисциплины «Теория автоматического управления»;
- о целях и задачах дисциплины;

### 5.2. Основные понятия и определения

Знать и уметь использовать:

- понятия о принципах построения авиационных систем автоматического управления;
- принципы анализа и синтеза авиационных систем автоматического управления;
- классификацию систем автоматического управления.

Тестовые задания

1. Назовите основные составляющие процесса управления.
2. Перечислите принципы построения систем автоматического управления.
3. Изобразите основную функциональную схему системы с обратной отрицательной связью.
4. Поясните её преимущества перед системами прямого управления и компенсационного типа.
5. Определите принципы классификации систем управления.

### 5.3. Основные элементы авиационной автоматики

Знать и уметь использовать:

- принципы действия и основные схемы включения потенциометрических датчиков, индуктивных датчиков, индукционных датчиков и сельсинов;
- основные типы усилителей (электронных, магнитных);

основные типы исполнительных элементов (электродвигатели, электрогидравлические рулевые машины и т.д.);  
корректирующие элементы на основе пассивных RC-цепей.

### Тестовые задания

1. Изобразите основные схемы включения потенциометрических датчиков.
2. Изобразите основные схемы включения индуктивных датчиков.
3. Изобразите основные схемы включения сельсинов.
4. Изобразите основные схемы включения индукционных датчиков.
5. Объясните наличие у нереверсивного индуктивного датчика  $U_{xx}$ .

### 5.4. Математические модели и характеристики САУ и их типовых звеньев

Знать и уметь использовать:

уравнения статики, уравнения динамики, преобразование Лапласа, передаточные функции, частотные характеристики, временные характеристики, типовые динамические звенья САУ и их характеристики, структурные преобразования САУ и определение их характеристик.

### Тестовые задания по уравнениям динамики и преобразованию Лапласа

1. Запишите заданное уравнение звена САУ с постоянными параметрами в форме преобразования Лапласа.

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_2 y(t) = b_1 x(t).$$

2. Составьте дифференциальное уравнение четырехполюсника, связывающее  $U_x$  и  $U_y$ , и напишите его передаточную функцию в преобразованиях Лапласа.

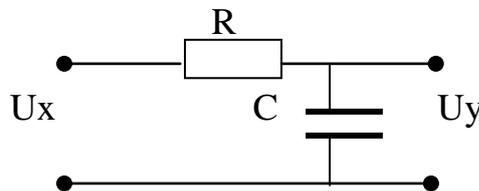


Рис. 1.

### Тестовые задания по передаточным функциям

1. Запишите передаточную функцию форсирующего звена 1 порядка и колебательного звена, определите все их параметры.

2. Запишите передаточную функцию пропорционального или усилительного звена и звена «чистого» запаздывания.

Тестовые задания по частотным характеристикам

1. Какими выражениями определяются для передаточной функции типового

звена  $W(s) = \frac{K}{Ts+1}$  амплитудно-частотная  $A(\omega)$  и фазо-частотная  $\varphi(\omega)$  характеристики :

$$\text{а). } A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{1+T^2\omega^2}} ; \quad \varphi(\omega) = \arctg T\omega ;$$

$$\text{б). } A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{1-T^2\omega^2}} ; \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{1}{T\omega} ;$$

$$\text{в). } A(\omega) = K \sqrt{\frac{T\omega+1}{T\omega-1}} ; \quad \varphi(\omega) = -\arctg T\omega ;$$

$$\text{г). } A(\omega) = K \sqrt{\frac{T\omega-1}{T\omega+1}} ; \quad \varphi(\omega) = -\arctg \frac{1}{T\omega} .$$

2. Определите для передаточной функции типового звена  $W(s) = \frac{1}{Ts}$ , где  $T = 0,1$ с, значения логарифмической амплитудно-частотной характеристики  $L(\omega)$  [дБ] при  $\omega = 1 \frac{1}{с}$ .

$$\text{а). } A(\omega) = 40 \text{ дБ} ;$$

$$\text{б). } A(\omega) = -40 \text{ дБ} ;$$

$$\text{в). } A(\omega) = 20 \text{ дБ} ;$$

$$\text{г). } A(\omega) = -20 \text{ дБ} .$$

3. Определите, к какому из указанных звеньев относится логарифмическая амплитудно-частотная характеристика, изображенная на рис. 2

$$\text{а). } W(s) = \frac{10}{25s+1} ;$$

$$\text{б). } W(s) = \frac{10}{2,5s+1}$$

$$\text{в). } W(s) = \frac{1}{2,5s+1}$$

$$\text{г). } W(s) = \frac{100}{25s+1}$$

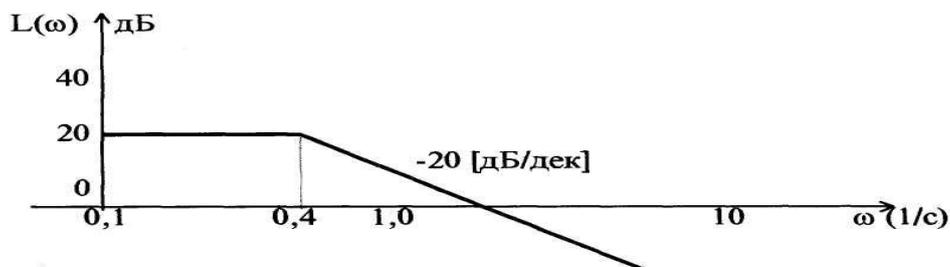


Рис.2.

4. Укажите логарифмическую амплитудно-частотную характеристику, построенную по передаточной функции  $W(s) = \frac{100}{s^2 + 5\xi s + 1}$  (рис. 3):

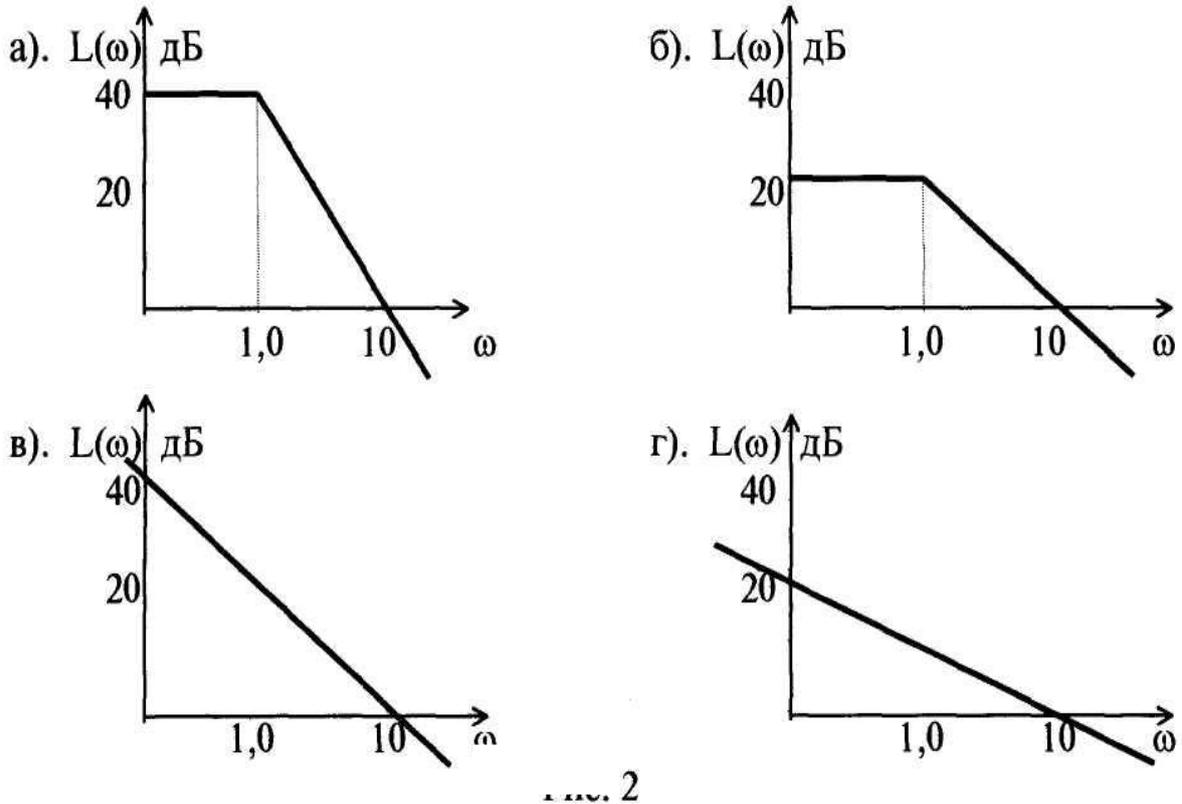


Рис.3.

### Тестовые задания по временным характеристикам

1. Какая переходная функция  $h(t)$  для звена с  $W(s) = \frac{1}{0,1s + 1}$  будет иметь вид:

- а).  $h(t) = 1 (1 - e^{-10t})$ ;
- б).  $h(t) = 0,1 e^{-10t}$ ;
- в).  $h(t) = 1 (1 - e^{-0,1t})$ ;
- г).  $h(t) = 10(1 + e^{0,1t})$ .

2. У какого из перечисленных звеньев переходная функция стремится к установившемуся значению  $y(t) = \text{const}$  при  $t \rightarrow \infty$ :

- а). апериодического звена ;
- б). интегрирующего звена;

- в). форсирующего звена ;  
 г). дифференцирующего звена.

### Тестовые задания по типовым динамическим звеньям САУ

1. Какое из представленных апериодических звеньев имеет наименьшую постоянную времени  $T$ :

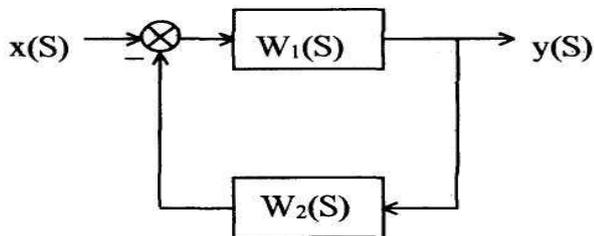
- а)  $W(S) = \frac{5}{2S + 10}$ ; б)  $W(S) = \frac{7}{5S + 15}$ ;  
 в)  $W(S) = \frac{3}{0,1S + 0,2}$ ; ... г)  $W(S) = \frac{18}{10S + 90}$ .

2. Какое звено с указанными передаточными функциями обладает большей «инерционностью»:

- а)  $W(S) = \frac{50}{2S + 10}$ ;  
 б)  $W(S) = \frac{70}{5S + 150}$ ;  
 в)  $W(S) = \frac{3}{0,1S + 0,1}$ ;  
 г)  $W(S) = \frac{200}{10S + 100}$ .

### Тестовые задания по структурным преобразованиям САУ

1. Каким выражением определяется сигнал САУ  $y(S)$  для структурной схемы, представленной на рис.4.



- а).  $y(S) = \frac{W_1(S)W_2(S)}{1 + W_1(S)W_2(S)} x(S)$  ;  
 б).  $y(S) = \frac{W_2(S)}{1 + W_1(S)W_2(S)} x(S)$  ;  
 в).  $y(S) = \frac{1}{1 + W_1(S)W_2(S)} x(S)$  ;  
 г).  $y(S) = \frac{W_1(S)}{1 + W_1(S)W_2(S)} x(S)$  .

Рис.4.

2. Какая структурная схема САУ (рис. 5.) обладает «жесткой» обратной связью:

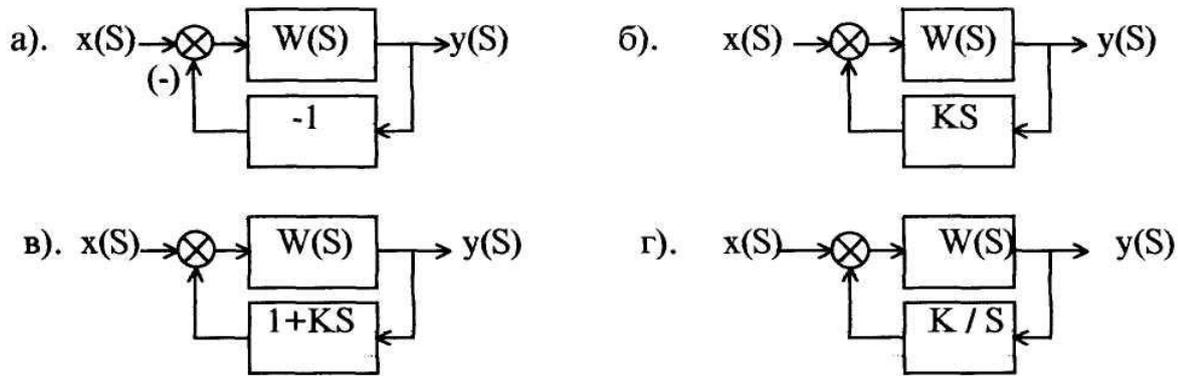
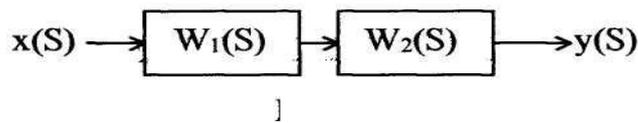


Рис.5.

3. Какая передаточная функция соответствует структурной схеме, изображенной на рис. 6:



а).  $W_{\Sigma}(S) = W_1(S) + W_2(S)$ ;

б).  $W_{\Sigma}(S) = W_1(S)W_2(S)$ ;

в).  $W_{\Sigma}(S) = \frac{W_1(S)}{W_2(S)}$ ;

г).  $W_{\Sigma}(S) = \frac{W_2(S)}{W_1(S)}$ .

Рис.6.

### 5.5. Устойчивость линейных САУ

Знать и уметь использовать:

основные понятия устойчивости, теоремы Ляпунова, критерии устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста, определение запасов устойчивости, области устойчивости в пространстве параметров. Литература \1,2,3,\

## Тестовые задания по критерию устойчивости Гурвица

1. Укажите определитель Гурвица для системы 3-го порядка с характеристическим уравнением

$$a_0 S^3 + a_1 S^2 + a_2 S + a_3 = 0 :$$

$$\text{а). } \Delta = \begin{vmatrix} a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \\ 0 & a_0 & a_2 \end{vmatrix}$$

$$\text{б). } \Delta = \begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ a_2 & a_3 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{в). } \Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

$$\text{г). } \Delta = \begin{vmatrix} a_3 & a_1 & a_0 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ a_0 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}$$

2. Найдите необходимые и достаточные условия устойчивости системы 3-го порядка с характеристическим уравнением  $a_0 S^3 + a_1 S^2 + a_2 S + a_3 = 0$  из приведённых ниже неравенств:

$$\text{а). } a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0 \\ a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

$$\text{б). } a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0$$

$$\text{в). } a_1 a_2 > a_0 a_3$$

$$\text{г). } a_0 < 0, a_1 < 0, a_2 < 0, a_3 < 0 \\ a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

3. В заданной на рис. 7 структурной схеме САУ с соответствующими передаточными функциями определите параметрическое условие устойчивости:

$$\text{а). } T_1 T_2 > K_1 K_2 (T_1 + T_2)$$

$$\text{б). } (T_1 + T_2) T_2 T_1 > K_1 K_2$$

$$\text{в). } T_1 + T_2 > K_1 K_2 T_1 T_2$$

$$\text{г). } (T_1 + T_2) < K_1 K_2 T_1 T_2$$

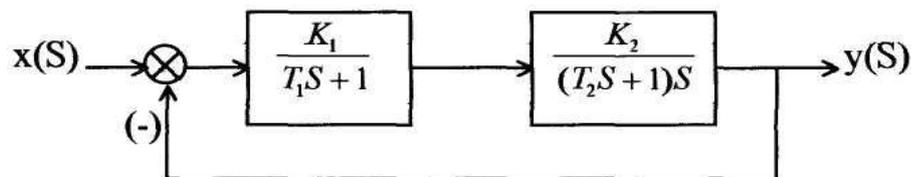


Рис.7.

## Тестовые задания по критерию устойчивости Михайлова

1. По приведённому на рис.8 годографу Михайлова найдите соответствующее ему расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости корней.

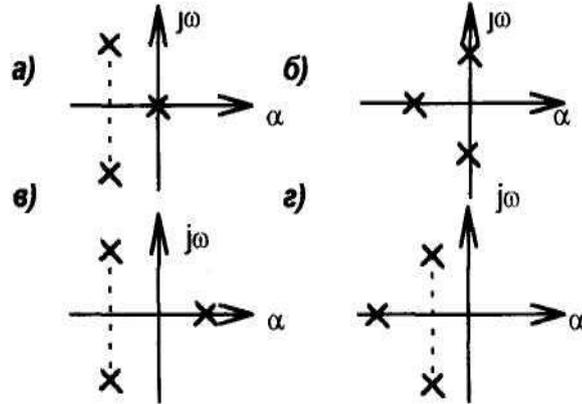
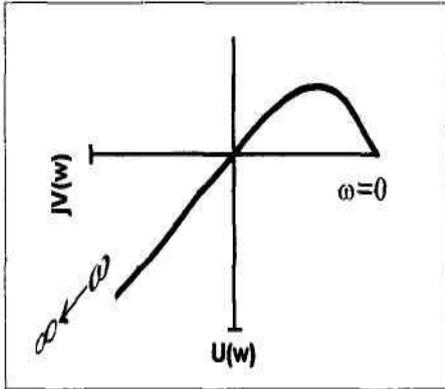


Рис.8.

2. По представленному на рис.9 годографу Михайлова найдите соответствующее расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости корней.

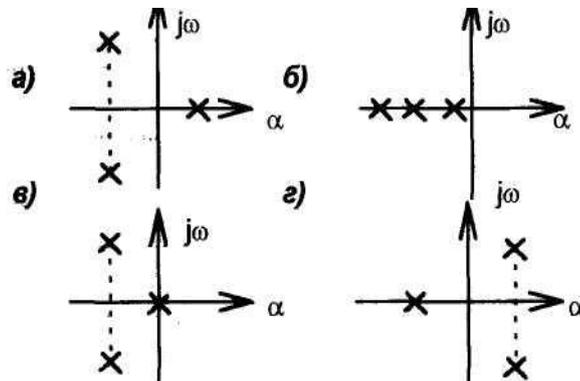
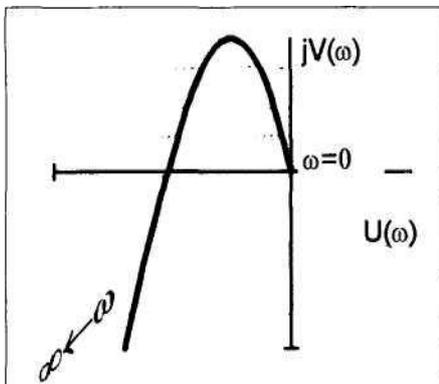


Рис.9.

3. Из представленных на рис. 10 годографов Михайлова определите годограф, который принадлежит устойчивой системе с характеристическим уравнением 4-го порядка.

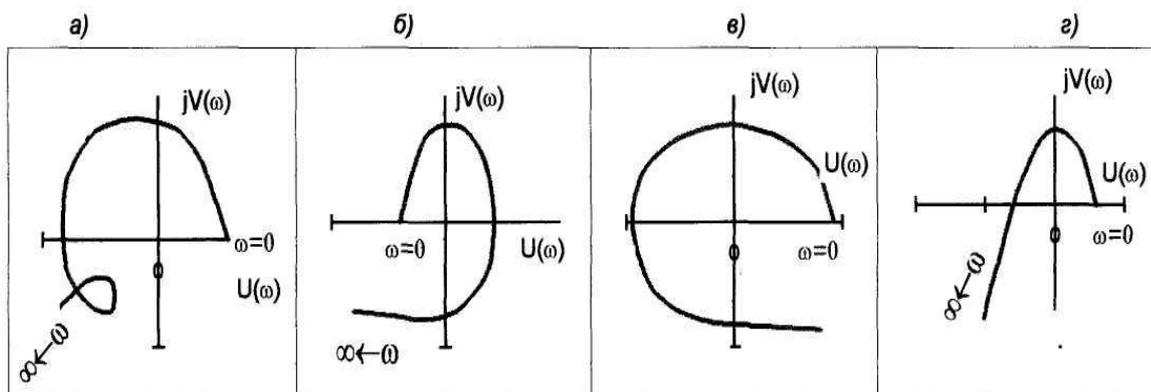


Рис. 10.

4. Определите устойчивость системы по представленным на рис. действительным  $U(\omega)$  и мнимым  $jV(\omega)$  характеристикам рис.11.

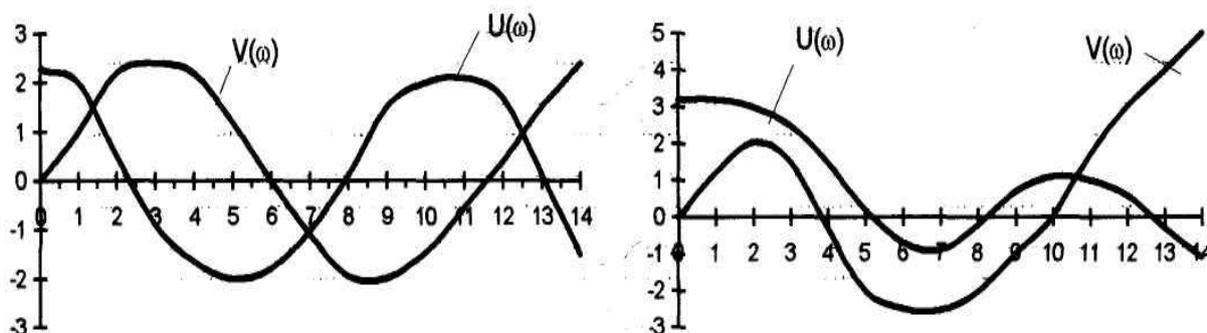


Рис.11

Тестовые задания по критерию устойчивости Найквиста

1 Определите устойчивость САУ в замкнутом состоянии, если их характеристические уравнения для разомкнутого состояния не имеют правых корней ( $m=0$ ), а А.Ф.Ч.Х имеет вид (рис. 12)

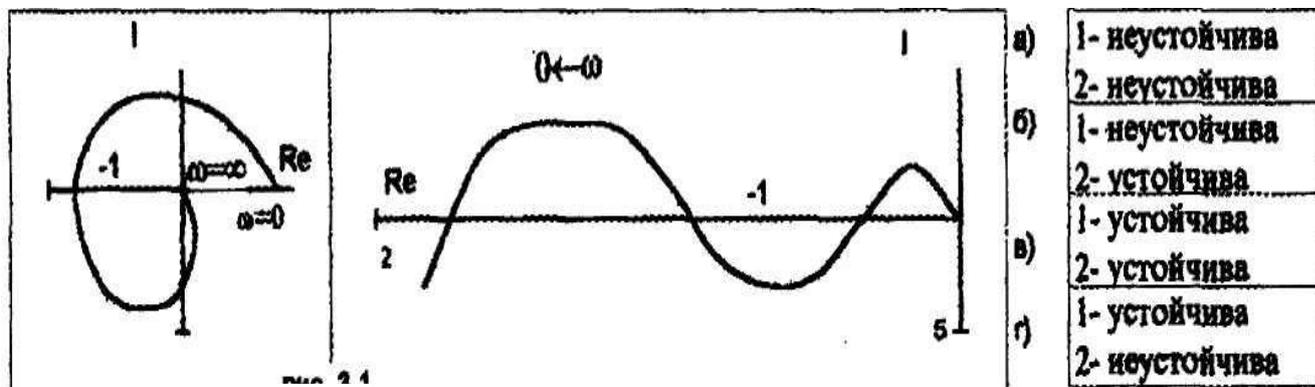


Рис. 12.

2. Определите устойчивость САУ, логарифмические амплитудночастотные и фазочастотные характеристики которых представлены на рис. 13.

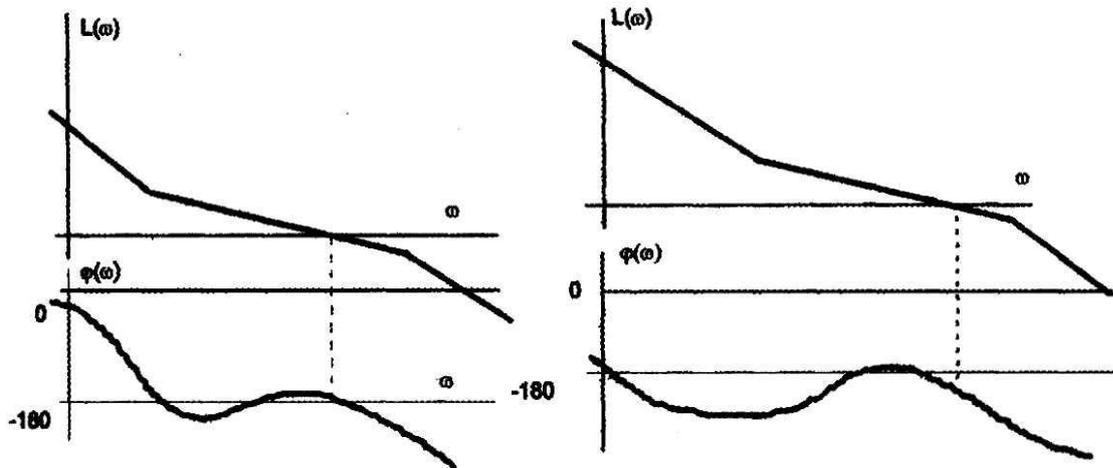


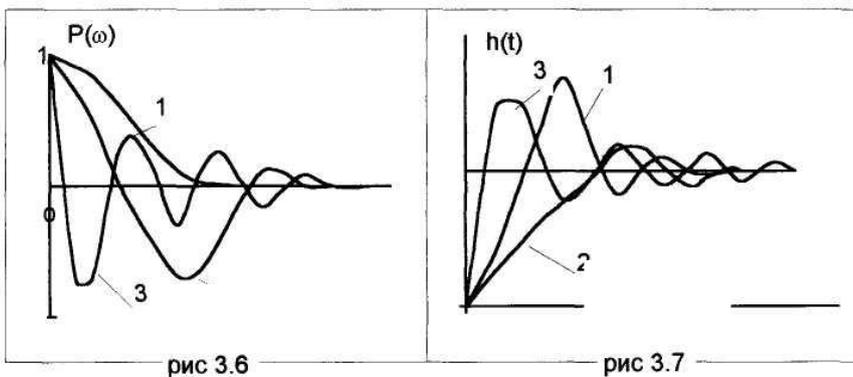
Рис. 13.

### 5.6. Статическая и динамическая точность линейных САУ

Знать и уметь использовать : критерии качества, точность САУ в установившихся режимах, методы построения переходных процессов.

Тестовые задания по построению переходных процессов

1. Определите соответствие между вещественными частотными характеристиками замкнутой САУ (рис. 14) и построенными на их основе переходными процессами.



- а) 1-1; 2-2; 3-3
- б) 1-2; 2-1; 3-3
- в) 1-3; 2-1; 3-2
- г) 1-3; 2-3; 3-2

Рис. 14.

2 Определите соответствие между вещественными частотными характеристиками замкнутой САУ (рис.15) и построенными на их основе переходными процессами .

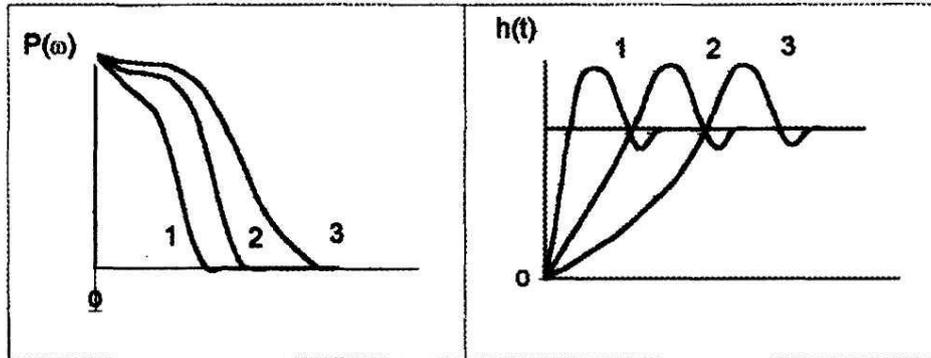


Рис. 15.

- а) 1-1; 2-2; 3-3
- б) 1-2; 2-1; 3-3
- в) 1-3; 2-2; 3-1
- г) 1-2; 2-3; 3-2

## 6. Основная терминология и основные понятия дисциплины

**Процесс управления** в системе автоматического управления формируется при наличии цели управления, объекта управления и средств управления.

**Цель управления** есть результат, который должен достигаться в процессе управления или по его окончании.

Цель управления описывается некоторым **критерием качества**, который отражает требования, предъявляемые к системе управления.

**Объектом управления** называется совокупность технических средств, которыми необходимо управлять, чтобы достигнуть цели управления.

**Средствами управления** называют совокупность технических устройств, обеспечивающих процесс управления для достижения поставленной цели.

Объект управления и средства управления, находящиеся во взаимодействии друг с другом, образуют **систему управления**.

**Система управления является автоматической**, если обеспечивает достижение цели управления без участия человека. Если в структуру системы

управления включен человек-оператор как элемент этой системы, то она называется **полуавтоматической**.

Принципы автоматического управления определяются способом формирования управляющего воздействия на объект управления. С этой точки зрения все системы управления делятся на **разомкнутые и замкнутые**.

**Функциональная схема разомкнутого управления** системой представлена на рис.16.



Рис. 16. Функциональная схема разомкнутой системы управления

**Управляющее воздействие**  $x(t)$  подается на **информационно-преобразующее устройство (датчик)**, которое превращает его в сигнал  $x_1(t)$ , воспринимаемый исполнительным устройством. **Исполнительное устройство** вырабатывает **сигнал управления**  $u(t)$ , определяя выходной сигнал или **регулируемую величину объекта управления**  $y(t)$ . Очевидно, что объект управления работает в условиях изменения окружающей среды. Влияние этих факторов на выходной сигнал определяется введением **случайного воздействия**  $F(t)$ .

Из рассмотренной схемы ясно, что нестабильность регулируемой величины или выходного сигнала объекта  $y(t)$  за счет изменения  $F(t)$  в рассмотренной схеме устранить не удастся. Поэтому применение таких схем управления возможно лишь в тех случаях, где влияние  $F(t)$  на объект управления мало или практически отсутствует.

**Функциональная схема системы замкнутого управления или управления с обратной связью** представлена на рис. 17. В этих системах сигнал управления  $u(t)$  формируется на основе сравнения управляющего воздействия  $x(t)$  и выходного сигнала  $y(t)$ . **Величина**  $\varepsilon(t)=x(t)-y_I(t)$  **является ошибкой рассогласования**, которая вырабатывается на выходе суммирующего устройства.

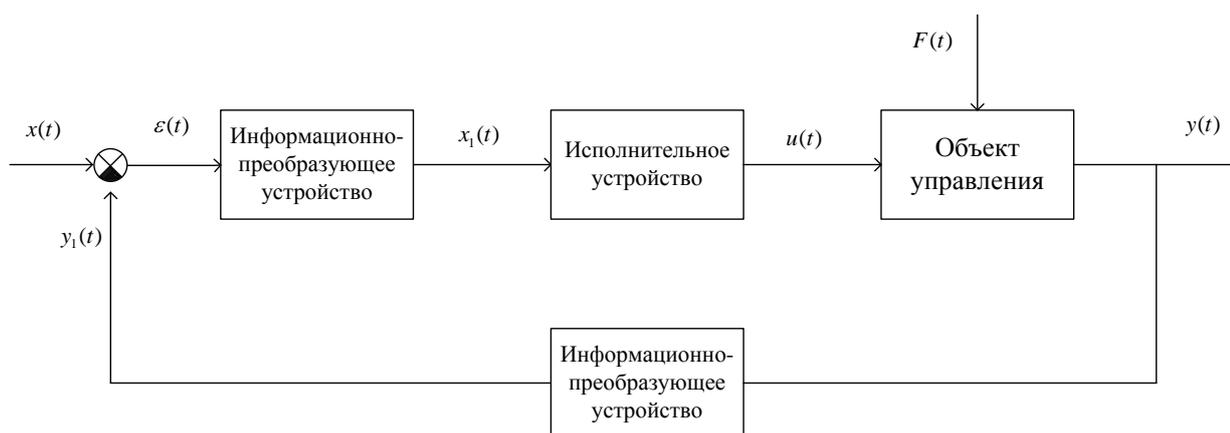


Рис.17. Функциональная схема замкнутой системы управления или системы с обратной связью

За счет обратной связи, сформированной информационно-преобразующим устройством или датчиком обратной связи, влияние случайного внешнего воздействия  $F(t)$  на работу объекта управления в значительной степени компенсируется. Поэтому ясно, что качество управления в этой схеме значительно выше, чем в разомкнутой. **Такие системы называются системами, работающими по принципу отклонения или рассогласования.** Эта фундаментальная идея является универсальной и применима ко всем системам управления, независимо от их физической реализации.

## 7. Содержание лекций

### Лекция 1. Установочная лекция

Основные понятия и определения: процесс управления, объект управления, система автоматического управления, цель управления. Принципы построения САУ. Классификация САУ. Основные элементы авиационной автоматики: датчики, усилители, преобразователи, исполнительные устройства, вычислительные устройства, корректирующие элементы.

### Лекция 2

Математические модели и характеристики САУ и их элементов  
(2 часа, [1,2,3]).

Уравнения статики, уравнения динамики, методика получения уравнений динамики, передаточные функции, частотные характеристики, временные характеристики. Типовые динамические звенья САУ и их характеристики. Структурные преобразования САУ и определение их характеристик.

### Лекция 3

Устойчивость линейных САУ(2 часа, [1,2,3]).

: Основные понятия устойчивости, теоремы Ляпунова. Критерии устойчивости. Критерий Гурвица-Рауса, критерий Михайлова. Критерий Найквиста.

**Лекция 4**

Статическая и динамическая точность линейных САУ. (2 часа, [1,2,3]).

Критерии качества, точность САУ в установившихся режимах, методы построения переходных процессов.

**8. Перечень тем практических и семинарских занятий**

Не предусмотрены учебным планом.

**9. Перечень лабораторных работ.....(8 час [4-7]).**

- 1.- Исследование типовых звеньев САУ (4 час).
- 2.- Исследование датчиков САУ(4 час).

**10. Тематика контрольных работ [8].**

Тематика контрольной работы посвящена задачам анализа САУ: изучению передаточных функций элементов САУ, определению передаточных функций разомкнутой и замкнутой САУ, определению устойчивости САУ, построению переходного процесса и определению параметров качества. Все требования к контрольной работе и порядок её выполнения изложены в [8].