

Министерство образования и науки Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ  
АКАДЕМИЯ

---

Кафедра "Технология машиностроения"

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе "Микропроцессорные системы управления  
промышленными роботами в автоматизированном производстве"  
по дисциплине "Автоматизация производственных процессов в  
машиностроении" для студентов специальности 12.01 -  
"Технология машиностроения"

Минск 1994

Министерство образования и науки Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

---

Кафедра "Технология машиностроения"

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе "Микропроцессорные системы  
управления промышленными роботами в автоматизированном  
производстве" по дисциплине "Автоматизация производственных  
процессов в машиностроении" для студентов специальности  
I2.01 - "Технология машиностроения"

М и н с к 1 9 9 4

УДК 62I-529:681.325.5.(075.8)

Методические указания к лабораторной работе подготовлены в соответствии с учебным планом для студентов специальности I2.01 - "Технология машиностроения".

Содержание лабораторной работы соответствует учебной программе дисциплины "Автоматизация производственных процессов в машиностроении". Методические указания направлены на закрепление знаний по автоматизации машиностроительного производства и приобретению навыков их практического применения.

Цель лабораторной работы - ознакомление с конструкцией, принципом действия и структурой системы управления, получение практических навыков по эксплуатации промышленного робота "Электроника ИЦТМ-01".

Составил Г.П.Комлик

Рецензент И.И.Демидович

Учебное издание

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе "Микропроцессорные системы управления промышленными роботами в автоматизированном производстве" по дисциплине "Автоматизация производственных процессов в машиностроении" для студентов специальности I2.01 - "Технология машиностроения"

Составитель КОМЛИК Геннадий Петрович

Редактор Т.А.Палилова. Корректор М.П.Антонова

---

Подписано в печать 13.09.94.

Формат 60x84<sup>I</sup>/16. Бумага тип. № 2. Офсет. печать.

Усл.печ.л. 2,8. Уч.-изд.л. 2,2. Тир. 180. Зак. 827.

---

Белорусская государственная политехническая академия.

Отпечатано на ротационте БПА. 220027, Минск, пр. Ф.Скорина, 65.

© Составление, Г.П.Комлик,  
1994

## I. УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

Развитие промышленной робототехники, основой которой стали автоматически действующие манипуляционные роботы с программным управлением, позволило подойти к решению одной из важнейших задач современности - исключения ручного труда рабочего из сферы производства. При этом повышается производительность труда за счет интенсификации технологических процессов, а также существенно улучшается качество производимых работ, возрастает надежность выполнения операций.

Промышленные роботы (ПР) представляют собой новый класс автоматических машин, предназначенных для комплексной механизации и автоматизации существующих и вновь создаваемых производств. ПР - это принципиально новый элемент технологического оборудования, сопрягаемый с остальным оборудованием в некоторый роботизированный технологический комплекс (РТК). ПР позволяет автоматизировать те ручные операции, которые не поддаются автоматизации более простыми традиционными средствами, либо в них эти средства не обеспечивают возможности гибкой перенастройки. Поэтому применение ПР позволяет в определенной степени завершить комплексную автоматизацию производственных процессов в масштабе линии, участка, цеха с приданием им гибких свойств.

### I.1. Основные схемы применения ПР

Наиболее типичные схемы применения ПР, выполняющих основные или вспомогательные операции, объединены в несколько групп.

1. Единичное обслуживание оборудования обеспечивается автономным или встроенным в оборудование ПР. Минимальные задачи, решаемые таким РТК, состоят в автоматизации операций обработки детали, ее установки или снятия, базирования и фиксации в рабочей зоне и обеспечении связи с транспортным и информационным потоком основного производства. Разновидности схем применения этой группы:

- 1) встраивание робота в оборудование;
- 2) расположение робота у основного технологического оборудования;
- 3) обслуживание несколькими роботами группы машин, число которых меньше числа ПР.

2. Групповое обслуживание оборудования при линейном, линейно-

параллельном или круговом расположении осуществляется одним ПР, обеспечивающим помимо операций, отмеченных выше, еще и межстаночное транспортирование деталей. При этом с помощью ПР выполняются также задачи диспетчирования работы оборудования, входящего в состав РТК, элементов транспортных систем и дополнительных механизмов. Разновидности схем применения для этой группы:

1) обслуживаемые несколькими роботами группы машин, число которых превышает число ПР (например, обработка деталей с постоянной последовательностью операций или возможность изменения последовательности обработки и пропуска операций);

2) обслуживание одним роботом группы машин (круговое расположение оборудования, линейное расположение оборудования, объединение комплекса "оборудование-робот" в автоматизированную технологическую ячейку с общей системой программного управления).

3. Индивидуальное выполнение основных технологических операций, таких как сварка, окраска, сборка и т.д., осуществляется технологическими или универсальными ПР, на базе которых организуется РТК, включающий различного рода вспомогательные, транспортные, ориентирующие устройства и механизмы, работа которых контролируется системой программного управления робота. Разновидности схем при выполнении одним роботом законченной технологической операции (перехода):

1) перенос и обработку деталей осуществляет робот за счет смены захватов и инструмента;

2) транспортирование детали осуществляется конвейером, управляемым системой программного управления робота.

4. Групповое управление основных технологических операций подразумевает применение ПР разных типов (вспомогательных, технологических, универсальных, транспортных), связанных в единый комплекс, обеспечивающих законченный технологический процесс. Например, при выполнении группой роботов заключительной технологической операции (перехода) различают схемы:

1) группа роботов различного технологического назначения выполняет операцию на одной позиции;

2) группа роботов одного технологического назначения выполняет взаимосвязанную операцию.

## 1.2. Задачи систем управления ПР

Определяющим направлением в развитии робототехнических систем управления следует считать применение микропроцессоров и микроЭВМ, которые обладают высокой гибкостью и универсальностью. С их помощью системы управления могут решать следующие задачи:

- 1) цифровое управление исполнительными механизмами;
- 2) хранение и считывание информационных данных для программного управления;
- 3) предварительная обработка больших массивов данных в системе чувствления роботов;
- 4) решение специализированных задач алгоритмического или математического типа;
- 5) управление сложными РТК в режимах реального масштаба времени.

## 1.3. Уровни управления робототехническими комплексами

По своему техническому содержанию задачи управления РТК в машиностроении тесно связаны с задачами, решаемыми при управлении металлообрабатывающим оборудованием с помощью средств числового программного управления (ЧПУ):

- 1) формирование заданных внешней программой траекторий движения рабочего органа ПР в многомерном координатном пространстве;
- 2) сходные условия внедрения, эксплуатации и технического обслуживания ПР;
- 3) совместное применение ПР и оборудования с ЧПУ при комплексной автоматизации технологических процессов.

Основными отличиями управления ПР по сравнению с другими видами оборудования с ЧПУ являются следующие:

- 1) широкий диапазон решаемых задач управления, который определяется большим разнообразием базовых компоновок и вариантов технологической организации ПР;
- 2) общее усложнение технической реализации задач управления РТК за счет увеличения числа управляемых рабочих органов в различных пространственных системах координат и их сложной взаимосвязи;
- 3) появление новых функций управления (режим программирования по методу обучения, адаптивные функции, специализированные стандартные подпрограммы и т.д.).

Задача автоматизации вспомогательных операций при обслуживании различного технологического оборудования с использованием ПР по сложности алгоритмов их управления описывается следующими иерархическими уровнями управления:

1. Каждая единица технологического оборудования дополняется соответствующим ПР, встроенным в его конструкцию или установленным в зоне его работы и выполняющим простые циклические операции по установке в оборудование заготовок, снятию готовых деталей и т.д.

2. Технологически объединенная группа единиц оборудования (2-4 и более) оснащается при линейной компоновке оборудования подвижным ПР или при круговой компоновке – стационарным ПР, манипулятор которого производит установку и съем деталей с осуществлением других вспомогательных операций (измерение, контроль и т.д.), при этом характер работы ПР определяется запросами от соответствующего оборудования и приоритетом выполнения программы обслуживания.

3. Высокая степень автоматизации за счет группового управления оборудованием и ПР от распределенной системы управления или центральной ЭВМ, решающих также задачи диспетчеризации, управления транспортом, складом и т.д.

Применение микропроцессорных средств вычислительной техники для управления РТК способствует повышению уровня его управления.

Задачи управления первого уровня решаются, в основном, с помощью традиционных средств автоматического управления. Входные программы этого уровня определяют значения каждой из управляемых координат привода манипулятора.

Второй уровень формирует управляющие сигналы для низшего уровня управления. Входными командами этого уровня являются команды, задающие различные движения захвата манипулятора.

Третий уровень связан со сложной логической обработкой информации об окружающей среде, исследованием и поведением ПР и рабочих объектов.

#### 1.4. Структура и классификация систем управления ПР

ПР как объект управления представляет собой сложную электро-механическую систему: многозвенный механический манипулятор с поступательными и вращательными движениями, исполнительные приводы различных типов, электрические и электронные устройства управления, изме-

рительные и силовые преобразователи, устройства программирования и обучения. К механическим и приводным устройствам ПР предъявляются повышенные требования по точности, массогабаритным показателям и потребляемой энергии.

Структурное построение систем управления ПР и обслуживаемым технологическим оборудованием определяется задачами автоматизации конкретных видов производств, которые описываются технологической программой управления РТК оборудования с различными иерархическими уровнями управления. Обобщенная структурная схема системы управления ПР, отображающая взаимосвязь уровня организации технологического автоматизируемого оборудования и уровня управления ПР, показана на рис. 1.1. На этой схеме можно укрупненно выделить следующие основные модули: управляющий, программозадающий, информационный, исполнительный.

Управляющий модуль выполняет логические и вычислительные функции по обработке информации, анализу сигналов внешней обстановки, принятию решений, формированию управляющих воздействий и т.д.

Программозадающий модуль обеспечивает запись, хранение и выдачу информации, содержащей алгоритмы управления, управляющие программы, программы стандартных вычислений и др.

Информационный модуль обеспечивает прием информации о текущем состоянии ПР и технологического оборудования с помощью измерительной системы, включающей датчики, линии связи и вторичные преобразователи для приема сигналов о состоянии объекта управления.

Исполнительный модуль включает в себя формирователи управляющих воздействий на объект управления. Характер этих воздействий зависит от типа управляемого привода, числа координат манипулятора, вида и количества технологических команд управления.

Основные потоки информации в системе управления ПР описываются следующим образом:

- 1 - задание траекторий перемещения манипулятора и логических сигналов с пульта управления и обучения при программировании по методу обучения;
- 2 - информация об обработке массивов данных, связанных алгоритмами управления системы и управляющей программой;
- 3 - информация о заданной программе движения манипулятора с учетом средств адаптации, результатов контрольных измерений, управ-

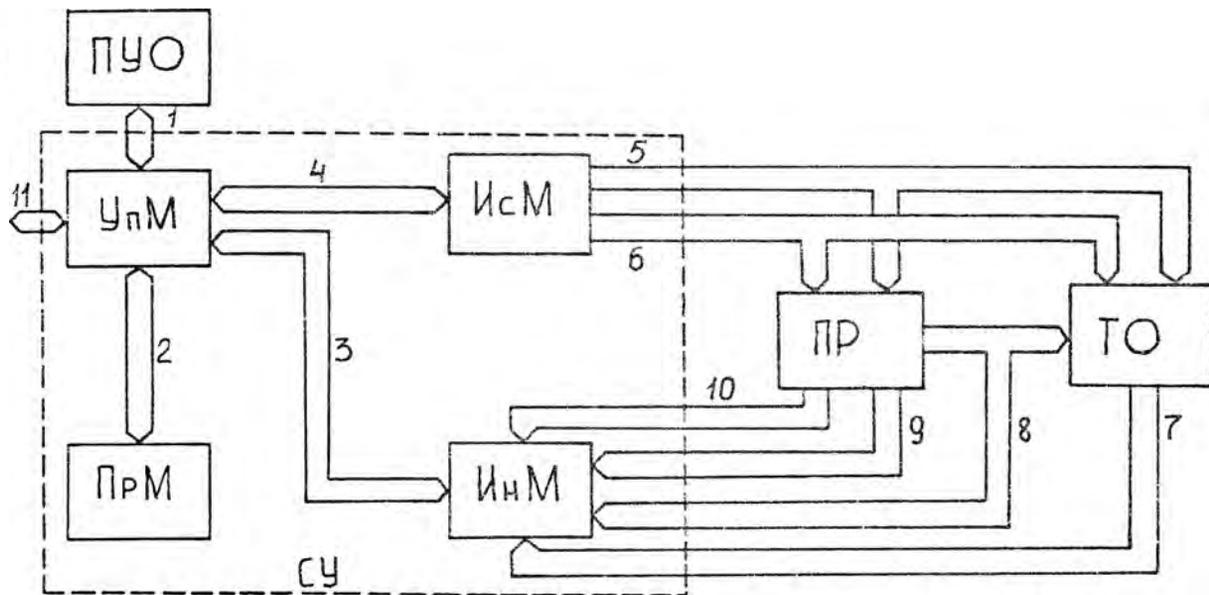


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема системы управления ПР:

ПУО - пульт обучения и управления; УпМ - управляющий модуль; ПрМ - программозадающий модуль; ИсМ - исполнительный модуль; ИнМ - информационный модуль; Пр - промышленный робот; ТО - технологическое оборудование; СУ - система управления

длящих логических команд, аварийных сигналов и т.д. на данном шаге программы;

4 - информация о результатах обработки заданных и текущих перемещений манипулятора, других управляемых органов технологического оборудования, а также информации о текущем состоянии процесса управления;

5 - выходные логические сигналы и команды управления для манипулятора и технологического оборудования;

6 - выходные геометрические сигналы управления приводами манипулятора и другими возможными органами технологического оборудования;

7 - информация о результатах контрольных измерений изделия;

8 - входные логические сигналы об исполнении команд управления, сигналы запросов на обслуживание оборудования, блокировок и условий выполнения процесса управления;

9 - входные сигналы текущего координатного положения манипулятора и других органов технологического оборудования;

10 - логические и геометрические сигналы от средств адаптации манипулятора;

11 - информация о взаимодействии с другими средствами автоматического управления (другими РТК, ЭВМ и т.д.).

Информационные возможности системы управления зависят не только от количества информационных потоков, но и от функциональной нагрузки каждого из них, которая увеличивается по мере роста количества используемых в системе параметров. Для различных случаев функциональная нагрузка связей и соответственно организация модулей системы различны.

Развитие микропроцессорной техники, унификации объектов управления, расширяющаяся сфера применения ПР и ряд других обстоятельств создали благоприятные предпосылки для реализации принципов модульного построения систем управления ПР, позволяющих создавать разнообразные модификации систем для решения конкретных задач автоматизации.

Типовая функциональная схема системы управления ПР изображена на рис. 1.2. Число исполнительных двигателей Д и модулей управления ими соответствует числу степеней подвижности манипулятора. Для современных ПР характерно наличие в системе управления микроЭВМ, реализующей алгоритм управления роботом и другие информационно-вычисли-



тельные функции. В состав СУ конструктивно входят:

- 1) пульт управления и обучения ПУО, с которого оператор осуществляет ввод и контроль задания;
- 2) запоминающее устройство ЗУ с программой работы;
- 3) дисплей Д для осуществления визуального контроля;
- 4) датчики обратной связи ДЭС, фиксирующие фактическое положение манипулятора М, сигналы обслуживаемого технологического оборудования ТС и состояние внешней среды ВС;
- 5) устройство связи с объектом УСО, в которое входят модули для сбора и преобразования в цифровую форму аналоговых сигналов ДЭС (например, датчиков скорости, положения, усилия), модули вывода для цифрового управления приводами манипулятора и модуль связи с верхними уровнями управления робота;
- 6) системы управления приводами СУП, структура которых определяется, прежде всего, типом применяемого привода.

Системы управления ПР можно классифицировать по разным признакам: по составу и типу используемой аппаратуры, по виду траектории движения, по показателям качества управления, по типу исполнительного привода и т.д. Однако в робототехнике принципиально важен способ управления, определяемый в зависимости от степени участия оператора в управлении роботом. По этому признаку системы управления делятся на 2 больших класса (рис.1.3):

- 1) человеко-машинные, имеющие оператора непосредственно в контуре управления;
- 2) автоматические, когда оператор взаимодействует с роботом только на этапе обучения.

Другим столь же важным признаком является метод управления, который можно применить для дальнейшей классификации выделенных классов.

Человеко-машинные системы бывают дистанционного и интерактивного управления и в соответствии с методами управления делятся на 6 основных групп:

- 1) системы командного управления, в которых оператор управляет приводами каждого звена робота дистанционно путем воздействия на командные органы (кнопки, тумблеры на пульте управления);
- 2) системы копирующего управления, в которых оператор дистанционно управляет роботом, воздействуя на задающее устройство, кинема-

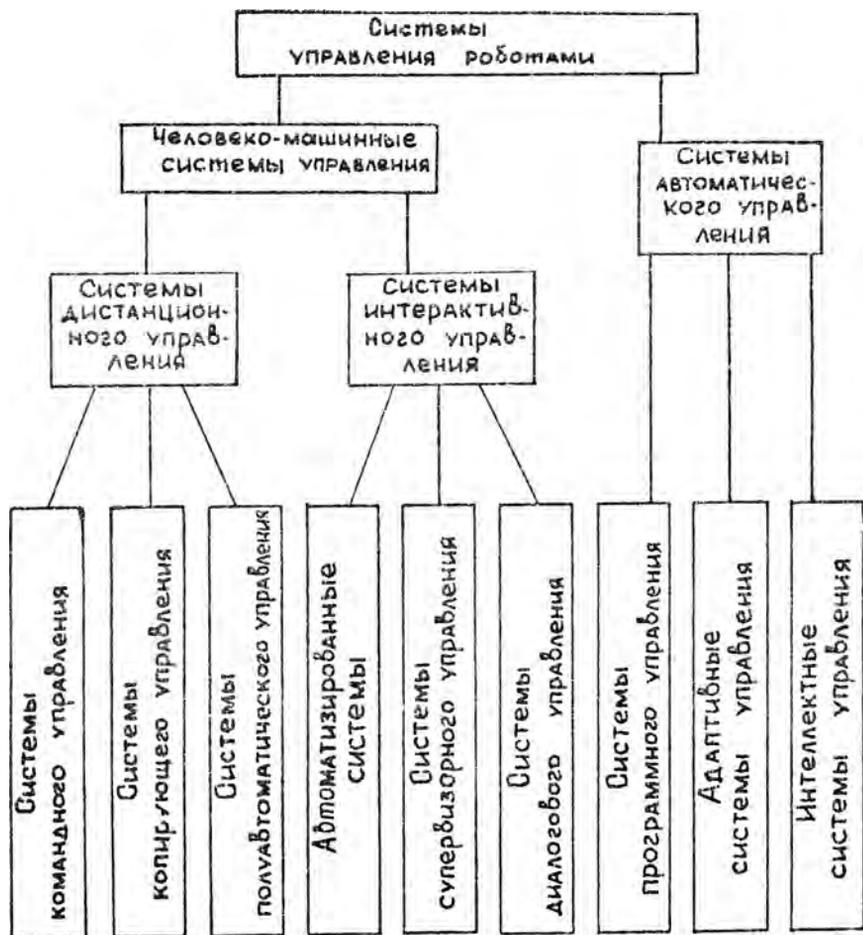


Рис. 1.3. Классификация систем управления роботов

тически подобное исполнительному устройству робота (движение каждого звена задающего устройства передается на соответствующее звено исполнительного устройства);

3) системы полувеликонтинентского управления, в которых оператор, передвигая многостепенную управляющую рукоятку, задает желаемое движение захватного устройства, а специализированная ЭВМ по сигналам от датчиков рукоятки вырабатывает команды управления для приводов всех звеньев робота;

4) автоматизированные системы управления, в которых часть операций выполняется автоматически, а остальные осуществляются по командам оператора;

5) системы супервизорного управления, в которых оператор, наблюдая на экране обстановку в зоне действия робота, подает отдельные команды, по которым включаются соответствующие программы автоматического действия робота;

6) системы диалогового управления, отличающиеся от систем супервизорного управления тем, что робот не только выполняет команды оператора, но и активно помогает ему в распознавании обстановки и принятии решений.

Главной особенностью систем автоматического управления роботами является отсутствие непосредственного участия человека в процессе управления. Функции оператора состоят в обучении, запуске и последующем периодическом наблюдении за работой робота.

Системы автоматического управления в соответствии с используемыми методами управления делятся на 3 группы:

1. Системы программного управления, в которых движения робота происходят по заранее рассчитанной, преимущественно жесткой программе. Программа хранится в памяти вычислительного устройства и может быть изменена путем перепрограммирования в новом цикле обучения робота. В системах программного управления не предусматривается обработка информации о состоянии внешней среды, но информация о внутреннем фазовом состоянии робота используется в законе управления. Системы программного управления делятся на цикловые, позиционные и контурные.

2. Системы адаптивного управления, в которых движение робота организуется по гибко изменяемым программам. При этом перестройка программ происходит с учетом изменений условий внешней среды. Для

получения такой информации системы управления снабжаются разнообразными средствами оцувствления.

3. Системы интеллектного управления, в которых программа движения робота не задается, а синтезируется системой управления на основе информации о внешней среде, совокупности правил возможного поведения в среде и имеющейся целевой установки задачи.

Основное отличие интеллектных систем управления – способность извлекать из данных не только информацию, но и знания. Для этой цели системы оцувствления дополняются системами понимания (представления знаний). ПР с интеллектными системами управления обладают наибольшей гибкостью, но очень сложны.

Современные системы управления ПР обычно разрабатываются на микропроцессорной элементной базе. При этом они имеют развитое информационно-вычислительное обеспечение, гибкое программирование функций управления, расширенные возможности сопряжения с внешним управляемым технологическим оборудованием и другими средствами вычислительной техники.

Поскольку уровень автоматизации обслуживаемого оборудования определяет уровень управления РТК, который, в свою очередь, определяет набор функций управления, состав оборудования и программное обеспечение, то в качестве классификационного признака для систем управления ПР выбирают один признак – "информационно-вычислительные возможности", отражающий соответствующий уровень управления РТК и характеризующий возможность системы воспринимать и обрабатывать соответствующую информацию с выдачей управляющих воздействий.

В табл. I. I дана классификация систем управления ПР различного назначения на основе этого признака. В соответствии с предлагаемой классификацией системы управления в порядке увеличения их информационно-вычислительных возможностей разделены на 3 класса: 1) цикловые; 2) позиционно-контурные; 3) универсальные, а также на подклассы и группы.

Цикловые системы управления являются простейшими. Их применяют для управления ПР с ограниченными манипуляционными возможностями и технологическим оборудованием с невысокой степенью автоматизации. Они обеспечивают преимущественно двух- или трехточечное позиционирование по упорам координат манипулятора. Дискретный сигнал управляющей команды в таких системах представляет собой появляющийся на вы-

## Системы управления ПР различного назначения

Класс	Подкласс	Классификационные группы и их краткая характеристика
I	2	3
Цикловые	Локальные	<p>Специализированные простейшие системы с ограниченными возможностями управления, преимущественно "жестким" аппаратно реализуемым алгоритмом, составом функций управления и внешним интерфейсом с числом входов-выходов до 64</p> <p>Системы с расширенными возможностями управления, изменяемым составом функций, наличием стандартных подпрограмм, интерфейсом с числом входов-выходов от 64 до 128</p> <p>Блочно-модульные системы с возможностью выбора модификаций из полного функционального состава, программирования функций управления, с наличием нескольких программ, расширенным интерфейсом с числом входов-выходов более 128, связь с ЭВМ</p>
	Групповые	Блочно-модульные системы с развитыми возможностями управления, увеличенным объемом памяти, программированием функций управления, расширенным интерфейсом по связи с обслуживаемым оборудованием, ЭВМ, другими средствами управления
Позиционно-контурные	Локальные	<p>Специализированные упрощенные циклопозиционные и позиционные системы с ограниченными возможностями управления, "жестким" аппаратно реализуемым алгоритмом, ограниченным функциональным составом и внешним интерфейсом</p> <p>Позиционные системы с расширенными возможностями управления, изменяемым составом функций, наличием отдельных подпрограмм, расширенным внешним интерфейсом, например, по связи с ЭВМ</p> <p>Контурные системы целевого назначения с развитыми возможностями управления, программированием функций, наличием нескольких программ, расширенным интерфейсом по связи с оборудованием, средствами адаптации, ЭВМ</p> <p>Блочно-модульные позиционно-контурные системы с возможностью выбора модификации из полного функционального состава, развитыми возможностями управления, в том числе адаптивного, программированием функций, расширенным интерфейсом по связи с обслуживаемым оборудованием, ЭВМ, другими средствами управления</p>

1	2	3
	Групповые	Блочно-модульные системы с развитыми возможностями управления, увеличенным объемом памяти, программированием функций, наличием нескольких программ, расширенным интерфейсом по связи с обслуживаемым оборудованием, ЭВМ, другими средствами управления
Универсальные		Многофункциональные мультипроцессорные системы с широкими возможностями управления, в том числе адаптивного, элементами "искусственного интеллекта", расширенным сопряжением с комбинированными типами приводов и датчиков, ЭВМ, другими средствами управления

ходной шине потенциал напряжения постоянного или переменного тока, длительность которого заранее выбирается или определяется моментом поступления ответного сигнала от манипулятора или обслуживаемого оборудования.

Цикловые системы подразделяют на два подкласса - локальные и групповые системы, характеризующиеся качественно различными уровнями управления РТК.

Локальные цикловые системы выделены в 3 основные группы:

1) специализированные; 2) с расширенными возможностями управления; 3) блочно-модульные. Эти системы отражают соответственно повышение уровня управления при обслуживании оборудования с невиской степенью автоматизации или при выполнении несложных основных технологических операций.

Групповые цикловые системы управления представляют собой блочно-модульные средства управления с развитыми информационно-вычислительными возможностями и расширенным внешним интерфейсом, необходимыми для обслуживания, например, с помощью 5-10 ПР автоматизированного участка прессового оборудования.

Позиционно-контурные системы применяют для управления ПР со значительным числом точек позиционирования (до нескольких сотен). Они обеспечивают перемещение рабочих органов манипулятора "от точки к точке" по кратчайшей неконтролируемой (позиционное управление) или непрерывной контролируемой за счет интерполяции траектории с поддержанием заданной скорости (контурное управление).

Такие системы обладают большими информационно-вычислительными возможностями. Их используют для обслуживания оборудования с повышенной степенью автоматизации или для автоматизации основных технологических операций (сварки, сборки, окраски и т.д.). Построение таких систем на базе микроЭВМ или микропроцессорных наборов обеспечивает реализацию, например, функции интерполяции программным путем без изменения аппаратного состава изделия, что позволит объединить существующие классы позиционного и контурного управления в один - позиционно-контурный. Системы этого класса тоже подразделяют на два подкласса (см. табл. I.1).

Локальные позиционно-контурные системы классифицируются на 4 группы: 1) специализированные упрощенные циклопозиционные и позиционные; 2) позиционные с расширенными возможностями управления;

3) контурные системы целевого назначения; 4) блочно-модульные позиционно-контурные.

Характерными особенностями данных групп помимо различия информационно-вычислительных возможностей систем являются их специализация и некоторая универсальность, связанные с широкой номенклатурой оснащаемых ПР, обслуживанием единицы или группы (до четырех единиц) различного оборудования с повышенной степенью автоматизации, выполнением транспортно-складских и основных технологических операций.

Универсальные системы управления представляют собой класс многофункциональных систем с высокими информационно-вычислительными возможностями, включая адаптивное управление на основе тактильных, лазерных, телевизионных и других сенсорных устройств, с искусственным "интеллектом" и т.д. для автоматизации преимущественно основных технологических операций.

### 1.5. Перспективы развития систем управления ПР

Общее направление развития систем управления ПР обеспечивает высокую стабильность цикла работы, возможность работы более одной смены, эффективность при выполнении различных операций, повышение быстродействия и точности позиционирования.

При широком применении микропроцессорной техники появляется возможность существенного улучшения характеристик систем управления вплоть до получения качественно новых решений: обрабатываются сигналы цифровых обратных связей, оптимизируются параметры приводов, за счет совершенствования методов программирования повышается гибкость системы, становится возможным создание адаптивных систем для очувствленных роботов, разрабатываются методы группового управления, обеспечиваются высокая надежность и ремонтпригодность системы, совершенствуются ее структура и элементная база.

## 2. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ

Прогресс в развитии микропроцессорной техники выявил эффективность использования в системах управления ПР разных типов МП в на-

честве управляющих и вычислительных модулей микропроцессорных наборов и стандартных микроЭВМ различной конфигурации. Поэтому в настоящее время распространение получили серийно изготавливаемые микропроцессорные системы управления МПСУ. Их разрабатывают специально для совместной работы с разнообразным оборудованием, которое, как правило, не относится к классу вычислительной техники. Благодаря этому МПСУ сочетают в себе основные возможности как обычных ЭВМ, так и технических средств, использующих принципы цифровой обработки информации или цифрового управления.

В аппаратном отношении эти системы выпускают в виде, готовом для непосредственного встраивания в требуемое технологическое оборудование, чему способствуют имеющиеся устройства связи с объектом УСО.

## 2.1. Архитектура микропроцессорных систем управления

В понятие архитектуры МПСУ входят как функциональные структуры процессора, памяти, внешних устройств, так и возможности, представленные пользователю в виде способов адресации, средств управления внешними устройствами, систем прерывания и синхронизации, форматов команд и средств программирования. Большое значение имеет способ связи между отдельными устройствами МПСУ.

Структура МПСУ показана на рис.2.1. Она включает в себя процессорный модуль, внешние устройства, интерфейсы внешних устройств, модули УСО, оперативное запоминающее устройство ОЗУ, а также вспомогательные устройства расширения функций.

Центральный процессор выполняет функции обработки данных, управления, хранения управляющих программ и т.д. Специальный процессор расширения математических функций позволяет повышать быстродействие и точность вычислений. ОЗУ обеспечивает изменение содержания памяти в процессе выполнения программы. Внешние устройства предназначены для ввода-вывода и хранения информации (дисплейные, магнитные дисковые и ленточные средства ввода-вывода и долговременного хранения). Интерфейсы служат средством стандартного сопряжения внешних устройств и обеспечивают унификацию способов и средств физического соединения и процедур установления связи, обмена и завершения передачи информации. Расширитель интерфейса позволяет осуществить подключение дополнительных модулей. Модули связи с управляемым объектом или УСО обес-

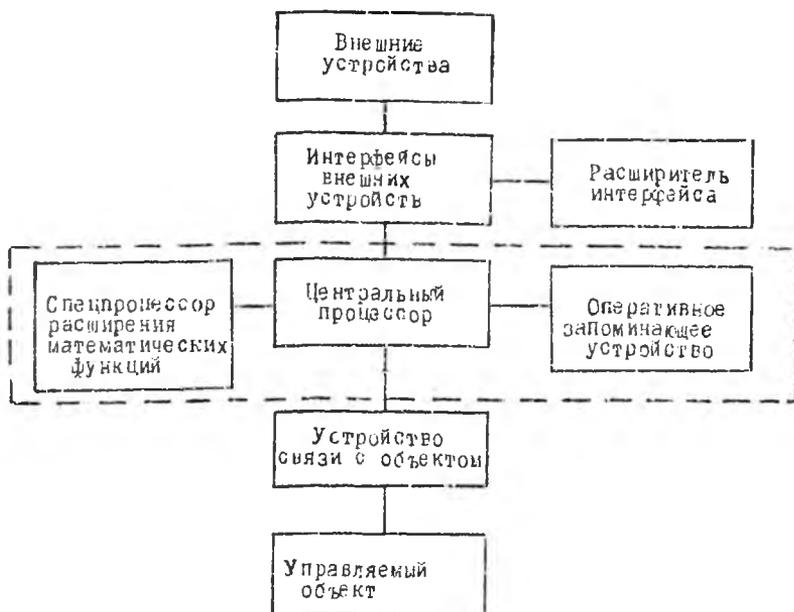


Рис. 2.1. Структура микропроцессорной системы управления

печивает ввод и вывод сигналов управления, контроля, измерения, а также нормализации и преобразования сигналов.

## 2.2. Микропроцессорные цикловые системы управления ПР

Назначение микропроцессорных устройств этого типа состоит в управлении цикловыми роботами в сложных РТК, модулях ГАП и т.д., что связано с необходимостью обмена информацией с ЭВМ верхнего уровня. Если раньше в разработках устройств циклового управления ПР акцент делался на аппаратную реализацию большинства функций управления, то в настоящее время основное внимание уделяется созданию унифицированных микропроцессорных систем, построенных по модульному принципу, обладающих развитым математическим обеспечением и набором проблемно-ориентированных модулей сопряжения с манипулятором, технологическим оборудованием и внешними периферийными устройствами.

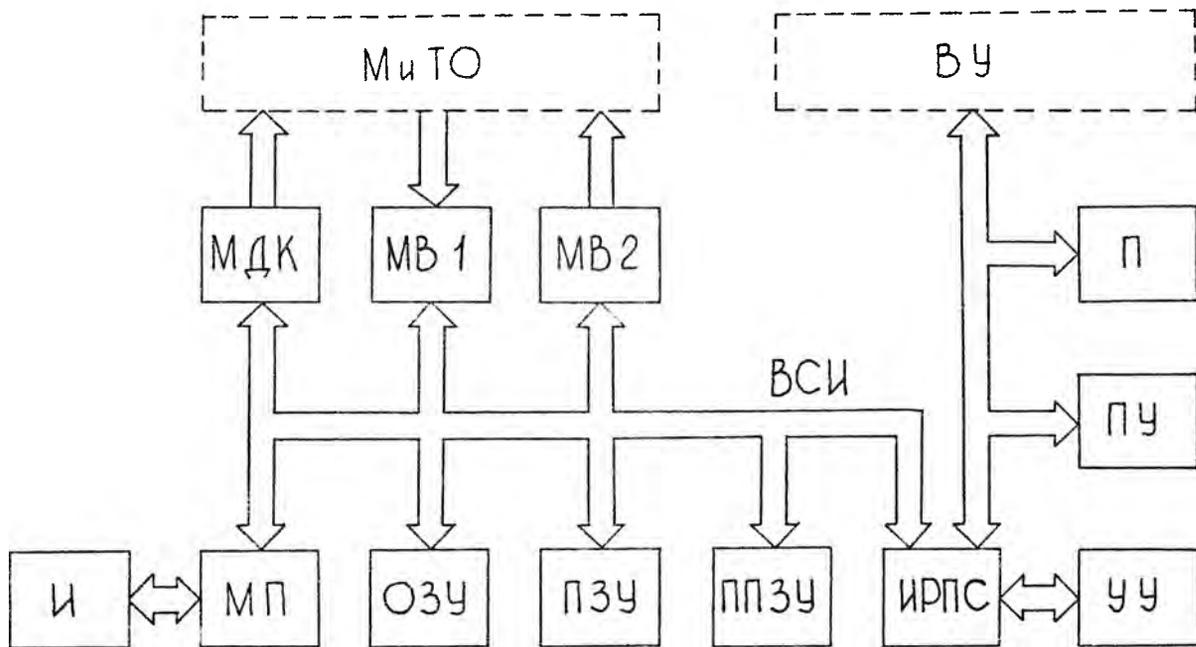


Рис. 2.2. Микропроцессорная цикловая система управления

Структурная схема микропроцессорной цикловой системы управления приведена на рис. 2. 2.

Основой системы управления является модуль процессора МП, обеспечивающий в соответствии с записанной в памяти программой реализацию алгоритмов управления и создающий возможность отработки управляющей программы в реальном масштабе времени за счет развитой системы прерываний и программируемого таймера. Отработка управляющей программы в реальном масштабе времени возможна также благодаря применению магистральной шины обмена с внутрисистемным интерфейсом ВСИ и дополнительного специализированного процессора – интерполятора И, предназначенного для расчета траекторий движения методом линейно-круговой интерполяции.

В МП предусмотрен специальный контроллер, вырабатывающий сигналы ВСИ, что обеспечивает информационную связь всех модулей через общую магистраль обмена информацией.

В состав системы управления входят следующие модули памяти: постоянное запоминающее устройство ПЗУ для хранения функционального программного обеспечения, оперативное запоминающее устройство ОЗУ для хранения текущей обрабатываемой информации, постоянное перепрограммируемое запоминающее устройство ППЗУ, выполняющее функции программноносителя и предназначенное для хранения стандартных обслуживающих программ и управляющей программы, полученной в процессе обучения.

Ввод и редактирование управляющей программы осуществляется с помощью программатора П, а пульт управления ПУ обеспечивает возможность ручного управления звеньями манипулятора М и электродвигательной обслуживаемого технологического оборудования ТО. Подключение П и ПУ к ВСИ производят через модуль интерфейса радиального последовательного ИРПС, что позволяет унифицировать канал связи и сократить число шин в кабелях связи. Для управления ИРПС применяется специальный модуль устройства управления УУ.

Подключение к системе управления внешних устройств ВУ (перфоратор, фотосчитывающие устройства, устройства внешней памяти и т.д.), а также осуществление связи с ЭВМ верхнего уровня также производится через модуль ИРПС. Совместно с модулем дискретных команд МДК он образует средства управления слаботочной электродвигательной ТО и синхронизирует работу других средств управления РТК. Модули ввода

МВ1 и вывода МВ2, число которых зависит от конкретного исполнения устройства, предназначены для сопряжения с М и ТО.

Программное обеспечение микропроцессорного устройства циклового управления в общем случае включает: 1) проблемно-ориентированный язык циклового программного управления; 2) интерпретатор языка; 3) драйвер каналов последовательной передачи данных, ввода-вывода; 4) программные модули обслуживания терминалов - пульта ручного управления, программатора и т.п.; 5) программу-диспетчер; 6) комплект программ контроля и диагностики.

### 2.3. Микропроцессорные позиционно-контурные системы управления ПР

Системы управления этого типа значительно расширяют технологические возможности ПР и практически исключают характерные для цикловых ПР ограничения, связанные с числом точек позиционирования рабочих органов манипулятора. Это обуславливает широкое применение ПР с позиционно-контурным управлением в различных отраслях промышленности при автоматизации основных и вспомогательных технологических операций с учетом различных иерархических уровней управления РТК, которые могут входить также в технологические комплексы более высокого уровня.

Реализация систем управления с использованием микропроцессорных наборов и микроЭВМ позволяет автоматизировать выполнение разнообразных операций и обеспечивает возможность программирования алгоритмов управления путем изменения состава программного обеспечения без существенного изменения структуры и объема аппаратуры изделия. Модульные принципы построения аппаратной и программной частей системы обеспечивают более эффективное решение поставленных задач управления, в том же получении различных модификаций систем с приемлемыми технико-экономическими показателями.

Схема микропроцессорной позиционно-контурной системы управления показана на рис.2.3.

Обработка управляющей программы осуществляется микроЭВМ, которая включает в себя несколько функциональных модулей. Модуль центрального процессора ЦП выполняет обработку информации управления, математическое и программное обеспечение управления. Оперативное запоминающее устройство ОЗУ выполняет хранение программ, результатов

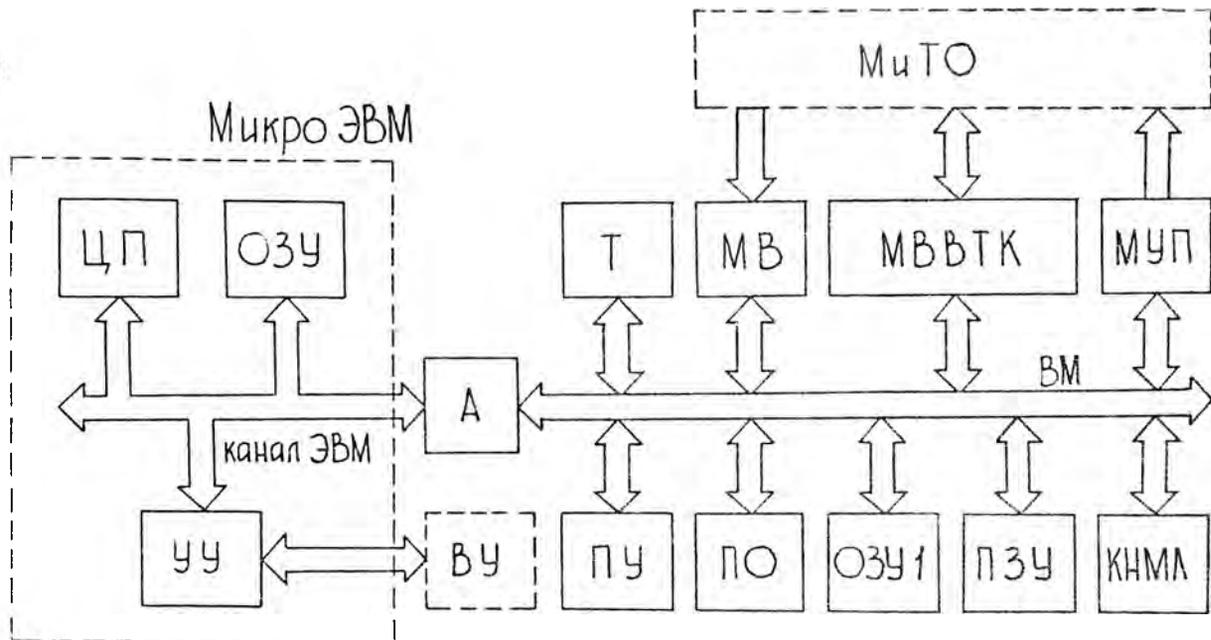


Рис. 2.3. Микропроцессорная позиционно-контурная система управления ПР

промежуточных вычислений и другой оперативной информации. Устройство управления УУ предназначено для управления микроЭВМ и различными внешними устройствами ВУ, входящими в систему. Оно может быть связано с ЭВМ верхнего уровня. Внутренний канал микроЭВМ через специальный внешний интерфейс – адаптер А – подсоединен к системе стандартных связей, образующих внутреннюю магистраль ВМ, по которой осуществляется обмен адресной, числовой и управляющей информацией с подключенными модулями аппаратуры системы.

Постоянное запоминающее устройство ПЗУ обеспечивает хранение программного обеспечения устройства, отдельных стандартных подпрограмм, текстовых программ и т.д. Оперативное запоминающее устройство системы управления ОЗУИ предназначено для управляющих программ ПР и технологического оборудования ТО. В качестве внешнего программносителя используется кассетный накопитель на магнитной ленте КНМЛ, служащий для хранения архивных программ и библиотечной информации и вызова информации по запросам.

Пульт управления ПУ обеспечивает оперативное управление системой – загрузку управляющей программы, индикацию необходимой информации на дисплеи и т.д. Пульт обучения ПО служит для управления ПР в ручном и неладочном режимах, а также формирования управляющей программы с записью в ОЗУ методом обучения, ее просмотра и редактирования.

Формирование синхронизирующих сигналов и временных выдержек осуществляется таймером Т.

Модули ввода МВ от измерительных датчиков передают информацию о технологических параметрах М и ТО, а также информацию от датчиков состояний и блокировок. Модуль ввода-вывода технологических команд МВВТК выполняет функции обмена технологической информацией между системой управления, М и ТО, а также формирования сигналов условий выполнения программы. Модуль управления приводами МУП управляет приводами звеньев М.

Развитое программное обеспечение устройства дает возможность программировать необходимые функции управления логикой, организацию управляющей программы с наличием отдельных подпрограмм, стандартных циклов, процедур обслуживания и т.д. Программное обеспечение построено по модульному принципу, что позволяет обеспечить выполнение требуемых функций управления как в позиционном, так и контурных режимах.

## 2.4. Микропроцессорные универсальные системы управления ПР

Современные ПР, работающие в различных областях производства, в большинстве являются разомкнутыми по отношению к внешней среде. Однако при выполнении многобразных операций – сборки, монтажа, сортировки, упаковки, погрузки-разгрузки, дуговой сварки и т.д. – количество воспринимаемой системой управленческой информации о внешней среде существенно возрастает, что предъявляет дополнительные требования к информационно-вычислительным возможностям таких систем, в следователно, к структуре их построения. Для универсальных систем управления характерен принцип иерархической организации структуры управления на микропроцессорных средствах.

Совокупность средств оцувствления и всего математического обеспечения систем управления ПР составляет систему искусственного интеллекта.

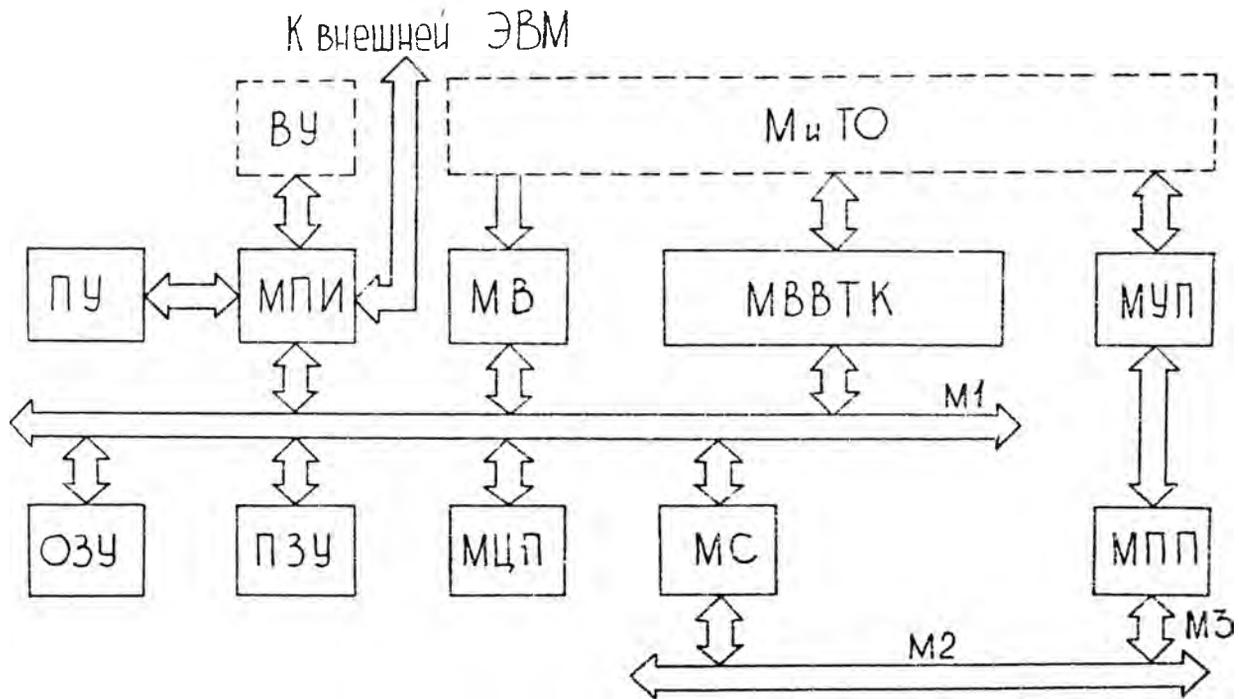
Создаваемые для роботов "органы чувств" адекватны органам чувств человека и условно делятся на тактильные, зрительные и слуховые средства оцувствления или адаптации.

Микропроцессорная система управления универсального типа (рис. 2.4) построена по иерархическому принципу и содержит два уровня управления: верхний и нижний. На верхнем уровне решаются задачи координационного характера, а на нижнем – вопросы непосредственного цифрового управления исполнительными приводами.

Система управления верхнего уровня состоит из следующих устройств: модуля центрального процессора МЦП, ОЗУ, ПЗУ, модулей ввода МВ, модуля последовательного интерфейса МИИ, модулей ввода-вывода технологических команд МВВТК, модуля связи МС. Обмен информацией между модулями верхнего уровня производится с помощью системной магистральной МГ.

Нижний уровень управления содержит: модули периферийных процессоров привода МПП; модули управления приводами МУП. Число модулей МПП и МУП соответствует числу звеньев манипулятора М. Модули МПП соединяются с МС с помощью системных магистралей М2 и М3.

Программные средства верхнего уровня обеспечивают расчет траектории движения схвата и распределения этого движения между степенями подвижности, логическую обработку информации от других элементов РТК и технологического оборудования ТО, диагностику модулей, а также



2.4. Микропроцессорная универсальная система управления ПР

интерактивное взаимодействие с оператором через внешние устройства ВУ и пульт управления ПУ. Обмен информацией между верхним и нижним уровнями производится в режиме прямого доступа в память МПП.

Программное обеспечение нижнего уровня позволяет осуществлять непосредственное цифровое управление степенями подвижности ПР. Эта задача включает интерполяцию уставок, вычисление кодов положения и скорости и ряд других задач, которые затем объединяются в единый алгоритм управления.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Важное значение для эффективного внедрения и эксплуатации ПР в машиностроительном производстве приобретают вопросы совершенствования систем управления роботами, их унификации на базе современных достижений в области микропроцессорной техники. В настоящее время промышленность выпускает микропроцессорную технику, специально ориентированную на задачи цифрового программного управления технологическим оборудованием, в частности, микропроцессорные системы управления для современных ПР, которые становятся все более совершенными и сложными автоматами.

Чтобы обеспечить наиболее эффективное использование ПР, постановку задачи по их применению для автоматизации технологических процессов должен осуществлять технолог. Это позволяет более рационально и оптимально решить многие технологические, организационные, аппаратно-технические и программно-математические проблемы при создании автоматизированного производства. Поэтому при разработке и внедрении систем автоматизации технологическому-машиностроителю необходимы определенные знания в сфере своей профессиональной деятельности по микропроцессорным системам управления ПР.

Для приобретения студентами начальных сведений о микропроцессорах и микроЭВМ в системах управления ПР можно использовать робот "Электроника НИЦМ-01". При подготовке к выполнению лабораторной работы особое внимание надо обратить на классификацию систем управления и их структуру, архитектуру и способ организации, органы управления и принципы функционирования микропроцессорной системы управления робота.

#### 4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Общими признаками, способствующими возникновению опасной ситуации при эксплуатации ПР, являются: наличие большой зоны передачи энергии, возможность одновременного движения по нескольким координатам, высокие скорости перемещения исполнительных устройств, взаимосвязь с работой технологического оборудования. Это делает возможным при работе ПР воздействие на обслуживающий персонал подвижных исполнительных устройств, перемещаемых предметов производства, инструмента, материала. Поэтому требования к ПР по обеспечению безопасности обслуживания персонала включают требования к его конструкции, требования к предохранительным и защитным устройствам, а также к устройствам управления и отображения информации. Эти требования приведены в соответствующих ГОСТах.

Промышленный робот "Электроника НЦТМ-01" получает питание от электросети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. При работе с ним необходимо соблюдать правила электробезопасности. Все устройства ПР должны быть заземлены. К работе с ПР допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте (в лаборатории).

Не разрешается включать ПР без разрешения преподавателя. Запрещается эксплуатировать ПР при отсутствии или неисправности заземления, при открытых крышках и снятых кожухах устройств. Не разрешается касаться одновременно корпуса ПР и корпусов других электроприборов. Не следует во время работы ПР отключать кабели, соединяющие между собой отдельные составные части.

Студентам запрещается выполнять какие-либо ремонтные работы ПР. Выполнение лабораторной работы рекомендуется проводить бригадами из 2-3 студентов.

#### 5. УСТРОЙСТВО ПР "ЭЛЕКТРОНИКА НЦТМ-01"

##### 5.1. Назначение и область применения ПР

Роботы этого типа предназначены для обслуживания металлорежущих токарных станков, а именно, для загрузки и выгрузки деталей типа тел вращения диаметром до 100 мм, высотой до 150 мм.

Роботы предназначены для эксплуатации в помещениях категории 3 по ОСТ II БЭО.005.022 при температурах от +10 до +35°C, относительной влажности до 80%, атмосферном давлении от 86,66 до 106,66 кПа (650-800 мм рт.ст.).

Питание ПР "Электроника ИЦПМ-01" - от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В, частоты 50 Гц. Нормы качества электроэнергии - по ГОСТ 13109-67.

Роботы "Электроника ИЦПМ-01" обеспечивают работу при подаче сжатого воздуха по ГОСТ 17433-80 под давлением  $(3,4-5,98) \cdot 10^5$  Па (3,5-6 кгс/см<sup>2</sup>).

### 5.2. Основные технические данные и характеристики:

Грузоподъемность	- 2 кг
Число основных степеней подвижности	- 5
Число дополнительных степеней подвижности с учетом захватных устройств	- до 3
Число захватных устройств	- 2
Число точек позиционирования	- не ограничено
Перемещения по осям	- 0-800, 0-300, 0-220 мм
Ход кулачков захватных устройств	- 8 мм
Управление	- от микроЭЕМ "Электроника ИМС 01100. I-04"
Емкость памяти управляющей программы	- 4К 16-разрядных слов
Потребляемая мощность	- не более 0,7 кВА
Габаритные размеры	- 146x698x295 мм
Масса	- не более 100 кг

ПР обеспечивает непрерывную загрузку и выгрузку деталей на металлорежущих станках в течение 8 часов.

Система управления обеспечивает элементы адаптации робота к внешней среде. ПР имеет режим обучения по первой заготовке и обеспечивает прижим заготовки к торцу кулачков патрона станка и блокировку работы при нивезде на предприятии.

### 5.3. Устройство и работа ПР

Робот "Электроника ИЦПМ-01" состоит из манипулятора электро-механического, системы управления и блока подготовки воздуха.

Манипулятор электромеханический имеет пять степеней подвижности и два захвата, расположенных в одной плоскости под углом  $90^\circ$  друг к другу. Один настраивается на захват заготовки, другой – на захват детали.

Приводы по всем степеням подвижности – электромеханические, привод захвата – пневматический.

Система управления выполнена на базе микроЭЕМ "Электроника ИМС ОI100.1-04" и снабжена дисплеем символьным I5 И3-00-013.

### 5.3.1. Манипулятор электромеханический

Манипулятор конструктивно выполнен по модульному принципу, т.е. состоит из узлов, обеспечивающих заданные функции работы робота (рис.5.1):

- 1 – механизм горизонтального перемещения (вдоль оси X или Y в зависимости от состояния механизма 4);
- 2 – механизм подъема (вдоль оси Z);
- 3 – механизм захвата детали;
- 4 – механизм поворота (вокруг оси Z);
- 5 – механизм горизонтального перемещения (вдоль оси X).

Структурная схема базового модуля с программируемой величиной перемещения представлена на рис.5.2.

Исполнительное устройство 7 связано через передаточный механизм 5 с приводом 4. В качестве передаточного звена использована шариковая винтовая пара. Привод состоит из двух двигателей постоянного тока 1, двух тормозных муфт 2, импульсного фотодатчика 3.

Каждый импульс фотодатчика 3 пропорционален перемещению исполнительного звена 7.

Общее перемещение механизма

$$l = N/S,$$

где  $S$  – крутизна статической характеристики фотодатчика;

$N$  – число импульсов, поступивших с фотодатчика.

Начальное и конечное положение исполнительного устройства фиксируются датчиками начального 6 и конечного 8 положений.

### 5.3.2. Система управления

Система управления запрограммирована на стандартный цикл манипулирования деталями. Задается только переменные данные, характери-

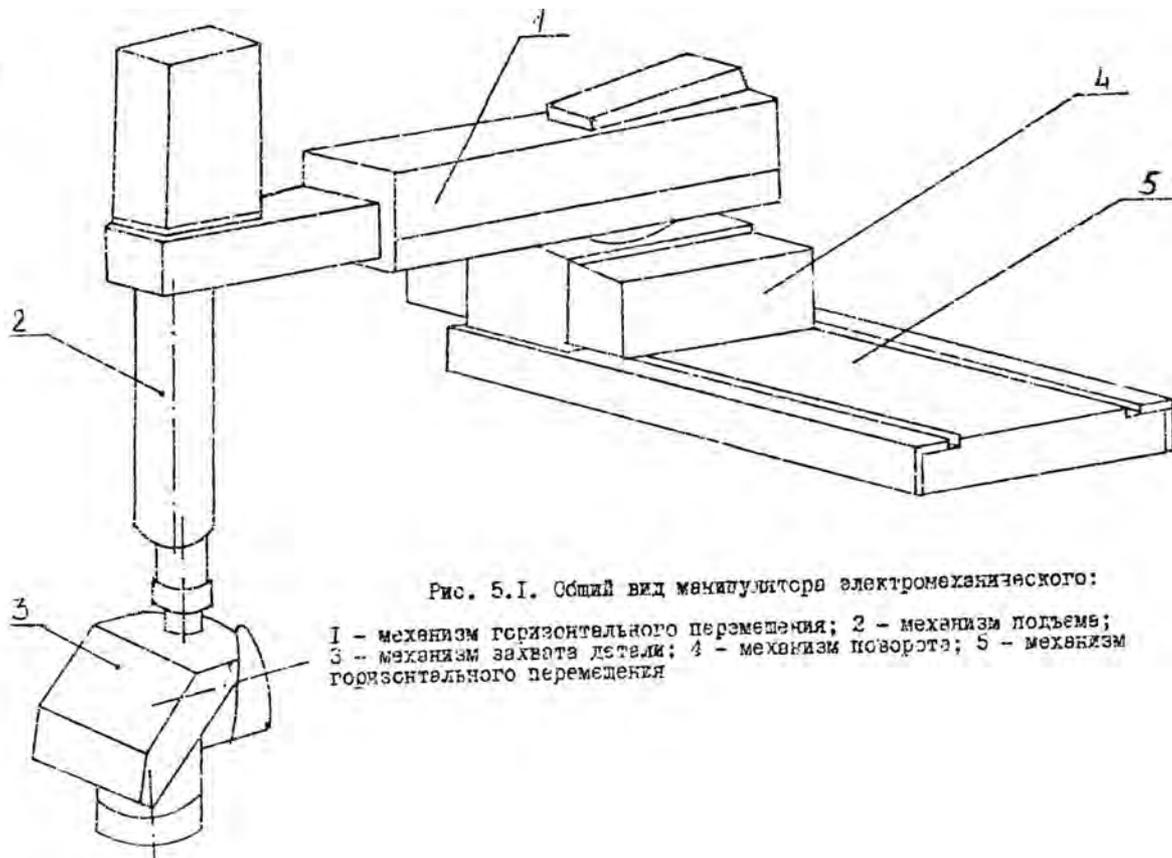


Рис. 5.1. Общий вид манипулятора электромеханического:

1 - механизм горизонтального перемещения; 2 - механизм подъема;  
 3 - механизм захвата детали; 4 - механизм поворота; 5 - механизм  
 горизонтального перемещения

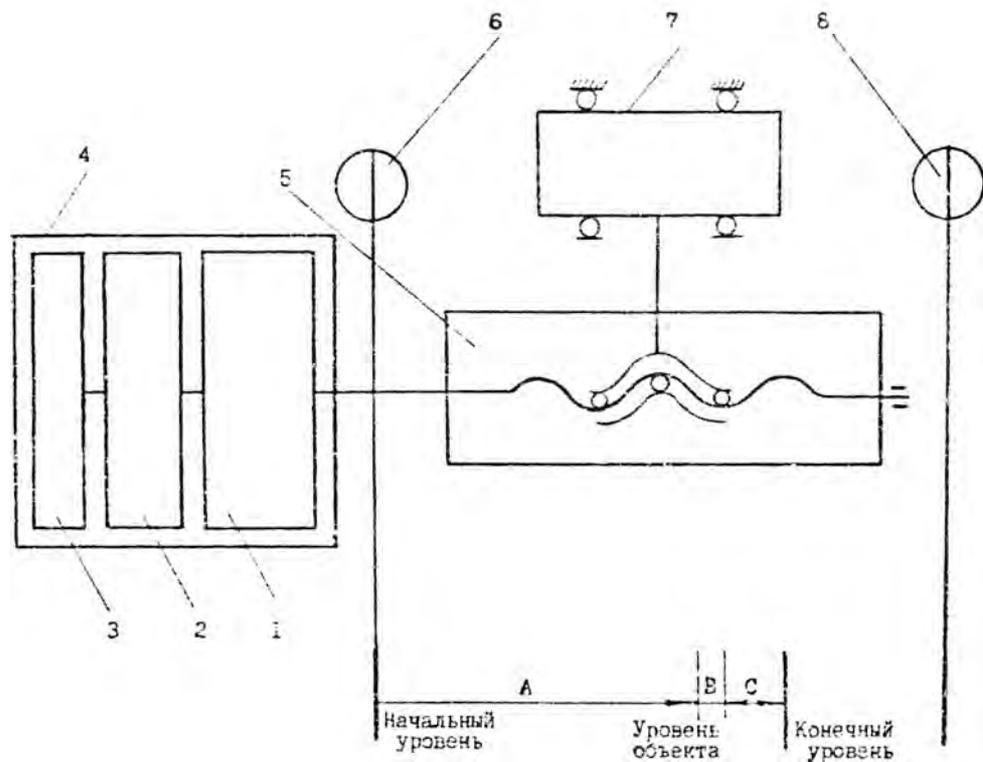


Рис. 5.2. Структурная схема базового модуля

зующие новую партию деталей: тип кассеты, число позиций в ряду кассеты, число деталей в кассете.

Информация о партии деталей, поступивших на обработку, вводится с клавиатуры дисплея либо поступает в систему управления через устройство связи от системы управления высшего уровня.

Программное обеспечение роботов "Электроника НИЦМ-01" обеспечивает самообучение по первой детали, "дожим" заготовки в патрон станка и прекращение движения при наезде на препятствие.

Схема системы управления роботом приведена на рис.5.3.

Центральный процессор осуществляет выполнение программы по базовому алгоритму, предусматривающему обработку информации, поступающей от датчиков положения механизмов, выработки управляющих сигналов.

Постоянное запоминающее устройство служит для хранения управляющей программы работы робота.

Устройство параллельного обмена служит для передачи команд центрального процессора к внешним устройствам и приема от них сообщений.

Канал ЭВМ предназначен для организации связи между устройствами микроЭВМ. Ключи управления электродвигателями необходимы для подачи управляющих напряжений на приводы механизмов робота по командам микроЭВМ.

Ключи управления тормозными муфтами, пневмоклапанами и электрическими автоматическими устройствами станка предназначены для согласования выходных сигналов микроЭВМ и исполнительных механизмов.

Ячейки связи с датчиками служат для приема и преобразования информационных сигналов от исполнительных механизмов робота для ввода их в микроЭВМ.

Источник питания обеспечивает подачу напряжения на датчики и механизмы манипулятора робота, а также питания согласующих элементов системы управления.

Информационно-вычислительная часть системы управления ПР конструктивно выполнена в виде блока управления (рис.5.4). В него входят: 1, 2, 3, II - ключи релейные; 4 - каркас; 5 - микропроцессорная управляющая вычислительная система; 6 - блок трансформаторов; 7 - ячейка стабилизации; 8, 9 - ячейки инвертирования; 10,12,14 - панели; 13,15 - ячейки усилителей; 16 - лампа "Сеть"; 17 - выключатель автоматический; 18 - кнопка "Работа"; 19 - лампа "Сеть 220 В".

Блок трансформаторов 6 предназначен для подачи сетевого напряжения на промышленный робот при присоединении разъема ХТ1 блока к

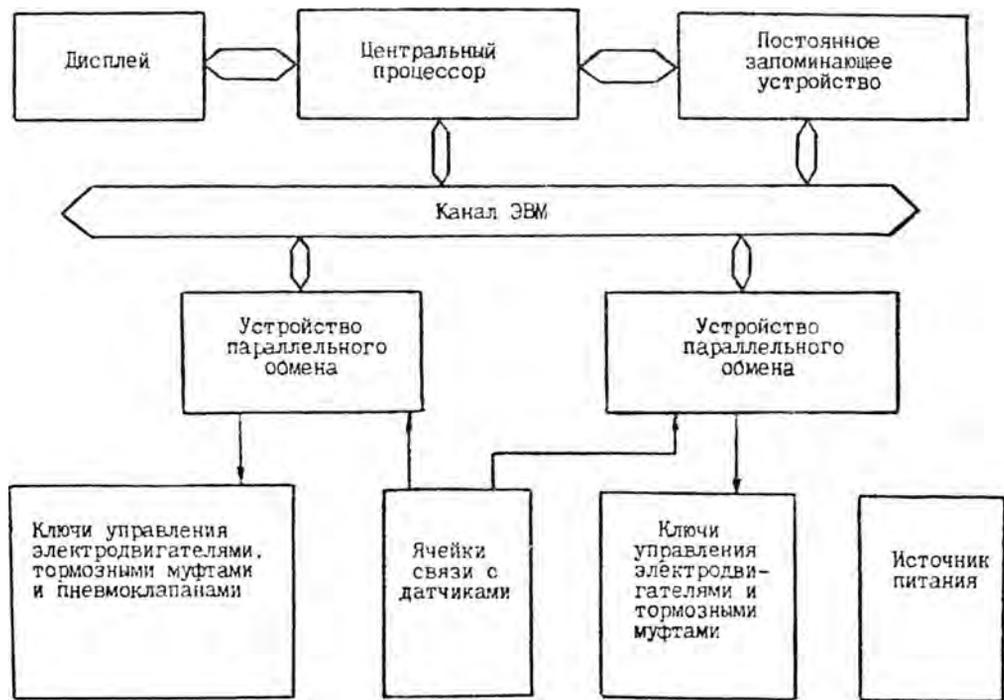


Рис. 5.3. Схема системы управления

98

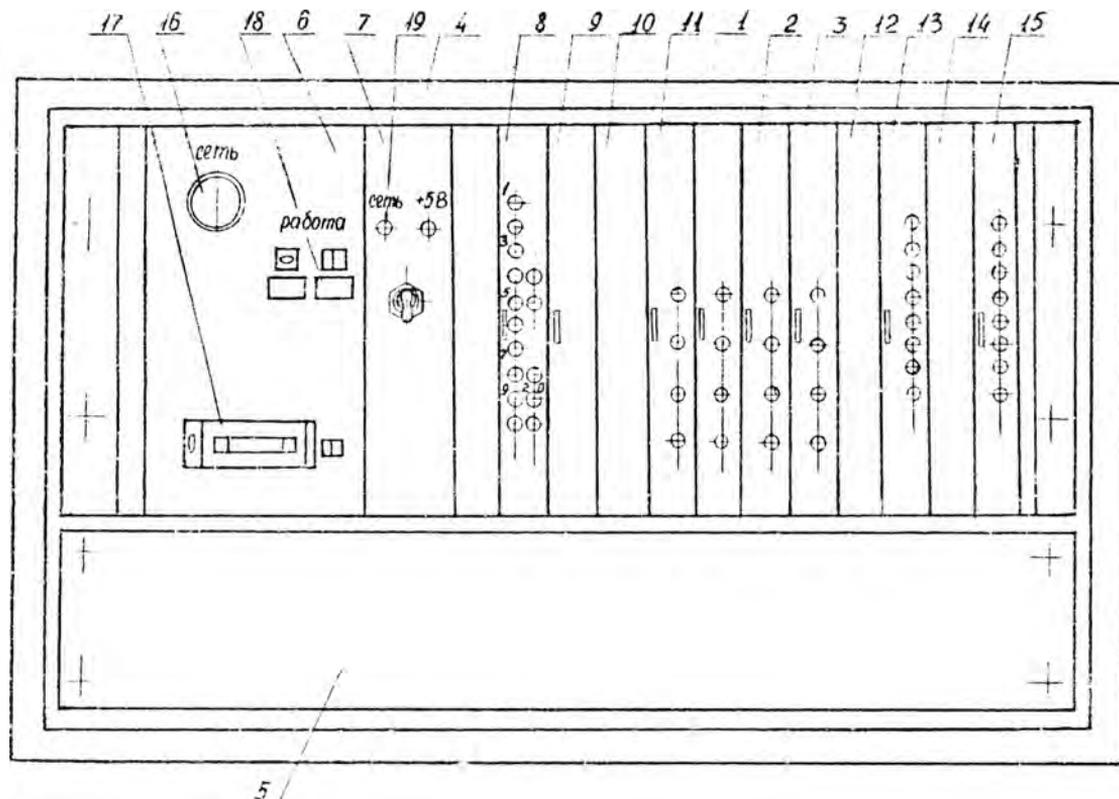


Рис. 5.4. Блок управления

сети. При включении выключателя автоматического I7 подается напряжение на пускатель схемы защиты и загорается лампа "Сеть" I6. Кнопкой "Работа" I8 подается напряжение постоянного тока 5 В и 27 В - на схему управления. Тумблером на ячейке стабилизации 7 подается напряжение 5 В постоянного тока на схему управления и загорается лампа +5 В и лампа "Сеть" I9.

Ячейка стабилизации 7 предназначена для подачи стабилизированного напряжения 5 В постоянного тока на схему управления.

Ячейки инвертирования 8, 9 выполнены на микросхемах серии K155 и предназначены для инвертирования информационных сигналов в системе управления. Ячейка имеет 22 независимых канала.

Ключи релейные I, 2, 3, II предназначены для коммутации двигателей постоянного тока напряжением 27 В, мощностью до 48 Вт с динамическим торможением. На входы ключа релейного подаются сигналы ТТЛ-логики серии K155, на выходе-контакты реле типа РЭС-6.

Ячейки усилителей I3, I5 предназначены для коммутации управляющих цепей напряжением 24 В постоянного тока, мощностью не более 20 Вт. Ячейка имеет 8 независимых усилителей постоянного тока, последний каскад которых выполнен на транзисторах с открытым коллектором. На лицевой панели имеется индикация работы каждого усилителя, выполненная на светодиоде.

Индикация информационных и управляющих сигналов выполнена на лицевой панели блока управления (см. рис.5.4).

### 5.3.3. Блок подготовки воздуха

Блок подготовки воздуха предназначен для очистки, насыщения парами масла и регулирования давления поступающего из магистрали сжатого воздуха. Для очистки воздуха применяется фильтр- влагоотделитель. Для насыщения сжатого воздуха маслом служат маслянка. Регулирование давления сжатого воздуха осуществляется с помощью регулятора давления, а для визуального наблюдения за величиной давления сжатого воздуха используется манометр.

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить основные теоретические понятия и определения, а также устройство и принцип действия микропроцессорной системы управления ПР.

## 6.1. Подготовка ПР и его системы управления к работе

1. Обеспечить подвод электропитания и сжатого воздуха.
2. Произвести внешний осмотр ПР и убедиться в отсутствии видимых дефектов и повреждений, в наличии заземления, в надежном креплении всех механизмов и воздухопроводов, в отсутствии оторванных проводов, целостности всех кнопок, индикаторных ламп и светодиодов.
3. Установить все механизмы робота в исходное положение (рис. 5.1):

- 1) механизм горизонтального перемещения 1 должен быть повернут под углом  $90^\circ$  к оси шпинделя станка;
  - 2) штифта механизма подъема 2 с закрепленным на ней механизмом захвата детали 3 должна находиться в крайнем верхнем положении;
  - 3) корпус механизма горизонтального перемещения 5 должен находиться в крайнем правом положении;
  - 4) тумблер SAI должен быть в положении "Работа".
4. Подать через блок подготовки воздуха из магистрали в манипулятор сжатый воздух. Отрегулировать величину давления сжатого воздуха регулятором давления, расположенном на блоке подготовки воздуха. Давление должно быть в пределах  $(3,4 - 5,98) \cdot 10^5$  Па (3,5 - 6,0 кгс/см<sup>2</sup>).
5. Отрегулировать кулачки схватов механизма захвата детали 3 в соответствии с диаметром обрабатываемых заготовок и готовых деталей (выполняется по указанию преподавателя).
6. Подключить блок управления к сети (220 В, 50 Гц) с помощью кабеля сетевого питания. ПР готов к работе.

## 6.2. Включение ПР

1. Получить разрешение преподавателя на включение робота.
2. Включить выключатель автоматический I7 (рис.5.4). Загорается лампа "Сеть" I6 на передней панели блока трансформаторов 6.
3. Нажать кнопку "Работа" "I" I8 на передней панели блока трансформатора 6.
4. Установить на пульте управления режимами работы дисплея левый переключатель "Питание" в верхнее положение. Загорятся левая лампа "Питание" и правая лампа "Работа".
5. Установить тумблер ичейки стабилизации 7 в верхнее положение.

ние. Загорается лампа "Сеть" I9 и лампа +5 В на передней панели этой ячейки.

При этом исходному положению ПР будет соответствовать следующее состояние блока управления: горят светодиоды "1", "4", "7", "9", "15", "19", "20", "21" на передней панели ячейки 8.

6. Установить на пульте управления режимами работы дисплея средний переключатель "Программа/пульт" в верхнее положение.

7. Нажать на клавиатуре дисплея клавиши "Дуп", "Лин", "Ред".

8. Нажать кнопку "Сеть" на передней стенке дисплея. Он включается, и загорается индикатор питания. Загораются индикаторы "Лет", "Дуп", "Лин", "Ред". На экране монитора появляется служебная строка.

9. Набрать на клавиатуре дисплея 200000. На экране монитора появляется табло:

```
РАБОТА РОБОТА РАЗРЕШАЕТСЯ
РОБОТ
```

10. Установить на пульте управления режимами работы дисплея правый переключатель "Таймер" в верхнее положение.

11. Нажать на клавиатуре дисплея клавиши, соответствующие номеру робота. Число должно обязательно быть двузначное. Если номер робота меньше 10, первая цифра должна быть 0. Например: первый робот - клавишу 0 и клавишу 1. На экране дисплея должно появиться табло:

```
РАБОТА РОБОТА РАЗРЕШАЕТСЯ
РОБОТ 01
ЗАДАЙТЕ ПАРАМЕТРЫ
ТИП КАСЕТЫ                                0
ТИП ЗАГОТОВКИ                             0
МОДЕЛЬ СТАНКА (0- NER480, 1-16K20T1, 2-11717, 3-11616)1
КОЛИЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ В КАСЕТЕ              0
КОЛИЧЕСТВО ПОЗИЦИЙ В РЯДУ                 0
КОЛИЧЕСТВО ЦИКЛОВ                          1
КОРРЕКЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА У ПАТРОНА (ММ) 60
КОРРЕКЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА У ПАТРОНА (ММ) 146
```

---

КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ С КЛАВИАТУРЫ ДИСПЛЕЯ

```
ПУСК РОБОТА                                -АР2-
АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ РОБОТА И ВЫЗОВ ТАБЛИЦЫ  -СБР-
ОСТАНОВ РОБОТА                              -С-
```

ПРОДОЛЖЕНИЕ РАБОТЫ	-П-
ВЫБОР ТАБЛИЦЫ	-Т-
КОЛИЧЕСТВО ОБРАБОТАННЫХ ДЕТАЛЕЙ	-ПРМ-
ПРИЗНАК КОНЦА ВВОДА ПАРАМЕТРОВ	-ПС-

Метка на дисплее находится под цифрой 0 в строке "Тип кассеты 0".

12. Если тип кассеты 1 или 2, то на клавиатуре дисплея нажать нужную цифру, а если тип кассеты 0, нажать клавишу ПС (0 ПС).

13. Если тип заготовки В ( $h$  дет.  $\geq 70$  мм), нажать клавишу Г, а если тип заготовки А ( $h$  дет.  $< 70$  мм), нажать клавишу ПС (1 ПС).

14. Нажать клавишу, соответствующую модели станка, а затем нажать клавишу ПС (1 ПС).

15. Нажать клавишу, соответствующую количеству деталей в кассете-9, затем нажать клавишу ПС (9 ПС).

16. Нажать клавишу, соответствующую количеству позиций в ряду - 3, клавишу ПС, клавишу, соответствующую количеству циклов, - 1, клавишу ПС (3 ПС 1 ПС).

17. На клавиатуре дисплея набрать величину коррекции вертикального механизма у патрона. Эта величина устанавливается от 58 до 62 мм. Нажать клавишу ПС, набрать величину коррекции горизонтального механизма у патрона (146 мм), нажать клавишу ПС (60 ПС 146 ПС).

На экране монитора появляется табло:

```

РАБОТА РОБОТА РАЗРЕШАЕТСЯ
РОБОТ 01
ЗАДАЙТЕ ПАРАМЕТРЫ
ТИП КАССЕТЫ                0
ТИП ЗАГОТОВКИ              1
МОДЕЛЬ СТАНКА (0- NER480, 1-16K20T1, 2-1H717, 3-1H616) 1
КОЛИЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ В КАССЕТЕ 9
КОЛИЧЕСТВО ПОЗИЦИЙ В РЯДУ  3
КОЛИЧЕСТВО ЦИКЛОВ          1
КОРРЕКЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА У ПАТРОНА (ММ) 60
КОРРЕКЦИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА У ПАТРОНА (ММ) 146

```

и т.д. согласно табло п.6.2.II.

18. Если при вводе информации оператор ошибся, необходимо нажать клавишу СЕР. вновь высветится табло п.6.2.II, и можно вводить информацию о партии деталей.

19. Нажать клавишу AP2. Робот начинает автоматический цикл загрузки деталей.

### 6.3. Аварийный останов ПР

1. При необходимости остановки цикла обработки деталей необходимо нажать клавишу СБР. ПР останавливается. На экране монитора высвечивается табло по п.6.2.17.

2. Для повторного запуска нажать клавишу AP2.

3. Если появилось препятствие на траектории перемещения робота, он останавливается. На экране монитора высвечивается табло:

РОБОТ ОI

АВАРИИ !

МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА РУКИ НЕ ПОВЕРНУЛСЯ К ПАТРОНУ

или

МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА РУКИ НЕ ПОВЕРНУЛСЯ К КАССТЕТЕ

или

МЕХАНИЗМ РОТАЦИИ СХВАТОВ НЕ ПОВЕРНУЛСЯ

4. Устранив препятствие, нажмите на клавиши T и AP2; робот будет продолжать работу в автоматическом цикле.

### 6.4. Автоматический цикл загрузки деталей

#### 6.4.1. Режим обучения по первой заготовке

Робот "Электроника НИПМ-ОI" должен совершать последовательно следующие действия, обеспечивающие режим обучения по первой заготовке:

1. Опускание механизма подъема 2 до упора в имитатор I-й детали.

2. Подъем механизма подъема 2 на 0,8 мм.

3. Зажим захвата заготовки в механизме захвата детали 3 (захват заготовки).

4. Подъем механизма 2 до исходного положения.

5. Поворот механизма захвата детали 3 на 180°.

6. Движение механизма горизонтального перемещения I вперед.

7. Поворот механизма поворота 4 к имитатору патрона станка на 90°.

8. Спускание механизма подъема 2.
9. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 влево на медленной скорости до упора в имитатор патрона станка.
10. Зажим захвата заготовки механизма захвата детали 3.
11. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 вправо до исходного положения.
12. Подъем механизма подъема 2 вверх до исходного положения.
13. Поворот механизма поворота 4 на  $90^{\circ}$  в исходное положение и поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
14. Перемещение механизма горизонтального перемещения I назад до исходного положения.
15. Перемещение механизма горизонтального перемещения I вперед до установки над второй позицией в кассете.
16. Спускание механизма подъема 2 над второй позицией в кассете.
17. Зажим захвата заготовки в механизме захвата детали 3.
18. Подъем механизма 2 до исходного положения.
19. Перемещение механизма горизонтального перемещения I назад до исходного положения.
20. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
21. Перемещение механизма горизонтального перемещения I вперед.

#### 6.4.2. Смена заготовки в патроне станка

Робот "Электроника НЦПМ-01" должен совершать последовательно следующие действия, обеспечивающие смену заготовки в патроне станка:

1. Поворот механизма поворота 4 к имитатору патрона станка на  $90^{\circ}$ .
2. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
3. Спускание механизма подъема 2.
4. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 влево до упора в имитатор патрона станка.
5. Зажим захвата детали в механизме захвата детали 3.
6. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 вправо до исходного положения.
7. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
8. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 влево до упора в имитатор патрона станка.

9. Разжим захвата заготовки в механизме захвата детали 3.

10. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 вправо до исходного положения.

11. Подъем механизма подъема 2 до исходного положения.

12. Поворот механизма поворота 4 на  $90^\circ$  в исходное положение и механизма захвата детали 3 на  $180^\circ$ .

13. Перемещение механизма горизонтального перемещения I до исходного положения.

14. Механизм горизонтального перемещения I должен переместиться вперед до установки захвата над третьей позицией в кассете.

#### 6.4.3. Захват заготовки из кассеты и установка детали в кассету

Робот "Электроника ИЦТМ-01" должен совершать последовательно следующие действия, обеспечивающие захват заготовки из кассеты и установку готовой детали в кассету:

1. Опускание механизма подъема 2.

2. Зажим захвата заготовки в механизме захвата детали 3.

3. Подъем механизма подъема 2 до исходного положения.

4. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^\circ$ .

5. Опускание механизма подъема 2.

6. Разжим захвата детали механизма захвата детали 3.

7. Подъем механизма подъема 2 до исходного положения.

8. Перемещение механизма горизонтального перемещения I до исходного положения.

9. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.2 (I-13).

10. Механизм горизонтального перемещения 5 должен переместиться влево до установки захвата над четвертой позицией в кассете.

11. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

12. Механизм горизонтального перемещения I должен переместиться вперед до установки над пятой позицией в кассете.

13. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

14. Механизм горизонтального перемещения I должен переместиться вперед до установки захвата над шестой позицией в кассете.

15. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

16. Механизм горизонтального перемещения 5 должен переместиться влево до установки захвата над седьмой позицией в кассете.

17. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

18. Механизм горизонтального перемещения I должен переместиться вперед до установки захвата над восьмой позицией в кассете.

19. Должны совершаться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

20. Механизм горизонтального перемещения I должен переместиться вперед до установки захвата над девятой позицией в кассете.

21. Должны повторяться действия по п.п. 6.4.3 (I-8), 6.4.2 (I-13).

#### 6.4.4. Установка ЦР в исходное положение

Робот "Электроника НИЦМ-01" должен совершать следующие действия:

1. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
2. Перемещение механизма горизонтального перемещения I вперед до установки захвата над второй позицией в кассете.
3. Опускание механизма подъема 2 над второй позицией в кассете.
4. Разжим захвата детали механизма захвата детали 3.
5. Подъем механизма подъема 2 до исходного положения.
6. Перемещение механизма горизонтального перемещения I до исходного положения.
7. Поворот механизма поворота 4 на  $90^{\circ}$  к имитатору патрона стенка.
8. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
9. Опускание механизма подъема 2.
10. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 влево до упора в имитатор патрона стенки.
11. Зажим захвата детали в механизме захвата деталей 3.
12. Перемещение механизма горизонтального перемещения 5 вправо до исходного положения.
13. Поворот механизма захвата детали 3 на  $180^{\circ}$ .
14. Подъем механизма подъема 2 вверх до исходного положения.
15. Поворот механизма поворота 4 на  $90^{\circ}$  в исходное положение.

16. Перемещение механизма горизонтального перемещения 1 до исходного положения.

17. Спускание механизма подъема 2 над первой позицией в массете.

18. Разжим захвата детали механизма захвата детали 3.

19. Подъем механизма подъема 2 до исходного положения.

#### 6.5. Повторение цикла работы

Для повторения цикла работы ПР на клавиатуре нажать клавишу AP2. На экране монитора появляется табло по п.6.2.17. Робот повторяет автоматический цикл загрузки деталей.

Для определения количества обработанных деталей на клавиатуре нажать клавишу ПРМ. На экране монитора появляется табло:

```
РОБОТ 01  
ОБРАБОТАНО ДЕТАЛЕЙ 9  
ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ 0:10
```

#### 6.6. Отключение ПР

1. Нажать на клавиатуре дисплея клавишу С. Робот останавливается.

2. Отключить тумблер ячейки стабилизации 7 (установить его в нижнее положение) на блоке управления (рис.5.4). Гаснет лампа "Сеть" I9 и лампа +5 В на передней панели этой ячейки.

3. Установить на пульте управления режимами работы дисплея переключатели "Таймер", "Программа/Пульт", "Питание" в нижнее положение. Гаснут лампы "Работа" и "Питание".

4. Нажать на клавиатуре дисплея клавиши "Дуп", "Лян", "Рад". Гаснут индикаторы "Дуп", "Лян", "Рад".

5. Нажать кнопку "Сеть" на передней стенке дисплея. Он выключается, и гаснет индикатор питания.

6. Нажать кнопку "Работа" O"18" на передней панели блока трансформаторов 6 (рис.5.4).

7. Выключить выключатель автоматический I7 (рис.5.4). Гаснет лампа "Сеть" I6 на передней панели блока трансформаторов 6.

8. Установить тумблер SA1 механизма горизонтального перемещения 5 (рис.5.1) в положение "Останов".

9. Отключить кабель сетевого питания, вынув вилку из розетки.
10. Привести в порядок рабочее место.
11. Доложить об окончании работы преподавателю.

## 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Структурная схема системы управления ПР.
3. Функциональная схема системы управления ПР.
4. Классификация системы управления роботами.
5. Структура основных микропроцессорных систем управления ПР.
6. Основные сведения о назначении ПР и устройстве его системы управления.
7. Основные органы управления ПР.
8. Режимы работы ПР и основные команды управления.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные устройства входят в состав системы управления ПР?
2. Какие основные схемы применения ПР?
3. Какие задачи могут решать микропроцессорные системы управления ПР?
4. Назовите уровни управления РТК.
5. Какие задачи автоматизации и как решаются на различных уровнях управления РТК?
6. Чем определяется структурное построение системы управления ПР?
7. Какие функции выполняют основные структурные модули системы управления ПР?
8. Какие основные потоки информации можно выделить в системе управления ПР?
9. От чего зависят информационные возможности системы управления ПР?
10. Какие функциональные устройства конструктивно входят в состав системы управления ПР?
11. Как классифицируются системы управления ПР?
12. Чем определяются информационно-вычислительные возможности систем управления ПР?

13. Назовите отличительные особенности цикловых, позиционно-контурных и универсальных систем управления ПР.

14. Как влияет применение микропроцессорной техники на характеристики систем управления ПР?

15. Какие микропроцессорные устройства применяются в системах управления роботами?

16. Что составляет понятие архитектуры микропроцессорной системы управления ПР?

17. Для чего предназначена микропроцессорная цикловая система управления ПР?

18. Для чего предназначена микропроцессорная позиционно-контурная система управления ПР?

19. Какие задачи решает микропроцессорная универсальная система управления ПР?

20. Какие режимы и операции обеспечивает система управления ПР "Электроника НЦМ-01" при автоматическом цикле загрузки деталей?

#### Л и т е р а т у р а

1. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: В 9-ти кн. - Кн.3. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами: Учеб. пособие для вузов/ И.М.Макаров и др. - М.: Высш.школа, 1986. - 159 с.

2. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: В 9-ти кн. - Кн.4. Вычислительная техника в робототехнических системах и гибких автоматизированных производствах: Учеб. пособие для вузов /В.З.Рахманкулов и др. - М.: Высш.школа, 1986. - 144 с.

3. Управляющие системы промышленных роботов/ Ю.Д.Андрянов и др. - М.: Машиностроение; 1984. - 263 с.

4. И л ь и н О.П. и др. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами: Учеб. пособие для вузов. - Мн. Высш.школа, 1982. - 285 с.

## С о д е р ж а н и е

1. УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ.....	3
1.1. Основные схемы применения ПР.....	3
1.2. Задачи систем управления ПР.....	5
1.3. Уровни управления робототехническими комплексами.....	5
1.4. Структура и классификация систем управления ПР.....	6
1.5. Перспективы развития систем управления ПР.....	18
2. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ.....	18
2.1. Архитектура микропроцессорных систем управления.....	19
2.2. Микропроцессорные цикловые системы управления ПР.....	20
2.3. Микропроцессорные позиционно-контурные системы управления ПР.....	23
2.4. Микропроцессорные универсальные системы управления ПР.....	26
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	28
4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ.....	29
5. УСТРОЙСТВО ПР "ЭЛЕКТРОНИКА ИЦТМ-01".....	29
5.1. Назначение и область применения ПР.....	29
5.2. Основные технические данные и характеристики.....	30
5.3. Устройство и работа ПР.....	30
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	37
6.1. Подготовка ПР и его системы управления к работе.....	38
6.2. Включение ПР.....	38
6.3. Аварийный останов ПР.....	41
6.4. Автоматический цикл загрузки деталей.....	41
6.5. Повторение цикла работы.....	45
6.6. Отключение ПР.....	45
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	46
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	46
Л и т е р а т у р а.....	47