

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Амурский государственный университет»**

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

Математические основы управления

Основной образовательной программы по направлению подготовки (специальности)

220301 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Благовещенск 2012

УМКД разработан канд. техн. наук, доцентом Рыбальевым Андреем Николаевичем

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.Н. Рыбальев

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС Автоматизация технологических процессов и электротех-  
ники

от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г. № \_\_\_\_

Председатель УМСС \_\_\_\_\_ / А.Н. Рыбальев

## **1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины «Математические основы управления» является формирование у студентов знания математического описания элементов и систем автоматического управления.

Задачи дисциплины:

изучение методов описания и анализа линейных систем с помощью дифференциальных уравнений;

изучение методов описания и анализа линейных систем с помощью переходных функций и частотных характеристик;

изучение методов описания и анализа линейных систем с помощью интегральных преобразований;

### **1.2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Теоретической базой дисциплины «Математические основы управления» являются курсы математики и спец. глав математики (разделы: линейная алгебра, дифференциальные уравнения, операционное исчисление и др.)

В свою очередь, изучаемая дисциплина является базой для изучения всех последующих дисциплин кибернетического блока («Теория автоматического управления», «Современные системы управления», «Моделирование систем» и др.)

### **1.3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

основные формы математических моделей линейных объектов и систем «вход-выход» и «вход-состояние-выход», а также методы их получения;

методику линеаризации исходных нелинейных уравнений объектов и систем;

основные правила преобразований структурных схем;

основные типы временных и частотных характеристик линейных объектов и систем;

математическое описание и характеристики типовых звеньев систем автоматического регулирования.

2) Уметь:

составлять дифференциальные уравнения для типовых элементов автоматических систем;

описывать с помощью дифференциальных уравнений в различных формах записи линейные автоматические системы;

решать различными методами дифференциальные уравнения автоматических систем;

определять и анализировать переходные и частотные характеристики линейных систем автоматического регулирования.

3) Владеть навыками проведения расчетов временных и частотных характеристик и моделирования линейных систем автоматического регулирования в пакетах математических программ (Matlab) .

## 1.4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 90 часов.

/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекц.	Пр.	СР	
	Основные понятия теории управления	5	1,2	4		3	Контрольная точка и тестирование №1, экзамен, защита РГР
	Математическое описание линейных объектов и систем	5	3,4,5,6	8	10	15	Контрольная точка и тестирование №1, проверка и защита индивидуальных заданий по темам практик, экзамен, защита РГР
	Временные и частотные характеристики линейных объектов и систем	5	7,8,9,10	8	4	9	Контрольная точка и тестирование №2, проверка и защита индивидуальных заданий по темам практик, экзамен, защита РГР
	Типовые звенья линейных объектов и систем	5	11,12,13, 14,15,16, 17,18	16	4	9	Контрольная точка и тестирование №2, проверка и защита индивидуальных заданий по темам практик, экзамен, защита РГР

## 1.5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

5.1.1. Введение. Основные понятия теории управления. – 4 часа.

Управление ручное, автоматизированное, автоматическое. Объект управления и его математическая модель. Цель управления. Регулирование. Структура системы управления. Классификация систем управления.

5.1.2 Математическое описание линейных объектов и систем – 8 часов.

Уравнения в пространстве состояний. Пример описания объекта в пространстве состояний. Модели вход-выход. Дифференциальные уравнения и передаточные функции. Преобразование моделей. Передаточная матрица объекта и системы. Представления систем, заданных передаточными функциями в пространстве состояний. Метод прямого программирования. Каноническое представление. Параллельное программирование. Последовательное программирование. Получение линейной модели объекта. Аналитические методы. Линеаризация нелинейных зависимостей, уравнения в отклонениях. Экспериментальные методы получения математического описания: методы активного и пассивного экспериментов. По-

строение модели системы с помощью моделей входящих в нее звеньев: объединение уравнений состояния, правила преобразования структурных схем.

#### 5.1.3. Исследование линейных объектов и систем – 8 часов.

Статические характеристики линейных объектов и систем. Переходная и импульсная переходная характеристики, их использование для расчета реакции системы на произвольное воздействие. Применение теоремы об изображении свертки и интеграла Дюамеля. Пример расчета. Физическая интерпретация. Частотные характеристики объектов и систем. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Понятие полосы пропускания системы. Логарифмические частотные характеристики. Преимущества использования логарифмической амплитудно-частотной характеристики при анализе и синтезе систем. Амплитудно-фазовая характеристика, ее получение по передаточной функции системы. Вещественная и мнимая частотные характеристики. Минимально-фазовые звенья, особенности их частотных характеристик.

#### 5.1.4. Типовые (элементарные) звенья систем автоматического регулирования – 16 часов.

Идеальное статическое (усилительное) звено. Характеристики и условия использования. Идеальное интегрирующее звено. Характеристики, примеры. Аперидическое звено первого порядка: представление в пространстве состояний, переходные и частотные характеристики, применение звена для упрощенного описания объектов по их разгонным характеристикам. Аперидическое звено второго порядка: основные характеристики. Колебательное звено второго порядка: представление в пространстве состояний, переходные и частотные характеристики. Влияние параметров звена на его характеристики. Определение параметров колебательного звена по переходной характеристике. Консервативное звено. Идеальное дифференцирующее звено и его характеристики. Форсирующее звено и его характеристики. Реальное дифференцирующее звено: примеры, представление в пространстве состояний, переходные и частотные характеристики. Интегро-дифференцирующее (упругое) звено: представление в пространстве состояний, переходные и частотные характеристики. Звено запаздывания: переходные и частотные характеристики.

### 5.2. Практические занятия.

5.2.1. Математические модели систем управления. Связь между передаточной матрицей и переменными состояниями

5.2.2. Составление моделей одномерной системы в пространстве состояний методами прямого, последовательного и параллельного программирования

5.2.3. Линеаризация систем нелинейных уравнений.

5.2.4. Определение передаточных функций системы с помощью правил преобразования структурных схем. Определение статических характеристик по всем каналам управления

5.2.5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений классическим и операторным методами

5.2.6. Временные характеристики систем и звеньев.

5.2.7. Частотные характеристики систем управления

5.2.8. Построение частотных характеристик последовательного соединения звеньев

5.2.9. Расчет переходных и частотных характеристик простейшей замкнутой системы регулирования

## 1.6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
1	Основные понятия теории управления	Выполнение РГР	3
2	Математическое	Выполнение РГР	5

	описание линейных объектов и систем	Выполнение индивидуальных заданий по темам практических занятий	10
3	Временные и частотные характеристики линейных объектов и систем	Выполнение РГР Выполнение индивидуальных заданий по темам практических занятий	5 4
4	Типовые звенья линейных объектов и систем	Выполнение РГР Выполнение индивидуальных заданий по темам практических занятий	5 4

### 1.7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Математические основы управления» используются следующие образовательные технологии:

1. Активные инновационные методы обучения: нет.
2. Технологии обучения: традиционные.
3. Информационные технологии: мультимедийное обучение (демонстрации на видеопроекторе примеров решения задач в Matlab на лекционных и практических занятиях).
- 4 Информационные системы: электронная база учебно-методических ресурсов на основе сайта [app.vrsoft.ru](http://app.vrsoft.ru).
5. Инновационные методы контроля: компьютерное тестирование в ходе изучения дисциплины и по ее окончанию.

### 1.8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

1. Вопросы для тестирования, охватывающие основные темы, изучаемые студентами в данном курсе, и сгруппированные по разделам:

- 1) Основные определения.
- 2) Математическое описание и характеристики линейных систем.
- 3) Типовые звенья систем автоматического регулирования.

Тестирование является составной частью процедуры промежуточного контроля знаний (в ходе изучения дисциплины), а также используется для контроля остаточных знаний (после окончания изучения дисциплины).

#### 2. Вопросы к экзамену

- 1) Понятие об управлении. Объект управления и его мат. модель. Цель управления. Регулирование.
- 2) Структура и классификация систем автоматического регулирования.
- 3) Математическое описание линейных объектов и систем. Уравнения в пространстве состояний.
- 4) Математическое описание линейных объектов и систем. Дифференциальные уравнения и передаточные функции.
- 5) Передаточная матрица многомерных линейных динамических систем.
- 6) Моделирование одномерных систем в пространстве состояний. Метод прямого программирования. Каноническое представление.
- 7) Моделирование одномерных систем в пространстве состояний. Методы параллельного и последовательного программирования.
- 8) Линеаризация нелинейных динамических характеристик.
- 9) Правила преобразования структурных схем.
- 10) Исследование линейных объектов и систем. Переходные характеристики.

- 11) Определение реакции системы на произвольное входное воздействие по ее переходной характеристике. Интеграл Дюамеля.
- 12) Частотные характеристики линейных систем.
- 13) Логарифмические частотные характеристики линейных систем. Особенности частотных характеристик минимально-фазовых звеньев.
- 14) Типовые звенья систем автоматического регулирования.
- 15) Идеальное усилительное и интегрирующее звено.
- 16) Апериодическое звено первого порядка.
- 17) Апериодическое звено второго порядка.
- 18) Колебательное звено. Представление в пространстве состояний. Переходная характеристика.
- 19) Колебательное звено. Переходная характеристика и ее анализ.
- 20) Колебательное звено. Частотные характеристики.
- 21) Дифференцирующие звенья. Идеальное дифференцирующее и форсирующее звено.
- 22) Реальное дифференцирующее звено.
- 23) Интегро-дифференцирующее звено.
- 24) Звено запаздывания.

Тематика задач на экзамене:

- 1) По структурной схеме определить уравнения в пространстве состояний (и, возможно, передаточную матрицу).
- 2) По заданным уравнениям в пространстве состояний построить структурную схему.
- 3) По заданным уравнениям в пространстве состояний определить передаточную матрицу.
- 4) По передаточной функции построить модель в пространстве состояний (прямым, последовательным или параллельным методом).
- 5) Линеаризовать нелинейное дифф. уравнение или систему диф. уравнений.
- 6) Преобразовать структурную схему системы.
- 7) Определить переходную характеристику линейного объекта (системы).
- 8) Определить частотную характеристику линейного объекта (системы).
- 9) Провести анализ колебательного звена.
- 10) Провести анализ интегро-дифференцирующего звена.

3. Учебные пособия для подготовки и выполнения практических работ и индивидуальных заданий, РГР:

Рыбалев, А.Н., Усенко, В.И., Русинов, В.Л. Теория автоматического управления. Часть 1. Математические основы управления. Методическое пособие к выполнению практических и самостоятельных работ. Учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2010.

А.Н. Рыбалев. Теория автоматического управления: Пособие к курсовому проектированию. Учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2004.

### **1.9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

а) основная литература:

1. Теория автоматического управления: учеб.: доп. Мин. обр. РФ/ под ред. В.Б. Яковлева. - 3-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2009. - 568 с.

2. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: учеб.: рек. Мин. обр. РФ/ В.Я. Ротач. - 4-е изд., стер. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2007. - 400 с.

3. Юревич, Е.И. Теория автоматического управления: учеб.: рек. Мин. обр. РФ/ Е.И. Юревич. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 540 с.

б) дополнительная литература:

1. Рыбалев, А.Н. Теория автоматического управления: метод. пособие к выполнению практ. и самостоятельных работ: учеб. пособие: рек. УМО/ А. Н. Рыбалев, В. И. Усенко, В. Л. Русинов; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011 - Ч. 1: Математические основы управления. - 2011. - 203 с.

2. Усенко, В.И. Математические модели в электротехнике и автоматике: учеб. пособие/ В.И. Усенко, В.Л. Русинов, М.В. Романова; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2008 - Ч. 2: Передаточные функции и частотные характеристики линейных цепей и систем управления. - 2009. - 223 с.

3. Рыбалев, А.Н. Теория автоматического управления: курсовое проектирование: учеб. пособие/ А.Н. Рыбалев; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2004. - 144 с.

4. Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие: рек. УМО/ А.С. Востриков, Г.А. Французова. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. - 365 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программное обеспечение:

1) ОС Microsoft Windows 2000, Microsoft Windows XP;

2) MS Office (Word, PowerPoint);

3) Математический пакет Matlab, The MathWorks, Inc, версия 6.5.0.180913a (R13) и новее.

Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a>	Российское образование. Федеральный портал
2	<a href="http://www.exponenta.ru/">http://www.exponenta.ru/</a>	Образовательный математический сайт. Примеры решения задач теории управления в математических пакетах Обсуждение математических пакетов и задач на форуме. Методические разработки. Электронные учебники, справочники, статьи по математическим пакетам. Демо-версии популярных математических пакетов, электронные книги и свободно распространяемые программы.
3	<a href="http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html">http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html</a>	Электронный курс лекций по теории автоматического управления
4	<a href="http://www.novtex.ru/mech/">http://www.novtex.ru/mech/</a>	Ежемесячный научно-технический и производственный журнал "МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ"

#### 1.10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1) Видеопроектор;

2) Компьютерный класс (ауд. 402 корп. №6) для выполнения индивидуальных заданий и РГР.

#### 1.11. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

не предусмотрена

## 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

### 2.1. Введение

#### 2.1.1. План лекции

Основные понятия теории управления. Управление ручное, автоматизированное, автоматическое. Объект управления и его математическая модель. Цель управления. Регулирование. Структура системы управления.

Классификация систем управления.

Классификация по способу управления: разомкнутые системы с управлением по задающему и по возмущающему воздействиям, замкнутые системы с управлением по отклонению, комбинированные системы.

Классификация по виду задающего сигнала: системы стабилизации и системы воспроизведения, в т.ч. программные и следящие системы.

Классификация по количеству выходных (регулируемых) координат: одномерные и многомерные системы. Подходы к построению многомерных систем: несвязное, связанное управление, автономные системы.

Классификация по типу зависимости выходной величины от входной: линейные и нелинейные системы. Принцип суперпозиции для линейных систем.

Классификация систем по постоянству параметров: стационарные и нестационарные системы.

Классификация по виду сигналов: непрерывные и дискретные системы. Классификация дискретных систем: релейные, импульсные и цифровые системы.

#### 2.1.2. Цели и задачи:

- 1) ознакомление с основными понятиями теории управления;
- 2) изучение классификации систем автоматического регулирования.

#### 2.1.3. Ключевые вопросы:

- 1) математическая модель объекта управления;
- 2) структура системы автоматического регулирования;
- 3) классификация систем по способу управления, виду задающего сигнала, количеству регулируемых величин, типу зависимости выходной величины от входной, виду сигналов.

#### 2.1.4. Ссылки на литературные источники, приведенные в рабочей программе:

основная литература: 1,2,3;

дополнительная литература: 1,2;

Интернет-ресурсы: 1,2 .

#### 2.1.5. Выводы по теме

Управление есть воздействие на объект с целью обеспечения требуемого технологического процесса в нем или требуемого изменения его состояния. В зависимости от степени участия человека управление может быть ручным, автоматизированным и автоматическим. Основными в теории управления являются понятиями объекта управления и цели управления. Частный случай управления – регулирование. Системы автоматического регулирования классифицируются по ряду признаков, основные среди которых: по способу управления, по виду задающего сигнала, по количеству регулируемых переменных, по типу зависимости выходной величины от входной, по виду сигналов.

### 2.2. Математическое описание линейных объектов и систем

#### 2.2.1. План лекции

Уравнения в пространстве состояний. Пример описания объекта (двигатель постоянного тока независимого возбуждения с управлением по якорной цепи) в пространстве состояний.

Модели вход-выход. Дифференциальные уравнения и передаточные функции линейных объектов и систем. Дифференциальные уравнения и передаточные функции двигателя постоянного тока независимого возбуждения с управлением по якорной цепи.

Преобразование моделей линейных объектов и систем. Передаточная матрица объекта и системы.

Представления систем, заданных передаточными функциями в пространстве состояний. Метод прямого программирования (пример). Каноническое представление. Параллельное программирование (пример). Последовательное программирование (пример).

Получение линейной модели объекта.

Аналитические методы. Линеаризация нелинейных зависимостей, уравнения в отклонениях. Примеры линеаризации дифференциальных уравнений высокого порядка и систем дифференциальных уравнений первого порядка.

Экспериментальные методы получения математического описания. Методы активного и пассивного экспериментов: общая характеристика.

Построение модели системы с помощью моделей входящих в нее звеньев.

Объединение уравнений состояния отдельных звеньев и получение уравнений состояний системы.

Правила преобразования структурных схем. Передаточные функции последовательного и параллельного соединения звеньев, а также соединения в виде обратной связи. Преобразования структуры системы: переносы сумматоров и линий связи через звенья. Пример получения передаточных функций системы путем структурных преобразований.

2.2.2. Цели и задачи:

1) изучение основных видов линейных моделей объектов и систем автоматического управления;

2) ознакомление с методами получения линейных математических моделей;

3) освоение методов преобразования линейных математических моделей;

2.2.3. Ключевые вопросы:

1) уравнения в пространстве состояний, дифференциальные уравнения высоких порядков и передаточные функции;

2) передаточная матрица линейной системы;

3) методы программирования линейных систем;

4) линеаризация нелинейных уравнений и их систем;

5) методы структурных преобразований линейных систем.

2.2.4. Ссылки на литературные источники, приведенные в рабочей программе:

основная литература: 1,2,3;

дополнительная литература: 1,2,3;

Интернет-ресурсы: 1,2,3.

2.2.5. Выводы по теме

Для математического описания объектов и систем регулирования используются две формы математических моделей: модели типа «вход – состояние – выход» (уравнения в пространстве состояний) и модели типа «вход – выход» (дифференциальные уравнения высокого порядка и передаточные функции). Уравнения в пространстве состояний позволяют получить передаточную матрицу системы, содержащую передаточные функции по всем каналам воздействия. По передаточной функции канала может быть построено множество моделей в пространстве состояний в зависимости от способа преобразования (базиса).

Существует множество способов получения линейных математических моделей. Одним из них является линеаризация исходных нелинейных уравнений в окрестности рабочей точки функционирования системы. Экспериментальные способы предполагают обработку результатов активного или пассивного эксперимента. Если известно математическое описание входящих в систему звеньев, дифференциальные уравнения и передаточные функции системы в целом могут быть получены с применением правил преобразований структурных схем.

2.3. Исследование линейных объектов и систем

2.3.1. План лекции

Статические характеристики линейных объектов и систем. Определение коэффициентов передачи системы по каналам воздействия с помощью уравнений в пространстве состояний, по передаточным функциям звеньев системы и по передаточным функциям системы в целом.

Переходная и импульсная переходная характеристики. Определения. Расчет переходных характеристик для звена первого порядка.

Использование переходных характеристик для расчета реакции системы на произвольное воздействие. Применение теоремы об изображении свертки и интеграла Дюамеля. Пример расчета. Физическая интерпретация.

Частотные характеристики линейных объектов и систем. Амплитудная и фазовая частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ). Понятие полосы пропускания системы. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ). Преимущества использования логарифмической амплитудно-частотной характеристики при анализе и синтезе систем. АЧХ, ЛАЧХ и ФЧХ последовательного соединения звеньев.

Амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ). Вещественная и мнимая частотные характеристики (ВЧХ и МЧХ). Связь между частотными характеристиками. Получение АФЧХ системы по ее передаточной функции.

Минимально-фазовые звенья, особенности их частотных характеристик.

2.3.2. Цели и задачи:

- 1) изучение статических характеристик систем управление и освоение методов их получения;
- 2) изучение переходных характеристик систем управление и освоение методов их получения;
- 3) изучение частотных характеристик систем управление и освоение методов их получения;

2.3.3. Ключевые вопросы:

- 1) статические характеристики линейных систем;
- 2) переходная и импульсная переходная характеристики;
- 3) амплитудно-частотная, фазо-частотная, логарифмическая амплитудно-частотная Переходная и импульсная переходная характеристики;
- 4) амплитудно-фазовая, вещественная и мнимая частотные характеристики.

2.3.4. Ссылки на литературные источники, приведенные в рабочей программе:

основная литература: 1,2,3;

дополнительная литература: 1,2,3,4;

Интернет-ресурсы: 1,2,3.

2.3.5. Выводы по теме

Статические характеристики есть зависимости выходных величин системы от входных в установившемся режиме. Статические характеристики линейных объектов и систем определяются их коэффициентами передачи, которые непосредственно могут быть получены из передаточных функций или уравнений в пространстве состояний.

Для изучения динамических свойств систем используются переходные и частотные характеристики. Переходные характеристики представляют собой реакции системы на единичное ступенчатое воздействие или единичный импульс. С помощью переходных характеристик можно определить реакцию системы на произвольное воздействие. Частотные характеристики описывают свойства системы в частотной области. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики непосредственно выражают способность передачи системой гармонического сигнала в зависимости от его частоты. АЧХ и ФЧХ объединяются в комплексную частотную характеристику – амплитудно-фазовую частотную характеристику, которая легко может быть получена по передаточной функции системы.

2.4. Типовые (элементарные) звенья систем автоматического регулирования

2.4.1. План лекции

Идеальное статическое (усилительное) звено. Уравнение. Характеристики и условия использования (примеры).

Идеальное интегрирующее звено.

Дифференциальное уравнение и передаточная функция. Физический смысл постоянной времени интегрирования. Примеры: емкость с жидкостью, сервопривод. Уравнения в пространстве состояний. Переходные характеристики. Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ.

Апериодическое звено первого порядка. Дифференциальное уравнение и передаточная функция. Примеры звена: простейшие линейные электрические цепи, уравнение нагрева однородного тела.

Представление в пространстве состояний. Переходные характеристики. Определение постоянной времени звена по его переходной характеристике. Связь времени переходного процесса с постоянной времени. Физический смысл постоянной времени и его обоснование. Использование аperiодического звена для аппроксимации динамических характеристик реальных объектов: описание в отклонениях (пример).

Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ.

Звенья второго порядка. Дифференциальное уравнение, передаточная функция и их параметры (коэффициент передачи, постоянная времени и коэффициент демпфирования). Влияние коэффициента демпфирования на характер звена (на вид корней характеристического полинома).

Пример звена второго порядка (линейная электрическая цепь).

Апериодическое звено второго порядка как последовательное соединений двух звеньев первого порядка.

Колебательное звено. Каноническое представление звена в пространстве состояний. Параллельная модель звена в пространстве состояний.

Вывод уравнений переходной характеристики через корни характеристического полинома и параметры передаточной функции. Связь между корнями характеристического полинома и параметрами передаточной функции.

Анализ переходной характеристики звена. Время максимумов и минимумов, время переходного процесса, влияние постоянной времени и коэффициента демпфирования на время процесса, частоту колебаний и перерегулирование. Определение параметров звена по экспериментально снятой переходной характеристике.

Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ. Амплитудно-частотная характеристика: условие наличия максимума (резонанса) и резонансная частота. Максимальное значение АЧХ. Фазочастотная характеристика: влияние коэффициента демпфирования. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика: влияние коэффициента демпфирования.

Консервативное звено: особенности АФЧХ, АЧХ и ФЧХ, а также вид переходной характеристики.

Идеальное дифференцирующее звено. Дифференциальное уравнение и передаточная функция. Переходная характеристика. Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ.

Форсирующее звено первого порядка. Переходная характеристика. Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ.

Реальное дифференцирующее звено. Дифференциальное уравнение и передаточная функция. Структура звена.

Пример звена (линейная электрическая цепь постоянного тока). Представление в пространстве состояний.

Переходная характеристика звена. Определение начального и конечного значений характеристики по уравнениям в пространстве состояний.

Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ.

Интегро-дифференцирующее (упругое) звено. Дифференциальное уравнение и передаточная функция. Структура звена.

Пример звена (линейная электрическая цепь постоянного тока). Представление в пространстве состояний.

Переходная характеристика звена. Определение начального и конечного значений характеристики по уравнениям в пространстве состояний.

Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ и их анализ.

Звено запаздывания. Определение. Уравнение и передаточная функция звена. Пример звена (подача сыпучего материала на конвейер с последующим взвешиванием).

Динамическое запаздывание. Использование звена при аппроксимации экспериментальных динамических характеристик.

Переходная характеристика звена.

Частотные характеристики: АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ и ЛАЧХ и их анализ.

#### 2.4.2. Цели и задачи:

изучение типовых звеньев систем автоматического регулирования, их математического описания, временных и частотных характеристик.

#### 2.4.3. Ключевые вопросы:

- 1) идеальное статическое (усилительное) звено;
- 2) идеальное интегрирующее звено;
- 3) апериодическое звено первого порядка;
- 4) колебательное звено;
- 5) идеальное дифференцирующее звено;
- 6) форсирующее звено;
- 7) реальное дифференцирующее звено;
- 8) интегро-дифференцирующее звено;
- 9) звено запаздывания.

#### 2.4.4. Ссылки на литературные источники, приведенные в рабочей программе:

основная литература: 1,2,3 ;

дополнительная литература: 1,3;

Интернет-ресурсы: 2,3,4.

#### 2.4.5. Выводы по теме

Любая передаточная функция может быть разложена на произведение элементарных передаточных функций по корням ее числителя и знаменателя. Всего имеется семь возможных вариантов таких функций, соответствующих

отсутствию корней (статическое преобразование);

нулевому корню знаменателя (интегрирование);

нулевому корню числителя (дифференцирование);

вещественному корню знаменателя;

паре комплексно-сопряженных корней знаменателя;

вещественному корню числителя;

паре комплексно-сопряженных корней числителя;

Для описания реальных объектов управления и других устройств, входящих в состав систем автоматического регулирования, часто используются типовые звенья, представляющие собой соединения одного или более элементарных звеньев. Выделяют

идеальное статическое (усилительное) звено;

идеальное интегрирующее звено;

идеальное дифференцирующее звено;

апериодическое звено первого порядка;

колебательное звено;

форсирующее звено;

реальное дифференцирующее звено;

интегро-дифференцирующее звено.

В дополнение к этим звеньям для описания транспортной задержки при распространении сигналов рассматривается звено чистого или транспортного запаздывания.

Все типовые звенья имеют специфицированное математическое описание. Для описания их свойств используются переходные и частотные характеристики. Знание характеристик типовых звеньев позволяет определить характеристики системы автоматического регулирования, в состав которой они входят.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ (РЕКОМЕНДАЦИИ)**

#### **3.1. Методические указания по изучению дисциплины**

1) Следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, выполнение индивидуальных заданий по темам практических работ и расчетно-графической работы на конец семестра, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, индивидуальных заданий и РГР. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Рабочей программе.

2) «Сценарий изучения дисциплины» предусматривает следующие схемы:

по теоретическому курсу: ознакомление с тематикой лекции в разделе «Краткое изложение программного материала» → изучение литературы по теме → прослушивание лекции и обсуждение вопросов;

по выполнению индивидуальных работ по темам практических занятий: подготовка к выполнению работы по учебному пособию (изучение теоретических сведений, частичное выполнение задания) → работа на практическом занятии → выполнение работы и оформление отчета → защита работы;

по выполнению расчетно-графической работы: получение задания → ознакомление с теоретическими сведениями → выполнение РГР → сдача РГР на проверку.

3) Материалы учебно-методического комплекса для студентов являются обязательными к ознакомлению, поскольку являются «отправной точкой» для изучения дисциплины. В разделе «Краткое изложение программного материала» приведены тематика лекционных занятий, планы, цели и задачи лекций, ключевые вопросы и выводы, а также ссылки на литературу. Ознакомившись с разделом, студент получает возможность самостоятельно подготовиться к лекции, изучив теоретический материал, а непосредственно на занятии – занимать активную позицию, задавая вопросы лектору и вступая в дискуссии по теме. В разделе «Методические указания (рекомендации)» приведены указания к выполнению индивидуальных работ по темам практических занятий и расчетно-графической работы. Изучив материал раздела, студенты получают возможность грамотно планировать выполнение всех видов работ, выполнять работы в соответствии со всеми приведенными требованиями, подготавливать отчеты и оформлять проекты. В разделе «Контроль знаний» приведены материалы, которые позволят студентам подготовиться к процедурам текущего контроля (тестирование в рамках проведения «контрольных точек») и итогового контроля (экзамен).

4) Изучение дисциплины требует непрерывной работы с литературой. Перед прослушиванием каждой лекции студент должен ознакомиться с материалом по списку, приведенному по теме лекции в разделе «Краткое изложение программного материала». Перед выполнением индивидуальных занятий по темам практических работ необходимо изучить теоретические сведения, приведенные в учебном пособии. Отчет, составляемый после выполнения работы, должен соответствовать плану, приведенному в пособии.

5) При подготовке к экзамену следует придерживаться следующих рекомендаций:

подготовку к экзамену нужно проводить в течение всего курса изучения дисциплины. После предварительного изучения теоретического материала перед прослушиванием лекции следует составить планы ответа на каждый экзаменационный вопрос по теме лекции. После прослушивания лекции эти планы при необходимости уточняются с учетом изменения пред-

ставлений. Окончательная корректировка планов ответов производится уже после изучения всего курса, когда устанавливаются и осознаются связи между всеми разделами и темами;

при подготовке к экзамену следует полностью исключить все виды «заучивания» материала, основанные на «механической» фиксации фонетической или аудиовизуальной информации в памяти. Вместо этого основной упор следует сделать на раскрытие причинно-следственных связей, логических закономерностей и общих тенденций;

необходимо правильно организовать процесс подготовки к экзамену на сессии как в плане чередования труда и отдыха, так и в плане организации занятий. На первом этапе подготовки (за 2-3 дня до экзамена) следует выполнить «общий обзор» курса с целью выделения «простых» и «сложных» тем. Далее нужно сделать упор на освоение и уточнение наиболее сложных вопросов. И, наконец, непосредственно накануне экзамена нужно еще раз сделать «общий обзор» с целью систематизации полученных знаний. Таким образом, график изменения интенсивности занятий должен иметь участки увеличения, стабилизации на максимуме и снижения. Это позволяет подойти к экзамену в наилучшей физической и психологической форме.

б) При работе с тестовой системой курса необходимо руководствоваться следующим. Тесты ни в коем случае не следует рассматривать «самодостаточными» в том смысле, что абсолютно неверно представление о том, что правильно выполненный тест является свидетельством полного освоения материала. Тестовые вопросы должны рассматриваться в первую очередь как указатели направления интеллектуальных усилий по установлению связей между теоретическими положениями, практическими вопросами, примерами и т.д. Поэтому не следует «механически» запоминать правильные ответы на тестовые вопросы, тем более что практика проведения контрольных мероприятий по дисциплине предусматривает дополнения тестовой процедуры уточняющими вопросами преподавателя, призванными выявить аргументацию ответов студента. Вместо заучивания следует добиваться понимания сути вопроса, построения логических цепочек, обосновывающих ответ с привлечением теоретических положений.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнению самостоятельной работы, приведен в Рабочей программе.

### 3.2. Методические указания к практическим занятиям

1) План проведения занятий с указанием последовательности изучаемых модулей, тем занятий, объема аудиторных часов, отводимых для освоения материалов по каждой теме, а также часов для самостоятельной работы студентов приведен в Рабочей программе.

2) Вопросы, выносимые на обсуждение по темам практических занятий, и задания для самостоятельных работ приведены в учебном пособии

### 3.3. Методические указания по самостоятельной работе студентов

1) Самостоятельная работа студентов по дисциплине предусматривает выполнение индивидуальных заданий по темам практических занятий и расчетно-графической работы. Общая схема СРС приведена в Рабочей программе.

2) Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины, приведены в разделе 3.1. «Методические указания по изучению дисциплины».

3) Перечень тем теоретического курса, предварительное изучение которых необходимо для выполнения работ по темам практических занятий

Все теоретические сведения, необходимые для выполнения работ по темам практических занятий, содержатся в учебном пособии

Рыбалев, А.Н. Теория автоматического управления: метод. пособие к выполнению практ. и самостоятельных работ: учеб. пособие: рек. УМО/ А. Н. Рыбалев, В. И. Усенко, В. Л. Русинов; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011 - Ч. 1: Математические основы управления. - 2011. - 203 с.

4) Рекомендации по работе с литературой приведены в разделе 3.1. «Методические указания по изучению дисциплины».

5) Рекомендации по подготовке к экзамену приведены в разделе 3.1. «Методические указания по изучению дисциплины».

6) рекомендации по отдельным видам работ при освоении дисциплины приведены в разделе 3.1. «Методические указания по изучению дисциплины».

7) Рекомендации по подготовке отчетов о выполнении СРС.

«Отчетами» о выполнении СРС являются

отчеты о выполнении работ по темам практических занятий;

расчетно-графическая работа.

Требования к содержанию отчетов о выполнении работ по темам практических занятий приведены в учебном пособии

Рыбалев, А.Н. Теория автоматического управления: метод. пособие к выполнению практ. и самостоятельных работ: учеб. пособие: рек. УМО/ А. Н. Рыбалев, В. И. Усенко, В. Л. Русинов; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011 - Ч. 1: Математические основы управления. - 2011. - 203 с.

Тема расчетно-графической работы – «Математическое описание линейной системы автоматического регулирования»

В расчетно-графической работе рассматривается система непрерывного автоматического регулирования угла поворота исполнительного вала электропривода с двигателем постоянного тока и преобразователем напряжения (рис.1). Система обеспечивает отработку заданного угла поворота (задача слежения) и стабилизацию угла при нагрузках двигателя вплоть до номинального момента. Элементы схемы описаны ниже.

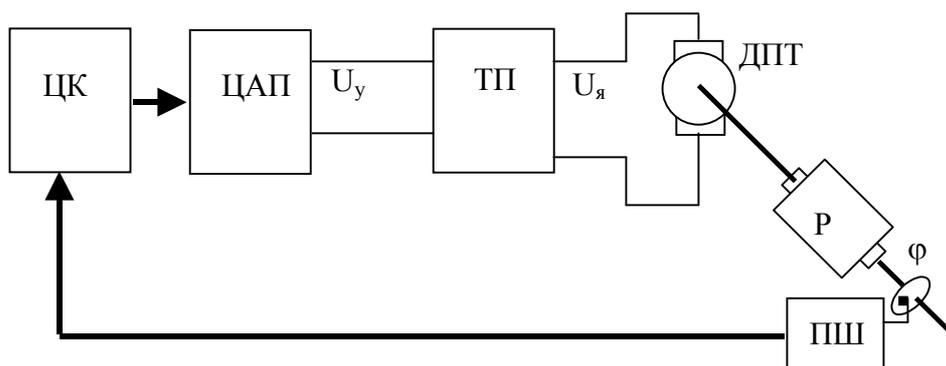


Рис. 1. Схема непрерывной следящей системы

ДПТ – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением серии 2П. Параметры двигателя для всех вариантов приведены в табл.1. Суммарный приведенный к валу момент инерции принимается равным 120% от момента инерции вала двигателя. Благодаря применению независимой вентиляции, возможно нахождение машины под номинальным током при нулевой скорости вращения якоря.

ТП – тиристорный преобразователь (управляемый выпрямитель). Построен на базе двух трехфазных выпрямительных тиристорных мостов. Обеспечивает работу двигателя в четырех квадрантах (двигательный и генераторный режимы работы машины с вращением в обоих направлениях). Максимальное выпрямленное напряжение 514 В. Допускает внешнее задание выходного напряжения аналоговым сигналом  $-10...+10$  В. Имеет выходной индуктивно-емкостный фильтр. Описывается дифференциальным уравнением первого порядка (апериодическое звено). Постоянная времени определяется вариантом (см. табл.1). Коэффициент передачи определяется исходя из линейности регулировочной характеристики.

Р – редуктор. Передаточное число рассчитывается исходя из того, что при номинальной скорости двигателя максимальный угол поворота ( $320^\circ$ ) выходного вала  $\varphi_{\max}$  должен быть отработан за заданное время, определяемое вариантом.

ПШ – поворотный шифратор – высокоточный датчик абсолютного значения угла поворота выходного вала. Выдает цифровой сигнал.

ЦК – цифровой контроллер. Принимает сигнал датчика поворота и формирует через ЦАП сигнал управления тиристорным преобразователем. Обладает высокой производительностью и может очень точно реализовать любые законы регулирования. Допускает локальное задание угла поворота оператором и внешнее задание через промышленную сеть.

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь. Преобразует цифровой сигнал контроллера в сигнал напряжения постоянного тока от –10 до +10В.

Тактовые частоты и разрядность ЦК и ЦАП таковы, что сигнал  $U_y$  можно считать непрерывным.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Исходные данные к РГР по вариантам

№ вар.	Мощность, КВт	Номинальная частота вращения, об/мин	Сопротивление обмотки при 15° С, Ом		Индуктивность якоря, мГн	Момент инерции ротора, кг×м <sup>2</sup>	Постоянная времени ТП, сек.	Время полного поворота, сек.
			якоря	добавочных полюсов				
1	2	3	4	5	6	6	7	8
Тип 2ПБ100МУХЛ4, 2ПБ100МГУХЛ4								
1	0,26	800	12,76	8,35	461	0,011	0,02	20
2	0,37	1000	8,49	5,14	313		0,08	12
3	0,6	1600	4,38	2,62	150		0,06	11
4	0,85	2360	1,99	1,22	78		0,09	30
5	1,2	3150	1,325	0,7	45		0,04	15
Тип 2ПБ112МУХЛ4, 2ПБ112МГУХЛ4								
6	0,34	750	8,72	7,07	106	0,015	0,06	40
7	0,45	1060	5,07	4,5	66		0,09	35
8	0,75	1500	2,48	2,13	31		0,07	22
9	1,1	2200	1,29	1,12	16		0,10	25
10	1,4	3000	0,788	0,682	11		0,09	15
Тип 2ПФ132МУХЛ4, 2ПФ132МГУХЛ4								
11	2	750	1,693	1,26	33	0,038	0,11	40
12	3	1060	0,906	0,692	18,5		0,10	24
13	4	1500	0,472	0,308	9,7		0,12	16
14	6	2360	0,226	0,166	1,6		0,09	36
15	7,5	3000	0,14	0,094	2,85		0,13	22
Тип 2ПФ132ЛУХЛ4, 2ПФ132ЛГУХЛ4								
16	2,8	750	1,08	0,915	23	0,048	0,12	28
17	4,2	1000	0,67	0,445	14		0,14	34
18	5,5	1600	0,269	0,22	5,7		0,11	18
19	7,5	2120	0,167	0,124	3,5		0,15	15
20	11	3000	0,08	0,066	1,8		0,14	10
Тип 2ПФ160МУХЛ4, 2ПФ160МГУХЛ4								
21	4,2	750	0,516	0,407	14	0,083	0,08	22
22	6	1000	0,326	0,208	9		0,09	18
23	7,5	1500	0,145	0,101	4		0,11	10
24	13	2240	0,081	0,056	2,2		0,10	12
25	16	3150	0,037	0,024	0,99		0,15	9
Тип 2ПФ160ЛУХЛ4, 2ПФ160ЛГУХЛ4								
26	5,6	800	0,328	0,227	10,5	0,1	0,07	16
27	8	1000	0,216	0,175	7		0,13	18
28	11	1500	0,096	0,073	3,1		0,12	10
1	2	3	4	5	6	6	7	8

29	16	2360	0,044	0,031	1,4		0,10	8
30	18,5	3150	0,024	0,017	0,78		0,16	5
Тип 2ПФ180МУХЛ4, 2ПФ180МГУХЛ4								
31	9	750	0,286	0,206	22	0,2	0,15	24
32	12	1060	0,15	0,092	4,9		0,14	25
33	15	1500	0,084	0,056	2,7		0,09	16
34	26	3150	0,022	0,015	0,68		0,16	8
Тип 2ПФ180ЛУХЛ4, 2ПФ180ЛГУХЛ4								
35	10	750	0,203	0,145	7,3	0,23	0,10	18
36	14	1000	0,136	0,084	4,4		0,13	24
37	18,5	1500	0,065	0,044	2,2		0,11	14
38	25	2120	0,042	0,03	0,81		0,17	12
Тип 2ПФ200МУХЛ4, 2ПФ200МГУХЛ4								
39	22	1600	0,047	0,029	1,6	0,25	0,14	10
Тип 2ПФ200ЛУХЛ4, 2ПФ200ЛГУХЛ4								
40	15	750	0,125	0,08	4,6	0,3	0,13	18
41	20	1000	0,083	0,053	3,2		0,12	18
42	30	1500	0,031	0,02	1,2		0,15	8

Номинальное напряжение питания двигателя для всех вариантов 220 В.

## 1.2. Задание

1. Построить модель системы в пространстве состояний, принимая в качестве входных величин заданный угол поворота выходного вала  $\varphi_{\text{зад}}$  (задание) и приведенный к валу двигателя момент сил сопротивления нагрузки (возмущение). Выходная величина – действительный угол поворота выходного вала  $\varphi$ .

Переменными состояний будут напряжение якоря ДПТ, ток якоря, угловая скорость двигателя и угол  $\varphi$ .

При построении модели считать напряжение управления преобразователем  $U_y$  пропорциональным ошибке регулирования:

$$U_y = k_p e = k_p (\varphi_{\text{зад}} - \varphi), \quad (1)$$

где  $k_p$  – неизвестный пока коэффициент передачи пропорционального регулятора.

Для определения коэффициента  $K_e$  двигателя (см. 3.1) следует рассмотреть естественную механическую характеристику машины (зависимость скорости от момента при номинальном напряжении питания в установившемся режиме). Эту характеристику можно получить из уравнений динамики двигателя, приведенных в 3.1, если в них принять все производные равными нулю. Коэффициент  $K_e$  определяется исходя из того, что при номинальном моменте  $M_n$  двигатель должен развивать номинальную угловую скорость  $\omega_n$ . Номинальная скорость и номинальный момент устанавливаются через номинальные частоту вращения и номинальную мощность двигателя, приведенные в табл.1. При этом

$$M_n [\text{Н}\cdot\text{м}] = P_n [\text{Вт}] / \omega_n [\text{рад/с}]. \quad (2)$$

2. По уравнениям в пространстве состояний получить передаточную матрицу системы, состоящую из передаточных функций по заданию и возмущению.

3. Получить передаточные функции элементов системы – преобразователя, двигателя, редуктора. Построить структурную схему замкнутой системы с единичной обратной связью и регулятором.

Следует учесть, что ДПТ описывается двумя передаточными функциями: по каналу напряжение якоря – скорость, по каналу момент сопротивления – скорость.

Напряжение управления преобразователем формируется согласно (1).

4. По структурной схеме путем необходимых преобразований (см. 3.5.2) определить передаточные функции системы по заданию и возмущению

#### **4 КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ**

##### 4.1 Текущий контроль знаний

Текущий контроль знаний предусматривает контрольную точку. Оценка по контрольной точке выставляется на основании результатов

выполнения и защиты лабораторных работ согласно плану выполнения работ, составленному для каждой подгруппы преподавателем, ведущим лабораторные работы;

выполнения разделов курсового проекта согласно плану, составленному преподавателем – руководителем курсового проектирования индивидуально для каждого студента;

тестирования по разделам 1,2 теста, приведенного в п. 4.3. Собственно процедура тестирования дополняется собеседованием преподавателя со студентом по вопросам теста с целью выяснения аргументации последнего.

Итоговая оценка студента формируется преподавателем, ответственным за дисциплину (лектором) по данным, предоставленным преподавателем, ведущим лабораторные занятия, преподавателем – руководителем курсового проектирования и преподавателем, проводившим тестирование.

##### 4.2. Итоговый контроль знаний

Итоговый контроль знаний подразумевает

защиту курсового проекта. Методические указания по выполнению курсового проекта, включая порядок его защиты приведены в п. 3.3;

экзамен по теоретическому курсу.

Экзамен предусматривает письменные ответы студента на два теоретических вопроса из списка вопросов, приведенного в Рабочей программе, а также тестирование по всем разделам теста, приведенного в п. 4.3. Собственно процедура тестирования дополняется собеседованием преподавателя со студентом по вопросам теста с целью выяснения аргументации последнего.

Для получения удовлетворительной оценки на экзамене достаточно показать знание основных понятий по теме экзаменационных вопросов и успешно пройти тест (оценка не ниже «удовлетворительно»).

Оценка «хорошо» выставляется студенту, прошедшему тестирование с оценкой не ниже «хорошо» и показавшему способность экономического, математического, технического и др. обоснований решений как в своих письменных ответах на экзаменационные вопросы, так и по вопросам теста.

Оценка «отлично» выставляется студенту, прошедшему тест с оценкой «отлично», показавшему способность экономического, математического, технического и др. обоснований решений в своих письменных ответах на экзаменационные вопросы и по вопросам теста и правильно ответившему на дополнительные вопросы по смежным темам. При этом неправильные ответы на дополнительные вопросы могут служить основанием для снижения оценки до «удовлетворительно», если эти ответы свидетельствуют о слабом понимании материала.

##### 4.3. Тестовые вопросы

Приведенные вопросы используются для компьютерного тестирования знаний студентов по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» в рамках промежуточного и итогового контроля знаний.

Вопросы охватывают основные темы, изучаемые студентами в данном курсе, и сгруппированы по разделам:

Теоретические основы построения АСУ ТП;

Технические средства АСУ ТП;  
Программные средства АСУ ТП  
Промышленные компьютерные сети.

Тестирование проводится с привлечением программы Test Maker. Тест, применяемый при итоговом контроле знаний, включает 25 вопросов, в число которых попадает фиксированное количество вопросов из каждого раздела. Вопросы из списка выбираются случайным образом, ответы также приводятся в случайном порядке. Часть вопросов имеет один вариант правильного ответа, остальные – несколько. О числе правильных вариантов (один/несколько) сообщается. Выставление оценок осуществляется программой по настраиваемым правилам. Рекомендуются следующие правила: ответ на вопрос принимается как верный, если выбраны все правильные ответы, оценка «удовлетворительно» – 70% правильных ответов, оценка «хорошо» – 80% правильных ответов, «отлично» – 90% правильных ответов.

#### Раздел 1. Теоретические основы построения АСУ ТП

1. «Социальный» эффект автоматизации производства достигается путем освобождения персонала от выполнения рутинных операций;  
путем увольнения части персонала в связи с автоматизацией выполняемых ею операций;  
путем приема на работу квалифицированного персонала для внедрения и сопровождения автоматизированных систем;
2. Какой из эффектов автоматизации производства не является положительным во всех случаях?  
Технологический;  
Экономический;  
Социальный.
3. Процесс производства тепла и энергии на тепловой станции, работающей на угле, является непрерывным;  
дискретным;  
дискретно-непрерывным.
4. Структура цехов тепловой электростанции построена по технологическому принципу;  
по предметному принципу.  
Общепринятая классификация не подходит для тепловых электростанций.
5. Тепловые объекты управления характеризуются в основном динамическим запаздыванием;  
«чистым» транспортным запаздыванием;  
отсутствием запаздывания.
6. Стационарные объекты управления характеризуются постоянством выходной (регулируемой) величины;  
параметров математического описания;  
структуры математического описания.
7. При каких условиях выходная (регулируемая) величина объекта без самовыравнивания остается постоянной, если на него действует как управляющее, так и возмущающее воздействие?  
управляющее воздействие равно нулю;  
возмущающее воздействие равно нулю;  
суммарное воздействие на объект равно нулю;  
объект без самовыравнивания не может находиться в установившемся состоянии.
8. Определение математического описания объекта путем снятия и обработки разгонной кривой в окрестности рабочей точки проводится для систем стабилизации;  
для систем воспроизведения;  
для всех видов систем автоматического регулирования.

9. Как по разгонной кривой определить постоянную времени у объекта первого порядка без самовыравнивания и без запаздывания?  
как время, в течение которого выходная величина достигнет единичного значения;  
как время, в течение которого выходная величина достигнет установившегося значения;  
как время, в течение которого выходная величина достигнет значения входной величины.
10. При обработке кривых разгона влияние малых постоянных времени объекта учитывается введением динамического запаздывания;  
5%-ым увеличением «основной» постоянной времени;  
5%-ым уменьшением коэффициента передачи.
11. Для определения модели объекта снята разгонная характеристика объекта. Длительность процесса отработки возмущения составила 25 мин. При обработке разгонной кривой получена передаточная функция инерционного звена первого порядка с запаздыванием. Найдены постоянная времени объекта – 10 мин и запаздывание – 5 мин. Что можно сказать об адекватности модели?  
Модель, скорее всего, адекватна, так как ничего не говорит об обратном.  
Модель, скорее всего, неадекватна – постоянная времени слишком велика при данных запаздывании и длительности всего процесса.  
Модель, скорее всего, неадекватна – постоянная времени слишком мала при данных запаздывании и длительности всего процесса.
12. Метод Орманса позволяет получить динамическую модель объекта в виде передаточной функции первого порядка;  
передаточной функции второго порядка;  
передаточной функции любого наперед заданного порядка.
13. При исследовании объекта управления имеется как возможность снятия кривых разгона, так и возможность экспериментального определения АФЧХ. Какой способ определения математического описания даст более точную модель объекта?  
обработка разгонных кривых;  
обработка экспериментальной АФЧХ;  
обработка разгонных кривых или обработка экспериментальной АФЧХ – оба метода равноценны.
14. При использовании метода наименьших квадратов для получения математической модели объекта по результатам пассивного эксперимента минимизируется квадрат суммы разностей между экспериментальными значениями и значениями, рассчитанными с помощью модели;  
сумма квадратов разностей между экспериментальными значениями и значениями, рассчитанными с помощью модели;  
разность квадратов сумм экспериментальных значений и значений, рассчитанных с помощью модели.
16. Согласно принципу Эшби для максимально эффективной реализации процесса регулирования «сложность» регулирующего устройства должна быть больше «сложности» объекта регулирования;  
должна быть не меньше «сложности» объекта регулирования;  
не должна зависеть от «сложности» объекта регулирования.
17. Динамический коэффициент регулирования характеризует степень эффективности системы регулирования при отработке ступенчатого изменения возмущения;  
ступенчатого изменения задания;  
импульса возмущения;  
импульса задания.
18. Динамический коэффициент регулирования для системы с объектом без самовыравнивания равен единице;  
равен нулю;  
равен бесконечности;  
определяется параметрами объекта и регулятора.
19. Наихудшим случаем при построении системы регулирования является случай, когда отношение запаздывания к постоянной времени объекта велико;

мало;  
равно единице;  
равно 0,5.

20. В какой релейной системе регулирования возможен установившийся режим (при отсутствии возмущений, действующих на объект)?

Двухпозиционное реле – объект с самовыравниванием;  
Двухпозиционное реле – объект без самовыравнивания;  
Трехпозиционное реле – объект с самовыравниванием;  
Трехпозиционное реле – объект без самовыравнивания.

21. Преимуществом непрерывных систем регулирования перед релейными является более высокая точность регулирования;  
более высокое быстродействие;  
простота реализации и настройки.

22. Преимуществом релейных систем регулирования перед непрерывными является более высокая точность регулирования;  
более высокое быстродействие;  
простота реализации и настройки.

23. Какой типовой переходный процесс обычно характеризуется минимальным временем регулирования?

апериодический;  
с 20% перерегулированием;  
с минимальным интегральным квадратическим критерием.

24. Интегральный закон регулирования не применим для объектов без самовыравнивания;  
с самовыравниванием;  
с запаздыванием;  
без запаздывания.

25. Максимальное быстродействие в системе регулирования достигается при использовании П-регулятора;  
И-регулятора;  
ПИ-регулятора;  
ПИД-регулятора.

26. Минимальное быстродействие в системе регулирования наблюдается при использовании П-регулятора;  
И-регулятора;  
ПИ-регулятора;  
ПИД-регулятора.

27. Метод незатухающих колебаний предполагает подачу на вход объекта скачкообразно изменяющего сигнала;  
гармонического сигнала;  
периодического сигнала любой формы.

28. Влияние перекрестных связей на динамические свойства объекта с взаимосвязанными координатами характеризуется

комплексом влияния;  
комплексом независимости;  
комплексом связности.

29. Наиболее качественной системой регулирования для объекта с взаимосвязанными координатами является

система несвязного регулирования с автономной настройкой регуляторов;  
система несвязного регулирования с итеративной настройкой регуляторов;  
автономная система регулирования;

30. Наименее качественной системой регулирования для объекта с взаимосвязанными координатами является  
 система несвязного регулирования с автономной настройкой регуляторов;  
 система несвязного регулирования с итеративной настройкой регуляторов;  
 автономная система регулирования;
31. Закон де Моргана описывается следующим выражением  
 $(X+Y)Z = XZ+YZ;$   
 $X+X = X;$   
 $\overline{X+Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y} ;$   
 $\overline{X \cdot Y} = \overline{X} + \overline{Y} .$
32. Дизъюнктивной (дизъюнктивными) формой (формами) представления логической функции является  
 (являются)  
 $F_1=X_1X_2(X_3+X_4);$   
 $F_2=X_1X_2X_3+X_4;$   
 $F_3=(X_1+X_2)(X_3+X_4);$   
 $F_4=X_1X_2+X_3X_4.$
33. Конъюнктивной (конъюнктивными) формой (формами) представления логической функции является  
 (являются)  
 $F_1=X_1X_2(X_3+X_4);$   
 $F_2=X_1X_2X_3+X_4;$   
 $F_3=(X_1+X_2)(X_3+X_4);$   
 $F_4=X_1X_2+X_3X_4.$
34. В отличие от комбинационных схем выходные сигналы конечных автоматов зависят от  
 текущих значений входных;  
 предыдущих значений входных;  
 текущего состояния.
35. У каких автоматов выходные сигналы не зависят от входных сигналов?  
 У автоматов Мили;  
 У автоматов Мура;  
 У автоматов Мили и Мура;  
 Таких автоматов нет.
36. Переход от автомата Мили к эквивалентному автомату Мура  
 всегда возможен;  
 возможен в некоторых случаях;  
 невозможен.
37. Переход от автомата Мура к эквивалентному автомату Мили  
 всегда возможен;  
 возможен в некоторых случаях;  
 невозможен.
38. Регулятор Уатта – это регулятор  
 уровня;  
 частоты вращения;  
 температуры;  
 давления.
39. Регулятор Ползунова – это регулятор  
 уровня;  
 частоты вращения;  
 температуры;  
 давления.
40. Технологический принцип построения структуры  
 эффективен при единичном и мелкосерийном производстве;  
 создает благоприятные условия для поточного производства;

имеет недостаток – усложнение транспортных маршрутов;  
имеет недостаток – сложность «настройки» на выпуск новой продукции;  
эффективен при массовом и крупносерийном производстве;  
позволяет изготавливать продукцию с любым маршрутом.

41. Предметный принцип построения структуры  
создает благоприятные условия для поточного производства;  
эффективен при единичном и мелкосерийном производстве;  
имеет недостаток – сложность «настройки» на выпуск новой продукции;  
эффективен при массовом и крупносерийном производстве;  
имеет недостаток – усложнение транспортных маршрутов;  
позволяет изготавливать продукцию с любым маршрутом.

42. В цеху установлено 20 токарных станков, на которых 25 рабочих в течение месяца выполняют 40 различных технологических операций. Коэффициент закрепления операций равен

- 0,8;
- 40;
- 0,5;
- 50;
- 2.

43. В цеху выполняется 40 технологических операций, 10 из которых автоматизированы. Уровень автоматизации цеха равен

- 4;
- по предоставленным данным нельзя определить уровень автоматизации;
- 400;
- 0,25.

44. Декомпозиция сложной задачи управления есть  
разбиение сложного объекта управления на подсистемы и организация в каждой из них подсистемы управления;

- пересмотр взаимных связей в управляемом объекте в целях упрощения его описания;
- синтез оптимальной (или субоптимальной) структуры управления;
- объединение всех подсистем в единое целое общей системой управления.

45. Цифровой фильтр, реализующий функцию скользящего среднего, описывается уравнением  $y(n)=0,5x(n)+ 0,3x(n-1) + bx(n-2)$ . Чему равно  $b$ ?

- чему угодно;
- 0,3;
- 0,2;
- 0,8;
- 0,5;
- 1.

46. «Экспоненциальное» сглаживание называется так потому, что  
переходная характеристика фильтра соответствует аperiodическому звену первого порядка;  
выходная величина фильтра изменяется по экспоненциальному закону;  
математическое описание фильтра включает вычисление экспоненты;  
входной сигнал фильтра изменяется по экспоненциальному закону.

47. Метод последовательного логарифмирования применим, если  
логарифмическая амплитудно-частотная характеристика объекта имеет ярко выраженный максимум;  
постоянные времени объекта существенно различаются;  
система идентификации может распознать несколько постоянных времени, анализируя десятичные логарифмы натуральных чисел, ближайшие постоянным времени;  
натуральный логарифм переходной характеристики больше единицы.

48. Нормирование переходной характеристики это вычисление отношений  
значений переходной характеристики к рабочему напряжению;  
значений переходной характеристики к максимальному значению АФЧХ;  
значений переходной характеристики к ее максимальному значению;  
значений переходной характеристики к ее установившемуся значению.

49. Согласно методу площадей коэффициенты передаточной функции определяются через площади, ограниченные переходной характеристикой и осью ординат; площади, отсекаемые переходной характеристикой от полных площадей, сосредоточенных между переходной и импульсной характеристиками; площади, ограниченные переходной характеристикой и осью абсцисс.

50. Частотные методы определения динамических характеристик объекта предполагают подачу на его вход

трапециидальных импульсов различной частоты, но одной и той же амплитуды; гармонических колебаний одной и той же частоты, но различной амплитуды; треугольных импульсов одной и той же амплитуды, но различной частоты; гармонических колебаний различной частоты, но одной и той же амплитуды; ступенчатого сигнала.

51. Задача систем автоматической стабилизации - стабилизация параметров математического описания объекта управления; стабилизация выходной величины объекта управления; стабилизация коэффициента усиления объекта; стабилизация динамических характеристик объекта управления;

52. При выборе канала регулирования следует учитывать нормы МЭК; динамические характеристики канала; чувствительность канала; возможность подавления максимальных возмущений; личные предпочтения диспетчера.

53. Низкочастотные возмущения связаны с действием шумов и «прикладываются» к входу объекта; связаны с изменением режима работы объекта и «прикладываются» к его выходу; связаны с действием шумов и «прикладываются» к выходу объекта; связаны с изменением режима работы объекта и «прикладываются» к его входу.

54. Высокочастотные возмущения связаны с действием шумов и «прикладываются» к входу объекта; связаны с изменением режима работы объекта и «прикладываются» к его выходу; связаны с действием шумов и «прикладываются» к выходу объекта; связаны с изменением режима работы объекта и «прикладываются» к его входу.

55. Регуляторы непрямого действия дают «задания» подчиненным регуляторам внутренних контуров; непосредственно не воздействуют на объект, выдавая «совет» оператору; используют для своей работы энергию, полученную извне; воздействуют на объект посредством изменения его параметров.

56. Заграждающий фильтр обычно настраивается по АЧХ основного возмущения - на низкие частоты; на подавление шумов с частотой 50 Гц; по АЧХ задающего воздействия - на высокие частоты; по АЧХ объекта регулирования - на частоты, соответствующие 20-кратному подавлению входного сигнала.

57. «Код» АСУТП включает уровень, занимаемый ТОУ и АСУТП в структуре предприятия; тип используемых в АСУТП технических средств; тип используемых в АСУТП программных средств; уровень функциональной надежности АСУТП; показатель условной информационной мощности; характер протекания технологического процесса во времени; тип функционирования АСУТП; количество операторов.

58. Тип функционирования АСУТП определяется

количеством контролируемых величин;  
интеллектуальным уровнем операторов;  
типами автоматизированных функций;  
типом технологического процесса (непрерывный, дискретный,...).

59. В отличие от прямого цифрового управления супервизорное управление не предусматривает вычисления управляющих воздействий;  
контроля регулируемых величин;  
вычисления задающих воздействий.

## Раздел 2. Технические средства АСУ ТП

1. Коммуникационные модули контроллера предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов;  
подключения контроллера к промышленным сетям и организации связи по РtP интерфейсу;  
решения задач автоматического регулирования, позиционирования и т.д.  
подключения к базовому блоку контроллера стоек расширения.

2. Сигнальные модули контроллера предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов;  
подключения контроллера к промышленным сетям и организации связи по РtP интерфейсу;  
решения задач автоматического регулирования, позиционирования и т.д.  
подключения к базовому блоку контроллера стоек расширения.

3. Интерфейсные модули контроллера предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов;  
подключения контроллера к промышленным сетям и организации связи по РtP интерфейсу;  
решения задач автоматического регулирования, позиционирования и т.д.  
подключения к базовому блоку контроллера стоек расширения.

4. Функциональные модули контроллера предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов;  
подключения контроллера к промышленным сетям и организации связи по РtP интерфейсу;  
решения задач автоматического регулирования, позиционирования и т.д.  
подключения к базовому блоку контроллера стоек расширения.

5. Какие модули УСО не существуют?

Аналоговые.

Дискретные.

Числоимпульсные.

Цифровые.

6. Концевой выключатель электропривода является измерительным преобразователем положения электропривода;  
датчиком состояния электропривода;  
регистрирующим прибором для регистрации положения электропривода.  
Всем перечисленным выше.

7. Регулирующий клапан имеет электрический привод. Каким образом можно организовать управление им в составе непрерывного (например, ПИД-) регулятора?

Это невозможно, так как электропривод клапана для контроллера – трехпозиционная нагрузка.

С использованием управляемых преобразователей, например, преобразователя частоты, и выходного аналогового модуля контроллера.

С использованием в контроллере алгоритмов широтно- и частотно-импульсной модуляции и дискретных выходов контроллера.

8. Регулирующий клапан имеет пневматический привод. Каким образом можно организовать управление им в составе непрерывного (например, ПИД-) регулятора?

Это невозможно, так как электропривод клапана для контроллера – трехпозиционная нагрузка;

С использованием электропневматического преобразователя и выходного аналогового модуля контроллера.

С использованием в контроллере алгоритмов широтно- и частотно-импульсной модуляции и дискретных выходов контроллера.

9. Минимальное число дискретных входов и выходов контроллера, задействованных при управлении электроприводом регулирующего клапана составляет

- два входа, один выход;
- один вход, два выхода;
- два входа, два выхода;
- один вход, один выход.

10. Уровень воды в баке поддерживается с воздействием электромагнитного клапана на сливе. Какой тип нагрузки представляет собой электромагнит клапана для регулятора уровня?

- Трехпозиционная нагрузка.
- Двухпозиционная нагрузка типа «холодильник».
- Двухпозиционная нагрузка типа «нагреватель».

11. Каким образом в преобразователь частоты Hitachi SJ 100 может быть заведен сигнал задания по частоте?

- Через аналоговый токовый вход.
- Через аналоговый вход по напряжению.
- Через дискретные входы.
- Все вышеприведенные возможности имеют место.

12. При организации связи с помощью сигнала по напряжению требуется, чтобы сопротивления линии связи и нагрузки (приемника сигнала) были малы; сопротивление линии связи было мало, а сопротивление нагрузки – велико; сопротивления линии связи и нагрузки были сопоставимы.

13. При организации связи с помощью токового сигнала требуется, чтобы суммарное сопротивление линии связи и нагрузки (приемника сигнала) не превышали определенной величины;

- суммарное сопротивление линии связи и нагрузки были не менее определенной величины;
- сопротивления линии связи и нагрузки были сопоставимы.

14. Какой из стандартных токовых сигналов использовать предпочтительнее с точки зрения максимума информации, которую можно из него извлечь?

- 0-20 мА.
- 4-20 мА.
- 0-5 мА.

15. Пассивным выходом модуля УСО является выход, требующий внешнего питания; требующий процедуры инициализации перед проведением необходимых преобразований; требующий для своей работы дополнительно вставляемую в разъем специальную плату.

16. Для гальванической развязки дискретных цепей используются разделительные трансформаторы; оптические пары; как разделительные трансформаторы, так и оптические пары.

17. Дискретные входы УСО контроллера в активном состоянии обычно потребляют ток порядка 100 – 200 мкА;

- 1 – 10 мА;
- 100 – 200 мА.

Могут потреблять любой ток, так как его величина не имеет принципиального значения.

18. Сопротивление входов УСО по напряжению обычно имеет порядок десятки Ом;

- десятки КОм – несколько МОм;
- сотни МОм.

Сопротивление может быть любым, так как его величина не имеет принципиального значения.

19. Сопротивление токовых входов УСО обычно

не превышает нескольких Ом;  
не превышает одного-двух КОм;  
не менее 100 КОм.

Сопротивление может быть любым, так как его величина не имеет принципиального значения.

20. Контроллер через дискретный выход управляет включением магнитного пускателя (катушка – переменного тока). Какой вариант цепи управления неправильный?

Семисторный выход – катушка пускателя.

Транзисторный выход – промежуточное реле постоянного тока – катушка пускателя.

Транзисторный выход – промежуточное реле переменного тока – катушка пускателя.

Релейный выход – катушка пускателя.

21. Преимуществом транзисторного выхода перед релейным является

большее максимальное коммутируемое напряжение;

большой максимальный коммутируемый ток;

большая максимальная частота коммутации.

22. Преимуществом релейного выхода УСО перед транзисторным является

более высокая допустимая частота коммутации;

возможность организации ШИМ выходного сигнала;

возможность коммутировать цепи переменного тока.

23. Выходной сигнал измерительного преобразователя – 4-20мА. Вход УСО рассчитан на работу с сигналом 0-10 В и имеет большое (несколько МОм) входное сопротивление. Как согласовать сигналы?

Соединить ИП и УСО через последовательно включенное сопротивление 500 Ом, программно установить смещение (-20%);

Соединить ИП и УСО, включив параллельно входу УСО сопротивление 500 Ом, программно установить смещение (-20%);

Соединить ИП и УСО через последовательно включенное сопротивление 500 Ом, программно установить смещение (+20%);

Соединить ИП и УСО, включив параллельно входу УСО сопротивление 500 Ом, программно установить смещение (+20%).

24. Контроллер имеет 32 дискретных входа. Сколько байт будет занимать в памяти контроллера информация об их состоянии?

4;

16;

32;

64.

25. Токовый выход измерительного преобразователя ИП рассчитан на нагрузку сопротивлением не более 1000 Ом. Как подключить к преобразователю модуль УСО контроллера с входным сопротивлением не более 500 Ом и регистрирующий прибор РП с входным сопротивлением не более 300 Ом?

Подключить входы УСО и РП к выходу ИП параллельно для уменьшения суммарного сопротивления повышения точности измерений;

Подключить входы УСО и РП к выходу ИП последовательно;

Никакое соединение не обеспечит нормальной передачи сигнала.

26. Токовый выход измерительного преобразователя ИП рассчитан на нагрузку сопротивлением не более 1000 Ом. Как подключить к преобразователю модуль УСО контроллера с входным сопротивлением не более 500 Ом и регистрирующий прибор РП с входным сопротивлением не более 1000 Ом?

Подключить входы УСО и РП к выходу ИП параллельно;

Подключить входы УСО и РП к выходу ИП последовательно;

Никакое соединение не обеспечит нормальной передачи сигнала.

27. В IP-коде, обозначающем степень защиты корпуса, первая цифра обозначает

степень защиты от воды;

степень защиты от твердых тел;

степень защиты от внешнего теплового излучения;

степень защиты от электромагнитного излучения.

28. В IP-коде, обозначающем степень защиты корпуса, вторая цифра обозначает

степень защиты от воды;  
степень защиты от твердых тел;  
степень защиты от внешнего теплового излучения;  
степень защиты от электромагнитного излучения.

29. Преимуществом PC-совместимых промышленных контроллеров и компьютеров является их высокая надежность;  
их высокая функциональность;  
их «открытость»;  
все выше перечисленные преимущества.

30. Форм-фактор одноплатного компьютера не определяет тип используемого микропроцессора;  
тип шины;  
размеры платы;  
тип используемых для подключения платы разъемов.

31. Форм-фактор одноплатного компьютера определяет тип используемого микропроцессора;  
тип шины;  
типы и количество сетевых интерфейсов;

32. Термопара является незаземленным источником сигнала;  
балансным источником сигнала;  
заземленным источником сигнала.

33. Синфазное напряжение - это напряжение помехи, действующее в противофазе с «полезным» сигналом совпадающее по фазе с «полезным» сигналом действующее на обоих входах приемника относительно «земли»

34. Однофазный скоростной счетчик (Siemens S7) подсчитывает сигналы только одной фазы;  
работает только во время одной фазы цикла контроллера;  
имеет только один счетный вход;  
работает только в одном «направлении»;  
принимает только сигналы "прямой полярности".

35. Квадратурный счетчик (Siemens S7) обязательно имеет два счетных входа;  
выдает квадрат числа импульсов;  
вычисляет квадратуру входного сигнала;  
анализирует разность фаз импульсов на счетных входах.

36. Группирование дискретных входов и выходов производится для упрощения программы за счет возможности группового управления;  
уменьшения числа соединительных клемм;  
защиты от помех;  
уменьшения числа проводников.

37. Гальваническая развязка полностью устраняет индуктивные связи  
кондуктивные связи  
емкостные связи

38. Одним из способов борьбы с помехами является симметрирование. Оно касается сигнальных проводников;  
исполнительных механизмов;  
измерительных преобразователей;  
программных алгоритмов.

39. Дифференциальный вход приемника сигнала вычисляет

разность напряжений на двух входах относительно «земли»;  
производную напряжения одного входа относительно «земли»;  
напряжение на одном входе относительно «земли»;  
производную разности напряжений на двух входах относительно «земли».

40. В микропроцессорных регуляторах Овен «масштабирование» входного сигнала производится путем задания

сдвига и наклона;  
постоянной времени фильтра;  
границ диапазона измерений.

41. В микропроцессорных регуляторах Овен «коррекция» входного сигнала производится путем задания сдвига и наклона;  
постоянной времени фильтра;  
границ диапазона измерения.

42. В микропроцессорных регуляторах Овен для сигнализации об уменьшении значения температуры ниже заданной границы применяется

тип логики 1 «Прямой гистерезис»;  
тип логики 2 «Обратный гистерезис»;  
Тип логики 4« U-образная»;  
тип логики 3 «П-образная».

43. В микропроцессорных регуляторах Овен для сигнализации о превышении контролируемым параметром заданной границы применяется

тип логики 1 «Прямой гистерезис»;  
тип логики 3 «П-образная»;  
Тип логики 4« U-образная»;  
тип логики 2 «Обратный гистерезис».

44. В микропроцессорных регуляторах Овен для сигнализации о нахождении температуры в заданных границах применяется

тип логики 3 «П-образная»;  
Тип логики 4« U-образная»;  
тип логики 2 «Обратный гистерезис»;  
тип логики 1 «Прямой гистерезис».

45. В микропроцессорных регуляторах Овен для сигнализации о выходе температуры за заданные границы применяется

тип логики 1 «Прямой гистерезис»;  
Тип логики 4« U-образная»;  
тип логики 2 «Обратный гистерезис»;  
тип логики 3 «П-образная».

46. Компьютерный модуль (COM, SOM)

реализует всю необходимую периферию и устанавливается в плате-носителе с процессором и памятью;  
устанавливается в плате-носителе, которая реализует всю необходимую периферию;  
непосредственно встраивается в оборудование.

### Раздел 3. Программные средства АСУ ТП

1. Программирование промышленных контроллеров производится с помощью  
SoftLogic-систем;  
SCADA - систем;  
DCS;  
MES.

2. Программу контроллера, решающего задачу автоматического регулирования непрерывно изменяющейся величины, удобнее составить на языке

ST (Structured Text);  
FBD (Function Block Diagram);  
IL (Instruction List);  
LD (Ladder Diagram).

3. Сложную релейно-контакторную систему управления решили заменить на современную систему на базе программируемого логического контроллера. На каком языке программирования удобнее и быстрее составить программу для контроллера?

ST (Structured Text).  
FBD (Function Block Diagram).  
IL (Instruction List).  
LD (Ladder Diagram).

4. Какой из языков программирования контроллеров наиболее близок к языкам программирования высокого уровня, типа C, Pascal и т.д.?

ST (Structured Text);  
FBD (Function Block Diagram);  
IL (Instruction List);  
LD (Ladder Diagram).

5. Какой из языков программирования контроллеров наиболее близок к языку Assembler или практически является таковым?

ST (Structured Text);  
FBD (Function Block Diagram);  
IL (Instruction List);  
LD (Ladder Diagram).

6. Сторожевой таймер, применяемый в промышленных контроллерах и компьютерах это аппаратно-программное средство,

перехватывающее все прерывания от внешних устройств;  
перезапускающее контроллер (компьютер) в случае зависания программы;  
осуществляющее антивирусную защиту.

7. С какой целью в алгоритмах цифрового ПИД-регулирования используется балластное аperiodическое звено?

Для фильтрации высокочастотных шумов;  
Для упрощения реализации закона регулирования (исключения процедуры вычисления производной);  
Для решения обеих перечисленных выше задач, которые, по сути, представляют собой одну задачу;  
Балластное аperiodическое звено в алгоритмах цифрового ПИД-регулирования применять категорически нельзя.

8. При обработке сигналов расходомеров определенного типа в программах контроллеров используются алгоритмы

извлечения квадратного корня;  
возведения в квадрат;  
определения натурального логарифма.

9. Проблема безударности переключений возникает при разработке алгоритмов программно-логического управления;  
автоматического регулирования;  
защиты и сигнализации.

10. Процедура «обратного счета», реализуемая в контроллерах для решения проблемы безударности переключений предусматривает

пересчет входных сигналов алгоритмических блоков по предполагаемым значениям их выходных сигналов;  
пересчет предыдущих значений выходных сигналов алгоритмических блоков по их текущим значениям;  
пересчет времени изменения выходных сигналов алгоритмических блоков по предыдущим значениям их входных сигналов.

11. HMI (MMI) это

средства отображения и представления технологической информации;  
средства автоматического управления;  
средства планирования производственного процесса.

12. Основное назначения SCADA-систем –

сбор данных, визуализация технологического процесса, супервизорное управление;

разработка, отладка и загрузка программ для промышленных контроллеров;  
разработка проекта автоматизации технологического процесса.

13. Является ли SCADA-система системами класса MMI (HMI)?

Безусловно является;

Безусловно не является;

Является в зависимости от набора функций, реализованных в SCADA-системе.

14. Программное обеспечение, реализующее стандарт OPC (OLE for Process Control) используется в основном в

промышленных контроллерах;

SCADA-системах;

офисных приложениях административного уровня управления производством.

15. Система TRACE MODE позволяет программировать

любые промышленные контроллеры и компьютеры;

промышленные контроллеры и компьютеры любого типа, но только из списка поддерживаемого оборудования;

только PC-совместимые промышленные контроллеры и компьютеры.

16. SCADA-системой не является система

Genesis32;

TRACE MODE;

Ultralogic.

17. Программные системы управления основными фондами, техническим обслуживанием и ремонтами является системы класса

EAM (Enterprise Asset Management);

HRM (Human Resources Management);

MES (Manufacturing execution system).

18. Программные системы управления персоналом является системы класса

EAM (Enterprise Asset Management);

HRM (Human Resources Management);

MES (Manufacturing execution system).

19. Стандарт OPC основан на технологии

CORBA;

ADO;

RS232;

COM/DCOM.

20. CLSID – это

уникальный в пределах локальной машины идентификатор класса COM;

уникальный в пределах локальной машины идентификатор класса OPC;

уникальный в мире идентификатор класса OPC;

уникальный в мире идентификатор класса COM.

21. OPC-серверы разрабатываются

исключительно фирмой Microsoft для конкретного оборудования;

производителями SCADA-систем;

пользователями SCADA-систем для конкретного оборудования;

производителями оборудования.

22. Элемент данных OPC-DA содержит информацию о

«важности» данных;

«качестве» переменной;

количестве измерений;

значении переменной;

времени измерений;

источнике данных.

23. Группа элементов OPC Group

создается сервером у клиента;  
создается разработчиком сервера при его написании;  
создается клиентом на сервере;  
описана в стандарте и не может быть изменена.

24. MES-система выполняет свои основные функции, число которых  
10;  
5;  
11;  
8.

25. В отличие от APS-систем MES-система может  
составлять объемные планы;  
составлять календарные планы;  
контролировать выполнение календарных планов и корректировать их;  
рассчитывать себестоимость продукции.

26. Основным критерием оптимизации в MES-системах является  
минимум времени изготовления заказа;  
минимум брака;  
максимальная загрузка оборудования и рабочих;  
максимум КПД.

27. Стоимость станко-часа простоя оборудования в MES-системах  
включается в стоимость станко-часа работы;  
учитывается при определении себестоимости продукции;  
включает накладные расходы;  
рассчитывается самой системой.

#### Раздел 4. Промышленные компьютерные сети

1. Недостатком всех централизованных автоматизированных систем управления технологическими процессами является  
большой расход соединительных кабелей;  
низкое быстродействие (большое время отклика);  
низкая надежность.

2. Интеллектуальными (smart) устройствами в составе АСУТП называют  
программируемые логические контроллеры, выполняющие функции контроля и регулирования технологических параметров;  
операторские рабочие станции под управлением SCADA-систем;  
измерительные преобразователи и исполнительные механизмы с микропроцессорными системами обработки данных и управления и промышленными сетевыми интерфейсами.

3. В модели компьютерных сетей ISO OSI сеть представлена уровнями, число которых  
5;  
7;  
8;  
9.

4. Какой из протоколов не является протоколом прикладного уровня компьютерной сети?  
FTP;  
HTTP;  
Telnet;  
TCP.

5. В URL «[www.amursu.ru](http://www.amursu.ru)» «www» – это  
название сетевой службы;  
протокол прикладного уровня;  
имя узла.

6. Разбиением данных на пакеты при отправлении, сборкой пакетов с контролем последовательности их получения занимается

уровень приложений;  
транспортный уровень (например, протокол TCP);  
сетевой уровень (например, протокол IP);  
канальный уровень.

7. Вопросами логической адресации узлов в глобальных сетях занимается программное обеспечение  
уровня приложений;  
транспортного уровня;  
 сетевого уровня;  
 канального уровня.

8. Вопросами физической адресации узлов в однородных локальных сетях занимается программное и аппаратное обеспечение  
уровня приложений;  
транспортного уровня;  
 сетевого уровня;  
 канального уровня;  
 физического уровня.

9. В Ethernet и Fast Ethernet используется метод доступа к каналу связи

- 1) CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов);
- 2) TPMA – Token Passing Multiple Access (множественный доступ с передачей маркера);
- 3) TDMA – Time Division Multiple Access (множественный доступ с разделением во времени).

10. Переключатель (switch) – это устройство, работающее на уровнях  
приложений;  
транспортном и сетевом;  
сетевом и канальном;  
канальном и физическом.

11. Fieldbus – это  
протокол передачи данных;  
сетевая технология;  
сфера применения сетевых технологий (промышленное производство).

12. Какие из требований к промышленным сетям противоречат друг другу?  
помехоустойчивость и возможность получения «распределенного интеллекта» путем предоставления максимального доступа к каналу нескольким ведущим узлам;  
производительность и предсказуемость времени доставки информации;  
минимальная стоимость устройств аппаратной реализации и доступность и простота организации физического канала передачи данных.

13. Какие уровни сетевой модели ISO OSI в большинстве случаев не используются в промышленных сетях?  
прикладной, представления, сеансовый;  
представления, транспортный, сетевой;  
сетевой, канальный, физический.

14. Программные и аппаратные средства промышленных сетей в большинстве случаев ограничиваются следующими уровнями сетевой модели ISO OSI  
прикладной, транспортный, сетевой, физический;  
прикладной, сетевой, канальный, физический;  
прикладной, канальный, физический.

15. Какой из видов кабеля наиболее часто применяется в промышленных сетях?  
Коаксиальный кабель;  
Витая пара;  
Оптическое волокно.

16. Какой из видов кабеля обеспечивает максимальную защиту от электромагнитных помех?  
Коаксиальный кабель;  
Витая пара;

Оптоволокно.

17. Какой из стандартных физических интерфейсов наиболее часто применяется в промышленных сетях?  
RS-232;  
RS-422;  
RS-485.

18. Промышленная сеть связывает множество датчиков, выходная информация которых имеет дискретный характер. Какой из типов сообщений обеспечит максимальную производительность сети?  
Опрос;  
Широковещательное стробирование;  
Периодическая рассылка;  
Отсылка сообщений по факту изменения состояния.

19. В сети, построенной по принципу MASTER-SLAVE, только MASTER-устройства могут передавать сообщения;  
инициализировать обмен сообщениями;  
допускать настройку параметров обмена сообщениями.

20. Какая из промышленных сетевых технологий позволяет создавать мультимастерные сети?  
ModBus;  
CAN;  
ASI.

21. В какой из промышленных сетевых технологий сообщения имеют минимальный размер?  
ModBus;  
CAN;  
ASI;  
Profibus.

22. Сколько MASTER-устройств может присутствовать в сети, построенной по протоколу HART?  
один;  
не более двух;  
до 32;  
неограниченное количество.

23. В какой из промышленных сетевых технологий «несущим» сигналом является сигнал 4-20мА?  
CAN;  
ASI;  
HART;  
Profibus.

24. В какой из промышленных сетевых технологий поддерживается передача данных на расстояния выше 3 км?  
CAN;  
ASI;  
HART;  
Profibus.

25. С точки зрения применения в условиях промышленности к недостаткам технологии Ethernet следует отнести  
большие издержки при передаче данных небольшого объема;  
недостаточная дальность передачи;  
недостаточная скорость передачи.

26. В основе сетевой промышленной шины DeviceNet лежит стандарт  
CAN;  
ASI;  
HART;  
Profibus.

27. Какая из перечисленных технологий обеспечивает максимальную скорость передачи данных?  
CAN;

ASI;  
Profibus;  
Традиционная технология 4–20 мА.

28. Технология «кольцо» реализуется в сетях  
CAN;  
Profibus;  
Hart;  
ASI.

29. «Профиль» в промышленных компьютерных сетях описывает как устройства могут взаимодействовать по сети; как устройства относятся к уровням модели OSI; «происхождение» устройства.

## **5. Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе**

В учебном процессе по дисциплине предусматриваются следующие интерактивные технологии и инновационные методы.

Все лекционные занятия проводятся в форме компьютерных презентаций. Ряд презентаций содержит элементы анимации. Презентации по темам «Системы автоматического регулирования», «Автоматизация дискретных технологических процессов» дополняются компьютерным моделированием и симуляцией в пакете Matlab и системе имитационного моделирования Simulink, демонстрирующими решение задач по анализу и синтезу систем.

Проведение большинства лабораторных работ связано с использованием современных компьютерных технологий в области автоматизации.

Часть тем курсовых проектов имеет исследовательский характер. Курсовое проектирование в целом может использовать как вспомогательную такую форму, как электронная конференция на базе сайта кафедры [app.vrsoft.ru](http://app.vrsoft.ru), включая обсуждение работ на прикрепленных форумах.

В процедурах промежуточного и итогового контроля знаний используется компьютерное тестирование (см. п.4. «Контроль знаний»).