

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.В.19 Робототехника**

**Направление подготовки (специальность) 09.03.01 Информатика и вычислительная  
техника**

**Профиль образовательной программы “Автоматизированные системы обработки  
информации и управления”**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	3
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО .....	4
САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ .....	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО .....	20
ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ.....	20
3.1    Лабораторная работа 1,2. «Робототехника основные понятия и классификация».....	20
3.2    Лабораторная работа 3,4. «Структура и устройство промышленных роботов».....	20
3.3    Лабораторная работа 5,6. «Промышленные роботы и их классификация».....	20
3.4    Лабораторная работа 7,8. «Системы программного управления промышленных роботов».....	21
3.5    Лабораторная работа 9,10. «Информационные системы роботов».....	21
3.6    Лабораторная работа 11,12. «Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы».....	21
3.7    Лабораторная работа 13,14. «Роботизированные технологические комплексы в машиностроении».....	22
3.8    Лабораторная работа 15,16. «Вспомогательное оборудование РТК».....	22

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы (из табл. 5.1 РПД)				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельно изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Робототехника основные понятия и классификация	-	-	-	4	4
2	Структура и устройство промышленных роботов	-	-	-	4	4
3	Промышленные роботы и их классификация (интер. раб. 2ч)	-	-	-	4	4
4	Системы программного управления промышленных роботов	-	-	-	4	4
5	Информационные системы роботов	-	-	-		4
6	Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы	-	-	-	8	4
7	Роботизированные технологические комплексы в машиностроении	-	-	-	4	4
8	Вспомогательное оборудование РТК	-	-	-		2

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

### 2.1 Функциональная структура использования СИИ.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на

Функциональная структура использования системы искусственного интеллекта представлена на рис. 2.1.



Рисунок - Функциональная структура использования СИИ

Эта структура состоит из трех комплексов вычислительных средств, объединяемых по схеме, показанной на рис.. *Первый комплекс* представляет собой совокупность средств, выполняющих программы (исполнительную систему), спроектированных с позиций эффективного решения задач, имеет в ряде случаев проблемную ориентацию. *Второй комплекс* - совокупность средств интеллектуального интерфейса (интеллектуальный интерфейс), имеющих гибкую структуру, которая обеспечивает возможность адаптации в широком спектре интересов конечных пользователей. *Третий комплекс* средств, с помощью которых организуется взаимодействие первых двух, является база знаний, обеспечивающая использование вычислительными средствами первых двух комплексов целостной и независимой от обрабатывающих программ системы знаний о проблемной среде.

Исполнительная система (ИС) объединяет всю совокупность средств, обеспечивающих выполнение сформированной программы. К ним относятся программы, осуществляющие любые вычисления, программы поиска информации в базах знаний, программы логического вывода, а так же вся совокупность аппаратных средств, обеспечивающих работу этих программ.

База знаний (БЗ) - занимает центральное положение по отношению к остальным компонентам вычислительной системы в целом, через БЗ осуществляется интеграция средств вычислительной системы (ВС), участвующих в решении задач. База знаний выступает по отношению к другим средствам ВС как система, содержащая декларативные знания (и ассоциированные с ними процедуры), которые имеют единые принципы представления, общий язык описания, общую схему манипулирования этими знаниями, ориентированную на осуществление инвариантных относительно различных применений операций со знаниями всех уровней. Знания, содержащиеся в БЗ, независимы от обрабатывающих программ и образуют целостную систему.

Интеллектуальный интерфейс (ИИ) - система программных и аппаратных средств, обеспечивающих для конечного пользователя использование компьютера для решения задач, которые возникают в среде его профессиональной деятельности либо без посредников либо с незначительной их помощью. ИИ включает в себя все средства уровня конечного пользователя, обеспечивающие взаимодействие между конечным пользователем и ВС в процессе решения задачи. По выполняемым функциям средства общения можно разделить на две группы: средства трансляции и средства обеспечения взаимопонимания. Средства трансляции осуществляют трансляцию с языка пользователя на язык представления знаний в БЗ и обратный перевод. Средства обеспечения взаимопонимания должны поддерживать одинаковое понимание сообщения передающей и принимающей системой, т.е. приписывание принимающей системой сообщению того значения, которое и предполагалось передающей системой.

## **2.2 Принципы обработки информации в семантических сетях. Сценарии; ленемы. Базы знаний. Измерение БЗ.**

### **При изучении вопроса необходимо обратить внимание на**

Семантическая сеть – это один из способов представления знаний. Изначально семантическая сеть была задумана как модель представления структуры долговременной памяти в психологии, но впоследствии стала одним из основных способов представления знаний в инженерии знаний. В данной работе рассмотрены концепции семантической сети, представления знаний семантическими сетями, процедурное представление, разделение семантической сети, управление выводом в системах с семантическими сетями, вопросы, связанные с наследованием свойств, отношения понимания языка, конкретные прикладные системы, а также проблемы, касающиеся перечисленных аспектов.

Поскольку представление знаний семантическими сетями само по себе есть не более чем представление простой структуры данных, то крайне важными становятся методы, связанные с внедрением и использованием этого представления в прикладных системах.

Прежде чем ознакомиться со способом представления знаний семантическими сетями, рассмотрим, что такое семантическая сеть. В толковом словаре слово «семантика» определяется как значение, смысл слова, художественного произведения, действия, обстоятельства и т. д., переданные с помощью каких – либо представлений и выражений. Однако даже несколькими объяснениями нельзя дать достаточно точное определение слову «семантика» как психологическому понятию. Несмотря на это, мы принимаем к сведению концепции и образы, ассоциирующиеся с некоторым объектом, и в зависимости от случая воспринимаем его как отдельную сущность.

Моррис дал точные определения семантическим и прагматическим отношениям в семиотике и определил их как проблемы различных функциональных уровней. Другими словами, семантика означает определенные (общие) отношения между символами и объектами, представленными этими символами, а прагматика – выразительные (охватывающие) отношения между символами и создателями (или пользователями) этих символов.

Первоначально в психологии изучались объекты, именуемые семантическими с точки зрения известных ассоциативных свойств, накапливаемых в системе обучения и поведения человека. Однако с развитием психологии познания стали изучаться семантические структуры, включающие некоторые объекты. Затем были изучены принцип действия человеческой памяти (способы хранения информации и знаний), в частности предположительные (гипотетические) структурные модели долговременной памяти, и созданы моделирующие программы, понимающие смысл слов. Рассматриваемые семантические сети явились продуктом исследований в этом направлении.

В самом общем случае **сетевая модель** - это информационная модель предметной области. В сетевой модели представляются множество информационных единиц (объекты и их свойства, классы объектов и их свойств) и отношения между этими единицами.

В зависимости от типов отношений между информационными единицами различают сети:

а) **классификационные** (отношения типа часть-целое, род, вид, индивид);

В классификационных сетях используются отношения, позволяющие описывать структуру предметной области, что позволяет отражать в базах знаний разные иерархические отношения между информационными единицами.

б) **функциональные** (преобразование информационных единиц);

Функциональные сети часто называют вычислительными моделями, т.к. они позволяют описывать процедуры "вычислений" одних информационных единиц через другие.

в) **каузальные** (причинно-следственные отношения);

В каузальных сетях, называемых также сценариями, используются причинно-следственные отношения, а также отношения типов "средство – результат", "орудие – действие" и т.п.

г) **смешанные** (использующие разнообразные типы отношений).

Если в сетевой модели допускаются отношения различного типа, то ее обычно называют **семантической сетью**. Обычно сетевая модель представляется в виде графа, вершины которого соответствуют информационным единицам, а дуги – отношениям между ними.

Наибольшую известность в системах искусственного интеллекта получили сети смешанного типа (семантические сети и их разновидность - сети фреймов), использующие, в зависимости от области применения, самые разные типы отношений. Семантические сети находят применение в системах понимания естественного языка, в вопросно-ответных системах, в других различных предметно – ориентированных системах.

Важной чертой семантических сетей является возможность представлять знания более естественным и структурированным образом, чем это делается с помощью других формализмов.

**Семантическая сеть**- это ориентированный граф, вершины которого - понятия, а дуги - отношения между ними.

Понятиями обычно выступают абстрактные или конкретные объекты, а отношения - это связи типа: "это" ("is"), "имеет частью" ("has part"), "принадлежит",

"любит". Характерной особенностью семантических сетей является обязательное наличие трех типов отношений:

- класс - элемент класса;
- свойство - значение;
- пример элемента класса.

Можно ввести несколько классификаций семантических сетей. Например, по количеству типов отношений:

- однородные (с единственным типом отношений);
- неоднородные (с различными типами отношений).

По типам отношений:

- бинарные (в которых отношения связывают два объекта);
- парные (в которых есть специальные отношения, связывающие более двух понятий).

Наиболее часто в семантических сетях используются следующие отношения:

- связи типа "часть-целое" ("класс-подкласс", "элемент-множество" и т.п.);
- функциональные связи (определяемые обычно глаголами "производит", "влияет"...);
- количественные (больше, меньше, равно...);
- пространственные (далеко от, близко от, за, под, над...);
- временные (раньше, позже, в течение...);
- атрибутивные связи (иметь свойство, иметь значение...);
- логические связи (и, или, не) и др.

Проблема поиска решения в базе знаний типа семантической сети сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети, соответствующей поставленному вопросу.

*Примеры отношений семантической сети :*

род-вид («компьютер» – «персональный\_компьютер»)

целое-часть («компьютер» – «память»)

понятие-пример («компьютер» – «конкретный компьютер . . . »)

На рис. изображена семантическая сеть. В качестве вершин понятия: Человек, Иванов, Волга. Автомобиль, Вид транспорта. Двигатель.



## 2.3 Из чего состоит механизм

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на

### Манипуляторы FANUC

Робот-манипулятор работает вблизи печи.

**Манипулятор** — механизм для управления пространственным положением орудий, объектов труда и конструкционных узлов и элементов. Это значение закрепилось за словом с середины XX века, благодаря применению сложных механизмов для манипулирования опасными объектами в атомной промышленности. Используется для перемещения различных грузов, получил широкое развитие в современном обществе.

Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы. Манипуляторы выполняют работы в средах, недоступных или опасных для человека (подводные глубины, вакуум, радиоактивная среда и другие агрессивные среды), вспомогательные работы в промышленном производстве. Манипуляторы используются в медицинской технике (например, в протезировании). Манипуляторы изучает теория манипуляторов, которая является разделом теории машин и механизмов. В узком смысле манипулятором называется механическая рука.

Манипуляторы делятся на управляемые человеком и автоматические манипуляторы (роботы-манипуляторы как разновидность роботов). Развитие манипуляторов привело к созданию промышленных роботов. Проектирование механизмов-манипуляторов требует решения таких задач, как создание манёвренности, устойчивости в работе, выбор правильного соотношения полезных и холостых ходов. Иногда требуется проектирование таких систем, в которых оператор чувствует усилие, создаваемое на рабочем органе или на грузозахвате.

Рассматривается также внедрение комплексов манипуляционных роботов в образовательный процесс.

Манипулятор (в металлургии) — машина для выполнения вспомогательных операций, связанных с изменением положения заготовки при обработке металлов давлением. Различаются прокатный и ковочный манипулятор. В кузнечных и прокатных цехах используются подвесные и напольные манипуляторы, которые являются разновидностью кантователей (механизмов для переворачивания (кантовки) изделий).

Манипулятор (в ядерной технике) — приспособление для работы с радиоактивными веществами, исключающее непосредственный контакт человека с этими веществами.

Манипуляторами оснащаются гидростаты для ведения океанографических и других работ на глубинах.

Платформа Гью — Сьюарта — разновидность параллельного манипулятора, в которой используется октаэдralная компоновка стоек. Имеет шесть степеней свободы. Применяется в станкостроении, подводных исследованиях, авиационных спасательных операциях на море, летательных тренажёрах, позиционировании спутниковых антенн, в телескопах и в ортопедической хирургии.

Кран-манипулятор — мобильная грузоподъёмная машина, включающая грузоподъёмный кран стрелового типа, смонтированный на автомобильном шасси и служащий для его загрузки и разгрузки<sup>[2]</sup>.

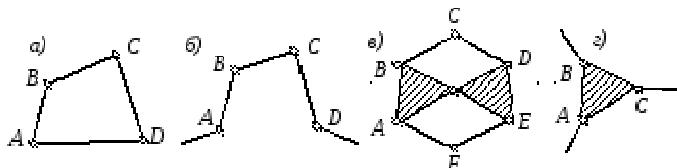
## 2.4 Что называется кинематической цепью

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на

Система звеньев, соединенных с помощью кинематических пар, называется *кинематической цепью*.

Кинематические цепи условно делятся на *плоские* (при движении звеньев в плоскости) и *пространственные*.

В зависимости от строения различают *замкнутые* и *незамкнутые* кинематические цепи. В *замкнутой* кинематической цепи каждое звено входит не менее чем в две кинематические пары (рис.2,а,в). В *незамкнутой* (*открытой*) кинематической цепи имеются звенья, входящие лишь в одну кинематическую пару (рис.2,б,г). В замкнутой цепи звенья образуют один или несколько контуров.



помощью одной или двух кинематических пар (рис.2,а,б). *Сложной* называют кинематическую цепь, у которой есть звенья, связанные с другими звеньями более чем двумя кинематическими парами (рис.2,в,г).

Рис.2. Кинематические цепи: а – замкнутая простая; б – разомкнутая простая; в – замкнутая сложная; г) разомкнутая сложная

Таблица 1.1

класс пары	Число условий связи	Название пары	Схематическое изображение	Условное обозначение
I	1	Шар-плоскость		
	2	Цилиндр-плоскость		
II	3	Сферическая		
	3	Плоскостная		

<i>V</i>	1	4	Цилиндрическая	
<i>V</i>	1	4	Сферическая с пальцем	
	1	5	Поступательная	
	1	5	Вращательная	
	1	5	Винтовая	

В реальных конструкциях часто используются *кинематические соединения*.

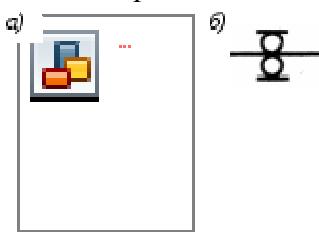


Рис.3. Подшипник качения:  
а – конструкция;  
б – схематическое обозначение

*Кинематическое соединение* – кинематическая цепь с числом звеньев более двух, эквивалентная заменяющей кинематической паре, но отличающаяся по своей конструкции.

Примером кинематического соединения может служить подшипник качения (рис.3). В его состав (рис.3,а) входят наружное 1 и внутреннее 2 кольца, между которыми находятся шарики 3, удерживаемые на определенном расстоянии друг относительно друга сепаратором 4. На рис.3,б показано условное обозначение подшипника. Подшипник содержит несколько подвижных звеньев и несколько кинематических пар. Однако только два звена (наружное и внутреннее кольца) соединяются с другими звеньями механизма. Причем кольца подшипника вращаются друг относительно друга. Поэтому заменяющей кинематической парой будет вращательная пара. Такая замена существенно упрощает структурную схему механизма, принципиально не меняя ее сути.

Таким образом, *механизм* – это *кинематическая цепь, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев относительно любого из них все остальные звенья движутся определенным образом*.

## 2.5 Что такое сервомеханизм

## **При изучении вопроса необходимо обратить внимание на**

**СЕРВОМЕХАНИЗМ**, следящая система автоматического регулирования, которая работает по принципу обратной связи и в которой один или больше системных сигналов, сформированных в управляющий сигнал, оказывают механическое регулирующее действие на объект. Термин «серво-» (от лат. *servus* – слуга) используется для обозначения механизмов и систем, выходная величина которых поступает на вход, где сравнивается с задающим воздействием. Сервосистемы обладают, как правило, двумя особенностями: способностью усиливать мощность и информационной обратной связью. Усиление необходимо потому, что требуемая на выходе энергия обычно велика (берется от внешнего источника), а на входе незначительна. Обратная связь представляет собой замкнутый контур, в котором рассогласование сигналов входа и выхода используется для управления. Следовательно, в прямом направлении контур передает энергию, а в обратном обеспечивает информацию, необходимую для точного управления мощности.

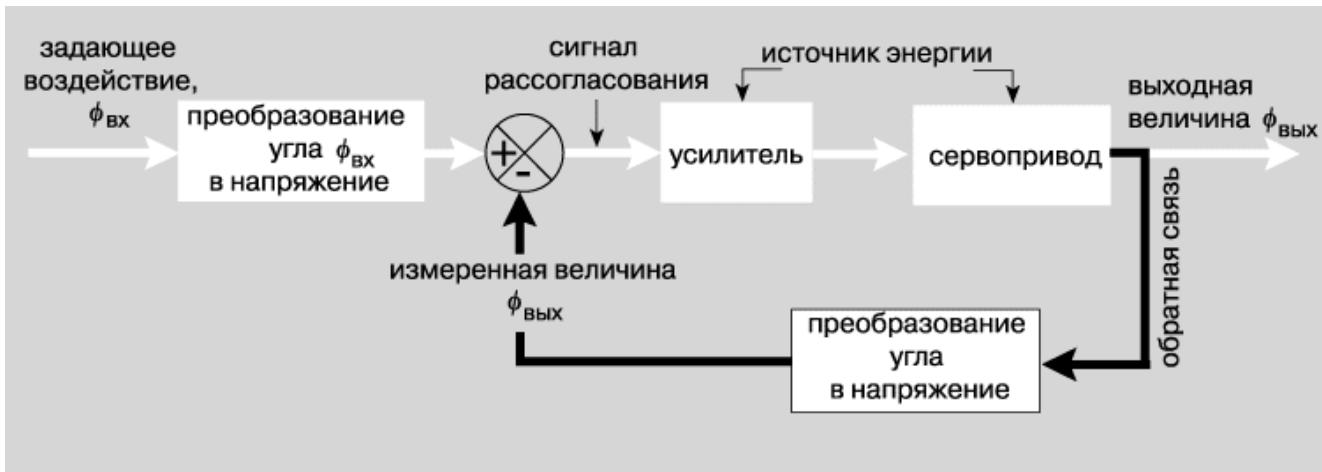
Сервомеханизмы заставляют выходную величину воспроизводить входную, как и стабилизирующие системы автоматического регулирования. Но у стабилизирующих систем входная величина задана и постоянна. В противоположность этому задающее воздействие сервомеханизма может изменяться произвольно и зачастую непрерывно. При этом задача проектирования состоит в том, чтобы непрерывно отслеживать выход и сравнивать его со входом. В качестве примеров сервомеханизмов можно назвать автоматические следящие антенны и копировальные станки.

### **РАБОТА СЕРВОМЕХАНИЗМА.**

Действие сервомеханизма можно проанализировать на каком-либо типичном примере. Рассмотрим функциональную схему сервомеханизма, показанную на рисунке. Сервомеханизм служит для воспроизведения углового положения одного вала (командного) другим (управляемым), находящимся на удалении. Положение командного вала может изменяться произвольно и в любой момент определяется по стрелке на лимбе (круговой шкале) измерительного прибора.

Положение этого вала с помощью потенциометра преобразуется в напряжение, которое пропорционально повороту вала и для управляемого вала является задающим воздействием. Положение управляемого вала (также определяемое по стрелке на лимбе), который должен воспроизводить положение командного, тоже преобразуется потенциометром в пропорциональное ему напряжение.

Управляющая команда, т.е. сигнал, приводящий систему в действие, формируется на основе разности между двумя напряжениями и является реакцией системы управления на рассогласование между положениями двух валов. Это управляющее напряжение подается на усилитель и прилагается к одной из обмоток возбуждения двухфазного управляющего электродвигателя; вал этого двигателя связан с управляемым валом системой шестерен. Когда на входе усилителя имеется напряжение, двигатель поворачивает управляемый вал до тех пор, пока входное напряжение не станет равно нулю.



## 2.6 Методы синтеза речи. Обобщенная функциональная структура синтезатора.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на

**Синтез речи** — в широком смысле — восстановление формы речевого сигнала по его параметрам; в узком смысле — формирование речевого сигнала по печатному тексту. Часть искусственного интеллекта.

*Синтезом речи* — прежде всего называется всё, что связано с искусственным производством человеческой речи.

*Синтезатор речи* — структура, способная переводить текст/образы в речь, в программном обеспечении или аппаратных средствах.

*Голосовой движок* — непосредственно система/ядро преобразования текста/команд в речь, это также может существовать независимо от компьютера.

Синтез речи может потребоваться во всех случаях, когда получателем информации является человек. О качестве синтезатора речи прежде всего судят по его сходству с человеческим голосом, а также способности быть понятным. Самую простую синтезированную речь можно создавать путём объединения частей записанной речи, которые затем будут храниться в базе данных. И как ни странно, с таким способом синтезирования мы сталкиваемся уже повсеместно, даже не обращая порой на это внимания.

- Синтез речи по тексту или коду сообщения может быть использован в информационно-справочных системах, для помощи слепым и немым, для управления человеком со стороны автомата.
- При объявлениях об отправлении поездов и тому подобное.
- Для выдачи информации о технологических процессах: в военной и авиакосмической технике, в робототехнике, в акустическом диалоге человека с компьютером.
- Как звуковой эффект нередко используется в создании электронной музыки.

Все способы синтеза речи можно подразделить на группы:

- параметрический синтез;
- конкатенативный, или компиляционный (компилятивный) синтез;

- синтез по правилам;
- предметно-ориентированный синтез.

### **Параметрический синтез**[править | править код]

Параметрический синтез речи является конечной операцией в вокодерных системах, где речевой сигнал представляется набором небольшого числа непрерывно изменяющихся параметров. Параметрический синтез целесообразно применять в тех случаях, когда набор сообщений ограничен и изменяется не слишком часто. Достоинством такого способа является возможность записать речь для любого языка и любого диктора. Качество параметрического синтеза может быть очень высоким (в зависимости от степени сжатия информации в параметрическом представлении). Однако параметрический синтез не может применяться для произвольных, заранее не заданных сообщений.

### **Компиляционный синтез**[править]

Компиляционный синтез сводится к составлению сообщения из предварительно записанного словаря исходных элементов синтеза. Размер элементов синтеза не меньше слова. Очевидно, что содержание синтезируемых сообщений фиксируется объёмом словаря. Как правило, число единиц словаря не превышает нескольких сотен слов. Основная проблема в компилятивном синтезе — объёмы памяти для хранения словаря. В связи с этим используются разнообразные методы сжатия/кодирования речевого сигнала. Компилятивный синтез имеет широкое практическое применение. В западных странах разнообразные устройства (от военных самолётов до бытовых устройств) оснащаются системами речевого ответа. В России системы речевого ответа до недавнего времени использовались в основном в области военной техники, сейчас они находят всё большее применение в повседневной жизни, например, в справочных службах операторов сотовой связи при получении информации о состоянии счета абонента.

### **Полный синтез речи по правилам**[

Полный синтез речи по правилам (или синтез по печатному тексту) обеспечивает управление всеми параметрами речевого сигнала и, таким образом, может генерировать речь по заранее неизвестному тексту. В этом случае параметры, полученные при анализе речевого сигнала, сохраняются в памяти так же, как и правила соединения звуков в слова и фразы. Синтез реализуется путём моделирования речевого тракта, применения аналоговой или цифровой техники. Причём в процессе синтезирования значения параметров и правила соединения фонем вводят последовательно через определённый временной интервал, например 5—10 мс. Метод синтеза речи по печатному тексту (синтез по правилам) базируется на запрограммированном знании акустических и лингвистических ограничений и не использует непосредственно элементы человеческой речи. В системах, основанных на этом способе синтеза, выделяется два подхода. Первый подход направлен на построение модели речепроизводящей системы человека, он известен под названием *артикуляторного синтеза*. Второй подход — *формантный синтез по правилам*. Разборчивость и натуральность таких синтезаторов может быть доведена до величин, сравнимых с характеристиками естественной речи.

Синтез речи по правилам с использованием предварительно запомненных отрезков естественного языка — это разновидность синтеза речи по правилам, которая получила распространение в связи с появлением возможностей манипулирования речевым сигналом в оцифрованной форме. В зависимости от размера исходных элементов синтеза выделяются следующие виды синтеза:

- микросегментный (микроволновый);
- аллофонический;
- дифонный;

- полуслоговой;
- слоговой;
- синтез из единиц произвольного размера.

Обычно в качестве таких элементов используются полуслоги — сегменты, содержащие половину согласного и половину примыкающего к нему гласного. При этом можно синтезировать речь по заранее не заданному тексту, но трудно управлять интонационными характеристиками. Качество такого синтеза не соответствует качеству естественной речи, поскольку на границах сшивки дифонов часто возникают искажения. Компиляция речи из заранее записанных словоформ также не решает проблемы высококачественного синтеза произвольных сообщений, поскольку акустические и просодические (длительность и интонация) характеристики слов изменяются в зависимости от типа фразы и места слова во фразе. Это положение не меняется даже при использовании больших объёмов памяти для хранения словоформ.

### **Предметно-ориентированный синтез**

Предметно-ориентированный синтез компилирует слова, записанные заранее, а также фразы для создания полных речевых сообщений. Он используется в приложениях, где многообразие текстов системы будет ограничено определенной темой/областью, например объявления об отправлении поездов и прогнозы погоды. Эта технология проста в использовании и достаточно долго применялась в коммерческих целях: её так же применяли при изготовлении электронных приборов, таких как говорящие часы и калькуляторы. Естественность звучания этих систем потенциально может быть высокой благодаря тому, что многообразие видов предложений ограничено и близко с соответствием интонацией исходных записей. А так как эти системы ограничены выбором слов и фраз в базе данных, они в дальнейшем не могут иметь широкое распространение в сферах деятельности человека, лишь потому, что способны синтезировать комбинации слов и фраз, на которые они были запрограммированы.

### **2.7 Средства формирования пояснений:**

- Формирование пояснений на основе знаний.**
- Подсистема формирования пояснений в MYCIN. Формирование пояснений на основе фреймов.**
- Организация вывода пояснений в системе CENTAUR**

**При изучении вопроса необходимо обратить внимание на**

Исследователи пришли к заключению, что автоматическое формирование пояснений требует доступа к *модели предметной области* точно так же, как и извлечение знаний (см. об этом в главе 10). Другими словами, представление о знаниях в конкретной области необходимо для предоставления пользователю информации о поведении системы в процессе формирования результата точно так же, как и для приобретения новых знаний.

Такое знание позволит перекинуть мост между деталями реализации процесса вывода (например, в какой последовательности активизировались правила) и стратегией поведения системы (например, какие соображения побудили систему выбрать ту или иную гипотезу из множества конкурирующих).

В последние десятилетия специалисты серьезно потрудились над развитием этой идеи, и обзор некоторых из полученных результатов читатель найдет в разделе 16.2.

Совершенно очевидно, что проблемы извлечения знаний и формирования пояснений тесно связаны. По сути, они представляют две стороны одной медали. Существенным толчком для совершенствования средств, используемых для предоставления пользователю пояснений, как, впрочем, и для извлечения знаний, стало развитие методов графического интерфейса в современных операционных системах, которые обеспечивают возможность вывода не только статической, но и динамической видеинформации со звуковым сопровождением.

## Подсистема формирования пояснений в MYCIN

Модуль формирования пояснений в экспертной системе **MYCIN** (о ней шла речь в главе 3) автоматически вызывается по завершении каждого сеанса консультаций. Для того чтобы предоставить пользователю информацию о том, почему система рекомендует именно такие значения медицинских параметров, модуль извлекает список правил, активизированных в процессе сеанса, и распечатывает его вместе с заключениями, которые были сделаны этими правилами. Модуль также позволяет пользователю задавать вопросы системе по поводу выполненной консультации, причем вопросы могут носить и обобщенный характер.

Способность системы отвечать на вопросы пользователя, касающиеся выполненной работы, основывается на следующих функциях:

- вывод на экран правил, активизированных на любой стадии консультации;
- запись и сохранение в процессе работы активизированных правил и связанных с ними событий, например задаваемых вопросов и сформированных заключений;
- использование индексации правил, которая дает возможность извлечь определенное правило в ответ на вопрос, содержащийся в пользовательском запросе.

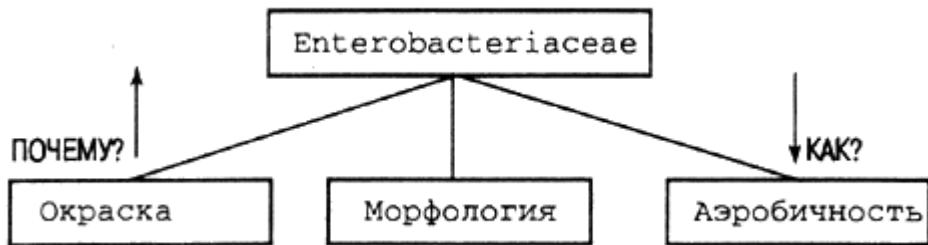
Как отмечалось в главе 3, процесс выполнения консультаций в экспертной системе, использующей обратную цепочку логического вывода, включает поиск в дереве целей (рис. 16.1). Следовательно, справки о ходе выполнения консультации можно разделить на два типа:

- **почему** система сочла необходимым задать пользователю определенный вопрос;
- **как** система пришла к определенному заключению.

Чтобы ответить на вопрос **почему**, нужно просмотреть дерево целей "вверх" и определить, какую цель более высокого уровня пытается достичь система. Чтобы ответить на вопрос **как**, нужно просмотреть дерево "вниз" и выяснить, достижение каких подцелей привело к данной цели (в текущее состояние). Таким образом, процессе формирования пояснений можно рассматривать как некоторый вид прослеживания дерева целей, т.е. свести к задаче поиска в дереве.

Тот факт, что MYCIN отслеживает прохождение структур цель-подцель в процессе выполнения вычислений, позволяет этой системе отвечать на вопросы вроде приведенного ниже.

"Почему вас интересует, является ли окраска микроорганизма грамотрицательной?"



**Рис. 16.1.** Формирование ответов на основе дерева целей в системе MYCIN

В ответ система может процитировать правило, которое утверждает, что если микроорганизм имеет грамотрицательную окраску и соблюдаются другие условия, то этот организм относится к классу **enterobacteriaceae**. Помимо цитирования правила, в ответе также указывается, что текущая цель – выяснение класса микроорганизма.

В MYCIN сохраняется список всех решений, принятых в течение сеанса работы, а затем этот список используется для пояснения и уточнения принятых решений в ответ на вопрос пользователя **почему**, например, такой:

"Почему вы предполагаете, что Организм-1 это протеин?"

В ответ MYCIN процитирует правило, относящееся к этому заключению, и выведет значение степени уверенности в достоверности этого правила. Системе MYCIN можно также задавать вопросы общего характера. Такие вопросы касаются правил безотносительно к текущему состоянию базы данных, т.е. безотносительно к конкретному пациенту. Например:

"Что прописывать при заражении инфекцией *pseudonomas*?"

В ответ система выведет тот набор препаратов, который рекомендуется в правилах, касающихся инфекции *pseudonomas*.

Однако пользователь не может получить доступ к информации, хранящейся в виде статических знаний или в таблицах знаний, поскольку эти источники данных не имеют формата порождающих правил. Кроме того, механизм формирования рекомендаций о курсе лечения и выборе предпочтительных медикаментов представлен в программе в виде LISP-функций, которые пользователь не может просмотреть (а если и сможет, то вряд ли что-нибудь в них поймет). Пользователь также не может задать системе вопросы о том, в каком порядке просматриваются правила в процессе формирования решения и в каком порядке анализируются условия, специфицированные в этих правилах.

Подытоживая сказанное о средствах формирования пояснений в системе MYCIN, отметим, что хотя вопросы **как** и **почему** и дают пользователю определенную информацию о порядке логического вывода, но признать ее достаточной можно с большими оговорками. Пользователю трудно проследить за логикой процесса по длинной распечатке активизированных правил. Правда, такая распечатка содержит довольно ценную информацию для инженеров по знаниям и разработчиков системы, особенно на стадии ее настройки.

В тех экспертных системах, в которых используется прямая цепочка рассуждений, список активизированных правил несет еще меньше полезной для пользователя информации, поскольку на промежуточной стадии вычислений трудно по нему судить, куда же ведет цепочка рассуждений.

Организация вывода пояснений в системе CENTAUR

Первый вариант реализации системы PUFF, который был выполнен на основе оболочки EMYCIN (см., например, [Aikins *et al.*, 1984]), оказался вполне работоспособным в том смысле, что хорошо справлялся с решением проблем в своей области, но схема

представления знаний в нем не совсем удовлетворила разработчиков по следующим причинам.

- С ее помощью трудно представлять типовые образцы данных или типичные классы пациентов.
- Добавление или модификация правил при расширении базы знаний или уточнении ранее введенных знаний требовали слишком больших затрат.
- Изменение порядка, в котором информация запрашивается у пользователя, также было связано с определенными сложностями, поскольку запросы формируются интерпретатором автоматически, как только активизируются правила.
- Особую проблему представляет формирование ясных пояснений, поскольку практически для выполнения этой задачи доступна информация, лишь незначительно более обширная, чем просто результаты трассировки последовательности активизации правил.

Эйкинс (Aikins) также обратила внимание на то, что отчетливо выраженная модульность и единообразие порождающих правил имеет и обратную сторону. Большинство наборов правил обладает неявно выраженной группировкой, которая существует либо в виде определенного порядка индексации, скрытой в интерпретаторе (например, в наборе ORGRULES и PATRULES системы MYCIN, которые относятся к микроорганизмам и пациентам соответственно), либо в виде условий и операций, которые манипулируют лексемами целей в рабочей памяти. Такая организация зачастую имеет иерархический характер, предполагающий таксономический характер организации гипотез (в задачах классификации) и декомпозицию целей на подцели (в задачах конструирования). Многие из упомянутых выше проблем можно свести к минимуму, выделив отдельные виды знаний и манипулируя ими по-разному. Как вы помните из главы 13, в системе CENTAUR разработчики объединили методы программирования, основанные на правилах и концепции фреймов, таким образом, чтобы компенсировать слабости каждого из подходов и усилить их достоинства.

Что касается формирования пояснений, то в системе CENTAUR сделан акцент на *контексте*, в котором формировалось суждение, и на зависимости между применяемой экспертом методикой и этапом процесса решения проблемы. Для того чтобы понять, почему задан определенный вопрос, нужно принимать во внимание не только то правило, которое при этом активизировано, но и ту гипотезу, которая анализируется на данном этапе. Таким образом, Эйкинс вполне разделяет опасения, высказанные Кленси, хотя ее подход и менее амбициозен, поскольку в нем дело не дошло до когнитивного моделирования.

Работа консультирующей программы CENTAUR состоит в основном из выполнения интерпретатором текущего списка актуальных задач, кроме того, в ней значительно меньше места отводится построению цепочки правил. Основное назначение списка актуальных задач — способствовать формированию пояснений, почему система поступает именно так в ходе данного сеанса консультаций. Поэтому каждый элемент в списке задач содержит информацию как об источнике задачи, так и о причине, которая побудила систему включить данную задачу в список актуальных.

Источником задачи может быть активный прототип (т.е. тот, который наиболее близок к специфическим данным рассматриваемого случая) или другая задача. Новые задачи добавляются в список актуальных либо слотами управления прототипов, либо в процессе выполнения тех задач, которые ранее были включены в список актуальных. Информация о причине добавления генерируется на основе наименования прототипа и

имени управляющего слота, ответственного за включение задачи.

В ходе выполнения программы прототип находится в одном из трех возможных состояний:

*неактивный*, т.е. не рассматриваемый в качестве гипотезы;

- *потенциальный кандидат*, т.е. такой, который имеет смысл рассмотреть исходя из имеющихся значений данных;
- *активный*, т.е. выбранный из множества потенциальных кандидатов и помещенный в список гипотез.

Прототипы заболеваний представляют гипотезы! Список гипотез — это, по сути, список пар "прототип-коэффициент уверенности", упорядоченных в убывающем порядке значений коэффициентов уверенности. Имеются еще два списка, которые служат для отслеживания подтвержденных и отвергнутых прототипов.

Основные события в сеансе выполнения консультации с помощью системы CENTAUR следующие:

ввод исходных данных;

- отбор прототипов с использованием антецедентных правил;
- оценка прототипов и выбор единственного, который назначается "текущим";
- анализ известных фактов и заполнение на их основе полей данных текущего прототипа;
- проверка соответствия фактов и ожидаемых значений;
- выявление данных, не учтенных начальным вариантом диагноза;
- уточнение диагноза на основе выявленных данных;
- суммирование и вывод результатов.

## **2.8 Языки программирования высокого уровня: языки описания порождающих правил, объектно-ориентированные языки, языки логического программирования экспертных систем.**

**При изучении вопроса необходимо обратить внимание на**

Языки высокого уровня являются в руках опытного программиста прекрасным средством быстрого создания прототипа экспертной системы, позволяют обеспечить гибкость процесса разработки при одновременном снижении материальных затрат и сокращении сроков выполнения проекта. Как правило, среди разработки таких языков обеспечивает совмещение интерфейса разработки и времени выполнения, что позволяет совместить вставку, редактирование и тестирование фрагментов программного кода. Но пользовательский интерфейс такой среды уступает интерфейсу оболочки по части "дружественности", что, правда, не мешает опытному программисту быстро ее освоить.

Языки описания порождающих правил, объектно-ориентированные языки и процедурные дедуктивные системы предоставляют проектировщику экспертных систем значительно большую свободу действий, чем оболочки. Особенно это касается программирования процедур управления и обработки неопределенности. Как отмечалось выше, обычно оболочка имеет встроенный режим управления и методы обработки неопределенности, которые не могут быть затем изменены в процессе построения на ее основе конкретной экспертной системы. Та гибкость, которую предоставляют программисту языки высокого уровня, особенно важна при создании экспериментальных систем, в которых заранее выбрать оптимальный режим управления вряд ли возможно.

## Языки описания порождающих правил

Но, естественно, возможности языков высокого уровня также не беспредельны – каждый из них имеет свои ограничения. Например, в языке OPS5 возможности динамической памяти ограничены размещением векторов в рабочей памяти, что не позволяет строить в ней рекурсивные структуры данных, такие как графы или деревья. При разработке системы MORE (о ней речь шла в главе 12) из-за этого возникли серьезные сложности [Kahn, 1988]. Некоторые типы структур управления ходом выполнения, например рекурсивные и итерационные циклы, также с трудом реализуются в этом языке. В общем, это та цена, которую приходится платить за относительную простоту программного кода на языке OPS5 и эффективность его выполнения.

В ранних моделях систем, основанных на порождающих правилах, до 90% времени работы уходило на выполнение операций сопоставления условий. Но позднее **Форджи** обратил внимание на возможные источники низкой эффективности такого упрощенного подхода [Forgy, 1982]. **Алгоритм сопоставления RETE**, предложенный Форджи и реализованный в языках описания порождающих правил семейства OPS, базируется на двух наблюдениях.

- В левых частях порождающих правил, которые размещаются в рабочей памяти, часто встречаются повторяющиеся условия. Если одно и то же условие встречалось в  $N$  правилах, то при прежнем упрощенном подходе выполнялось  $N$  операций сопоставления. Это пример **внутрицикловой итерации (within-cycle iteration)**.
- Простейший подход при сопоставлении условий предполагает просмотр в каждом цикле **всех** элементов рабочей памяти, хотя содержимое рабочей памяти от цикла к циклу изменяется очень мало. Форджи назвал это **межцикловой итерацией (between-cycle iteration)**.

Предложенный Форджи алгоритм значительно снижает количество внутренциклических итераций за счет использования сети сортировки, имеющей древовидную структуру. Выражения в левой части порождающих правил компилируются и включаются в эту сеть, а алгоритм сопоставления довольно просто определяет конфликтующее множество, просматривая состояние сети в текущем цикле. Количество межцикловых итераций сокращается за счет обработки множества лексем, которые являются индикаторами удовлетворения условий, размещенных в рабочей памяти. Это множество лексем отображает изменения, происходящие в рабочей памяти от цикла к циклу, и таким образом позволяет выявить те условия, которые подлежат проверке. Поскольку никаких других процессов управления, кроме цикла **распознавание-действие**, в системе не существует, то обработать полученное в результате конфликтующее множество не представляет особого труда. Механизм разрешения конфликтов выполняет это, не обращая внимания на другие аспекты текущего контекста вычислений.

Совершенно очевидно, что попытка использовать рекурсивные структуры данных потребует серьезного усложнения описанного процесса обработки правил. Точно так же и изменение режима управления приведет к тому, что механизм разрешения конфликтов вынужден будет анализировать дополнительную информацию. Разработчики языков, подобных OPS, всегда вынуждены искать компромисс между мощностью выразительных средств языка и эффективностью выполнения программного кода. До сих пор в среде исследователей предметом оживленных дискуссий является вопрос о том, удалось ли разработчикам OPS5 найти такой компромисс. Разработанные позже языки KEE, KAPPA и CLIPS унаследовали от OPS5 синтаксис и механизм активизации правил. Все эти языки используют различные версии алгоритма RETE при формировании множества конфликтующих правил.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

#### 3.1 Лабораторная работа 1,2. «Робототехника основные понятия и классификация».

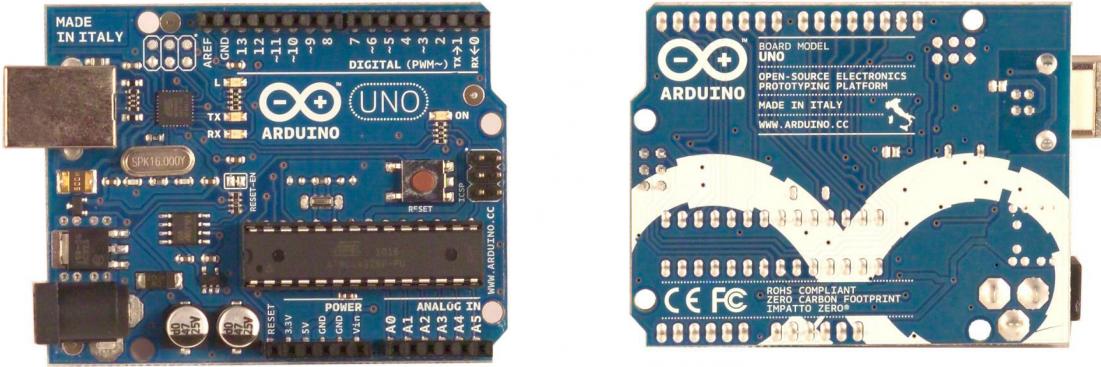
При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

Что изучает дисциплина Робототехника. Классификация роботов.

#### 3.2 Лабораторная работа 3,4. «Структура и устройство промышленных роботов».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

Arduino - это платформа на основе микроконтроллера ATmega328, используемая для проектирования электронных устройств, более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, нежели обычные персональные компьютеры (рис. 1.2). В ее состав входит все необходимое для удобной работы с датчиками и другими внешними устройствами: 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, разъем USB, разъем питания, интерфейсы ICSP и UART. Микроконтроллер не требует отдельного программатора и подключается к ПК через USB. Разработка программ ведется в специальной среде (IDE), включающей драйвер виртуального COM-порта, необходимый для связи среды с аппаратной частью Arduino [1].



#### 3.3 Лабораторная работа 5,6. «Промышленные роботы и их классификация».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на

Промышленные роботы, работающие в производственной сфере и заменяющие человека при выполнении технологических операций. Интеллект указанных роботов заключается в их способности автоматически распознавать качество обработанной поверхности, контролировать режимы обработки и корректировать их в зависимости от поставленной цели, например, минимизировать погрешности, уменьшать энергозатраты, выбирать технологию обработки в зависимости от типа детали и требований к ее выходным характеристикам. В настоящее время это, пожалуй, основной класс роботов, которому должно быть уделено особое внимание, так как замена человека в сфере производства качественно изменит его жизнедеятельность

### **3.4 Лабораторная работа 7,8. «Системы программного управления промышленных роботов».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

*Промышленные роботы* первого поколения, т. е. практически большинство роботов, работающих в промышленности, являются *жестко программируемыми*. В них управляющая программа не корректируется в процессе обработки при изменении параметров внешней среды.

*Промышленные роботы с адаптивным управлением* (это ПР второго поколения) имеют измерительные устройства для восприятия внешней среды. Управляющая программа в этом случае не должна содержать всю необходимую информацию. Неопределенность текущей программы снимается путем опроса датчиков системы очущения и соответствующей обработки результатов измерения. На основе анализа параметров внешней среды и функционирования самого промышленного робота формируются необходимые команды исполнительному устройству. Такие роботы могут самонаводиться на произвольно расположенные предметы, обходить нерегулярно появляющиеся препятствия, захватывать неориентированные заготовки из стандартной тары и ориентировать их, контролировать наличие объекта в захватном устройстве робота и усилие зажима заготовки, регулировать скорость перемещения, например, при снятии заусенцев и шлифовании, следовать по неточно определенной в программе траектории и др. Адаптивное управление снижает требования к периферийному оборудованию, значительно упрощает программирование, позволяет использовать заготовки с более широкими допусками и т. д. Адаптивные роботы позволяют автоматизировать достаточно сложные технологические операции, такие, как сварка, окраска, сборка.

### **3.5 Лабораторная работа 9,10. «Информационные системы роботов».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на

**По способу управления** системы управления промышленных роботах делят на незамкнутые и замкнутые. *Незамкнутая система* не дает информации о состоянии внешней среды и функционировании самого робота. *Замкнутые системы* лишены этих недостатков и поэтому область их применения расширяется.

*Промышленные роботы* управляются от автономных, комплексных и многоуровневых систем. Автономные системы используют для управления только промышленными роботами. В этих целях применяют как устройства управления станками, так и специализированные. Специализированные устройства для ПР отличаются возможностью программирования методом обучения, дополнительными модулями измерения показателей состояния внешней среды и механизмов робота, большим числом входов-выходов для связи с основным и вспомогательным оборудованием и т. д. Комплексные системы управления управляют комплекс «оборудование-промышленный робот». В этом случае обычно используют серийно выпускаемые станочные системы ЧПУ, но это целесообразно только при возможности применения метода обучения при подготовке программ как для станка, так и для робота. Многоуровневые системы ЧПУ нужны там, где промышленные роботы обслуживает станки, входящие в автоматизированные участки, управляемые от ЭВМ (такие системы будут рассмотрены ниже).

### **3.6 Лабораторная работа 11,12. «Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

*Промышленные роботы*-выполняют с электромеханическим, гидравлическим, пневматическим и комбинированным приводом. Выбор типа привода определяется назначением ПР, его техническими характеристиками, в частности грузоподъемностью, конструктивными особенностями, условиями эксплуатации, видом системы управления.

Привод промышленного робота должен иметь высокое быстродействие, минимально возможные габаритные размеры, высокую надежность, высокие энергетические показатели; обеспечивать точность позиционирования и возможность работы в режиме автоматического управления.

### **3.7 Лабораторная работа 13,14. «Роботизированные технологические комплексы в машиностроении».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

Области применения роботизированных технологических комплексов (машиностроение, кораблестроение, космонавтика, техногенные аварии).

### **3.8 Лабораторная работа 15,16. «Вспомогательное оборудование РТК».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на:

Какое вспомогательное оборудование РТК существует, Его классификация и области применения