

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра технологии и оборудования
автоматизированных производств

Основы робототехники

Методическое пособие

Факультет производственного менеджмента
и инновационных технологий

Направления: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов
и производств»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Вологда
2014

УДК 621.757:681.5(075)

Основы робототехники: методическое пособие / сост.: В.А. Глазков, В.В. Яхричев. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 31 с.

В пособии рассмотрены основные термины, определения и классификация роботов, структура и классификация механизмов, применяемых при проектировании роботов, а также структура и основные характеристики промышленных роботов. Приведен пример построения управляющей программы промышленного робота с ЧПУ, работающего в угловой системе координат.

Пособие предназначено для студентов по направлениям: 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составители: В.А. Глазков, канд. техн. наук, доцент

В.В. Яхричев, ст. преподаватель

Рецензент Н.А. Бормосов, доцент, канд. техн. наук

Введение

Дальнейшее развитие нашего общества, осваивающего законы рыночной экономики, в значительной мере определяется достигнутым уровнем производительности общественного труда. Это движение характеризуется поступательным развитием производства и все более широким использованием высокопроизводительных машин и нестандартных технологий. Важно качественно, экономично и в заданные сроки с минимальными затратами живого и общественного труда изготовить машину. Повышение эффективности производства возможно путем внедрения высокопроизводительных станков с ЧПУ, промышленных роботов (ПР), создания гибких производственных систем (ГПС).

Развитие новых прогрессивных технологических процессов обработки способствует конструированию более современных машин и снижению их себестоимости. Актуальна задача повышения качества выпускаемых машин и, в первую очередь, их точности. В машиностроении точность имеет особо важное значение для повышения эксплуатационного качества машин. Обеспечение заданной точности - ответственная задача конструкторов, а ее технологическое обеспечение при наименьших затратах - основная задача технологов. Вопросы точности обработки остро встают при использовании высокоавтоматизированного технологического оборудования, станков с ЧПУ, гибких производственных систем, автоматических линий. На этих видах оборудования требуемые параметры качества должны обеспечиваться при минимальном участии обслуживающего персонала.

Технология автоматизированного машиностроения дает возможность изучить закономерности проектирования технологических процессов в условиях большой насыщенности современным технологическим оборудованием - ПР, ГПС, системами адаптивного управления, системами автоматического и автоматизированного контроля, широкого использования электронной техники на каждой стадии проектирования и т.д.

Процессы обработки заготовок деталей станков и их сборка взаимосвязаны и трудоемки. По своему назначению процессы изготовления и сборки являются определяющими во всем процессе производства станков. Знание технологических закономерностей является основным условием рационального проектирования технологических процессов и применения электронных вычислительных машин, обеспечивающих сокращение сроков проектирования, облегчение труда технологов и получение оптимальных вариантов проектируемых технологических процессов. Лишь на базе этих закономерностей может решаться задача автоматизации производства.

1. Основные термины, определения и классификация промышленных роботов

Впервые слово "робот" употребил Карел Чапек. Созданное им слово "робот" (от чешского слова "робота" - барщина, подневольный труд.) вошло в международный лексикон и стало общеупотребительным.

Промышленные роботы (ПР)

относятся к обширному классу машин, оснащенных манипуляторами (М).

Манипулятор - устройство, предназначенное для имитации двигательных и (или) рабочих движений руки человека и управляемое оператором или действующее автоматически.

Объектом манипулирования

называют тело, перемещаемое в пространстве манипулятором. К объектам манипулирования относятся заготовки, детали, захватные устройства, вспомогательный, мерительный или обрабатывающий инструмент и т.д.

Метод управления манипулятором наиболее полно характеризует уровень автоматизации конструкций и возможность их применения в различных условиях. По методу управления все М можно разделить на биотехнические (с ручным управлением), интерактивные (со смешанным управлением) и автоматические.

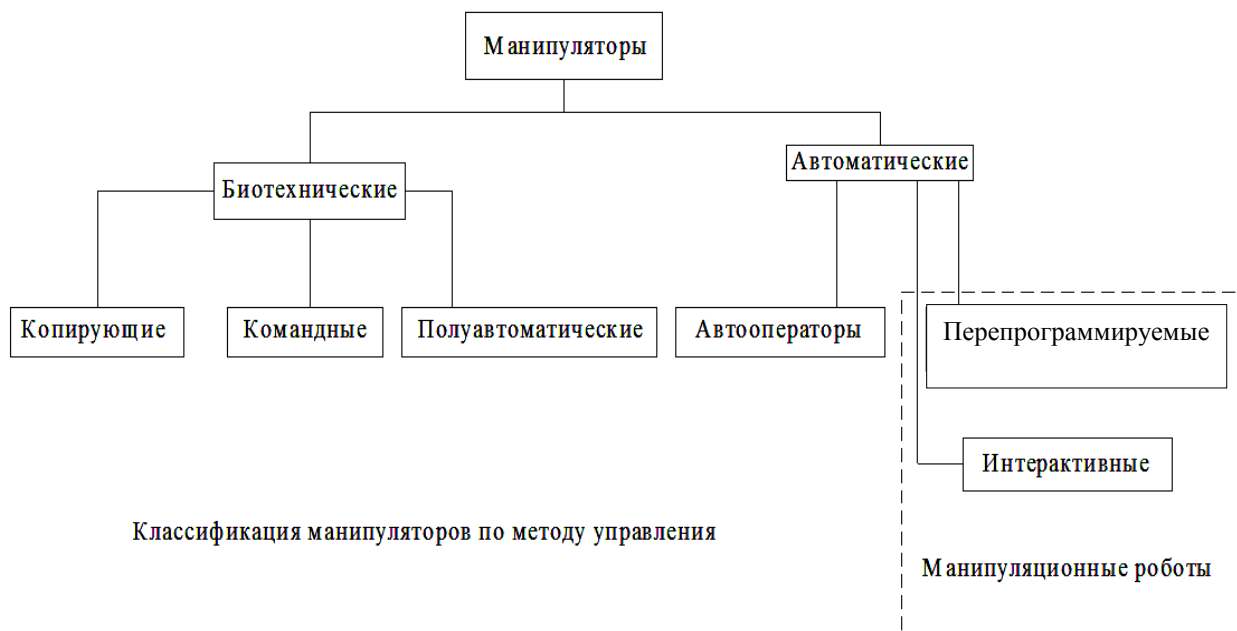


Рис. 1.1. Классификация манипуляторов по методу управления

Манипуляторы с ручным управлением

(биотехнический) М, управляемый оператором. Это управление может осуществляться дистанционно или (и) непосредственно за счет перемещения рабочего органа М. В состав структурной схемы М входят приведенные ниже основные элементы:

Задающий орган - функциональная часть М, предназначенная для создания управляющих сигналов и движений.

Исполнительный орган - функциональная часть М, предназначенная для выполнения действий по сигналам и движениям, поступающим от задающего органа.

Связующий орган - предназначен для передачи сигналов и движений от задающего к исполнительному органу.

Рабочий орган - часть исполнительного органа, предназначенная для реализации технологического назначения М (захват, инструмент и т.д.).

В зависимости от типа задающего органа биотехнические М могут быть трех разновидностей:

В **копирующем** М движение рабочего органа повторяет перемещение кисти руки оператора. Задающее устройство кинематически подобно исполнительному механизму (обычно снабжается устройствами, позволяющими оператору осуществить в масштабе силы, действующие на исполнительный механизм).

В **командном** М движение рабочего органа не связано кинематически с задающим устройством, а управление осуществляется по каждой из степеней подвижности в отдельности с помощью кнопок, рукояток и т.д.

В **полуавтоматическом** М задающая система включает в себя рукоятку, управляющую несколькими степенями подвижности, и малую ЭВМ или специальный вычислитель, который преобразует сигналы с рукоятки в сигналы, управляющие движениями исполнительных или рабочих органов.

По характеру выполняемых операций все ПР подразделяются на три группы, имеющие различные производственно-технологические признаки:

Производственные (технологические) роботы (ППР) выполняют основные операции технологического процесса. Они непосредственно участвуют в технологическом процессе в качестве производящих или обрабатывающих машин, выполняющих такие операции, как гибка, сварка, окраска, сборка и т.п.

Подъемно-транспортные (вспомогательные) роботы (ПГПР) выполняют действия типа взять-перенести-положить. Их применяют при обслуживании основного технологического оборудования для автоматизации вспомогательных операций, установки-снятия заготовки, детали, инструмента, очистки баз деталей и инструмента, питания транспортеров, а также на транспортно-складских и других операциях.

Универсальные работы (УПР) выполняют разнообразные технологические операции – основные и вспомогательные, т.к. сочетают в себе признаки первых двух групп.

По степени специализации ПР

Подразделяются на специальные, специализированные и многоцелевые. Функциональные возможности специального ПР позволяют ему выполнять определенную технологическую функцию (операцию) или обслуживать конкретную модель оборудования. Специализированные ПР предназначены для выполнения технологических операций одного вида (сварка, окраска, сборка и т.п.) или для обслуживания широкой номенклатуры моделей основного технологического оборудования, объединенных общностью манипуляционных действий.

Функциональные возможности ПР во многом определяются типом СПУ и характером отработки программ. Большинство применяемых ПР относится к числу жестко запрограммированных, программа действий которых содержит полный набор информации, не изменяющийся в процессе работы. Он не обеспечивает корректировки программы при изменении внешней сферы.

Адаптивные ПР осуществляют свои действия с использованием информации об объектах и явлениях внешней сферы, полученной в процессе работы. Они имеют сенсорное обеспечение, позволяющее корректировать управляющую программу.

Гибкопрограммируемые (интегральные) ПР способны формировать программу своих действий на основе поставленной цели и информации об объектах и явлениях внешней сферы.

В ПР применяют 3 типа СПО: позиционные (от точки к точке), контурные (по непрерывной траектории) и комбинированные (рисунок 1.2).

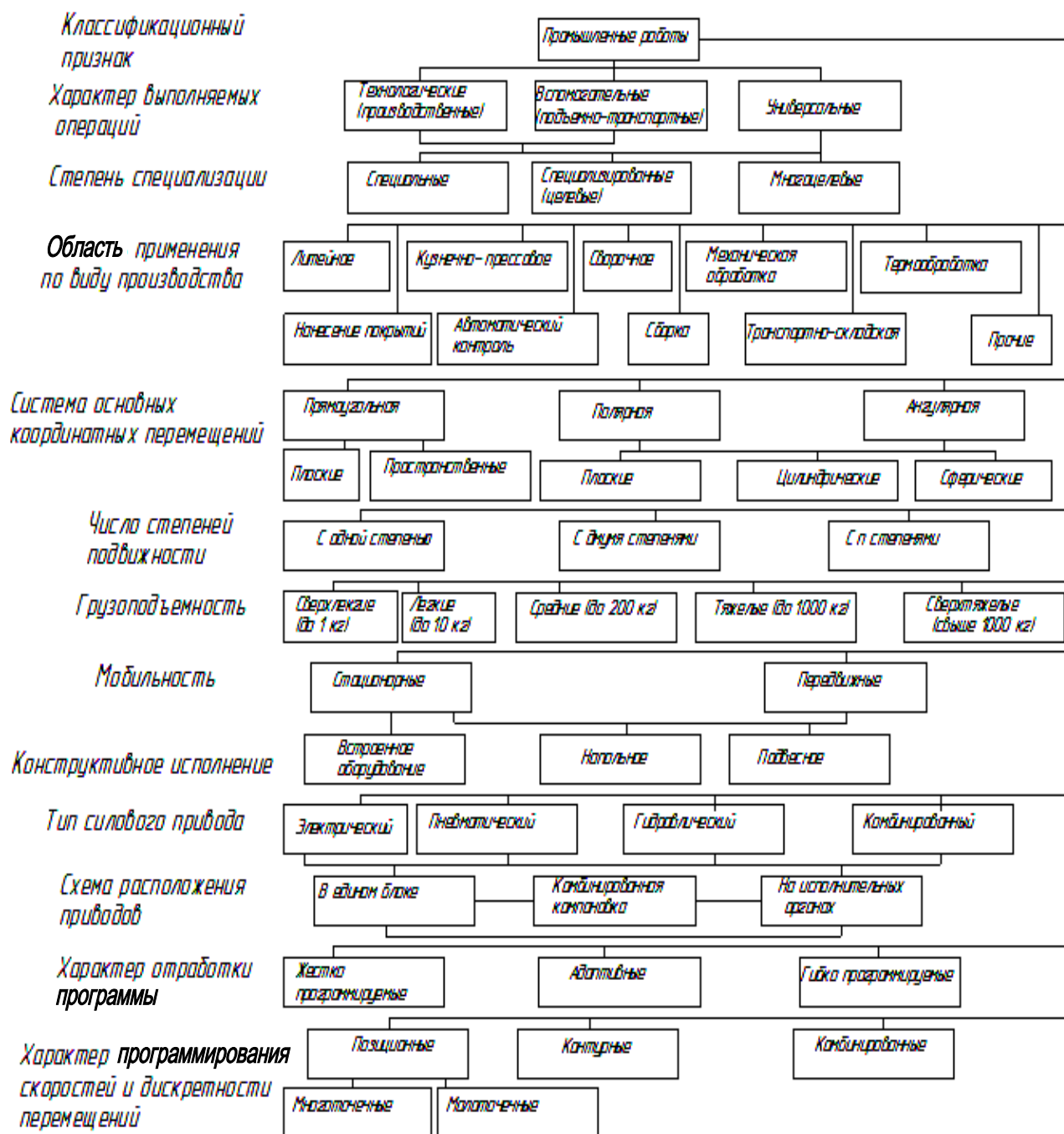


Рис. 1.2. Классификация промышленных роботов

2. Структура и классификация механизмов

2.1. Основные понятия и определения

Механизмом называют механическую систему, предназначенную для получения требуемого движения одного или нескольких чисел. Главные назначения создаваемого механизма – осуществление технологической операции в результате взаимодействия его элементов.

Основными элементами механизма являются звенья и кинематические пары.

Звеном называют одно или несколько жестко соединённых твёрдых тел, входящих в состав механизма. Методы конструирования, выбора рациональных форм звеньев, их сечений и способов перемещения изучаются в курсе деталей машин. Мы будем рассматривать звенья как абсолютно твёрдые тела.

В зависимости от характера движения относительно стойки-звена, принимаемого за неподвижное, звенья называют стойками (рис. 2.1).

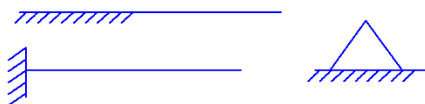


Рис. 2.1. Стойка

Кривошип – звено рычажного механизма, совершающее полный оборот вокруг оси, связанное со стойкой (рис. 2.2).

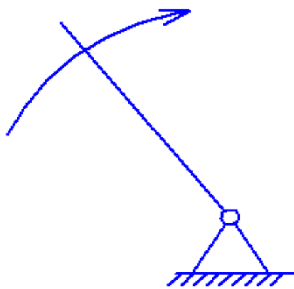


Рис. 2.2. Кривошип

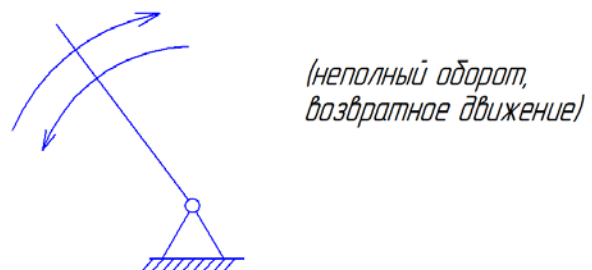


Рис. 2.3. Коромысло

Коромысло – звено рычажного механизма, совершающее неполный оборот вокруг оси, связанное со стойкой (рис. 2.3).

Шатун – звено рычажного механизма, совершающее плоскопараллельное движение (рис. 2.4).

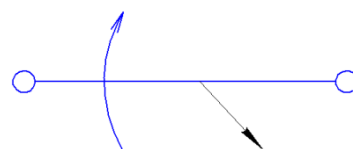


Рис. 2.4. Шатун

Ползун – звено рычажного механизма, поступательно перемещающееся относительно стойки или другого звена (рис. 2.5).

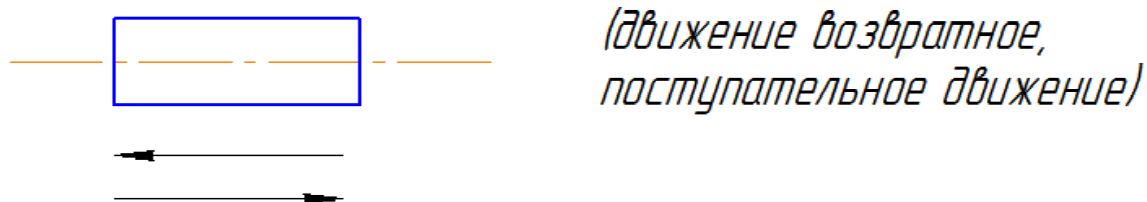


Рис. 2.5. Ползун

Кулиса – подвижное звено рычажного механизма, являющееся направляющей для ползуна (рис. 2.6).

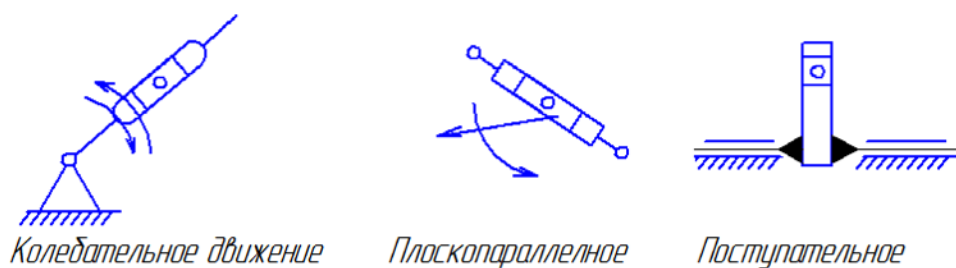


Рис. 2.6. Кулиса

Кулачок – звено, профиль которого имеет переменную кривизну, определяет движение ведомого звена (рис. 2.7).

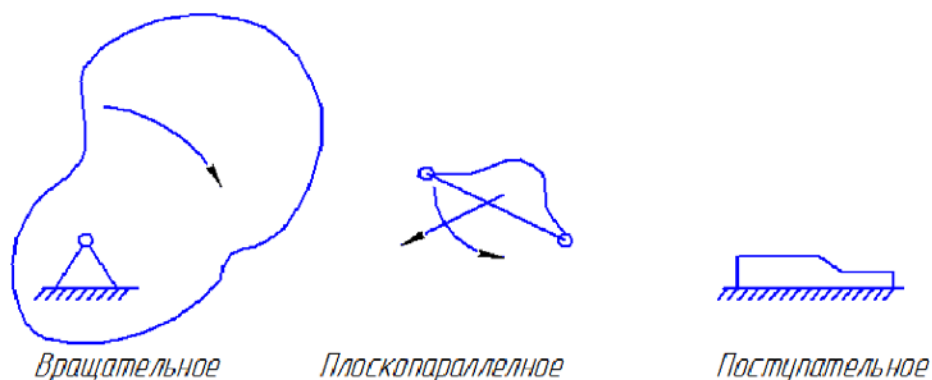


Рис. 2.7. Кулачок

Зубчатое колесо – звено с замкнутой системой зубьев, обеспечивающее за свой полный оборот непрерывное движение парного звена (рис. 2.8).

Входным называют звено, которому сообщается движение от двигателя, преобразуемое механизмом в требуемые движения ведомых звеньев.

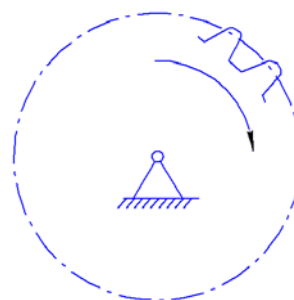


Рис. 2.8. Зубчатое колесо

Выходным называется звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм. Между входным и выходным могут быть расположены промежуточные звенья.

В современном машиностроении широкое распространение получили механизмы, в состав которых входят упругие, гибкие и газообразные тела.

К упругим звеньям относят пружины, мембраны и др., упругие деформации которых оказывают существенное влияние на работу механизма.

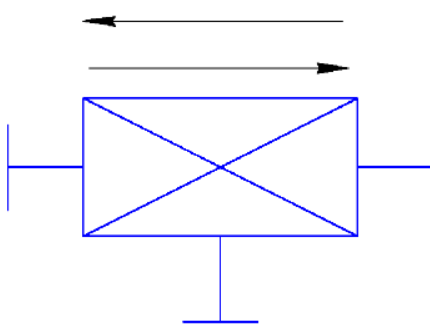
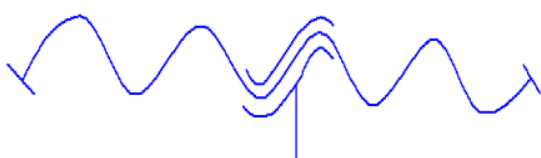
К гибким звеньям относят ремни, цепи, канаты и др. К жидким и газообразным относят масло, воду, газ, воздух и т.д., перемещаемые по специальным коммуникациям внутри машины или прибора.

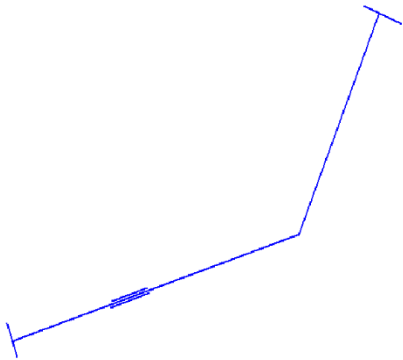
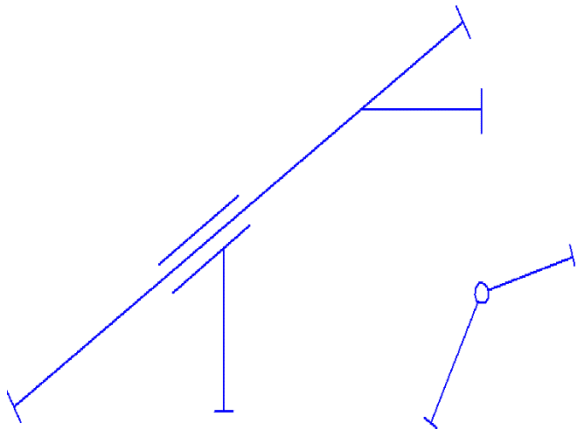
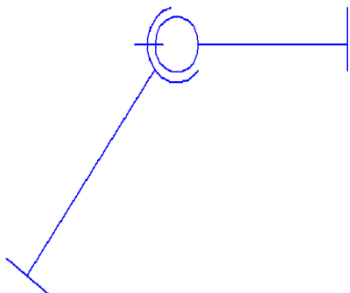
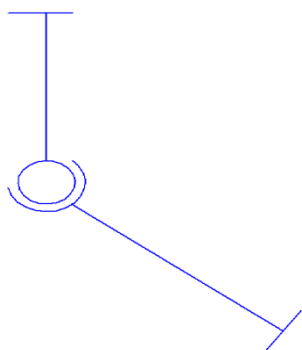
2.2. Кинематические пары

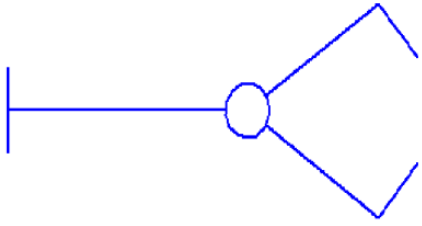
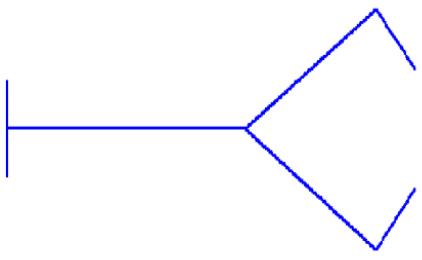
Кинематической парой называют соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение. Звенья этой пары могут соприкасаться поверхностями по линиям и точкам, называемым элементами звена. Если элементами звена являются точки или линии, то пары называются высшими, а если - поверхности, то низшими. В низших парах происходит относительное скольжение элементов при поступательном, вращательном или винтовом движениях, а в высших возможно качение и скольжение этих пар элементов (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Примеры кинематических пар

Кинематическая пара	Характеристика
Подвижные соединения с перемещением вдоль прямолинейных направляющих 	Возвратно-поступательное движение (поступательная пара класса V)
Винтовые подвижные соединения 	Возвратно-поступательное движение и взаимное вращательное движение (поступательно-вращательная пара класса V)

Цилиндрические соединения звеньев 	Возвратно-поступательное движение и независимое вращательное движение вокруг продольной оси (цилиндрическая пара класса IV)
Плоские шарнирные соединения звеньев 	Вращение вокруг поперечной оси (вращательная пара класса V)
Шаровой шарнир с пальцем 	Вращение вокруг двух осей (вращательная пара класса IV)
Шаровой шарнир 	Вращение вокруг трех осей (вращательная пара класса III)

Захватное устройство	Зажимные элементы подвижные
	
Захватное устройство	Зажимные элементы неподвижные
	

Кинематической цепью называют связанную систему звеньев, образующих кинематические пары. Примером кинематической цепи может служить обычная грузовая или приводная цепь. Кинематические цепи подразделяют на открытые и замкнутые, плоские и пространственные. Открытой кинематической цепью называют такую, в которой имеются звенья, входящие только в одну кинематическую пару (рис. 2.9).

Такие механизмы применяются в механизмах роботов, приборов.

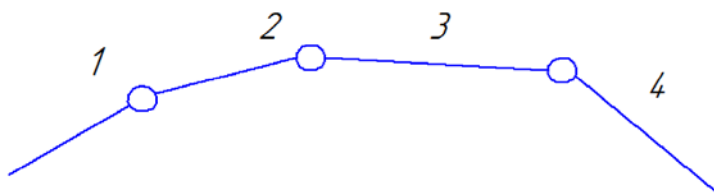
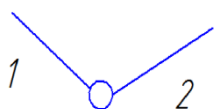


Рис. 2.9. Открытая кинематическая цепь



Простейшей открытой цепью является двухзвенная (рис. 2.10).

Рис. 2.10. Простейшая открытая цепь

Замкнутой КЦ называют такую, в которой все звенья входят не менее чем в две кинематические пары (рис. 2.11).

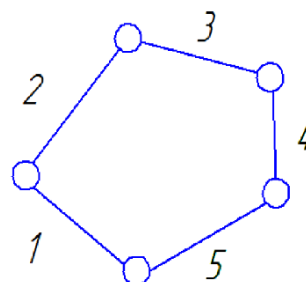


Рис. 2.11. Замкнутая кинематическая цепь

Пример четырёхзвенной пространственной замкнутой цепи 1-2-3-4 показан на рис. 2.12.

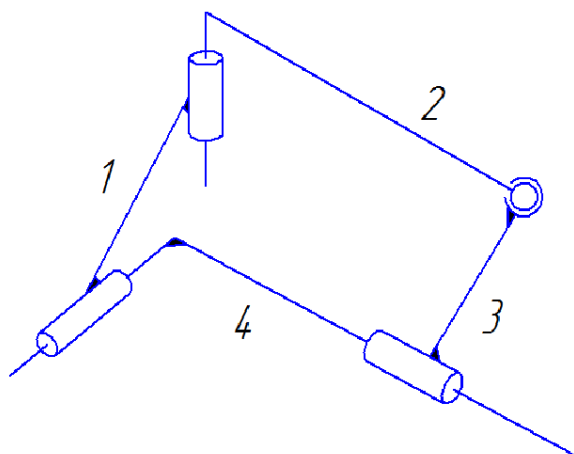


Рис. 2.12. Пространственная кинематическая цепь

Если все точки звеньев описывают траектории, лежащие в параллельных плоскостях, то механизм называют плоским.

Если же точки звеньев перемещаются по нескольким траекториям, лежащим в пересекающихся плоскостях, механизм называют пространственным.

Если точки звеньев описывают траектории на сферах с одним неподвижным центром, механизм называют сферическим.

Рычажным механизмом называют такой, в котором звенья образуют лишь низшие кинематические пары.

Механизм, имеющий одни вращательные пары, называют шарнирным (рис. 2.13).

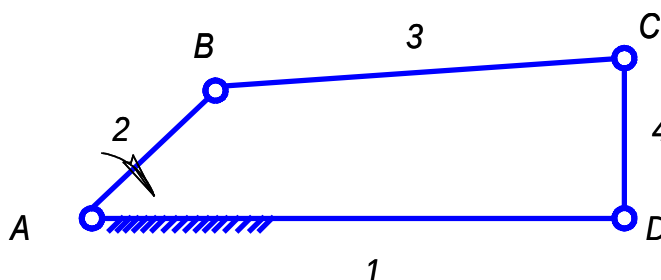


Рис. 2.13. Шарнирный механизм

Соответственно числу звеньев, вымогая стойку 1, механизмы именуют четырёхзвенными (рис. 2.14), шестизвенными (рис. 2.15).

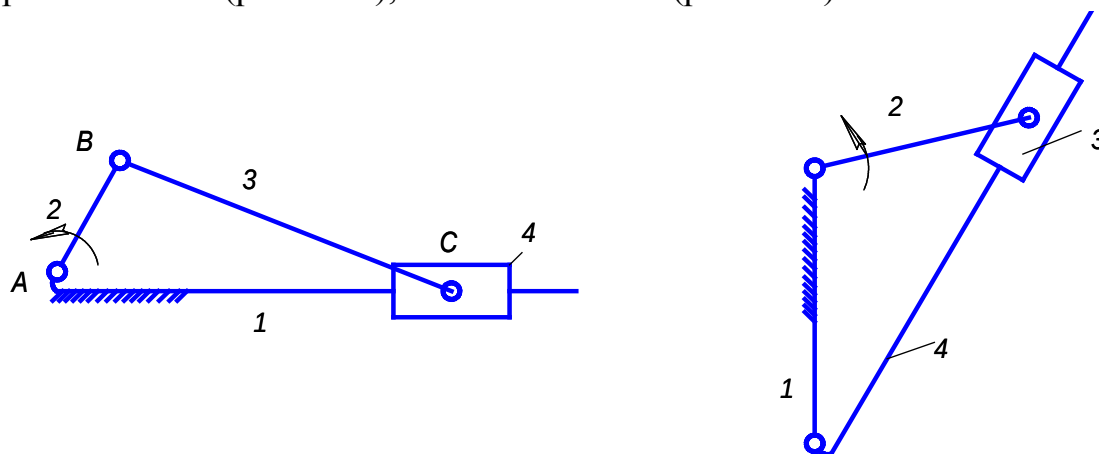


Рис. 2.14. Четырёхзвенный механизм

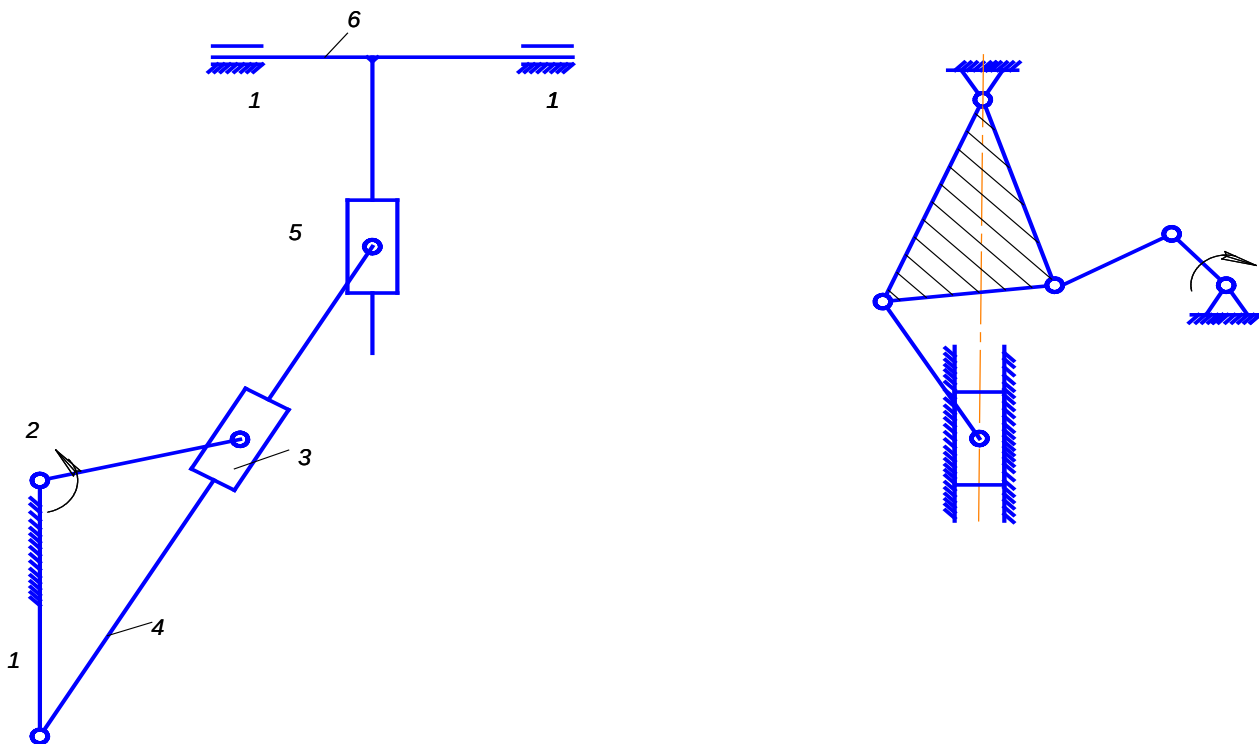


Рис. 2.15. Шестизвенный механизм

И последнее: кинематической схемой механизма называют его условное обозначение с применением обозначений звеньев и кинематических пар.

В определённую точку пространства P путём прямолинейных перемещений звеньев механической системы ПР по трём взаимно перпендикулярным осям.

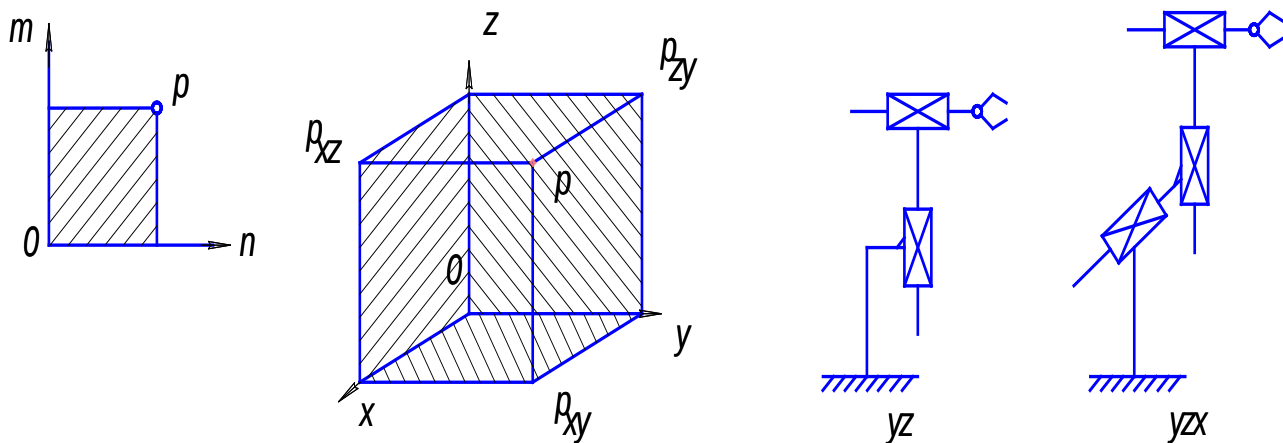


Рис. 2.16

В криволинейной системе координат наиболее распространены координаты:

- плоские полярные (перемещение происходит в одной координатной плоскости в направлении радиус-вектор z и угла φ);

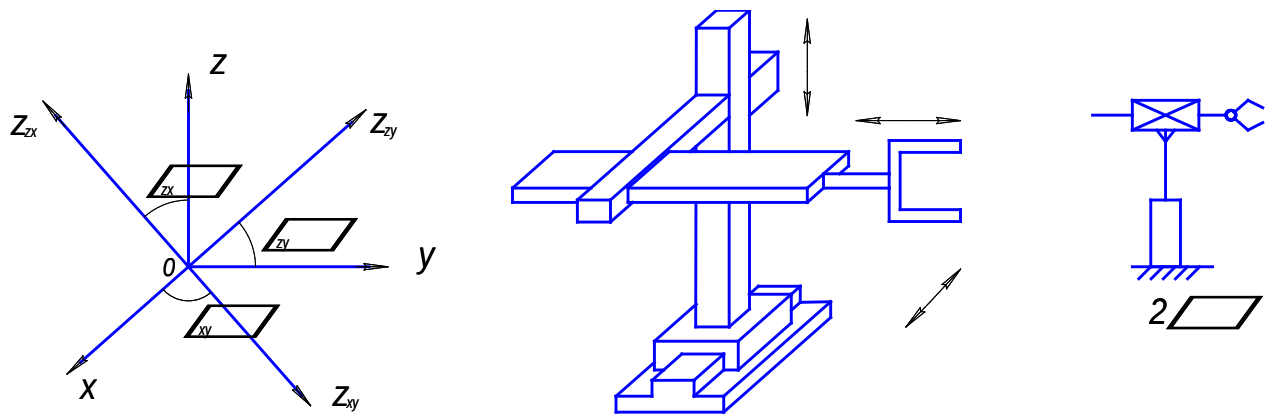


Рис. 2.17

- цилиндрические (характеризующиеся перемещением объекта в основной координатной плоскости в направлениях x , y , z , а также его нормали к ней);

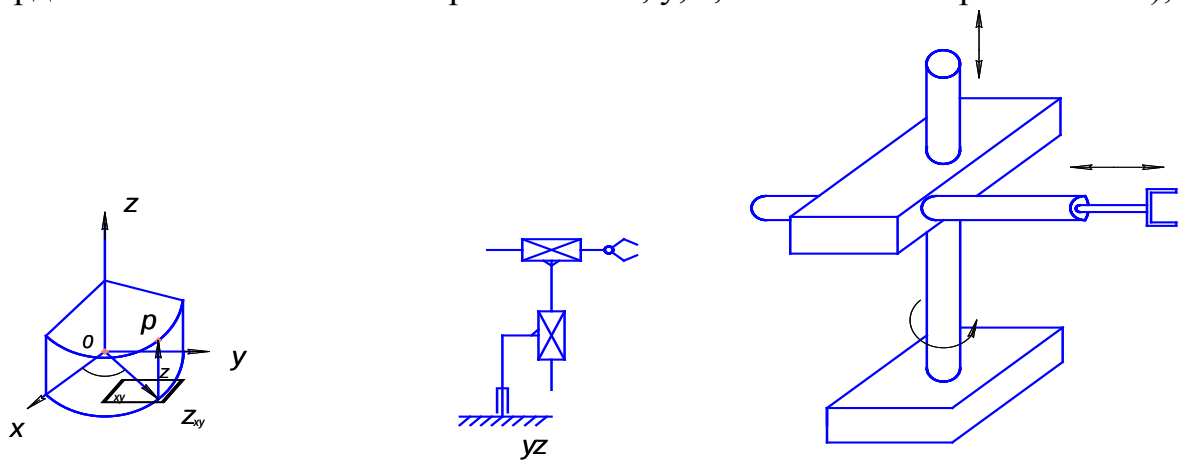


Рис. 2.18

- сферические (полярные), где перемещения объекта манипулирования в пространстве осуществляются за счёт линейного движения руки ПР на величину Z и её угловых перемещений φ и Q в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;

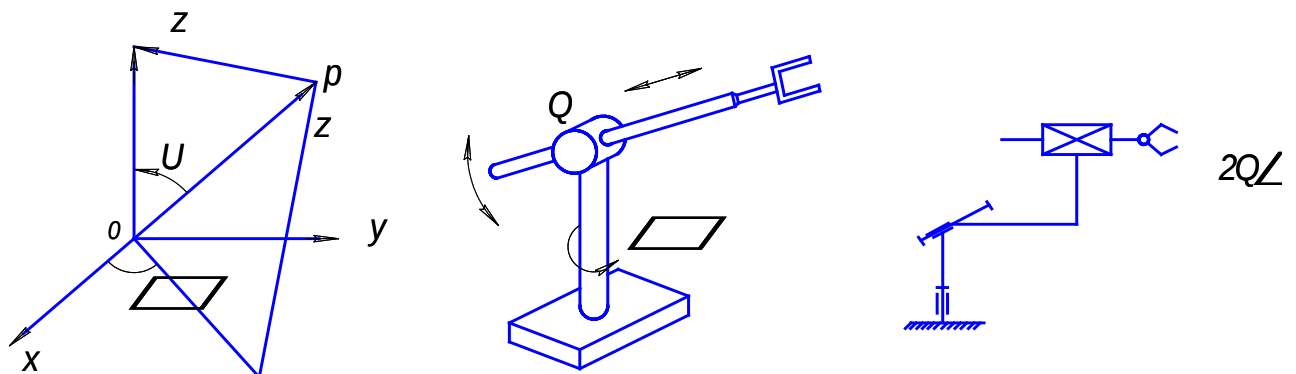


Рис. 2.19

- разновидностью криволинейной системы является ангулярная (угловая) плоская или пространственная (цилиндрическая и сферическая) система координат, характерная для движений многозвенных шарнирных рук ПР и М;

В ангулярной плоской системе координат объект манипулирования перемещается в координатной плоскости благодаря относительным поворотам звеньев руки, имеющим постоянную длину.

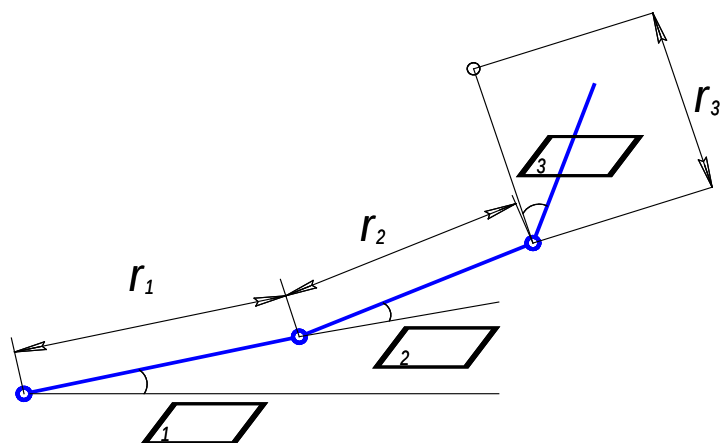
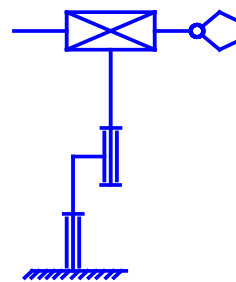


Рис. 2.20



Ангулярная цилиндрическая система характеризуется дополнительным смещением относительно основной координатной плоскости в направлении перпендикулярной к ней координаты Z .

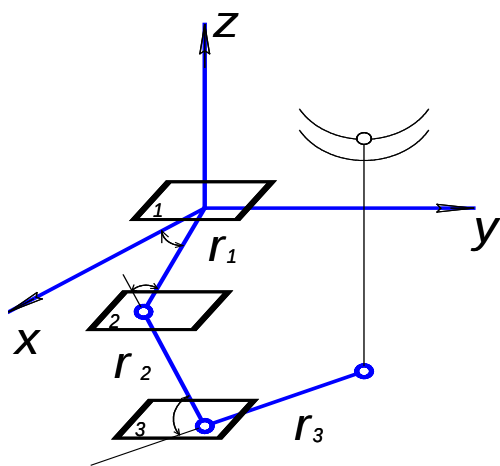
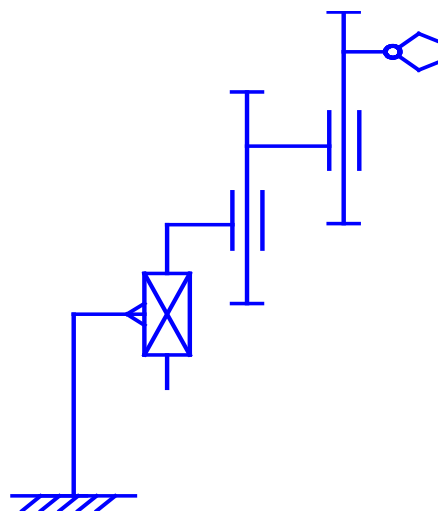


Рис. 2.21



В ангулярной сферической системе координат перемещение объекта в пространстве происходит только за счёт относительных угловых поворотов звеньев руки, при этом хотя бы одно звено имеет возможность поворота на углы φ_2 и φ_1 в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

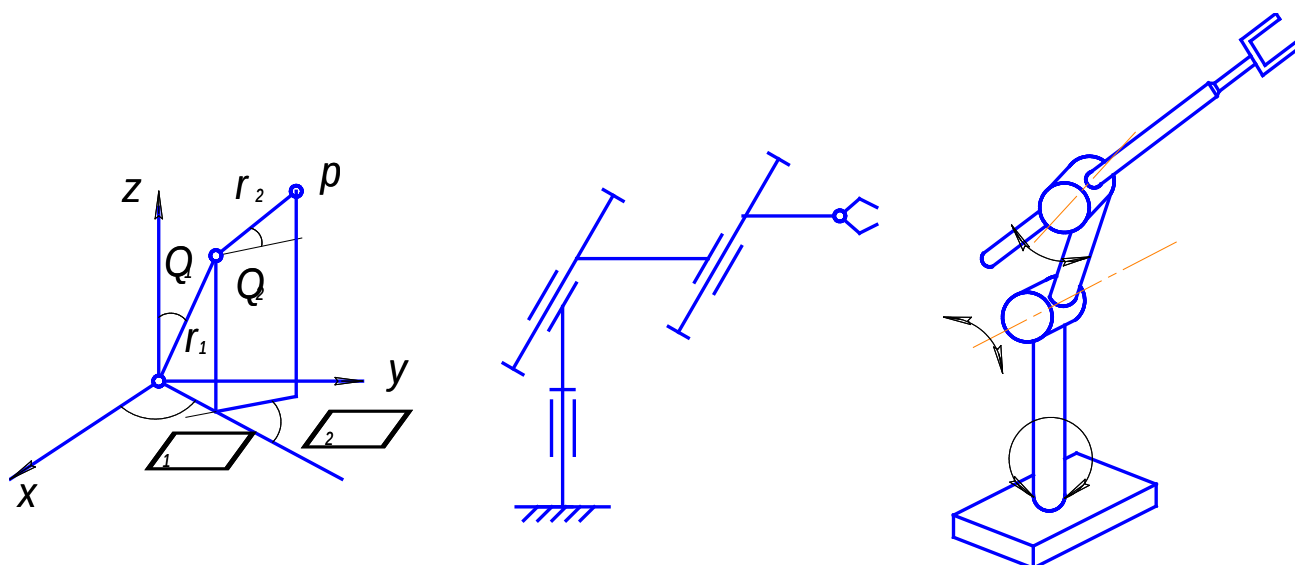


Рис. 2.22

3. Структура и основные технические характеристики промышленных роботов

3.1. Структура промышленных роботов

Механическая система манипулятора (МС)

Обеспечивает выполнение двигательных функций технологического назначения ПР, часто называемого манипулятором. МС представляет собой пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью со многими степенями свободы. Конструктивно МС состоит из следующих основных узлов: схват I, кисть II, рука III, стол IV, станина (каретка) V.

Пространственная разомкнутая кинематическая цепь может быть подразделена на три подсистемы по функциональному назначению и степеням подвижности: 1 – основание (стол-станина, каретка); 2 – механическая рука; 3 – кисть со схватом.

Числом степеней подвижности W кинематической цепи называют число степеней свободы кинематической цепи относительно звена, принятого за неподвижное.

Число степеней подвижности определяют по формуле Сомова-Малышева: $W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1$; где n – число подвижных звеньев кинематической цепи; p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 – число кинематических пар соответственно I, II, III, IV и V классов.

Для плоских механизмов $W_{пл} = 3n - 2p_5 - p_4$.

В большинстве конструкций ПР нашли применения кинематические пары V класса – вращательные или поступательные, обеспечивающие одну степень свободы в относительном движении каждого из двух подвижно соединённых звеньев.

Для кинематической цепи, образованной только парами V класса
 $W=6n-5p_5$; $W_{пл}=3n-2p_5$.

В кинематических цепях, к которым относятся кинематические системы ПР и МС, число n подвижных звеньев всегда равно числу пар: $n=p_1+p_2+p_4+p_5$. Подставив n – в формулу Сомова = Малышева получим окончательно: $W=p_5+2p_4+3p_3+4p_2+5p_1$.

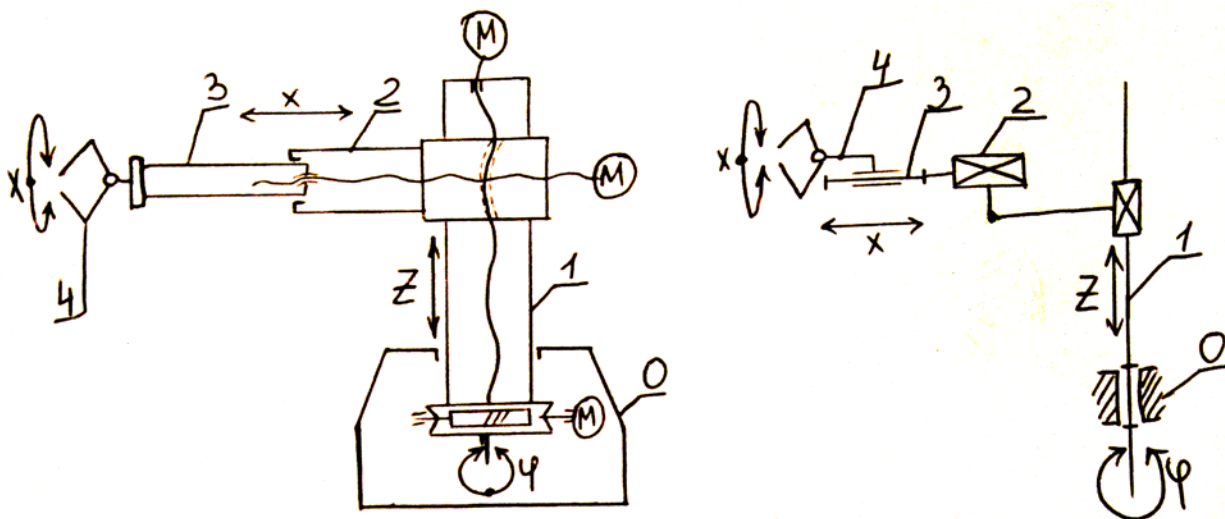


Рис. 3.1

Механическая система ПР “Версатран” содержит стойку O, четыре подвижных звена 1-4. Тогда число степеней подвижности $W=6n-5p_5=6 \times 4-5 \times 4=4$ или $W=4$ (рис 3.1).

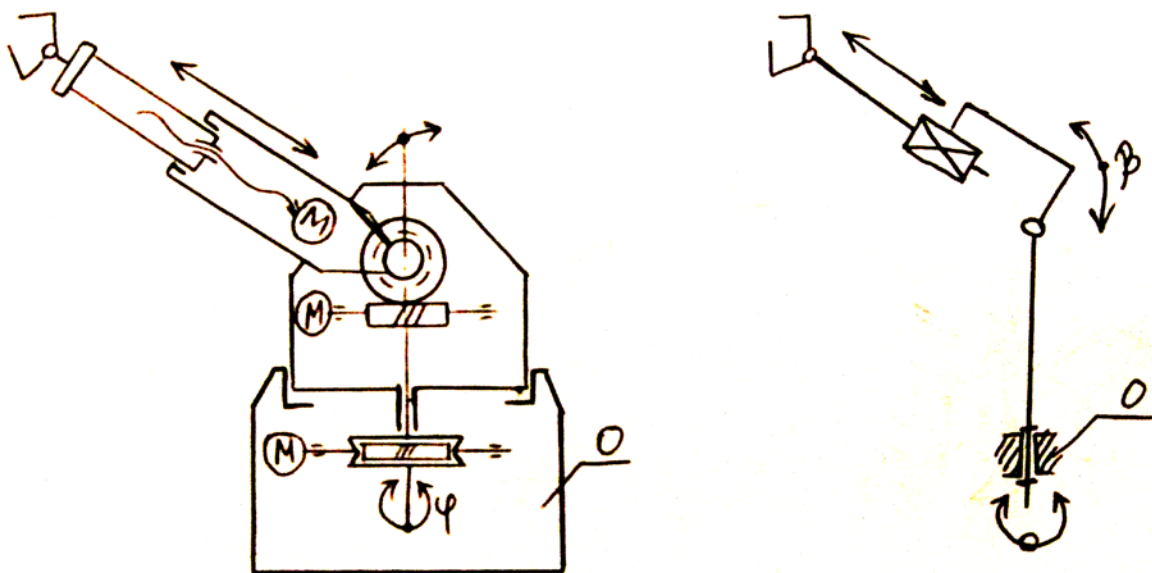


Рис. 3.2

Кинематическая цепь манипулятора “Юнимейт” имеет стойку O, три подвижных звена 1-3 (рис. 3.2).
 $W=6n-5p_5=6 \times 3-5 \times 3=3$.

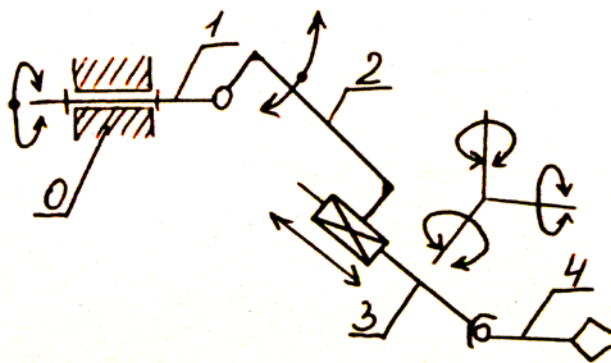


Рис. 3.3

Шаровой шарнир имеется в кинематической цепи манипулятора ПР “Мастер- слейв” , состоит из стойки О , четырёх подвижных звеньев 1-4, двух цилиндрических шарниров, одной поступательной пары и одного шарового шарнира.
 $W=6n-5p_5-3p_3=6\times 4-5\times 3-3\times 1=6$. Все шесть подвижностей обозначены на схеме стрелками (рис. 3.3).

Система программного управления (СПУ) предназначена для программирования, сохранения управляющей программы, её воспроизведения и обработки. Управление роботом осуществляется на основании программы его работы.

Информационная система (ИС) обеспечивает сбор, первичную обработку и передачу в систему управления данных о функционировании грузов и механизмов ПР (в том числе и блоков системы управления) и о состоянии внешней среды.

Информационное обеспечение работы ПР складывается из трёх последовательно реализуемых этапов(фаз): 1)захват объекта манипулирование; 2) его перемещение в пространстве(транспортирование); 3) ”терминал”. Последняя фаза может преследовать три основные цели: достижение конечного положения и ориентация объекта манипулирования относительно других объектов в рабочем пространстве; получение надёжного контакта(взаимосвязи) объекта манипулирования либо конечного звена ПР с какими-либо объектами внешней среды ; обеспечение на конечном звене ПР усилий или моментов, достаточных для выполнения производственных операций.

3.2. Основные технические характеристики промышленных роботов

1. Грузоподъемность руки ПР – наибольшая масса объектов манипулирования (включая массу ЗУ), которые могут перемещаться рукой при заданных условиях (при максимальной или минимальной скорости, при максимальном вылете руки).
2. Число степеней подвижности ПР – сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно опорной системы (стойки, основания) ПР.

Для некоторых типов ПР, применяемых на операциях сборки, опознавания и выборки объектов, дополнительно определяют число степеней подвижности ЗУ, равное числу степеней свободы всех его звеньев, для крепления ЗУ к руке робота.

3. Число рук.
4. Привод: П- пневматический, Г- гидравлический, Э-электрический.
5. Система управления: Ц-цикловая, П-позиционная, К-контурная, У-универсальная, ЭВМ-управление с использованием ЭВМ.
6. Число программируемых координат.
7. Способ программирования перемещений: по упорам, обучение, ЭВМ.
8. Объем памяти системы управления (число команд).
9. Погрешность позиционирования (мм):

отклонения заданной позиции исполнительного органа от фактической при многократном позиционировании (повторений движения). Погрешность позиционирования может оцениваться в линейных или угловых единицах.

10. Наибольший вылет руки R , мм.
11. Линейные перемещения, мм (скорость м/с)

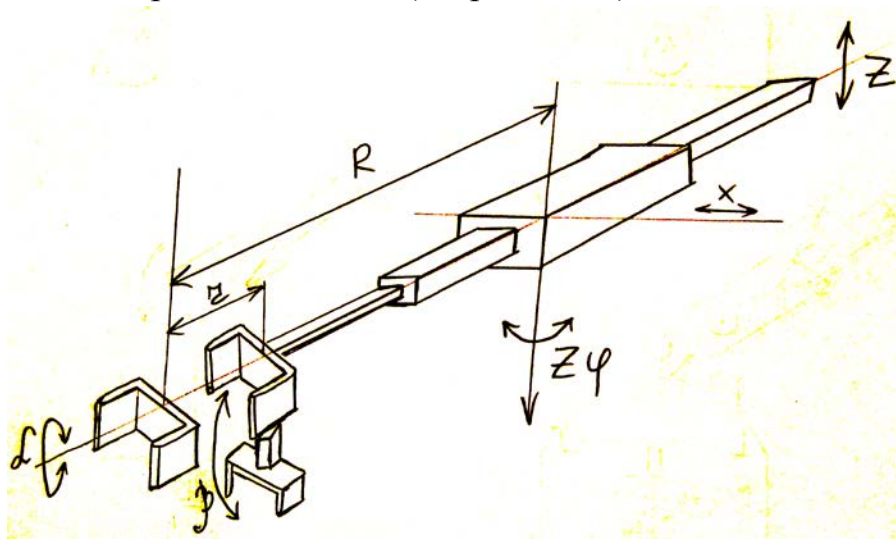


Рис. 3.4

12. Угловые перемещения $^\circ$ (угловая скорость), $^\circ/\text{с}$
13. Габаритные размеры, мм, и масса, кг.
14. Кроме того в технические показатели ПР входят такие понятия, как

Рабочая зона ПР- пространство, в котором при работе может находиться рабочий орган М.

При работе нескольких ПР в качестве характеристики робототехнического комплекса приводится зона совместного обслуживания – часть пространства, в котором перемещения объекта манипулирования могут выполняться несколькими ПР.

Мобильность ПР определяется его возможностью совершать движения. По мобильности роботы подразделяют на две группы:

- 1) стандартные (обеспечивающих ориентирующие и транспортные движения), чередования во времени различных режимов движения;
- 2) супервизорные, когда все части заданных операций выполняются роботом автоматически поэтапно, но переход от одного этапа к другому может

осуществляться только после подачи оператором необходимой целеуказательной команды.

Разновидностью интерактивного управления является диалоговое управление, предполагающее разнообразные формы общения оператора с системой управления (на языках высокого любого уровня, включая подачу команд голосом, текстом и т.п.).

На рис. 3.5 приведена структурная схема ПР, основной элемент конструкции и виды движения рабочих органов.

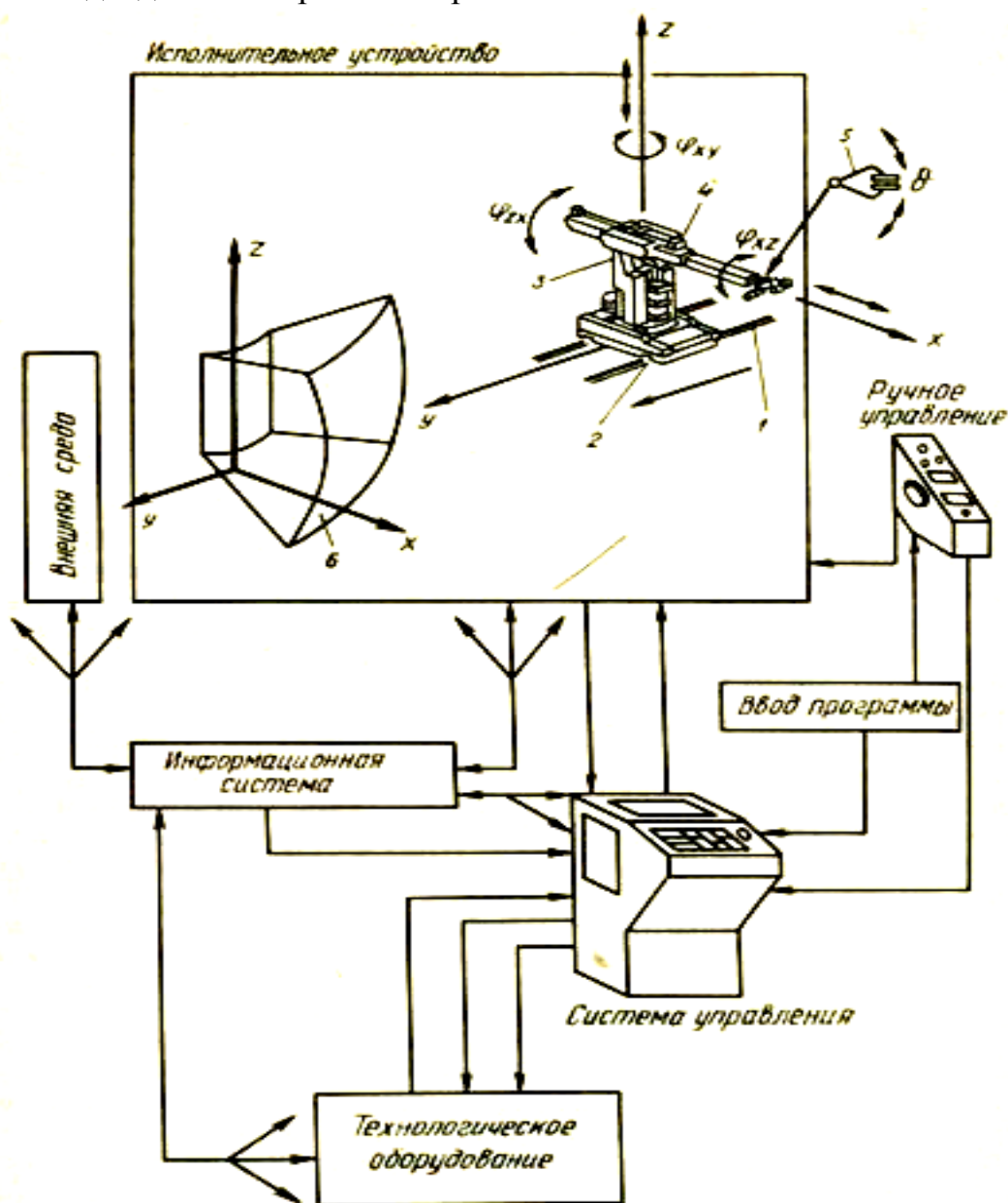


Рис. 3.5. Структурная схема ПР, основные элементы конструкции и виды движений рабочих органов: 1 – трос; 2 – основание; 3 – корпус; 4 – рука; 5 – захватное устройство; 6 – рабочая зона и система координат основных движений ПР; δ – направление движения зажима (захватывания) детали; δ и φ_{xz} – ориентирующие движения; XX , ZZ , φ_{xy} , φ_{xz} – транспортирующие движения; XY , ZX – координатное движение

4. Пример построения управляющей программы робота, работающего в сферической системе координат

Робот, работающий в сферической системе координат (рис. 4.1, табл. 4.1), предназначен для работы в составе роботизированных технологических комплексов для изготовления деталей и сборки изделий. Робот состоит из следующих составных частей:

- манипулятора с системой управления;
- блока питания.
- кабельной линии связи.

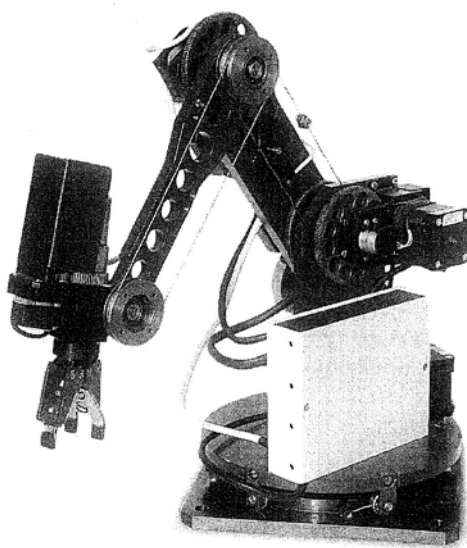


Рис. 4.1. Учебный робот со сферической системой координат

Робот управляется от СОМ-порта. Имеет пять (Основание, Плечо, Локоть, Кисть, Поворот кисти) степеней свободы + схват, которые приводятся от шаговых двигателей (рис. 4.2).

В манипуляторе используются 5-т шаговых двигателей (ШД) - во всех осях, кроме схвата, а в приводе схвата установлен коллекторный двигатель постоянного тока (Д).

Протокол обмена информацией между управляющей ПЭВМ и манипулятором

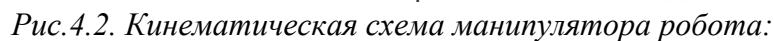
Обмен информацией осуществляется через интерфейс RS232.

- Некоторые дополнительные данные:

- для двигателей основания, плеча, локтя - 16,6 шагов/градус

для двигателей кисти: наклон - 300 шагов/90 градусов, вращение - 750 шагов/90 градусов.

Кинематическая схема манипулятора приведена на рис.4.2, на рис. 4.3 показан общий вид манипулятора робота.



23

Робот не имеет обратной связи, поэтому при встрече сопротивления одной из осей координат робота, превышающего расчетную величину, происходит потеря положения по всем координатам (потеря управляющих импульсов). Дальнейшая работа робота не даст желаемого результата, необходимо вывести в ноль все оси робота и разжать схват, если он находится в положении сжатия.

Таблица 4.1

Основные технические характеристики мини-робота	
• количество степеней свободы	5+ схват
• максимальный вылет кисти, мм	420
• углы поворота звеньев, град: - основание (координата W) - плечо (координата F) - локоть (координата Z) - наклон кисти (координата Y) - поворот кисти (координата X)	± 150 минус 5-130 минус 30-130 минус 130-50 ± 95
• грузоподъемность при максимальном вылете, г	1000
• величина раскрытия схвата, мм	0-70
• максимальное усилие сжатия схвата, Н	30
• минимальный шаг поворота по осям, град: - основание - плечо - предплечье - наклон кисти - вращение кисти	0,06 0,06 0,06 0,3 0,01
• скорости разворота в степенях подвижности, град/с	14
• погрешность повторяемости позиционирования, мм	не более 1
• тип интерфейса	RS232
• питание	сеть 220В, 50Гц
• максимальная мощность потребления, Вт	70
• время непрерывной работы, ч	не более 8
• диапазон рабочих температур, °С	$\pm 15-35$

Система управления выполнена без обратных связей по угловому положению осей манипулятора, что возможно только при использовании шаговых двигателей.

Однако при таком принципе управления необходимо в начальный момент времени (включение питания) каким-то образом задавать начальное положение осей, относительно которого далее происходит подсчет шагов каждого шагового двигателя. Для этого в каждой оси манипулятора находятся потенциометрические датчики угла типа СП5-21, установленные на осях звеньев манипулятора и обеспечивающие грубое приведение осей манипулятора в начальное положение. Для точного приведения осей (с точностью до одного шага двигателя) ис-

пользуются щелевые оптроны, установленные непосредственно на осях приводных шаговых двигателей, за исключением оси поворота кисти.

Процесс приведения в исходное состояние по каждой оси состоит из следующих этапов:

- определение направления движения по потенциометрическому датчику;
- приведение «грубо» по потенциометрическому датчику угла в требуемую зону с погрешностью до одного оборота шагового двигателя;
- продолжение движения в заданном направлении до возникновения сигнала с выхода щелевого оптрона.

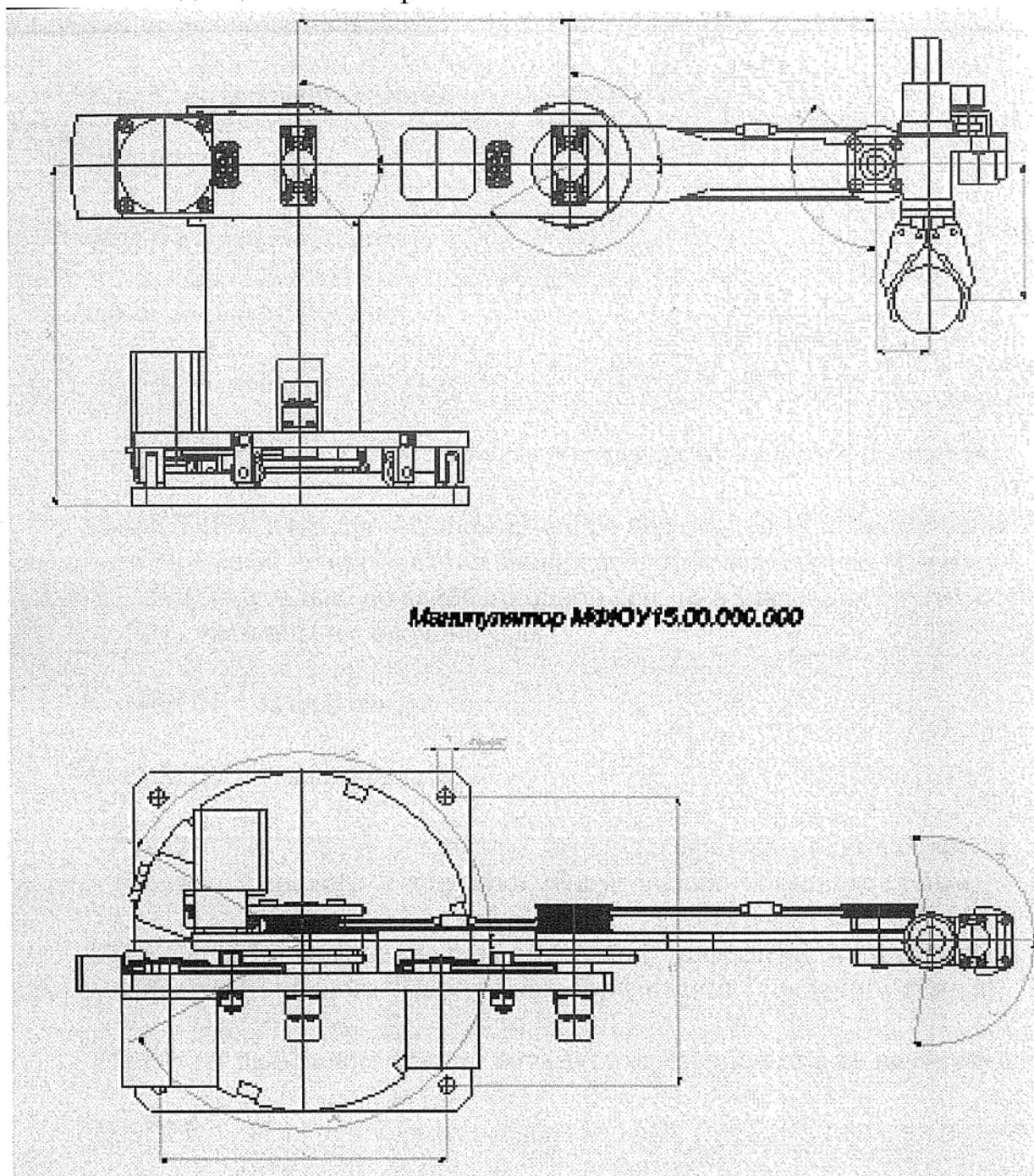


Рис. 4.3. Общий вид манипулятора робота

Система команд робота

Файл программы робота должен содержать следующие строки:

Первая строка файла программы:

START

Последняя строка файла программы:

END

Команды перемещения робота:

GotoX n - вращение зажима

GotoY n - наклон кисти

GotoZ n - наклон локтя

GotoF n - наклон плеча

GotoW n - поворот основания

– где n - абсолютное значение угла в градусах от нулевого положения.

GotoXYZFW n n n n n - одновременное перемещение по нескольким осям. Особенностью использования данной функции является то, что если задается движение только по какой-то одной оси, то в значениях других осей должны быть указаны их текущие углы.

LockerON - зажим схвата

LockerOFF - разжим схвата

SFLockerON - включение зажима детали на фрезерном станке (время зажима берется из диалога "Настройки оборудования" токарного станка).

SFLockerOFF - включение разжима детали на фрезерном станке (время разжима берется из диалога "Настройки оборудования" токарного станка).

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

PointHV h v - перемещение в точку по горизонтали h mm, по вертикали v mm. В нулевом положении отсчитывается от пересечения вертикальной оси робота с основанием. Изначально робот находится в положении $V = LZ$ (мм), $H = LF + DZ$ (мм)(см. Настройки робота);

Point N - перемещение в фиксированную точку. Параметры фиксированных точек настраиваются в меню Робот -> Фиксированные точки.

Команды можно вводить как в верхнем, так и в нижнем регистре.

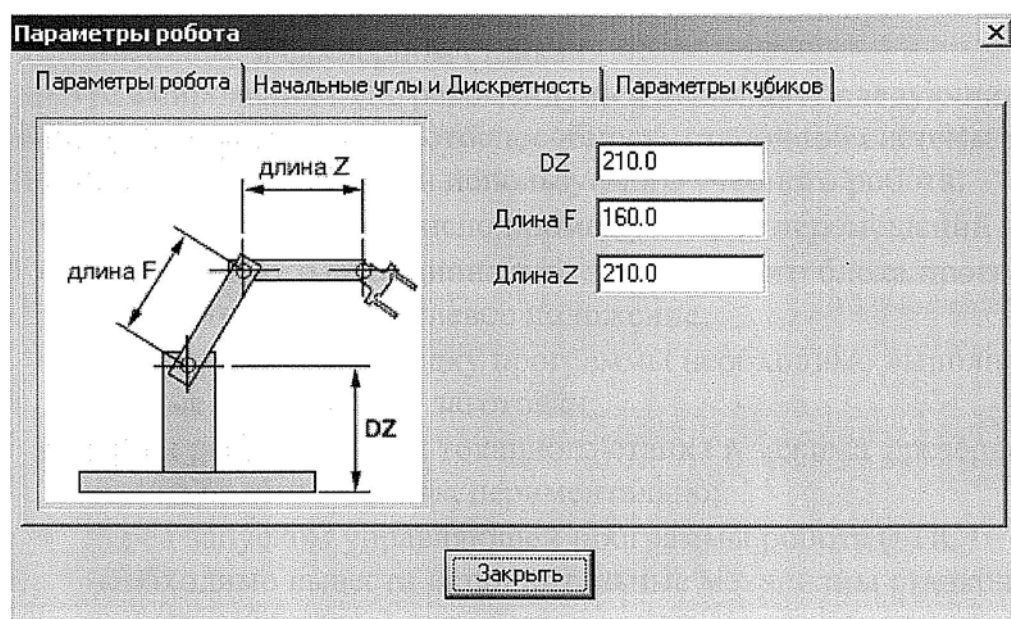


Рис. 4.4

Программирование гибкой производственной системы (ГПС) рассматривается на примере станочной системы с минимальным для ГПС составом: токарный и сверлильно-фрезерный станки с компьютерным управлением, электромеханический робот с компьютерным управлением и стеллаж-накопитель заготовок.

Токарный станок имеет управляемый привод главного движения, два одновременно управляемых привода подачи, автоматизированный привод пиноли задней бабки.

Сверлильно-фрезерный станок имеет управляемый привод главного движения, три одновременно управляемых привода подачи, автоматизированное зажимное устройство.

Робот имеет пять степеней свободы и работает в ангулярной системе координат.

Управление выполняется от персонального компьютера и связанных между собой блоков управления станков и робота.

Цилиндрические заготовки, которые должны пройти обработку на токарном и фрезерном станках, устанавливаются роботом на ось центров токарного станка и затем поджимаются к переднему центру задним центром. Крутящий момент на заготовку передается за счет рифлений на торце оправки переднего центра. На фрезерный станок заготовка устанавливается в зажимное приспособление с автоматизированным приводом.

Перед началом программирования ГПС в режиме обучения системы необходимо:

- проверить настройки дискретности в модуле "Робот";
- выполнить технологическое диагностирование, проверить виртуально и реально отработку управляющих программ на токарном и фрезерном станках.

При программировании ГПС рекомендуется выполнять следующие правила, обеспечивающие работоспособность станочной системы и обусловленные особенностями используемого учебного робота:

- свести к минимуму число промежуточных перемещений робота;
- после каждого функционально завершённого блока программы вывести робот в нулевое положение;
- формирование и отладку программы необходимо выполнять в режиме обучения без заготовки;
- время работы пиноли токарного станка и зажима фрезерного станка подбираются экспериментально;
- перед запуском управляющей программы робота (ГПС) необходимо вывести исполнительные механизмы станков в исходное (нулевое) положение;
- перед запуском ГПС необходимо проверить работоспособность станков в ручном режиме.

Структура одного из типичных циклов обслуживания станков, которые можно реализовать при указанной комплектации станочной системы, заключается в следующем:

- выполняется проверка положения рабочих органов станка;
- выполняется передача управления роботу;
- выполняется разжим схвата робота;
- робот из исходной позиции, выполняя последовательно движения по осям, устанавливает схват так, чтобы он охватил заготовку, находящуюся в стеллаже - накопителе;
- выполняется зажим заготовки схватом робота;
- робот, выполняя последовательно движения по осям, переносит заготовку из накопителя в положение, соосное оси центров токарного станка;
- передача управления токарному станку;
- автоматизированное перемещение пиноли задней бабки на поджим заготовки к переднему рифленому центру (поводку), дополнительный поджим пиноли вручную, зажим пиноли вручную для надежного, с точки зрения безопасности, закрепления заготовки в центрах станка;
- передача управления роботу, **который выполняет разжим схвата и устанавливается в исходное положение;**
- передача управления токарному станку;

- в запрограммированную паузу включается вращение шпинделя станка (для безопасности включение выполняется вручную после надежного закрепления заготовки); величина паузы определяется при отладке управляющей программы. Рекомендуется вначале сделать паузу – 1 минута, а потом, при желании уменьшить цикл обслуживания станка, можно ее уменьшить, изменив ее значение в управляющей программе;

- выполнение управляющей программы обработки заготовки на токарном станке;

- после окончания обработки суппорты станка перемещаются в положение, удобное для смены заготовки (в ноль станка - фиксированную точку станка);

- передача управления роботу;

- робот схватом охватывает обработанную заготовку и зажимает схват;

- передача управления токарному станку;

- выключение шпинделя в запрограммированную паузу (вручную);

- производится разжим пиноли, ослабление маховичком пиноли натяга, автоматизированный отвод пиноли задней бабки (разжим заготовки);

- передача управления роботу;

- робот переносит заготовку в зажимное приспособление сверлильно-фрезерного станка;

- передача управления фрезерному станку;

- выполняется зажим заготовки;

- передача управления роботу;

- робот разжимает схват и устанавливается по всем управляемым осям в нулевое положение;

- **передача управления фрезерному станку** и ручное включение **шпинделя**, выполнение управляющей программы обработки детали на фрезерном станке;

- передача управления роботу;

- подвод схвата робота к зажатой заготовке;

- зажим заготовки схватом;

- передача управления фрезерному станку, выключение шпинделя вручную;

- разжим зажимного приспособления

- передача управления роботу;

- снятие заготовки со станка;

- выход робота в исходное (нулевое) положение;

- установка заготовки в стеллаж-накопитель;

- разжим заготовки схватом;

- выход робота в нулевое положение.

Фрагмент управляющей программы для ГПС (комментарии к кадрам управляющей программы указываются через ;) выглядит следующим образом:

```
; команда начала программы
START
; вывод робота в начальное положение
GotoNull
; разжим схвата
LockerOFF
; вывод робота к складу заготовок
GotoXYZFW 0 0 -50 0 0
GotoXYZFW 0 0 -50 0-135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -135
GotoXYZFW 90 0 -10 55 -135
; зажим схвата
LockerON
; установка заготовки на токарный станок
GotoXYZFW 90 0 -10 45 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 45 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -135
GotoXYZFW 90 0 -50 0 -45
GotoXYZFW 90 0 -50 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -50 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -53 35 -45
GotoXYZFW 90 -30 -53 50 -45
GotoXYZFW 87 -30 -53 50 -45
GotoXYZFW 87 -30 -53 50 -46
GotoXYZFW 90 -30 -53 50 -46
; включение пиноли токарного станка на 35 сек.
STLON35
; разжим схвата
LockerOFF
; вывод робота в начальное положение
GotoXYZFW 90 -30 -53 0 -46
GotoXYZFW 90 -30 -53 0 0
GotoNull
```

Библиографический список

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975
2. Волчкевич, Л. И. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие для вузов по направлению «Технолог. машины и оборудование» специальности «Проектирование технических и технолог. комплексов» / Л. И. Волчкевич. - М.: Машиностроение, 2005.- 379с.
3. Корсаков, В. С. Автоматизация производственных процессов: учебник для вузов / В. С. Корсаков. – М.: Высш. шк., 1978. – 295 с.
4. Промышленные роботы в машиностроении: альбом схем и чертежей: учеб. пособие для машиностроит. вузов, / Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М: Машиностроение, 1987. – 140 с.
5. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов по специальности «Технология машиностроения» направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / А. Г. Схиртладзе, В. Н. Воронов, В. П. Борискин. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 599 с.
6. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов по специальности «Технология машиностроения»: в 2 т. Т. 1/ А. Г. Схиртладзе, В. Н. Воронов, В. П. Борискин. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. – 146 с.
7. Тарабарин, В. Б. Промышленные роботы и манипуляторы/ В. Б. Тарабарин// Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. - №5. – С. 17-23; №6. – С. 30-37 .

Содержание

Введение	3
1. Основные термины, определения и классификация промышленных роботов	4
2. Структура и классификация механизмов	8
2.1. Основные понятия и определения	8
2.2. Кинематические пары	10
3. Структура и основные технические характеристики промышленных роботов	17
3.1. Структура промышленных роботов	17
3.2. Основные технические характеристики промышленных роботов	19
4. Пример построения управляющей программы робота, работающего в сферической системе координат	22
Библиографический список	31

Подписано в печать 23.06.2014.	Усл. печ. л. 1,94	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №	.

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6