

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра систем автоматизации производства

А. И. Сергеев, М. А. Корнипаев, А. С. Русяев

УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ РОБОТОМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки 230100.62 Информатика и вычислительная техника, 230100.68 Информатика и вычислительная техника, 220700.62 Автоматизация технологических процессов и производств, 220700.68 Автоматизация технологических процессов и производств

Оренбург
2012

УДК 004.41/92(076)
ББК 32.973-018я7
С32

Рецензент – кандидат технических наук С. В. Каменев

С32 **Сергеев, А. И.**
Управление учебным роботом : методические указания / А. И. Сергеев,
М. А. Корнипаев, А. С. Русяев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :
ОГУ, 2012. - 24 с.

Методические указания содержат теоретические сведения о промышленных роботах. Рассмотрены технические характеристики, система команд и примеры составления управляющих программ.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ, связанных с изучением комплексов оборудования, управляемых от компьютера студентами всех форм обучения по направлениям: 230100.62, 230100.68 Информатика и вычислительная техника, 220700.62, 220700.68 Автоматизация технологических процессов и производств. Могут быть использованы студентами других специальностей и аспирантами при изучении работы гибких производственных систем.

УДК 004.41/92(076)
ББК 32.973-018я7

© Сергеев А. И.,
Корнипаев М. А.,
Русяев А. С. 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

1 Цель лабораторной работы.....	4
2 Общие сведения о промышленных роботах.....	4
2.1 Промышленные роботы и манипуляторы	4
2.2 Назначение и область применения.....	4
2.3 Классификация промышленных роботов	5
2.4 Принципиальное устройство промышленного робота.....	6
2.5 Структура манипуляторов.....	9
3 Учебный робот.....	15
3.1 Назначение робота	15
3.2 Технические характеристики робота	15
4 Система команд робота.....	18
5 Отработка управляющих программ	20
6 Задание для лабораторной работы.....	22
7 Содержание отчета.....	23
8 Контрольные вопросы.....	23
Список использованных источников	24

1 Цель лабораторной работы

Цель лабораторной работы: ознакомиться с назначением и программированием учебного робота; изучить работу робота по заранее созданной управляющей программе; составить управляющую программу для робота по заданию.

2 Общие сведения о промышленных роботах

2.1 Промышленные роботы и манипуляторы

Промышленный робот – автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенная для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах.

Манипулятор – совокупность пространственного рычажного механизма и системы приводов, осуществляющая под управлением программируемого автоматического устройства или человека-оператора действия (манипуляции), аналогичные действиям руки человека.

2.2 Назначение и область применения

Промышленные роботы предназначены для замены человека при выполнении основных и вспомогательных технологических операций в процессе промышленного производства. При этом решается важная социальная задача - освобождения человека от работ, связанных с опасностями для здоровья или с тяжелым физическим трудом, а также от простых монотонных операций, не требующих высокой квалификации. Гибкие автоматизированные производства, создаваемые на базе промышленных роботов, позволяют решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции при мелкосерийном и штучном производстве. Копирующие манипуляторы, управляемые человеком-оператором, необходимы при выполнении различных работ с радиоактивными материалами. Кроме того, эти устройства незаменимы при выполнении работ в космосе, под водой, в химически активных средах. Таким образом, промышленные роботы и копирующие манипулято-

ры являются важными составными частями современного промышленного производства.

2.3 Классификация промышленных роботов

Промышленные роботы классифицируются по следующим признакам:

- 1) по характеру выполняемых технологических операций;
 - а) основные;
 - б) вспомогательные;
 - в) универсальные;
- 2) по виду производства;
 - а) литейные;
 - б) сварочные;
 - в) кузнечно-прессовые;
 - г) для механической обработки;
 - д) сборочные;
 - е) окрасочные;
 - ж) транспортно-складские;
- 3) по системе координат руки манипулятора;
 - а) прямоугольная;
 - б) цилиндрическая;
 - в) сферическая;
 - г) сферическая угловая (ангулярная);
 - д) другие;
- 4) по числу подвижностей манипулятора;
- 5) по грузоподъемности;
 - а) сверхлегкие (до 10 Н);
 - б) легкие (до 100 Н);
 - в) средние (до 2000 Н);
 - г) тяжелые (до 10000 Н);
 - д) сверхтяжелые (свыше 10000 Н);

- б) по типу силового привода;
 - а) электромеханический;
 - б) пневматический;
 - в) гидравлический;
 - г) комбинированный;
- 7) по подвижности основания;
 - а) мобильные;
 - б) стационарные;
- 8) по виду программы;
 - а) с жесткой программой;
 - б) перепрограммируемые;
 - в) адаптивные;
 - г) с элементами искусственного интеллекта;
- 9) по характеру программирования;
 - а) позиционное;
 - б) контурное;
 - в) комбинированное.

2.4 Принципиальное устройство промышленного робота

Манипулятор промышленного робота по своему функциональному назначению должен обеспечивать движение выходного звена и закрепленного в нем объекта манипулирования в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией. Для полного выполнения этого требования основной рычажный механизм манипулятора должен иметь не менее шести подвижностей, причем движение по каждой из них должно быть управляемым. Промышленный робот с шестью подвижностями является сложной автоматической системой. Эта система сложна как в изготовлении, так и в эксплуатации. Поэтому в реальных конструкциях промышленных роботов часто используются механизмы с числом подвижностей менее шести. Наиболее простые манипуляторы имеют три, реже две, подвижности. Такие манипуляторы значительно дешевле в изготовлении и эксплуатации, но предъявляют специ-

фические требования к организации рабочей среды. Эти требования связаны с заданной ориентацией объектов манипулирования относительно механизма робота. Поэтому оборудование должно располагаться относительно такого робота с требуемой ориентацией.

Рассмотрим для примера структурную и функциональную схемы промышленного робота с трехподвижным манипулятором. Основной механизм руки манипулятора состоит из неподвижного звена 0 и трех подвижных звеньев 1, 2 и 3 (рисунок 1).

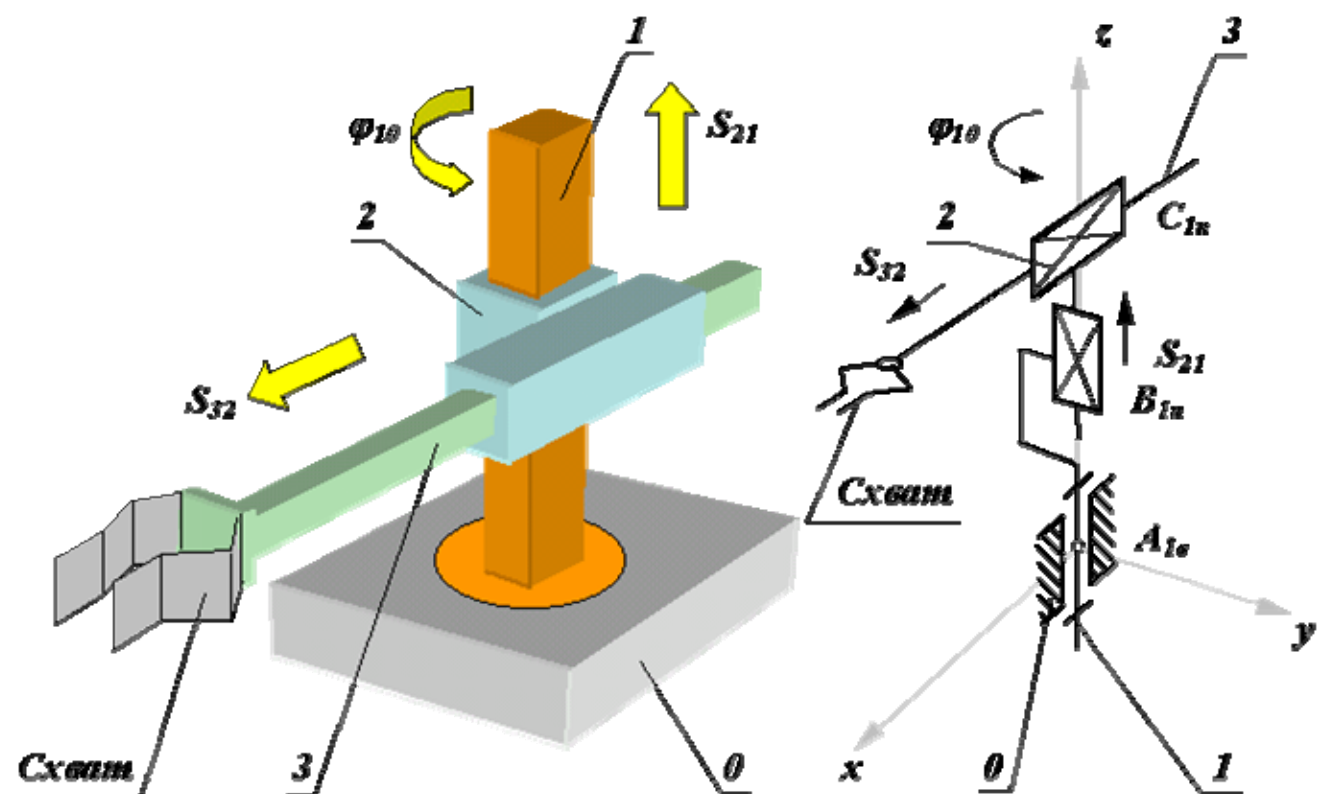


Рисунок 1 - Робот с трехподвижным манипулятором

Механизм этого манипулятора соответствует цилиндрической системе координат. В этой системе звено 1 может вращаться относительно звена 0 (относительное угловое перемещение φ_{10}), звено 2 перемещается по вертикали относительно звена 1 (относительное линейное перемещение S_{21}) и звено 3 перемещается в горизонтальной плоскости относительно звена 2 (относительное линейное перемещение S_{32}). На конце звена 3 укреплено захватное устройство или схват, предназначенный для захвата и удержания объекта манипулирования при работе манипулятора. Звенья основного рычажного механизма манипулятора образуют между собой три од-

но неподвижные кинематические пары (одну вращательную A и две поступательные B и C) и могут обеспечить перемещение объекта в пространстве без управления его ориентацией. Для выполнения каждого из трех относительных движений манипулятор должен быть оснащен приводами, которые состоят из двигателей с редуктором и системы датчиков обратной связи.

Так как движение объекта осуществляется по заданному закону движения, то в системе должны быть устройства сохраняющие и задающие программу движения, которые назовем программносителями. При управлении от ЭВМ такими устройствами могут быть flash-накопители, диски CD, магнитные ленты и др. Преобразование заданной программы движения в сигналы управления двигателями осуществляется системой управления (рисунок 2). Эта система включает ЭВМ, с соответствующим программным обеспечением, цифроаналоговые преобразователи и усилители. Система управления, в соответствии с заданной программой, формирует и выдает на исполнительные устройства приводов (двигатели) управляющие воздействия u_i . При необходимости она корректирует эти воздействия по сигналам Δx_i , которые поступают в нее с датчиков обратной связи.

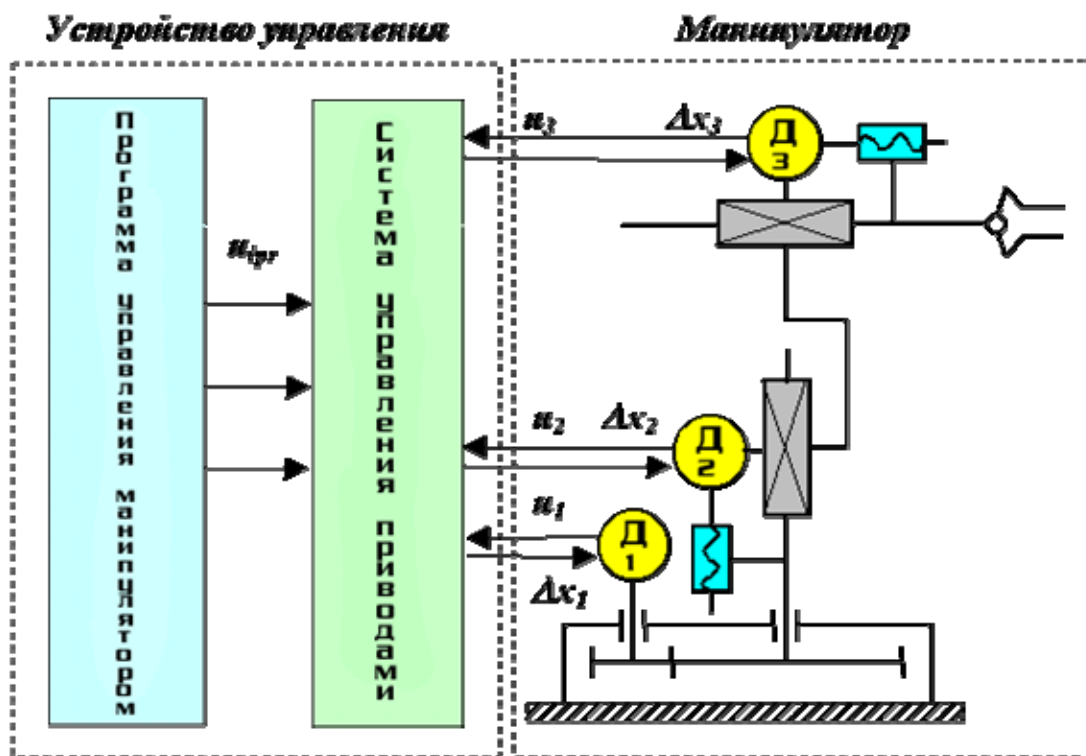


Рисунок 2 – Функциональная схема управления промышленным роботом

2.5 Структура манипуляторов

Формула строения - математическая запись структурной схемы манипулятора, содержащая информацию о числе его подвижностей, виде кинематических пар и их ориентации относительно осей базовой системы координат (системы, связанной с неподвижным звеном).

Движения, которые обеспечиваются манипулятором, делятся на:

– глобальные (для роботов с подвижным основанием) - движения стойки манипулятора, которые существенно превышают размеры механизма;

– региональные (транспортные) - движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его «рукой», величина которых сопоставима с размерами механизма;

– локальные (ориентирующие) - движения, обеспечиваемые звеньями манипулятора, которые образуют его «кисть», величина которых значительно меньше размеров механизма.

В соответствии с этой классификацией движений, в манипуляторе можно выделить два участка кинематической цепи с различными функциями: механизм руки и механизм кисти. Под «рукой» понимают ту часть манипулятора, которая обеспечивает перемещение центра схвата – точки M (региональные движения схвата); под «кистью» – те звенья и пары, которые обеспечивают ориентацию схвата (локальные движения схвата).

Рассмотрим структурную схему антропоморфного манипулятора, то есть схему которая в первом приближении соответствует механизму руки человека (рисунки 3).

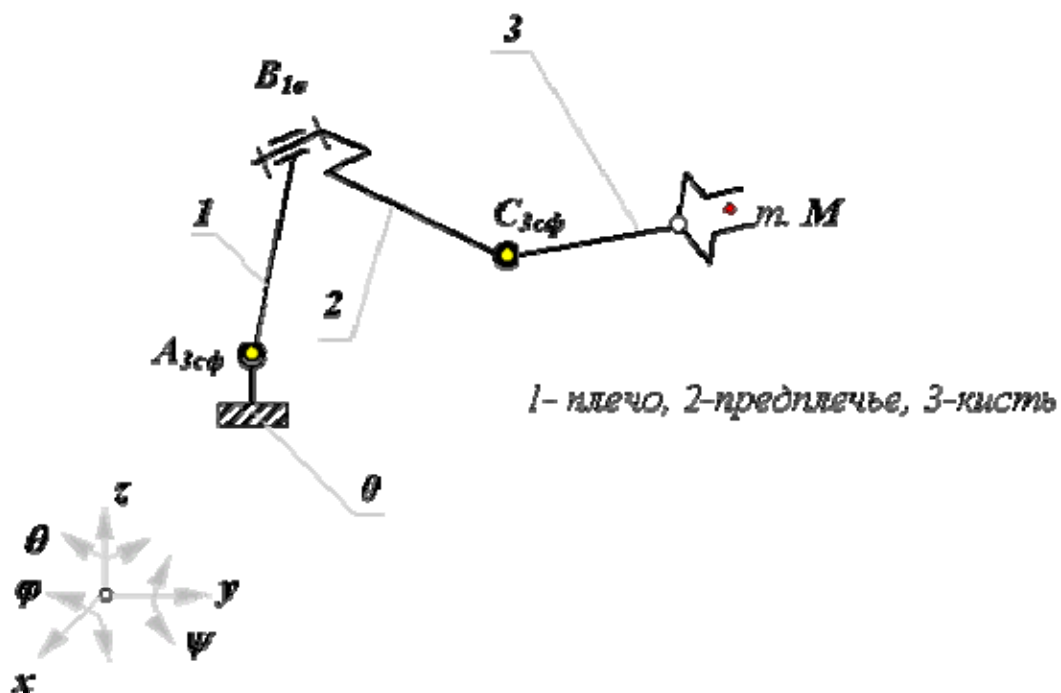


Рисунок 3 - Структурная схема антропоморфного манипулятора

Этот механизм состоит из трех подвижных звеньев и трех кинематических пар: двух трехподвижных сферических $A_{3сф}$ и $C_{3сф}$ и одной одноподвижной вращательной $B_{1с}$.

Кинематические пары (КП) манипулятора характеризуются: именем или обозначением КП - заглавная буква латинского алфавита (A, B, C и т.д.); звеньями, которые образуют пару (0/1, 1/2 и т.п.); относительным движением звеньев в паре (для одноподвижных пар - вращательное, поступательное и винтовое); подвижностью КП (для низших пар от 1 до 3, для высших пар от 4 до 5); осью ориентации оси КП относительно осей базовой или локальной системы координат.

Рабочее пространство манипулятора - часть пространства, ограниченная поверхностями огибающими к множеству возможных положений его звеньев.

Зона обслуживания манипулятора - часть пространства соответствующая множеству возможных положений центра схвата манипулятора. Зона обслуживания является важной характеристикой манипулятора. Она определяется структурой и системой координат руки манипулятора, а также конструктивными ограничениями наложенными на относительные перемещения звеньев в КП.

Подвижность манипулятора W - число независимых обобщенных координат однозначно определяющее положение схвата в пространстве.

Маневренность манипулятора M - подвижность манипулятора при зафиксированном (неподвижном) схвате.

Возможность изменения ориентации схвата при размещении его центра в заданной точке зоны обслуживания характеризуется углом сервиса - телесным углом ψ , который может описать последнее звено манипулятора (звено на котором закреплен схват) при фиксации центра схвата в заданной точке зоны обслуживания.

Структура кинематической цепи манипулятора должна обеспечивать требуемое перемещение объекта в пространстве с заданной ориентацией. Для этого необходимо, чтобы схват манипулятора имел возможность выполнять движения минимум по шести координатам: трем линейным и трем угловым. Рассмотрим на объекте манипулирования точку M , которая совпадает с центром схвата. Положение объекта в неподвижной (базовой) системе координат $Ox_0y_0z_0$ определяется радиусом-вектором точки M и ориентацией единичного вектора \bar{A} с началом в этой точке. В математике положение точки в пространстве задается в одной из трех систем координат:

- прямоугольной декартовой с координатами x_M, y_M, z_M ;
- цилиндрической с координатами r_{sM}, φ_M, z_M ;
- сферической с координатами r_M, φ_M, θ_M .

Ориентация объекта в пространстве задается углами α, β и γ , которые вектор ориентации \bar{A} образует с осями базовой системы координат. На рисунке 4 дана схема шести подвижного манипулятора с вращательными кинематическими парами с координатами объекта манипулирования.

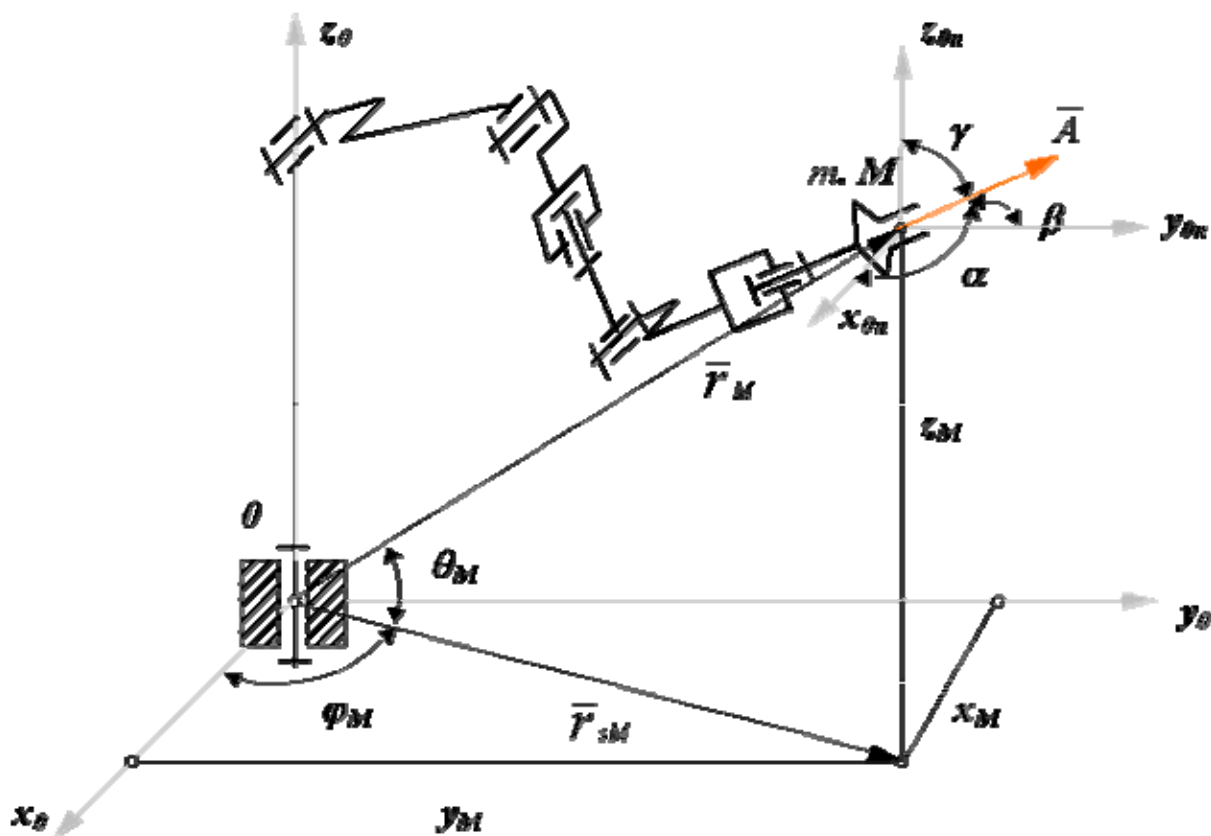


Рисунок 4 - Схема шестиподвижного манипулятора с вращательными КП

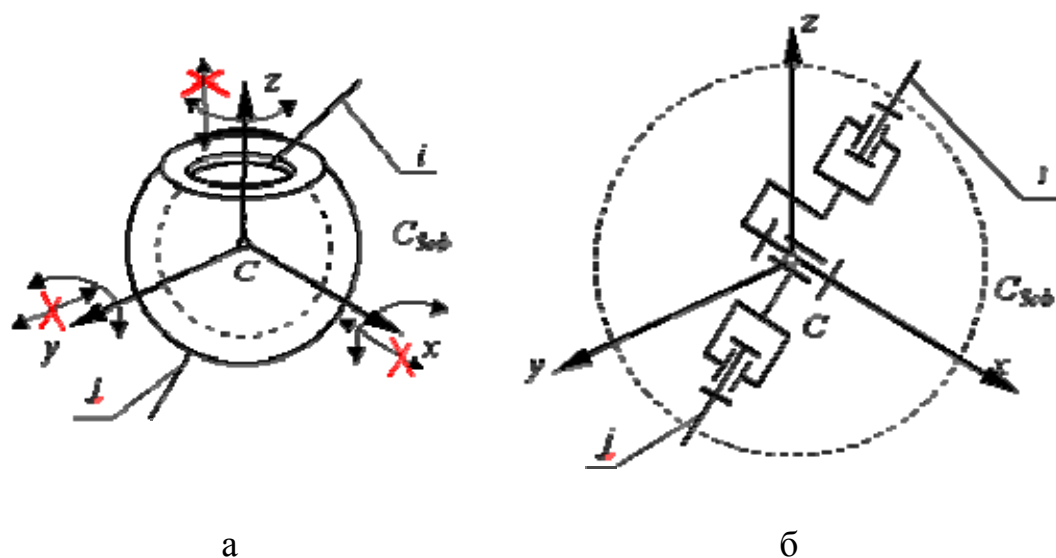
При структурном синтезе механизма манипулятора необходимо учитывать следующее:

- кинематические пары манипуляторов снабжаются приводами, включающими двигатели и тормозные устройства, поэтому в схемах манипуляторов обычно используются одноподвижные кинематические пары: вращательные или поступательные;

- необходимо обеспечить не только заданную подвижность свата манипулятора, но и такую ориентацию осей кинематических пар, которая обеспечивала необходимую форму зоны обслуживания, а также простоту и удобство программирования его движений;

- при выборе ориентации кинематических пар необходимо учитывать расположение приводов (на основании или на подвижных звеньях), а также способ уравновешивания сил веса звеньев.

При выполнении первого условия кинематические пары с несколькими подвижностями заменяют эквивалентными кинематическими соединениями. Пример такого соединения для сферической пары дан на рисунке 5.



а - сферическая кинематическая пара;

б - эквивалентное кинематическое соединение.

Рисунок 5 - Кинематическая пара с несколькими подвижностями и эквивалентное кинематическое соединение

Перемещение схвата в пространстве можно обеспечить, если ориентировать оси первых трех кинематических пар по осям одной из осей координат. При этом выбор системы координат определяет тип «руки» манипулятора и вид его зоны обслуживания. По ГОСТ 25685-83 определены виды систем координат для «руки» манипулятора, которые приведены в таблице 1. Здесь даны примеры структурных схем механизмов соответствующие системам координат. Структурные схемы механизмов «кисти», применяемые в манипуляторах, представлены на рисунке 6. Присоединяя к выходному звену «руки» тот или иной механизм «кисти», можно получить большинство известных структурных схем манипуляторов, которые применяются в реальных промышленных роботах [1].

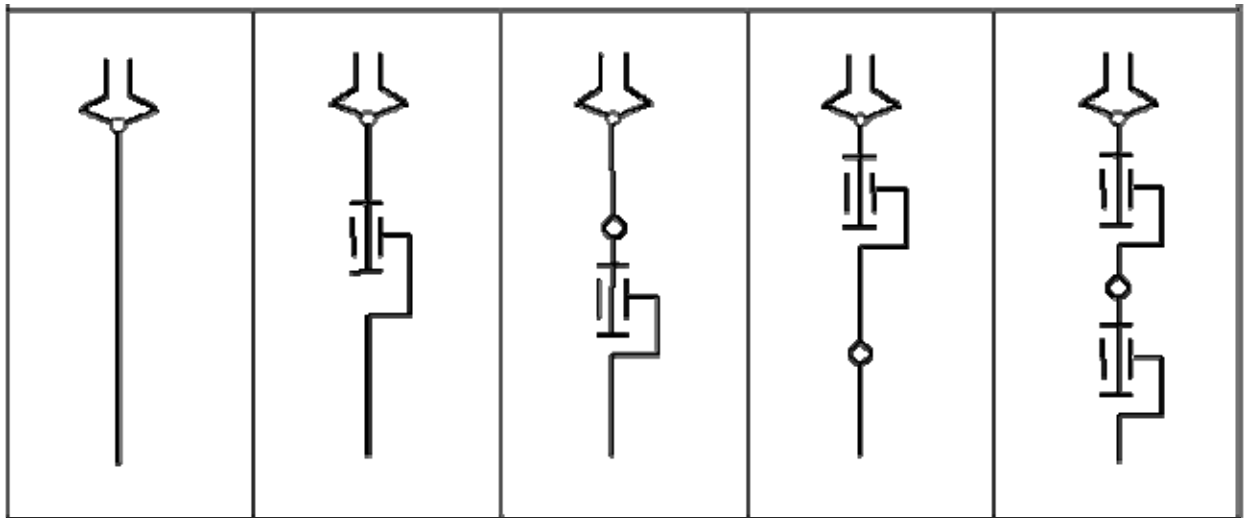
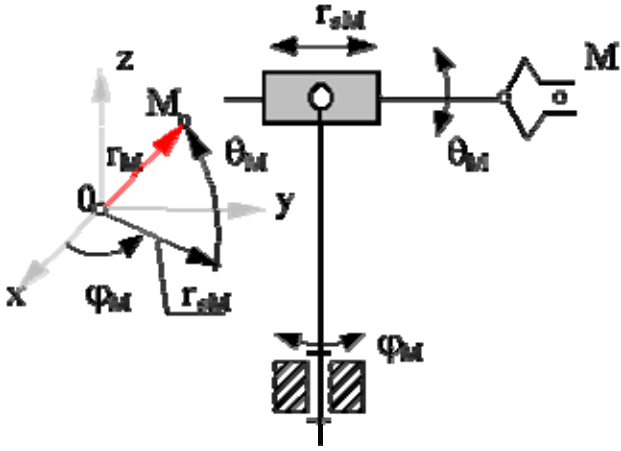
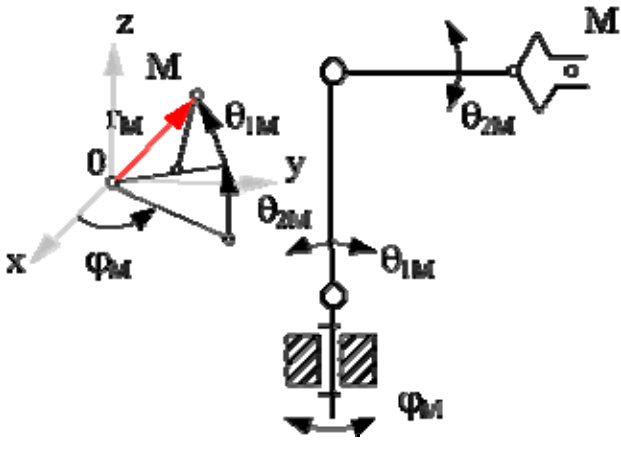


Рисунок 6 – Структурные схемы «кисти» манипуляторов

Таблица 1 - Системы координат «руки» манипулятора

Название системы координат	Структурная схема
1	2
Прямоугольная (декартова)	
Цилиндрическая	

Продолжение таблицы 1

1	2
Сферическая	
Угловая (ангулярная)	

3 Учебный робот

3.1 Назначение робота

Робот предназначен для работы в составе лабораторных стендов. Состоит из следующих составных частей: манипулятора с системой управления; блока питания, кабельной линии связи.

3.2 Технические характеристики робота

Робот имеет четыре степени свободы и работает в ангулярной системе координат. Технические характеристики робота приведены в таблице 2 [2].

Таблица 2 – Технические характеристики робота

Наименование	Значение
1	2
Количество степеней свободы	3 + хват
Максимальный вылет кисти, мм	400
Углы поворота звеньев, град:	
- основание	±170
- плечо	от 0 до 95
- предплечье	от 0 до 95
Грузоподъемность при максимальном вылете, г	2000
Величина раскрытия хвата, мм	0 ÷ 90
Максимальное усилие сжатия хвата, Н	30
Минимальный шаг поворота по осям, град:	
- основание	0,005
- плечо	0,005
- предплечье	0,005
Скорости разворота в степенях подвижности, град/с	15
Погрешность повторяемости позиционирования, не более, мм	1
Тип интерфейса	RS232/USB
Питание:	сеть
напряжение питания, В	220
частота тока, Гц	50
Максимальная мощность потребления, Вт	70
Время непрерывной работы, ч	не более 8
Диапазон рабочих температур, °С	от 15 до минус 35

В манипуляторе используются четыре шаговых двигателя (ШД) для перемещения во всех осях.

Система управления выполнена на одной печатной плате. Функциональная схема платы управления приведена на рисунке 6.

Центральным звеном системы управления манипулятора является микроконтроллер AT90S2313 фирмы «ATMEL», выполняющий следующие функции:

- приведение звеньев манипулятора в исходное положение после включения манипулятора;
- прием команд от управляющей ПЭВМ через интерфейс RS232;
- формирование ответного пакета информации о действительном положении осей манипулятора;
- управление всеми двигателями манипулятора.

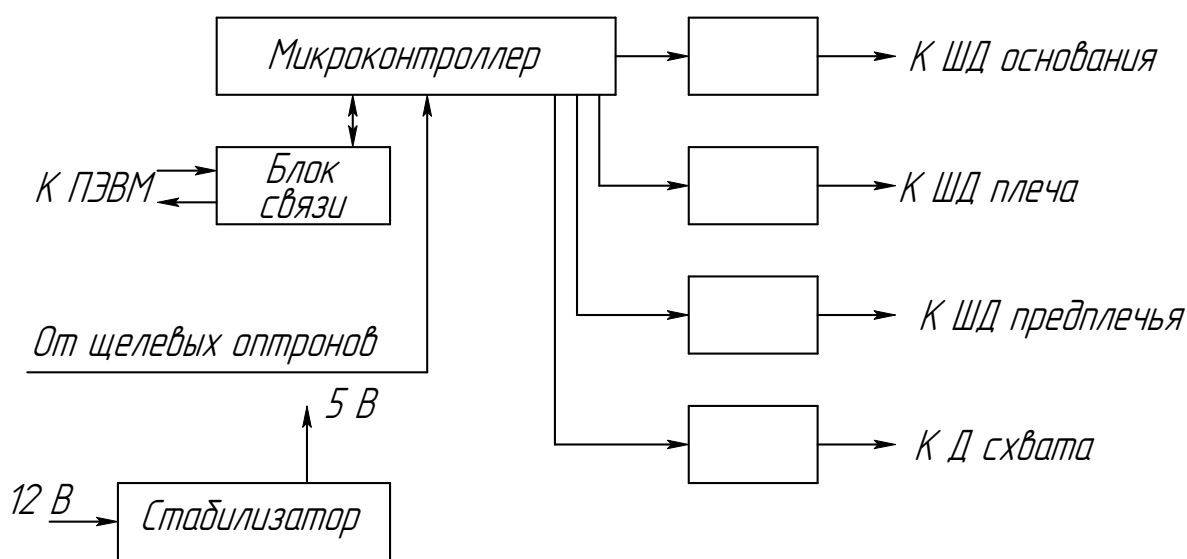


Рисунок 6 – Функциональная схема платы управления

В качестве усилителей для управления двигателями использованы полевые транзисторы IRFZ44N, в качестве блока связи, формирующего требуемые уровни напряжений для работы интерфейса RS232, использована микросхема MAX232.

Для работы логических микросхем входное напряжение 12 В от блока питания стабилизируется линейным стабилизатором КР142ЕН5. Протокол обмена информацией между управляющей ПЭВМ и манипулятором. Обмен информацией осуществляется через интерфейс RS232.

После включения питания и установки звеньев манипулятора в исходное положение контроллер манипулятора посылает донесение в ПЭВМ со всеми нулями.

После получения первоначального донесения с манипулятора (все нули) оператор может посылать команды. В процессе выполнения манипулятором очеред-

ной команды на ПЭВМ передаются углы, соответствующие действительному положению звеньев.

Каждое перемещение осей задается в градусах, относительно нулевого положения оси (0°), перемещение координаты осуществляется в положительную сторону. Задать значения перемещения можно с точностью до $0,1^\circ$.

Так как робот не имеет обратной связи, то при встрече сопротивления одной из осей координат робота, происходит потеря положения по всем координатам. Дальнейшая работа робота не даст желаемого результата, необходимо вывести в ноль все оси робота и разжать хват, если он находится в положении сжатия.

4 Система команд робота

Текст управляющей программы для робота кодируется специальным набором команд, расшифровка команд приведена в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Система команд робота

Команда	Назначение
1	2
START	Первая строка файла программы
END	Последняя строка файла программы
GotoX m*	Вращение зажима
GotoY m*	Наклон «кисти»
GotoZ m*	Наклон «локтя»
GotoF m*	Наклон «плеча»
GotoW m*	Поворот основания
LockerON	Зажим схвата
LockerOFF	Разжим схвата
SFLockerON	Включение зажима детали на фрезерном станке (время зажима берется из диалога «Настройки оборудования» фрезерного станка)
SFLockerOFF	Включение разжима детали на фрезерном станке (время разжима берется из диалога «Настройки оборудования» фрезерного станка)

Продолжение таблицы 3

1	2
SFLON n	Включение зажима детали на фрезерном станке на n-секунд
SFLOFF n	Включение разжима детали на фрезерном станке на n-секунд
SFAuto	Запуск загруженной УП фрезерного станка
STLockerON	Включение зажима детали на токарном станке (время разжима берется из диалога «Настройки оборудования» токарного станка)
STLockerOFF	Включение разжима детали на токарном станке (время разжима берется из диалога «Настройки оборудования» токарного станка)
STLON n	Включение зажима детали на токарном станке на n-секунд
STLOFF n	Включение разжима детали на токарном станке на n-секунд
STAuto	Запуск загруженной УП токарного станка
* Абсолютное значение угла в градусах от нулевого положения	

Любая программа для кодирования перемещений робота должна начинаться командой «START», а заканчиваться – «END». В управляющую программу робота включаются команды для управления токарным и фрезерным станками. Вся управляющая программа отрабатывается роботом построчно, в одной строке УП должна быть записана только одна команда. Команды могут быть записаны как строчными, так и прописными буквами латинского алфавита. Комментарии и сокращения в тексте УП не допускаются. Для написания текста УП используется стандартный текстовый редактор «Блокнот». Полученному файлу необходимо сменить расширение на «*.prg».

Пример текста управляющей программы.

START	LOCKERON
GOTOW 109	GOTOZ 0
GOTOF 90	GOTOF 50
GOTOZ 18	GOTOW 179
LOCKERON	GOTOF 72

GOTOZ 7	SFLOFF 11
GOTOW 178	LOCKEROFF
STLON 15	GOTOF 68
STLON 5	GOTOW 0
LOCKEROFF	GOTONULL
GOTONULL	SFAUTO
STAUTO 1	GOTOF 77
GOTOF 72	GOTOZ 30
GOTOW 176	GOTOW 8
LOCKERON	LOCKERON
LOCKERON	LOCKERON
LOCKERON	SFLON 10
STLOFF 15	GOTOW 0
GOTOW 177	GOTONULL
GOTOZ 0	GOTOW 109
GOTOF 0	GOTOZ 60
GOTOW 0	GOTOF 75
GOTOZ 30.5	LOCKEROFF
GOTOF 75	GOTOF 0
GOTOW 8	GOTONULL
GOTOF 77	END
SFLOFF 11	

5 Отработка управляющих программ

Управляющая программа работа может быть отработана в двух режимах:

- «ИМИТАТОР» (все перемещения видны на 3D модели участка на экране компьютера);

- «СТАНОК» (все перемещения непосредственно выполняет робот), для этого режима необходимо включить блоки управления.

Рассмотрим последовательность отработки управляющей программы робота, приведенной выше, в режиме «ИМИТАТОР» по шагам.

Шаг 1. Включить и загрузить компьютер.

Шаг 2. Запустить программу управления работой ГПС, воспользовавшись пунктом меню «Пуск/Программы/STEP GPM 2.2х/ГПИМ 2».

Шаг 3. В появившемся окне перейти в раздел меню «Команды/Робот».

Шаг 4. По умолчанию на экране компьютера появится рабочее пространство, в котором располагаются 3D модели токарного и фрезерного станка, стеллажа-накопителя и робота. Согласно управляющей программе робот производит перемещения, которые можно просматривать на экране в пространстве 3D модели в режиме имитации работы. Это дает возможность выявить ошибки и недочеты в составленной УП.

Шаг 5. Чтобы начать отработку управляющей программы необходимо открыть текстовый файл, имеющий расширение «*. prg»:

- выбрать пункт меню «Файлы/Загрузка управляющей программы»
- найти на рабочем столе и открыть файл «GPS_2.prg»;
- проверить загрузилась ли управляющая программа (пункт меню «Команды/Управляющая программа» или клавиша <F10>;
- перейти к управлению роботом и нажатием левой кнопки мыши в левой нижней части экрана выбрать режим «ИМИТАТОР»;
- на панели управления нажать кнопку «Запуск автоматического режима».

Для того чтобы отработать управляющую программу в режиме «СТАНОК» нужно:

- если управляющая программа еще не загружена и не отработана в режиме «ИМИТАТОР», то выполнить шаги 1 – 5;
- если шаги 1 – 5 выполнены, то перейти в режим «СТАНОК», включить блоки питания и на панели управления нажать кнопку «Запуск автоматического режима».

6 Задание для лабораторной работы

6.1 Расстановка оборудования

Осуществить расстановку оборудования (токарного, фрезерного станков и заготовки) для правильного отображения работы комплекса в имитаторе при выполнении управляющей программы «GPS2.prg». В случае «зависания» заготовки в воздухе над станком внести изменения в управляющую программу. Записать в отчет положения оборудования (X, Y, угол) и текст измененной управляющей программы работа.

6.2 Составление управляющей программы

Согласно номеру в списке группы выполнить задание (таблица 4). Переместить «объект 1» из начальной 1 точки пространства во 2 и после этого в 3 изменяя программу работа. После каждого перемещения робот уходит на нулевую точку позиционирования. Записать в отчет текст полученной управляющей программы.

Таблица 4 – Варианты заданий

№ вар.	Точка 1			Точка 2			Точка 3		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	-300	0	-300	0	20	300	0	0
2	10	-300	0	-300	10	20	300	10	0
3	20	-300	0	-300	20	20	300	20	0
4	30	-300	0	-300	30	20	300	30	0
5	40	-300	0	-300	40	20	300	40	0
6	40	-310	0	-310	40	20	310	40	0
7	30	-310	0	-310	30	20	310	30	0
8	20	-310	0	-310	20	20	310	20	0
9	10	-310	0	-310	10	20	310	10	0
10	0	-310	0	-310	0	20	310	0	0

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	-10	-310	0	-310	-10	20	310	-10	0
12	-20	-310	0	-310	-20	20	310	-20	0
13	-30	-310	0	-310	-30	20	310	-30	0
14	-40	-310	0	-310	-40	20	310	-40	0
15	-30	-300	0	-300	-30	20	300	-30	0
16	-20	-300	0	-300	-20	20	300	-20	0
17	-10	-300	0	-300	-10	20	300	-10	0
18	0	-300	0	-300	0	20	300	0	0
19	-30	-300	0	-300	-30	20	300	-30	0
20	-40	-300	0	-300	-40	20	300	-40	0

7 Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе должны содержаться следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цели работы;
- текст управляющей программы робота из примера с расшифровкой всех кадров;
- текст управляющей программы робота, составленный по заданию с расшифровкой всех кадров;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы.

8 Контрольные вопросы

- 8.1 По каким признакам классифицируются промышленные роботы?
- 8.2 Чем отличается промышленный робот от манипулятора?
- 8.3 Что такое степень свободы робота?
- 8.4 Чем характеризуется кинематическая пара манипулятора?

- 8.5 Что такое зона обслуживания манипулятора?
- 8.6 Какие существуют системы координат роботов?
- 8.7 В какой системе координат работает учебный робот?
- 8.8 Какой файл загружался для управления работой ГПС?
- 8.9 Какая панель инструментов применяется для запуска автоматического режима работы ГПС?
- 8.10 Как проверить загружена ли управляющая программа?
- 8.11 Какая команда в управляющей программе робота предназначена для поворота основания?
- 8.12 Какой командой в управляющей программе робота кодируется включение зажима детали на фрезерном станке?

Список использованных источников

1 Теория механизмов и машин : электронный курс лекций / В. Б. Тарабарин. - М : МГТУ им. Н. Э. Баумана. – Режим доступа : <http://wwwcdl.bmstu.ru/rk2-tmm/index.html> [Проверено 21.05.2012 г.].

2 Учебная гибкая производственная система : учебное пособие / П. Г. Мазин, С. В. Шереметьев, С. С. Панов, А. А. Савельев. – Челябинск : НПИ «Уралучтех» Южно-Уральского государственного университета, 2008. – 23 с.