Учреждение образования «Витебский государственный
университет им. П.М. Машерова»
Кафедра инженерной физики

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОСНОВЫ РОБОТЕХНИКИ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Автор составитель – к.т.н. Краснобаев Е.А.

Репозиторий ВГУ

Витебск
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2012

Содержание

ЛЕКЦИЯ 1. Введение 3
ЛЕКЦИЯ 2. Структура и устройство промышленных роботов. 14
ЛЕКЦИЯ 3. Промышленные роботы и их классификация. 26
ЛЕКЦИЯ 4. Приводы промышленных роботов. 37
ЛЕКЦИЯ 5. Системы программного управления промышленных роботов. 43
ЛЕКЦИЯ 6. Информационные системы роботов. 57
ЛЕКЦИЯ 7. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы. 66
ЛЕКЦИЯ 8. Захватные устройства промышленных роботов. 72
ЛЕКЦИЯ 9. Роботизированные технологические комплексы в машиностроении 80
ЛЕКЦИЯ 10. Принципы проектирования промышленных роботов. 97
Литература 101

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 1. Введение

Робототехника – область науки и техники, ориентированная на создание роботов и робототехнических систем, предназначенных для автоматизации сложных технологических процессов и операций, в том числе, выполняемых в недетерминированных условиях, для замены человека при выполнении тяжелых, утомительных и опасных работ.

Объектами профессиональной деятельности являются роботы и робототехнические системы как промышленного, так и непромышленного назначения, а также необходимое программно-алгоритмическое обеспечение для управления такими системами, их проектирования и эксплуатации.

1. Краткая история робототехники.

Основной причиной, заставляющей человека развивать новые сферы науки и техники, является присущее ему с давних пор стремление улучшить свою жизнь и возможности во взаимодействии с внешней средой. Характер такого взаимодействия весьма разнообразен и может быть не только трудным, но и физически непосильным. Поэтому с незапамятных времен люди мечтали изобрести различные инструменты, механизмы, машины с целью облегчения своего труда, повышения качества и производительности.

Вначале это были мечты, существовавшие в мифах, сказках, преданиях. Известен, например, древнегреческий миф о создании богом огня Гефестом двух рабынь из золота, прислуживающих ему, а также золотых треножников, выполнявших простейшие команды типа: принести, подать, унести. При раскопках гробниц фараонов археологи обнаруживали усыпальницы детей, где были найдены куклы с подвижными руками и ногами. Это первое свидетельство о стремлении людей сотворить искусственного человека.

По мере развития цивилизации мечты начали воплощаться в такие технические решения, как различные механизмы и машины, автоматы для открывания дверей храмов, автоматы для продажи «святой» воды и т.п. В 16 в. до н.э. римский император Витрувий сформулировал следующее определение машины: «машина есть взаимосвязанное соединение деревянных частей, обеспечивающее наибольшую выгоду при поднятии тяжестей. Она приводится в действие искусственно». Первые автоматы, использующие энергию воды и воздуха, были описаны Героном Александрийским в работе «Пневматика» около 120 лет до нашей эры. Он же написал первую книгу «Механические проблемы». В 1500 г. Леонардо де Винчи создал механического льва, который при въезде короля в город открывал герб Франции.

С течением времени механизмы совершенствовались, на основе различных механизмов делаются попытки создания не только человекоподобных автоматов, но и моделей животных и птиц. Известна, например, искусственная утка французского механика Жака Вокансона (1736 г.), которая подобно живой могла прыгать, плескаться в воде, крякать, клевать и даже переваривать пищу при помощи скрытых внутри нее химических веществ. Известны автоматы швейцарского часовщика Жаке-

Репозиторий ВГУ

Дроза «Писец», умеющий писать, и «Флейтист», умеющий играть 11 мелодий. В 1827 г. В Санкт-Петербурге демонстрировался «Храм очарований или механический, физический и оптический кабинеты». Чудеса начинались с лестницы – искусственная женщина начинает играть на валторне, если кто-то заходит на площадку. У входа в зал кланялись механические слуги. Если кто-то садился на диван – слуга-автомат выносил поднос с напитками.

Создание механических автоматов потребовало от человека знания законов механики и позволило определить основные функциональные элементы самодействующей техники: движитель, механизм взаимодействия, рабочий инструмент, пусковое устройство. Появилось обоснованное представление о системе как совокупности элементов, которые находятся во взаимосвязи друг с другом, влияют друг на друга и на систему в целом.

Механизм любой машины состоит не из одного, а из нескольких тел, соединенных между собой так, чтобы движения рабочих органов машин было определенными. Каждые два звена (элементарные составляющие) механизма, сочлененные друг с другом, образуют кинематическую пару. Пары различаются формой и количеством связей, наложенных на сочлененные ими звенья. В пространственном движении тело имеет шесть степеней свободы и, следовательно, для придания движению определенности нужно наложить на него пять связей. Такое количество связей могут наложить шарнир, ползун, винт-гайка. Три степени свободы разрешает и, следовательно, накладывает три связи, сферический шарнир.

Кинематической цепью называется последовательность связанных попарно звеньев. Механизм можно образовать не только из замкнутой кинематической цепи, но и из разомкнутой, примером является манипулятор и его прообраз – человеческая рука. С точки зрения механики рука представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, состоящую из ряда звеньев (костей), связанных между собой кинематическими парами (суставами).

Существуют механизмы с несколькими ведущими звеньями, в общем случае число ведущих звеньев может совпадать с числом степеней свободы механизма. Таким образом, механизмом называется такая кинематическая цепь, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев относительно любого из них все остальные совершают однозначно определяемые движения.

Каждый механизм должен иметь возможность передавать и преобразовывать движение и работу так, чтобы на выходе они приобретали необходимые кинематические и динамические параметры. После того, как построена кинематическая цепь, необходимо определить скорость и ускорение движения всех точек, которые могут интересовать конструктора, а также угловые скорости и ускорения звеньев. Полученные величины позволяют определить передаточные отношения соответствующих механизмов. Противоположная задача - построение механизма по заданным условиям его работы – является принципиально иной: она многозначна. Для решения одной и той же кинематической задачи можно применить

Репозиторий БГУ

различные механизмы, которые могут содержать и разные кинематические пары.

Во времена И.Ньютона и Л.Эйлера были открыты силы взаимодействия. Они являются причиной изменения скоростей движения тел, их формы, состояния, состава и пр. Исчезновение сил равнозначно исчезновению реальных объектов. Силы пропорциональны ускорениям. Работа, произведенная источником энергии, передается на ведущее звено, а затем и на ведомое, к которому приложена технологическая нагрузка. Кроме нагрузки есть еще силы вредного сопротивления, например, силы трения. Каждое звено и механизм должны удовлетворять условиям прочности. Упругость, а также некоторые характерные особенности кинематических пар, соединяющих звенья, вносят в движение еще одну неопределенность, которую нельзя недооценивать. Речь идет о механических колебаниях, которые возникают в процессе работы. Колебания могут снизить точность исполнения операций, поэтому их необходимо гасить.

В XVII-XVIII веках механические автоматы создавались на основе часовых механизмов, в XIX веке на основе паровых двигателей, а с первой половины XX века на базе электромеханических и электронных устройств. Но самые совершенные орудия труда пришли на помощь человеку с открытием явления обратной связи и познанием его основных закономерностей. Первая конструкция автоматического регулятора появилась в 1510 году (регулятор подачи зерна на водяных мельницах), в 1760 г. И.П.Ползунов разработал регулятор уровня, в 1784 г. Джеймс Уатт получил патент на регулятор скорости оборотов. Таким образом, первые попытки введения обратной связи в механических системах были сделаны в XVI-XVIII веках.

Обратная связь – это воздействие результатов функционирования какой-либо системы (объекта) на характер этого функционирования. Подробно свойства обратной связи были изучены Христианом Гюйгенсом в 1657 году. Он исследовал обычные пружинные часы с маятником, выяснив, как зависит ход часов от длины, положения массы маятника.

Обратная связь позволила создать сервомеханизмы. Основная функция сервомеханизма заключается в создании переменного выходного сигнала той же переменной формы, какой обладает и переменный входной сигнал с тем условиям, что энергия, связанная с выходным сигналом, должна заимствоваться из местного источника, а не поставляться непосредственно входным сигналом. Таким образом, сервопривод является усилителем с обратной связью, в котором причина, приводящая систему в действие, зависит от разности выходного и входного сигнала.

Работа машин и механизмов с обратной связью поддается точному описанию и расчету. Занимается этим особое направление науки – теория автоматического регулирования.

IX век, Багдад. Ученый звездочет Аль-Хорезми по приказу халифа пишет книгу, в которой учит как делить наследство. Чтобы было понятно, он ввел цифровое исчисление, которым мы пользуемся до сих пор. Но

Репозиторий БГУ

существуют и другие системы счисления, в которых основанием является не 10, а какое-либо другое число, например, 2 (двоичная система), 8 (восьмеричная), 16. Изобретение двоичной системы история приписывает китайскому императору Фо Ги, жившему 3400 лет до нашей эры.

Появление различных систем счисления привела к необходимости механизации счета. С этой целью были созданы китайские и отечественные счеты. Около 1300 г. каталонский философ Р.Лулль предложил схему логической машины, примерно в 1660 г. Шиккард (профессор Тюбингенского университета) изобрел первую счетную машину. Затем Г.Лейбниц (1647-1716), один из основоположников современной математики, создал счетную машину, на которой можно было производить все четыре арифметических действия. Г.Лейбниц разработал основы математики не только непрерывных, но и дискретных процессов.

С целью более глубокого познания свойств окружающего мира изобретались приборы и устройства, расширяющие не только физические, но информационные возможности людей. В середине 40-х годов XX века появились первые успехи в создании и развитии устройств микроэлектроники. А в середине XX века появился новый класс машин - электронные вычислительные машины, усиливающие интеллектуальные возможности человека.

Основное правило, по которому производятся вычисления в ЭВМ, - это последовательность выполнения элементарных логических операций. Сложная задача, решаемая на ЭВМ, расчленяется на отдельные простейшие логические операции, выполнение которых происходит в простых электронных устройствах – ячейках. Первые методы перевода математических действий на язык командных вычислительных машин были предложены Дж.Фон Нейманом. Это привело к созданию стандартных схем и цепей для построения машинных входов. В последующем менялась лишь элементная база.

Бурное развитие микроэлектроники позволило резко сократить стоимость и массово -габаритные характеристики электронных схем, способных выполнять сложные математические и логические операции, повысить их быстродействие и надежность работы в тяжелых условиях. К началу 60-х годов независимо друг от друга были созданы дешевые и быстродействующие мини- и микроЭВМ, весьма развитая телевизионная аппаратура и большое количество датчиков. В результате этого появилась возможность легко встраивать вычислительные устройства в самые различные машины и приборы. К числу устройств микроэлектроники, работающих совместно с механическими системами машин, наиболее часто относят интегральные схемы, большие и сверхбольшие интегральные схемы, а также другие микроминиатюрные приборы. Главную роль играют программируемые интегральные схемы, среди которых видное место занимают микроминиатюрные вычислительные устройства – микропроцессоры.

Репозиторий БГУ

С древних времен человек погружен в мир информации. Слово «информация» происходит от латинского «informatio», что означает разъяснение, изложение. Когда-то это слово обозначало сведения, передаваемые устно, письмом, или каким либо другим способом (дым костров в Древней Греции, сигнальные флаги на кораблях и т.п.). В 1928 г. Р.Хартли впервые ввел понятие информации в науку. В наше время информацию передают телефон, радио, телевидение, книги, газеты и т.п.

Процесс передачи информации почти всегда связан с проблемой кодирования ее в месте передачи и декодирования в месте приема. Теоретическая ветвь развития машинного языка вырастает из работ английского математика Дж.Буля (1815-1864), создавшего алгебру высказываний. С помощью булевой алгебры можно анализировать работу рефлекторных автоматов и осуществлять их системотехническое решение.

Бистабильные элементы связаны с применением принципа «да-нет» и развитием теории электрических контактных схем. Возможность синтеза структуры позволила творчески подойти к созданию автоматов. К абстрактному конечному автомату оказалось удобным применить и еще одну абстракцию в виде черного ящика, имеющего конечное число дискретных внутренних состояний, входов, выходов. Для логико-математического описания черного ящика была предложена совокупность правил, определяющих переход из одного состояния в другое, а также его выход в любой момент времени. Такая совокупность правил была названа алгоритмом, а дисциплина, изучающая их, - теорией алгоритмов.

Прямой аналог системы, которая реализовывала бы универсальный алгоритм, виделся в образе человеческого мозга. В 1943 г. У.Мак-Калон и У.Питс (массачусетский технологический институт) создали абстрактную модель нейрона, С.К.Клини (Висконсинский университет) доказал теорему о поведении нейронной сети. Рассматривая аналогию между нервной системой, вычислительными машинами и системами автоматического регулирования, ученые развивали теорию алгоритмов, которая затем стала одним из теоретических истоков вычислительной математики.

Для решения различных задач потребовалась разработка разнообразных языков программирования. Многое ученые начали работать в этом направлении. Широко известны Д.Скотт, автор языка программирования ЛИСП, ставшего одним из главных инструментов искусственного интеллекта, А.Н.Колмогоров, предсказавший появления трансляторов (средств машинного перевода с одного языка на другой), А.А.Ляпунов, разработавший операторный метод программирования и другие. Программирование стало научной дисциплиной, изучающей способы реализации алгоритма работы ЭВМ и его записи (на одном из языков программирования) в виде программ.

В 1920 году чешский писатель Карел Чапек пишет пьесу под названием «Россумские универсальные роботы». На Всемирной выставке в 1933 г., открывшейся в Чикаго с целью показать достижения техники за последние 100 лет, был представлен робот, который продевал нитку в иголку. В отделе

Репозиторий БГУ

«медицина» макет мужчины читал лекцию о процессе пищеварения. Во время лекции он расстегивал жилет и показывал часть грудной клетки и живота.

В 1958 г. американская фирма «Пленит корпорейшен оф лансинд» изготовила одну из первых моделей механической руки, названной планоботом. Назначение – загрузка, разгрузка станков. Рука имела 45 программируемых положений кисти и запястья. В 1961 г. фирма «Дженерал электрик» изготовила хардимена (стойкого человека), который мог поднимать и переносить груз до 453,6 кг. В 1962 г. американские фирмы «Юнимейшен инкорпорейтед» и «АМФ Версатран» создали первые промышленные роботы. Наряду с этим появились первые дистанционно управляемые руки – телехирики. В 1970-75 гг. появились мобильные автооператоры с элементами искусственного интеллекта, управляемые от ЭВМ.

Появление в 70-х годах микропроцессорных систем управления позволило снизить стоимость роботов в три раза, сделав рентабельным их массовое внедрение в промышленность. Этому способствовали также следующие объективные предпосылки развития производства:

- рост затрат на рабочую силу;
- насыщение рынка товаров и обострение конкурентной борьбы;
- дефицит рабочих на опасных, тяжелых и монотонных работах;
- неполная загрузка оборудования;
- снижение рождаемости в развитых странах и повышение образовательного уровня;
- необходимость повышения качества продукции, экономии материалов и энергии.

Со времени появления первого промышленного робота прошло три бума роботизации. Первый начался в 1968 г. с применением микропроцессоров для управления роботами и быстро закончился из-за ненадежности и несовершенства роботов первого поколения. Второй бум связан с появлением адаптивных роботов в 1972 г., когда возможности робототехники начали расширяться. Появление в 1980 г. роботов с элементами искусственного интеллекта стало началом третьего бума промышленной робототехники.

Эффективность от применения ПР достигается только при комплексном подходе к созданию и внедрению ПР. Единичное внедрение промышленных роботов – нецелесообразно. Только расширенное применение ПР будет оправдано как технологически, так и экономически и социально. Применение ПР позволяет переходить к многостаночному обслуживанию, а следовательно и к экономии рабочей силы и к работе оборудования в две и три смены. Изменяется также и роль рабочего – он становится более квалифицированным специалистом – наладчиком, оператором.

Применение ПР позволяет решать не только экономические, технические, но и социальные вопросы, особенно в случае необходимости

Репозиторий ВГУ

замены рабочего на участках с вредными условиями труда. Применение роботов позволяет значительно улучшить качество выпускаемой продукции. Качество машины оценивается совокупностью специально подобранных показателей (или критериев), выбор которых определяется ее служебным (функциональным) назначением. Машины нового поколения должны отвечать таким общим критериям, как отношение цена/качество, высокая надежность и безопасность функционирования, гибкость и быстрая реконфигурация при переходе на новое изделие.

К числу современных требований к функциональным и техническим показателям модулей и машин в первую очередь следует отнести:

- выполнение качественно новых служебных и функциональных задач,
- сверхвысокие скорости движения конечного звена машины – ее рабочего органа, что определяет новый уровень производительности технологических комплексов,
- компактность модулей и движущихся систем, миниатюризация конструкций,
- ультрапрецизионные движения модулей с целью реализации новых прецизионных технологий вплоть до микро- и нанотехнологий,
- новые кинематические структуры и конструктивные компоновки многокоординатных машин,
- интеллектуальное поведение систем, функционирующих в изменяющихся и неопределенных внешних средах,
- выполнение пространственных движений по криволинейным траекториям и реализация сложных законов перемещения во времени

По мере развития робототехники появились гибкие производственные систем, обеспечивающие полную автоматизацию технологического цикла. Теоретическую основу робототехники составляют два направления: синтез управляемых механических устройств и управление механическими устройствами с помощью электроники.

В последние годы в робототехнике происходят качественные изменения, основанные на использовании достижений новой науки – мехатроники. Мехатроника – это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями.

2. Терминология в области робототехники

Единого, общепринятого определения современных роботов пока не существует. Однако многие определения похожи друг па друга и в том или ином виде отражают тот факт, что робот активно взаимодействует с внешней средой и проявляет при этом некоторые элементы разумности. Например, в технической литературе можно встретить такое определение: робот - это автономно функционирующая универсальная автоматическая машина, предназначенная для воспроизведения определенных физических,

Репозиторий ВГУ

двигательных и умственных функций человека, наделенная теми или иными средствами обратной связи (слухом, зрением, осязанием и т. п.), а также способностью к обучению и адаптации в процессе активного взаимодействия с окружающей средой.

В настоящее время разработан ряд нормативных документов и руководящих материалов по терминологии в робототехнике: ГОСТ 25686 - 85 "Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения", стандарт СЭВ 5948 -87 "Роботы промышленные. Термины и определения", Технический отчет международной организации стандартизации ИСО 8379 "Манипуляционные промышленные роботы. Словарь", терминология, разработанная комиссией по проблеме "Робототехника и автоматизированное производство" "Теория робототехнических систем. Терминология".

Некоторые термины и определения из терминологии "Теория робототехнических систем. Терминология":

РОБОТОТЕХНИКА - область науки и техники, связанная с созданием, исследованием и применением роботов. Робототехника охватывает вопросы проектирования, программного обеспечения, очувствления роботов, управления ими, а также роботизации промышленности и непромышленной сферы.

РОБОТ - многофункциональная перепрограммируемая машина, для полностью или частичного автоматического выполнения двигательных функций аналогично живым организмам, а также некоторых интеллектуальных функций человека. Под "перепрограммируемостью" понимают возможность замены, коррекции или генерации управляющей программы автоматически или при помощи человека. К роботам не относятся, в частности, автооператоры, а также копирующие манипуляторы и другие машины, управляемые только человеком - оператором.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - робот, предназначенный для выполнения технологических и (или) вспомогательных операций в промышленности.

Различают также в зависимости от специфики применения роботы непромышленного назначения, например, "пожарный робот", "сельскохозяйственный робот", "военный робот" и т.д.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - промышленный робот для выполнения технологических переходов, операций, процессов, оснащенный рабочим или измерительным инструментом.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - промышленный робот для обслуживания технологического оборудования, перемещения объектов, оснащенный захватным устройством.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РОБОТ - робот для выполнения одной операции одного вида.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ РОБОТ - робот для выполнения различных операций одного вида.

Репозиторий ВГУ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РОБОТ - робот для выполнения различных операций различных видов.

ЖЕСТКОПРОГРАММИРУЕМЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого, введенная на этапе программирования, не может быть изменена в процессе работы в зависимости от функционирования робота и (или) контролируемых параметров рабочей среды.

АДАПТИВНЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого может автоматически меняться в процессе работы в зависимости от функционирования робота и (или) контролируемых параметров рабочей среды. Не следует смешивать понятия "адаптивный робот" и "очувствленный робот". Последний, обладая датчиками внешней информации, может не иметь средств автоматического изменения управляющей программы в процессе функционирования.

ИНТЕЛЛЕКТНЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого может полностью или частично формироваться автоматически в соответствии с поставленным заданием и в зависимости от состояния рабочей среды.

МАНИПУЛЯЦИОННЫЙ РОБОТ - робот для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека.

СТАЦИОНАРНЫЙ МАНИПУЛЯЦИОННЫЙ РОБОТ - манипуляционный робот, закрепленный на неподвижном основании.

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ - робот, способный перемещаться в рабочей среде в соответствии с управляющей программой. "Мобильный робот" может быть снабжен манипулятором. К мобильным роботам не относятся передвижные манипуляционные роботы, которые могут быть оперативно перемещены в рабочей среде вручную или при помощи транспортных средств с ручным управлением.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС - совокупность одного или нескольких промышленных роботов, другого технологического оборудования и оснастки для выполнения единого технологического процесса.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – комплекс роботов и соответствующего оборудования.

Такие системы разделяются на манипуляционные, мобильные и информационные.

Главными отличительными чертами роботов от традиционных средств автоматизации являются гибкость, адаптивность, интеллектуальность и универсальность.

Под гибкостью роботов понимают способность их управляющей системы быстро перестраиваться на выполнение новых операций путем перепрограммирования движений роботов в режиме обучения их управляющей системы.

Адаптивность роботов характеризуется способностью быстро реагировать на внешние и внутренние возмущения и автоматически приспосабливаться к изменяющимся условиям функционирования. Эту

Репозиторий ВГУ

способность определяют, прежде всего, средствами их «очувствления», т.е. количеством и характеристиками датчиков внутренней и внешней информации, а такжк алгоритмическим и программным обеспечением самонастройки (адаптации) управляющей системы.

Интеллектуальность роботов заключается в их способностях решать задачи интеллектуального характера: анализ сложных изображений и сцен, распознавание образов, планирование движений и операций, диагностика состояний и т. п.

Универсальность (многофункциональность) роботов позволяет решать не одну, а целый класс производственных задач.

Можно выделить четыре поколения роботов. Роботы первого поколения – это роботы с программным управлением, предназначенные в основном для выполнения определенной, заранее запрограммированной последовательности операций, диктуемой тем или иным технологическим процессом. Управление роботами первого поколения осуществляется по жесткой программе, формируемой в режиме обучения с помощью оператора. Функциональные возможности роботов первого поколения ограничены малым ассортиментом датчиков и несовершенством системы программного управления. Применение роботов первого поколения возможно лишь при достаточно детерминированных и неизменных условиях. Для организации таких условий необходимо дополнительное технологическое оборудование, стоимость которого зачастую сравнима со стоимостью самого робота.

Роботы второго поколения – это роботы с адаптивным управлением. Они отличаются от роботов первого поколения существенно большим ассортиментом датчиков внешней информации и более сложной самонастраивающейся системой автоматического управления, построенной на базе микропроцессорной техники и управляющей ЭВМ. Система очувствления формирует сигналы обратной связи для системы управления, которая, обрабатывая полученную информацию. синтезирует и корректирует закон управления механизмами робота с учетом реально сложившейся обстановки. Закон управления может иметь ситуационный характер и тогда его синтез сводится к формированию связей «класс ситуаций – действие». Более совершенным является такой способ управления, при котором сенсорное управление дополняется алгоритмом автоматической самонастройки его параметров.

Роботы второго поколения значительно превосходят по своим возможностям роботы первого поколения благодаря возможности воспринимать внешнюю обстановку, анализировать сенсорную информацию и приспосабливаться к изменяющимся условиям эксплуатации. Такие роботы могут манипулировать неориентированными деталями, осуществлять сложные сборочные операции, реагировать на препятствия в рабочей зоне.

Третье поколение – это роботы с интеллектуальным управлением от ЭВМ. Они принципиально отличаются от роботов второго поколения сложностью функций и совершенством системы автоматического управления, включающей в себя те или иные элементы искусственного

Репозиторий БГУ

интеллекта. Такие роботы предназначены не столько для имитации физических действий человека, сколько для автоматизации его интеллектуальной деятельности.

Отличительной чертой интеллектуальных роботов является их способность к обучению на опыте и адаптации в процессе решения задач. В общем случае интеллектуальный робот способен вести диалог с человеком, формировать в себе модель производственной обстановки. Распознавать и анализировать ситуации, обучаться понятиям и навыкам, планировать поведение, строить программные движения двигательной системы и осуществлять их надежную отработку в условиях препятствий и неполной информированности об изменяющихся производственных условиях.

В связи с быстрым развитием нейрокомпьютеров и нейросетевых технологий появилась возможность создания роботов четвертого поколения – роботов с нейронными системами управления. Принципы нейронного управления в значительной степени аналогичны принципам работы мозга и нервной системы человека. Такие системы не программируют заранее. Они обучаются и самоорганизуются на решение различных двигательных, информационных и интеллектуальных задач.

Репозиторий БГУ

ЛЕКЦИЯ 2. Структура и устройство промышленных роботов.

Основными составными частями ПР являются манипулятор и устройство управления. В свою очередь, каждая из этих частей включает ряд блоков (рис.2.1).

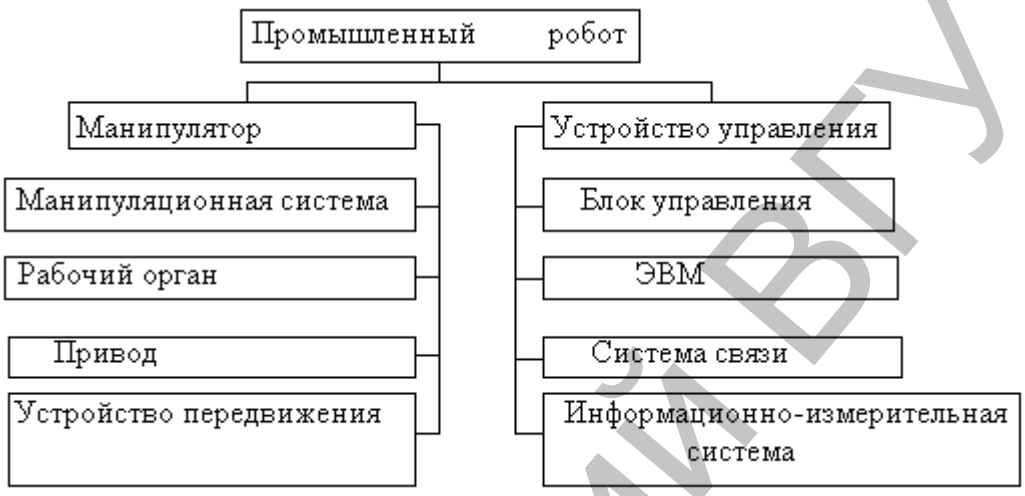


Рис.2.1. Структура промышленного робота

Манипулятор – управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом.

Манипулятор помимо собственной манипуляционной системы содержит рабочий орган, привод и устройство передвижения. Та часть устройства управления, которая вырабатывает управляющие сигналы для привода, рабочего органа, устройства передвижения, называется блоком управления. Последовательность управляющих сигналов формируется в ЭВМ на основании программы, предварительно записанной в нее оператором через систему связи, и с учетом сигналов, поступающих от датчиков информационно-измерительной системы.

Конструктивно манипулятор и устройство управления могут быть объединены в одной стойке, но могут быть выполнены раздельно и располагаться на некотором удалении друг от друга.

Исполнительный механизм (ИМ) - механическая часть исполнительного устройства промышленного робота, реализующая двигательную функцию - представляет собой систему твердых и упругих тел, соединенных между собой различными видами связей.

Твердые тела, входящие в состав исполнительного механизма и являющиеся функциональными элементами его кинематической цепи называются звеньями. Звено исполнительного механизма конструктивно может состоять из нескольких деталей, не имеющих между собой относительного движения.

Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение, называется кинематической парой. Совокупность поверхностей, линий и точек звена, входящих в соприкосновение (контакт) с

Репозиторий ВГУ

другим звеном пары, называется элементом пары. Для того, чтобы элементы пары находились в постоянном соприкосновении, пара должна быть замкнута геометрическим (за счет конструктивной формы звеньев) или силовым (силой тяжести, пружиной, силой давления жидкости или газа и т.п.) способом.

Контактирующие поверхности, линии и точки звеньев, являющиеся элементами кинематической пары, могут образовывать простые и сложные кинематические пары. В простой кинематической паре (рис. 2.2 а) контактируют только два элемента 1 и 2, которые определяют соответствующее число компонент реакций связей. В сложной паре (рис. 2.2 б) необходимые геометрические связи дублируются дополнительными связями 1^1 и 2^1. Дополнительные элементы кинематических пар вводят для уменьшения давления и износа контактирующих поверхностей за счет перераспределения реактивных сил и увеличения размеров элементов кинематических пар.

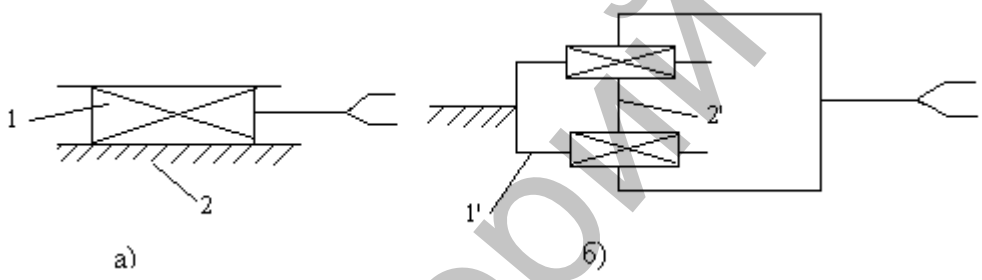


Рис. 2.2. Кинематические пары: а) простые, б) сложные

Если помимо необходимых элементов кинематической пары, обусловленных требуемыми геометрическими связями, при конструировании используют дополнительные элементы, то в такой сложной кинематической паре могут появиться избыточные локальные связи. При наличии избыточных локальных связей относительное движение звеньев либо становится невозможным (заклинивание, защемление элементов), либо осуществляется за счет деформации звеньев, увеличенных зазоров между реальными поверхностями элементов или их износа.

Чтобы кинематическая пара была работоспособной и надежной в эксплуатации, предъявляют определенные требования к размерам, форме и относительному положению ее элементов. Обычно указывают пределы отклонений от заданных или требуемых геометрических форм и расположения поверхностей, осей или точек.

Схема кинематической пары, отражающая только необходимое число геометрических связей, называется основной. Схема кинематической пары, отражающая как необходимые, так и избыточные локальные (дополнительные) связи, называется действительной. Избыточные локальные связи вносят статическую неопределимость.

Число избыточных локальных связей в реальной конструкции пары называется степенью статической неопределимости кинематической пары. Применение сложных кинематических пар с избыточными локальными связями возможно при достаточной жесткости звеньев, когда их деформация

Репозиторий БГУ

при воздействии нагрузок не приводит к заклиниванию элементов кинематических пар или их повышенному изнашиванию.

Исполнительные механизмы, удовлетворяющие требованиям приспособляемости к деформациям звеньев, надежности, долговечности и технологичности конструкции, обладают оптимальной структурой.

Оптимальная система расположения элементов кинематической пары - понятие относительное: конструкция оптимальная для одних условий, может быть неприемлемой для других. Часто это связано с технологичностью, как совокупностью свойств конструкции, проявляемых при оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта промышленного робота. Конструкция, достаточно технологичная в единичном производстве, часто оказывается малотехнологичной в массовом производстве и совершенно нетехнологичной в автоматизированном производстве.

Кинематические пары классифицируют по числу связей (ограничений), налагаемых парой на относительное движение звеньев (классификация И. И. Артоболевского) на кинематические пары пятого, четвертого, третьего, второго и первого классов (рис. 2.3).

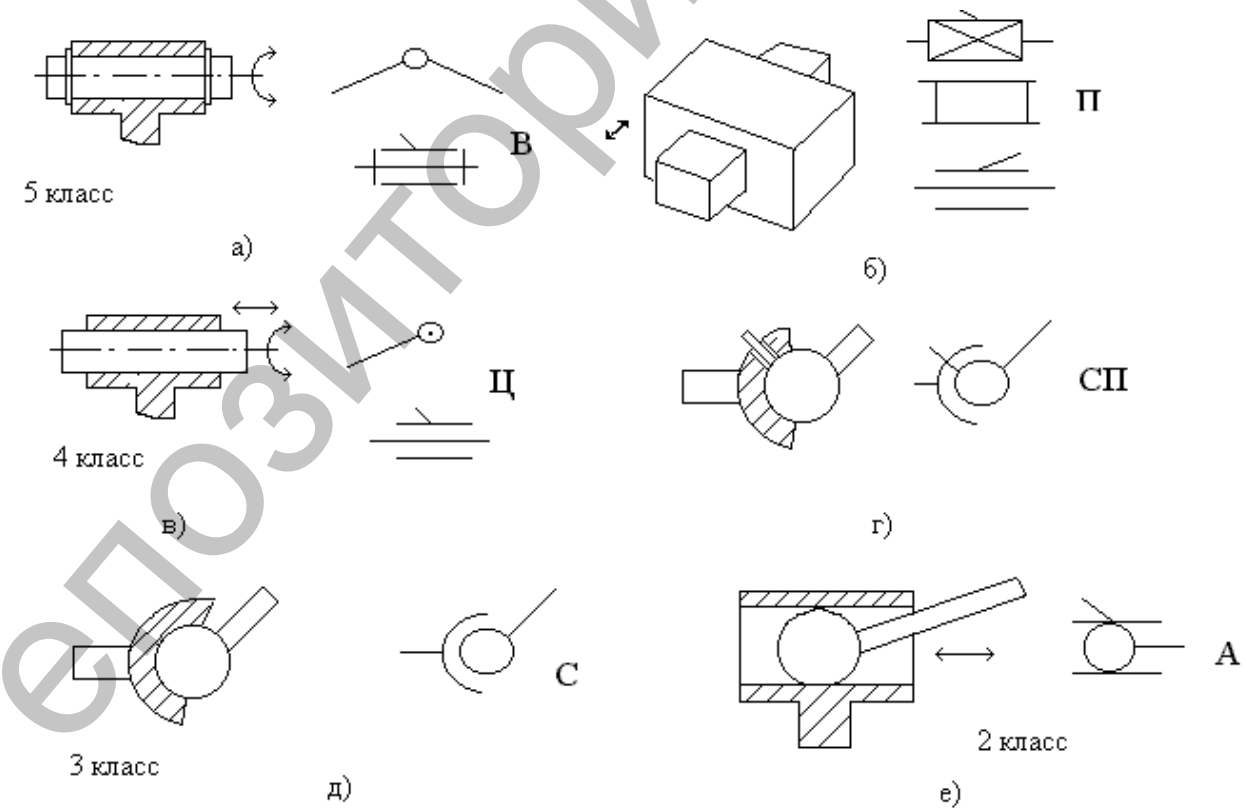


Рис. 2.3. Примеры кинематических пар.

По характеру соприкосновения звеньев кинематические пары делят на низшие, если элементы звеньев соприкасаются только по поверхности, и высшие, если элементы звеньев соприкасаются только по линиям или в точках. При этом линейный или точечный контакт понимается как первоначальный при соприкосновении звеньев без усилия, а под нагрузкой

Репозиторий ВГУ

звенья, образующие высшую пару, будут соприкасаться по некоторой фактической поверхности, называемой пятном контакта.

Преимущество низших кинематических пар по сравнению с высшими - возможность передачи больших сил, поскольку контактная поверхность соприкасающихся звеньев низшей пары может быть весьма значительна. Применение высших пар позволяет уменьшить трение (пример - шарико-подшипник) и получать нужные, самые разнообразные законы движения выходного звена путем придания определенной формы звеньям, образующих высшую пару.

Кинематические пары во многом определяют работоспособность и надежность исполнительного устройства промышленного робота, поскольку через них передаются усилия от одного звена к другому; в кинематических парах, вследствие относительного движения, возникает трение, элементы пары находятся в напряженном состоянии и в процессе изнашивания.

Конструкция сложных кинематических пар наряду с повышением жесткости и точности должна обеспечивать непринужденную сборку узлов и позволять исполнительному механизму сохранять заданное число степеней подвижности при возможных деформациях стойки, валов, осей и других деталей под действием внешних нагрузок.

В исполнительных механизмах промышленных роботов используют кинематические пары только 5, 4 и 3 классов, но в основном кинематические пары 5- го класса.

Пары 4 и 3 классов эквивалентно заменяют комбинацией двух или трех пар 5-го класса (рис. 2.4.), т.е. кинематическим соединением – кинематической цепью, конструктивно заменяющей в исполнительном механизме кинематическую пару.

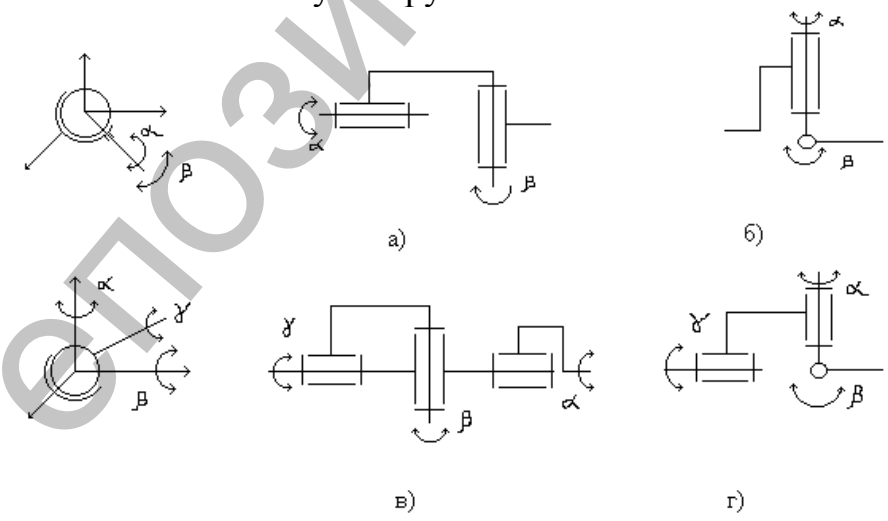


Рис. 2.4. Варианты замены кинематических пар высшего класса низшими.

Звено, принимаемое за неподвижное, называется основанием (стойкой). Звено, которому сообщается движение, преобразуемое исполнительным механизмом в требуемые движения других звеньев, называется входным. Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен исполнительный механизм, называется выходным (конечным, последним).

Репозиторий ВГУ

Максимальное число входных звеньев равно числу степеней подвижности исполнительного механизма.

Звенья манипулятора соединяются друг с другом с помощью кинематических пар пятого порядка (по классификации теории механизмов и машин), вращательных и поступательных. Каждое звено имеет свое наименование. Так, с неподвижным основанием связана колонна, с колонной связана каретка, с кареткой – рука, с рукой – кисть, с кистью – захват (рис.2.5).

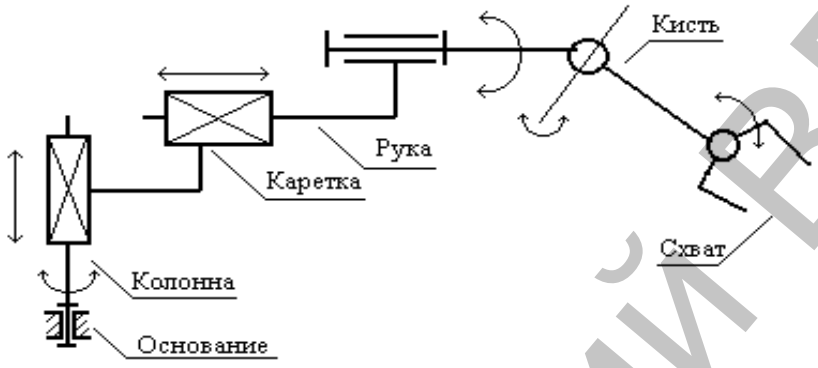


Рис. 2.5. Кинематика манипулятора промышленного робота.

Эти звенья образуют друг с другом кинематические пары 5-го класса, имеющие по одной степени подвижности. Каждая кинематическая пара получает движение от управляемого привода.

Система звеньев, связанных между собой кинематическими парами называется кинематической цепью. В зависимости от вида движения звеньев кинематические цепи подразделяют на плоские (рис 2.6, а, в) - звенья движутся в одной или нескольких параллельных плоскостях, и пространственные (рис. 2.6, б, г) - звенья движутся в пространстве.

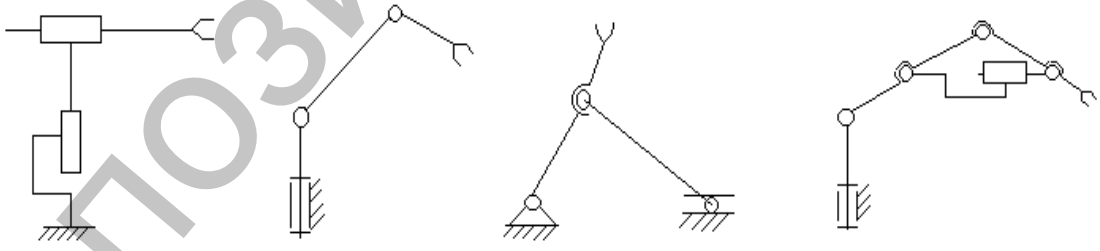


Рис. 2.6. Примеры кинематических цепей.

Кинематические цепи могут быть замкнутыми (рис.2.6,в) и незамкнутыми (рис. 2.6, а, б, г). Кинематические цепи исполнительных механизмов ПР являются в основном незамкнутыми . Существуют незамкнутые кинематические цепи с местными замкнутыми контурами (рис. 2.6, г).

Исполнительный механизм промышленного робота в процессе функционирования может иметь различную структуру. Во время движения в пространстве его можно рассматривать как незамкнутую кинематическую цепь. При выполнении технологической операции на движение

Репозиторий ВГУ

исполнительного механизма накладываются дополнительные связи и он превращается в замкнутый механизм.

Для полного осуществления пространственного движения необходимо иметь в манипуляторе шесть степеней подвижности, из них три нужны для приведения конца манипулятора в требуемую точку пространства (переносные движения), еще три – для получения необходимой угловой ориентации захватного устройства (ориентирующие степени подвижности).

Под степенями подвижности манипулятора (степенями свободы) понимают обобщенные координаты, определяющие в пространстве положения его звеньев. Число степеней подвижности манипулятора n определяется по формуле

$$n = 6k - \sum_{i=1}^{5} iP_i$$

где к – число подвижных звеньев; P_i – число кинематических пар i-го класса.

Например, в рассматриваемом случае манипулятор, изображенный на рис. 2.5 содержит 5 подвижных звеньев (исключая неподвижное основание и внутреннее подвижное звено в захвате), образующих 5 кинематических пар 5-го класса. Поэтому

n = 6*5 – 5*5 = 5.

Различают следующие степеней подвижности: координатные (глобальные) - обеспечивающие выведение манипулятора в зону манипулирования; переносные (рабочие) - определяющие выведение захвата в заданные места рабочей зоны; ориентирующие (локальные) – обеспечивающие требуемые ориентации захвата в заданном месте рабочей зоны.

Если рабочая зона является объемной, то манипулятор должен иметь не менее трех переносных степеней подвижности. В случае плоской зоны манипулирования достаточно иметь лишь две переносные степени свободы. Увеличение числа степеней подвижности усложняет манипулятор, но одновременно увеличивает его маневренность, т.е. способность обходить препятствия в рабочей зоне.

Компоновка манипулятора зависит от выбранной системы координат его функционирования. С этой точки зрения различают манипуляторы, работающие в декартовой, цилиндрической, сферической и ангулярной (угловой) системах координат. Конструкция ПР зависит и от количества рук манипуляционной системы, управляемой одним и тем же устройством управления, а также от типа устройств передвижения.

Объектом манипулирования называют тело, перемещаемое в пространстве манипулятором. К объектам манипулирования относят заготовки, детали, вспомогательный, мерительный или обрабатывающий инструмент, технологическую оснастку и т.п.

Рабочий орган – составная часть исполнительного устройства промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций и/или вспомогательных переходов.

Репозиторий ВГУ

Основная особенность ПР заключается в том, что он предназначен для работы с другим технологическим оборудованием (ТО) и, по существу, представляет собой элемент этого оборудования, позволяющий создавать роботизированные технологические комплексы. Поэтому структуру ПР, работающего совместно с некоторым технологическим оборудованием можно представить так, как это показано на рис. 2.7.

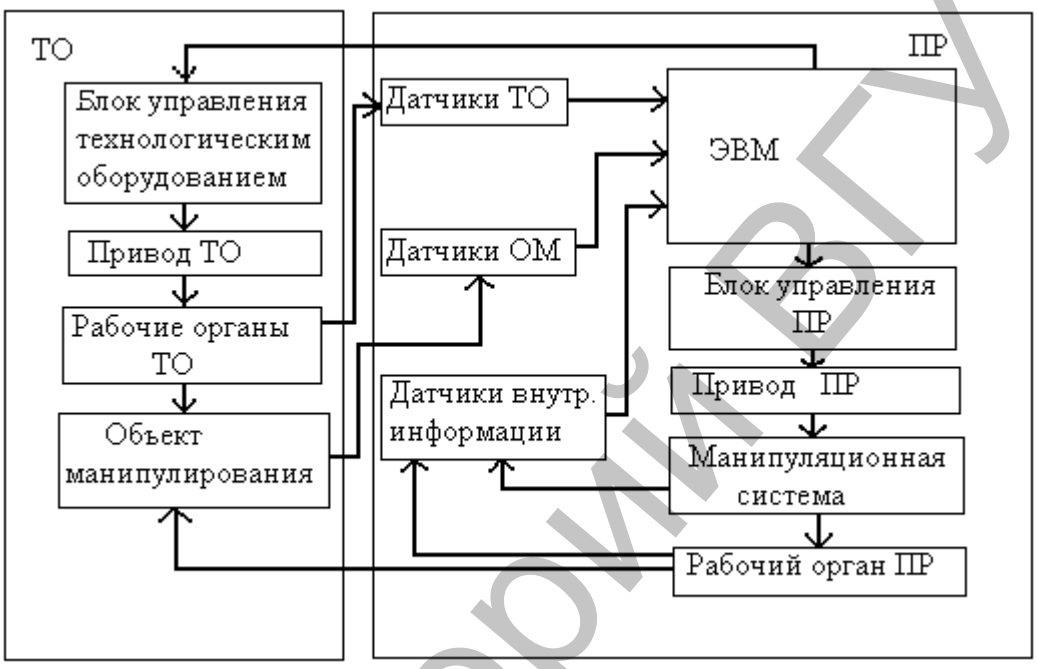


Рис. 2.7. Структура промышленного робота.

В общем случае технологическое оборудование состоит из тех же блоков и устройств, что и ПР. Как и ПР оно включает в себя блок управления, привод, рабочие органы, которые подобно рабочему органу ПР взаимодействуют с объектом манипулирования. ТО имеет также свои датчики, определяющие положение его рабочих органов, т.е. датчики внутренней информации. Исполнительные элементы как ТО, так и ПР управляются от ЭВМ. Единственное отличие ПР от ТО заключается лишь в том, что он дополнительно содержит антропоморфную исполнительную систему – манипулятор.

Очевидно, что характер обслуживаемого ТО существенно влияет на конструкцию и технические характеристики ПР. По этой причине говорят не о ПР вообще, а роботах-сборщиках, роботах прессового производства, роботах сварщиках и т.п. Универсальность ПР, как перепрограммируемой манипуляционной системы, носит не абсолютный, а относительный характер, поскольку имеет смысл лишь в рамках того оборудования, для обслуживания которого проектируется робот.

Базовые системы координат манипулятора.

Число степеней подвижности и каждое движение робота обеспечивается соответствующей кинематической схемой его механизмов. Кинематические схемы роботов имеют определенные структуры кинематики рук и кисти, которые зависят от вида и последовательности расположения вращательных (В) и поступательных (П) кинематических пар.

Репозиторий ВГУ

Разработана классификация кинематических структурных схем руки и манипуляторов, состоящая из пар:

1 – ВВВ, трех вращательных;

2 – ВВП, двух вращательных и одной поступательной;

3 – ПВП, ВПП, ППВ, двух поступательных и одной вращательной;

4 – ППП – трех поступательных.

Форма рабочей зоны и возможности манипулирования объектом также определяются кинематической структурной схемой кисти манипулятора (жесткая, В, ВВ, ВВВ).

Характер переносных степеней подвижности (поступательных и вращательных) определяет базовую систему координат манипулятора. Если поступательных переносных степеней подвижности три (П=3), а вращательных вообще нет (В=0), то базовая система координат является прямоугольной, а рабочая зона имеет форму параллелепипеда (рис.2.8).

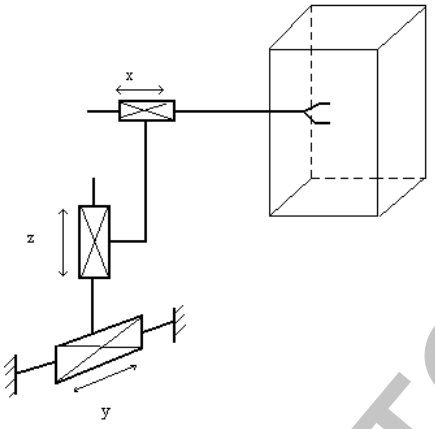


Рис.2.8. Прямоугольная система координат.

Несмотря на простоту конструкции, ПР с такой системой координат встречаются довольно редко, т.к. имеют большие габариты при малом объеме рабочей зоны и характеризуются сравнительно невысоким быстродействием. Такие роботы обычно либо подвешиваются над обслуживаемым технологическим оборудованием, либо монтируются на направляющих каретках под ним.

В том случае, когда П=2, В=1, рабочая зона ПР приобретает цилиндрическую форму, вернее форму неполного цилиндра (рис.2.9).

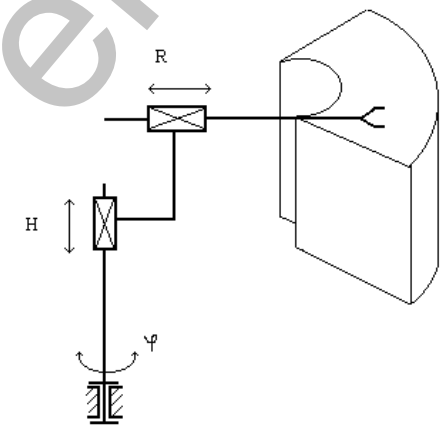


Рис. 2.9. Цилиндрическая система координат.

Репозиторий БГУ

Соответствующая этому случаю базовая система координат R,H, φ удобна и получила большое распространение. Она обеспечивает обслуживание большого объема рабочей зоны, но имеет недостаток, связанный с трудностью организации манипулирования предметами на малой высоте.

Если П=1, В=2, то рабочая зона представляет собой неполный шар, а базовая система координат R,θ,φ является сферической. Это наиболее универсальная система координат (рис. 2.10). Она обеспечивает обслуживание большего объема рабочей зоны, чем при прямоугольной и цилиндрической системах координат. Однако конструкция манипулятора в этом случае получается более сложной, а ПР нуждается в более сложной системе управления.

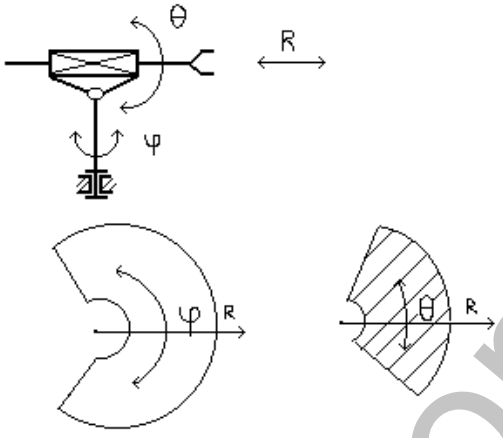


Рис. 2.10 Сферическая система координат.

При П=0, В=3 получают ангулярную (угловую) базовую систему координат γ,θ,φ (рис.2.11).

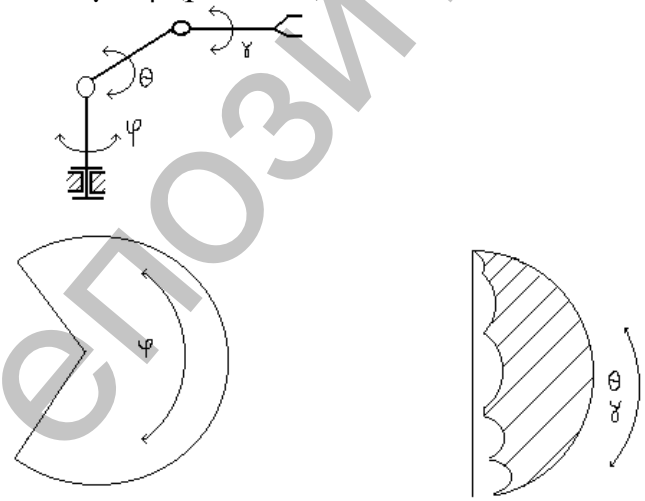


Рис. 2.11. Ангулярная система координат.

Такая система координат наиболее универсальна, обеспечивает обслуживание наибольшего объема рабочей зоны и позволяет строить ПР, обладающие максимальной антропоморфностью. Однако конструкция манипулятора очень сложна, громоздка и предполагает сложную систему управления. Недостатком является также то, что жесткость манипулятора в

Репозиторий ВГУ

ней понижена, из-за чего возникают трудности обеспечения необходимой точности позиционирования.

Прямоугольная система координат реализуется тремя поступательными кинематическими парами, цилиндрическая – двумя поступательными и одной вращательной, сферическая – двумя вращательными и одной поступательной, угловая – тремя вращательными..

Анализ кинематических схем манипуляторов показывает две основные особенности:

- оси кинематических пар расположены параллельно либо перпендикулярно друг другу,
- звенья соединены в последовательную кинематическую цепь.

Вместе с тем они имеют ряд существенных недостатков:

- низкий показатель грузоподъемность/масса манипулятора, что обусловлено последовательной схемой соединения звеньев. Действительно, каждый привод должен перемещать не только полезную нагрузку, но и все последующие по цепи звенья.
- погрешности в перемещениях всех шарниров суммируются на концевой точке манипулятора, что приводит к низкой точности позиционирования манипуляторов по сравнению с машинами с декартовой компоновкой,
- относительно низкая жесткость манипуляционных роботов, так как упругое отклонение рабочего органа есть результат накопления деформаций по цепи по всем степеням подвижности робота. Причем весовые коэффициенты этой суммы пропорциональны расстояниям от концевой точки до осей соответствующих шарниров.

Задачи кинематического исследования.

Составляется расчетная кинематическая модель, в которую входят размеры звеньев, количество и распределение кинематических пар. Положение кинематической цепи в пространстве определяется с помощью обобщенных координат q_i (I = 1,2,…,n), которые характеризуют относительные перемещения звеньев как поступательные, так и вращательные.

Репозиторий ВГУ

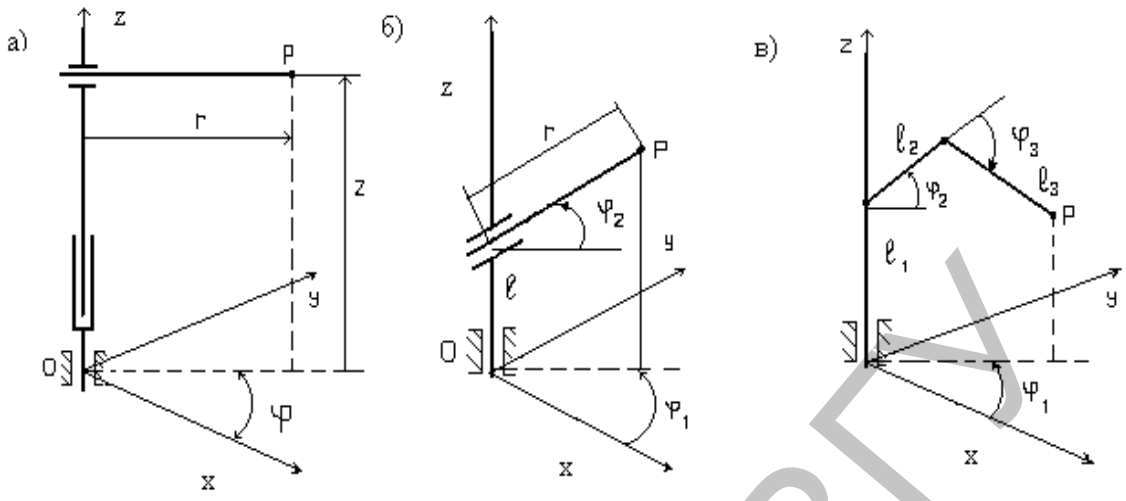


Рис. 2.12. Расчетные математические модели.

Координаты концевой точки манипулятора Р в рабочем пространстве определяются для первого случая (рис. 2.12.а):

$x_p = r*\cos\varphi, \quad y_p = r*\sin\varphi, \quad z_p = z;$

Для второго случая (рис. 2.12, б):

$x_p = r*\cos\varphi_1*\cos\varphi_2, \quad y_p = r*\sin\varphi_1*\cos\varphi_2, \quad z_p = l + r*\sin\varphi_2;$

Для третьего случая (рис. 2.12. в):

$x_p = l_2*\cos\varphi_1*\cos\varphi_2 + l_3*\cos\varphi_1*\cos(\varphi_2 + \varphi_1),$

$y_p = l_2*\sin\varphi_1*\cos\varphi_2 + l_3*\sin\varphi_1*\cos(\varphi_2 + \varphi_1),$

$z_p = l_1 + l_2*\sin\varphi_2 + l_3*\sin(\varphi_2 + \varphi_1).$

Эти соотношения и служат основой для кинематических исследований манипуляторов промышленных роботов.

Решается прямая и обратная задачи о положении манипуляторов. Прямая задача состоит в расчете положения манипулятора (рабочего органа Р и всех звеньев) по заданным относительным перемещениям q_i в кинематических парах. При этом определяется либо конечное число положений, либо перемещение во времени $q_i(t)$. Таким образом, в прямой задаче рассчитывают геометрические характеристики рабочей зоны робота при конструктивных ограничениях диапазонов возможного изменения обобщенных координат, точностные характеристики позиционирования и движения при заданных исходных погрешностях элементов, а также сервисные характеристики.

Обратная задача состоит в определении обобщенных координат q_i по заданному в опорной системе координат (x, y, z) положению рабочего органа Р или любого звена манипулятора. При этом, как и в прямой задаче, речь может идти о конечном числе положений, либо о законе движения рабочего органа x(t), y(t), z(t) для которого вычисляются законы изменения обобщенных координат $q_i(t)$ звеньев. В аналогичных постановках решаются задачи об определении линейных и угловых скоростей и ускорений рабочего органа Р и звеньев манипулятора.

Репозиторий ВГУ

Так, например, аналитическое решение обратной задачи для ранее рассмотренных кинематических моделей манипуляторов можно получить в следующем виде:

$r = (x_p^2 + y_p^2)^{1/2}$; $\varphi = \text{arctg}\ (y_p/x_h)$; $z = z_p$; (первая модель)

$r = [\ x_p^2 + y_p^2 + (\ z_p - l)^2]^{1/2}$; $\varphi_1 = \text{arctg}\ (y_p/x_p)$;

$\varphi_2 = \text{arctg}\ [(z_p - l)/(x_p^2 + y_p^2)^{1/2}]$ (вторая модель)

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 3. Промышленные роботы и их классификация.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ (ПР) - робот предназначенный для выполнения технологических и (или) вспомогательных операций в промышленности. В ГОСТе 25686 - 85 «Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения» дается следующее определение промышленного робота.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ (ПР) - автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Одним из основных классификационных признаков, определяющих структуру, состав, внешний вид, эксплуатационные характеристики современных роботов, является область их использования. Классификация по этому признаку приведена на рис. 3.1.

Рис.3.1. Классификация промышленных роботов.

Промышленные роботы классифицируют:

1. По характеру выполняемых операций:

технологические (производственные) - выполняют основные операции технологического процесса (гибка, сварка, сборка, окраска и т.д.);

вспомогательные (подъемно - транспортные) - применяют при обслуживании основного технологического оборудования для автоматизации вспомогательных операций (установки

- снятия заготовок, деталей и инструмента, а также на транспортно - складских операциях);

универсальные - выполняют различные операции и в том числе работы совместно с различными видами оборудования.

2. По степени специализации:

Репозиторий ВГУ

специальные - выполняют определенную технологическую операцию или обслуживают конкретную модель основного технологического оборудования;

специализированные (целевые) - выполняют технологические операции одного вида (сборка, сварка и т.д.) или обслуживают широкую номенклатуру моделей основного технологического оборудования, объединенных общностью манипуляционных действий;

многоцелевые - выполняют различные основные и вспомогательные операции.

3. По области применения и виду производства: литейные, штамповочные, сварочные, механической обработки, термообработки, нанесения покрытий, сборочные, автоматического контроля, лазерной обработки, транспортно -складские и прочие.

4. По виду систем координат, в которых они работают: прямоугольная (плоская и пространственная); полярная (плоская, цилиндрическая и сферическая); ангулярная или угловая (плоская, цилиндрическая и сферическая).

5. По числу степеней подвижности: с одной, двумя, тремя, четырьмя степенями подвижности и со степенями подвижности более четырех.

6. По грузоподъемности: сверхлегкие - грузоподъемность до 1 кг; легкие - свыше 1 до 10 кг; средние - свыше 10 до 200 кг; тяжелые - свыше 200 до 1000 кг; сверхтяжелые - свыше 1000 кг.

7. По мобильности (подвижности): стационарные и подвижные.

8. По способу установки на рабочем месте: встроенные в оборудование, напольные, подвесные.

9. По типу силового привода: электромеханические, пневматические, гидравлические, комбинированные.

10. По месту расположения приводов: в едином блоке, на подвижных звеньях, комбинированная компоновка.

П. По количеству манипуляторов: с одним, двумя, тремя и четырьмя манипуляторами.

12. По исполнению: нормального, пылезащитного, теплозащитного, влагозащитного, взрывобезопасного и т.д. исполнения.

3. По быстродействию: малое - линейные скорости по отдельным степеням подвижности до 0,5 м/с; среднее - линейные скорости свыше 0,5 до 1 м/с; высокое - линейные скорости свыше 1 м/с;

14. По точности позиционирования: малая - погрешность позиционирования до 1 мм и выше; средняя - погрешность позиционирования от 0,1 до 1 мм; высокая - погрешность позиционирования менее 0,1 мм.

15. По характеру отработки программы: жесткопрограммируемые - программа действий содержит полный набор информации не изменяющейся в процессе работы; адаптивные -осуществляют свои действия с использованием информации об объектах и явлениях внешней среды, полученной в процессе работы. Имеют сенсорное обеспечение, позволяющее

Репозиторий ВГУ

корректировать управляющую программу; гибкопрограммируемые - способны формировать программу своих действий на основе поставленной цели и информации об объектах и явлениях внешней среды.

16. По характеру программирования: позиционные - движение осуществляется от точки к точке; контурные - движение осуществляется по непрерывной траектории; комбинированные.

17. По дискретности перемещения: многоточечные, малоточечные.

Технические требования и параметры ПР.

Номинальная грузоподъемность $m_н$ (кг) представляет собой наибольшую массу объекта манипулирования вместе со схватом, которая гарантирует захватывание и удержание объекта и обеспечивает установленные эксплуатационные характеристики робота. Кроме того, для ПР, работающих в угловой системе координат необходимо указывать номинальный момент нагрузки T_i для соответствующей степени подвижности относительно оси ее перемещения. Это связано с тем, что для рассчитанной грузоподъемности длина схвата потребителем может быть увеличена, что без дополнительных ограничений может привести к выходу из строя соответствующего привода.

В некоторых случаях в технической характеристике указывают кроме номинальной грузоподъемности и момента нагрузки максимальные их значения при уменьшенных динамических параметрах (ускорении, скорости). Это связано с тем, что при одном и том же моменте привода, уменьшая ускорения, и следовательно, инерционную нагрузку, можно перемещать большую массу. В этом случае указывают максимальную грузоподъемность для скорости, равной половине максимальной.

Число степеней подвижности робота n, под которым подразумевается число степеней свободы рабочего органа относительно звена, принятого за неподвижное, без учета движения губок схвата.

Диапазоны перемещений по степеням подвижности: S_i (мм), φ_i (рад).

Скорости перемещения по степеням подвижности: максимальные скорости V_{max} (м/с), ω_{max} (1/с). Средняя (цикловая) скорость характеризует производительность робота и равна значению перемещения, деленному на время движения между позициями.

Максимальное ускорение по степеням подвижности: a_{max} (м/с^2), ε_{max} (град/с^2).

Погрешность позиционирования рабочего органа Δ (мм) – отклонение фактического положения схвата от заданного программой. Различают роботы с малой точностью позиционирования (Δ › ± 1 мм), способные выполнять транспортные и некоторые основные технологические операции (окраску), не требующие высокой точности; роботы со средней точностью позиционирования ($0{,}1 \le \Delta \le 1$ мм), которые находят самое широкое применение; роботы с высокой точностью позиционирования ($\Delta \le 0{,}1$ мм), применяемые для прецизионной сборки.

Кинематическая структура манипулятора определяет число звеньев и тип кинематических пар их соединения.

Репозиторий БГУ

Рабочая зона робота – пространство, в котором может находиться его рабочий орган.

Объем рабочей зоны $V_{рз}$ ($м^3$) – объем, заключенный внутри границ рабочей зоны.

Тип системы координат определяется сочетанием кинематических пар.

Тип системы программного управления (СПУ)определяется способом позиционирования (цикловой, позиционный, контурный) и типом применяемых аппаратных средств.

Объем памяти СПУ представляет собой число кадров программы. Под кадром понимают минимальный элемент программы, состоящий из определенной группы команд и адресов, по которым выполняются команды и обеспечивается проверка их выполнения. В цикловой СПУ в состав кадра входят команды на перемещение степеней подвижности робота, управления технологическим оборудованием и вспомогательные команды. В позиционную систему СПУ дополнительно входят данные о положении и скорости перемещений степеней подвижности манипулятора, точности позиционирования объекта манипулирования. Цикловые СПУ характеризуются малым объемом памяти (до 100 кадров). Средним объемом памяти (от 1200 до 800 кадров) характеризуются позиционные СПУ и большим (свыше 800 кадров) – контурные СПУ.

Габаритные размеры L, B, H (м).

Масса робота, манипулятора, СПУ соответственно $m_{р,}$ $m_{м}$, $m_{СПУ}$ (кг).

Средняя наработка на отказ t (час) – показатель ремонтопригодности, равный среднему значению времени, затраченному на отыскание и устранение одного устойчивого отказа при работе робота. В перспективе следует закладывать конструктивные решения, обеспечивающие среднее время восстановления не более 4,0 ч при средних наработках на отказ $t \geq$ 1000 ч и 8,0 ч при средних наработках на отказ $t \geq 3000$ ч.

Средний срок сохраняемости $t_{сохр}$ (ч) – показатель, равный среднему значению календарной продолжительности хранения робота.

Средний ресурс $t_{р}$ (ч) – показатель долговечности; рассчитывается как среднее значение времени использования до принятого предельного состояния (капитального ремонта, списания). Чаще всего значение среднего ресурса устанавливается до капитального ремонта. Ресурс большинства отечественных роботов составляет 8000…9000 ч, иногда 10000 ч.

Выпускаемые в настоящее время промышленные роботы можно классифицировать по ряду признаков с учетом целевого назначения и функциональных возможностей, грузоподъемности, типа систем управления, типа компоновочных схем, конструктивного исполнения (модификации). Рекомендуемые элементы классификации и кодирования ПР приведены в таблице 3.1.

Репозиторий ВГУ

Таблица 3.1

Позиция в коде	Классификационный признак	Рекомендуемые обозначения
1	Целевое назначение и функциональные возможности	Г, Л, К, С, У
2	Вид оборудования	М
3	Грузоподъемность, кг	1;2,5; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 250; 500.
4	Тип системы	Ц, Ф2, Ф3, Ф4
5	Компоновочная схема	00-99
6	Конструктивное исполнение (модификация)	00-99

На первом месте в модели ПР указывается значение классификационного признака по целевому назначению и функциональным возможностям. По этому признаку приняты следующие обозначения: Г – для обслуживания в гальваническом производстве; К – для обслуживания кузнечно-прессового оборудования; Л – для обслуживания литейных машин; С – для обслуживания металлорежущих станков; У – универсальные.

Второе место в общем коде модели отводится обозначению типа оборудования. В данном случае буква М означает «Манипулятор автоматический с программным управлением».

Третье место в коде характеризует грузоподъемность робота.

На четвертом месте кода приводится тип системы управления ПР. Рекомендованы следующие обозначения: Ц – цикловое ПУ; Ф2 – позиционное ЧПУ; Ф3 – контурное ЧПУ; Ф4 – универсальное ЧПУ..

На пятом месте приводится компоновочная схема. Принято классифицировать компоновки механической системы ПР в зависимости от применяемой системы координат основных перемещений.

Шестое место характеризует конструктивное исполнение (модификацию) робота.

В соответствии с приведенной классификацией обозначение робота модели СМ80Ц.48.11 можно расшифровать следующим образом: СМ – автоматический манипулятор для обслуживания металлорежущих станков; 80 – грузоподъемность, кг; Ц – цикловое программное управление; 48 – индекс схемы компоновки(в данном случае он указывает, что робот работает в полярной системе координат); 11 – конструктивное исполнение.

По типу системы управления промышленные роботы делятся на три поколения: программные, адаптивные и интеллектные (с элементами искусственного интеллекта). В роботах первого поколения перепрограммирование производится человеком, после чего промышленный робот действует автоматически, многократно повторяя жестко заданную программу.

Репозиторий ВГУ

Во втором поколении программы действия промышленного робота задаются человеком, но сам робот имеет свойство в определенных рамках перепрограммироваться (адаптироваться) в ходе технологического процесса в зависимости от обстановки, которая неточно определена заранее.

В третьем поколении задание на работу вводится человеком в более общей форме, а сам промышленный робот имеет возможность принимать решение и планировать свои действия в распознаваемых им неопределенной или меняющейся обстановке, чтобы суметь выполнить заложенное в его память задание.

Роботы трех поколений образуют иерархию, основанием которой служат простейшие роботы-автоматы, а вершиной — сложные, эволюционирующие интеллектные роботы. Подобно живым организмам роботы не только развиваются по пути от простого к сложному, не только прошли в своем развитии несколько поколений, но и образовали симбиоз этих поколений, поскольку создание высших поколений роботов не отрицает необходимость в совершенствовании и использовании роботов низших поколений.

Структура робота 1-го поколения приведена на рис. 3.2. Из сенсорных элементов в этой структуре используются лишь датчики внутренней информации, позволяющие автоматически определять текущее состояние исполнительных устройств. Управление осуществляется управляющим автоматом, который может быть реализован на основе микропроцессорных контроллеров. Программу работы робота задает человек-оператор, и в процессе функционирования робота эта программа не меняется.

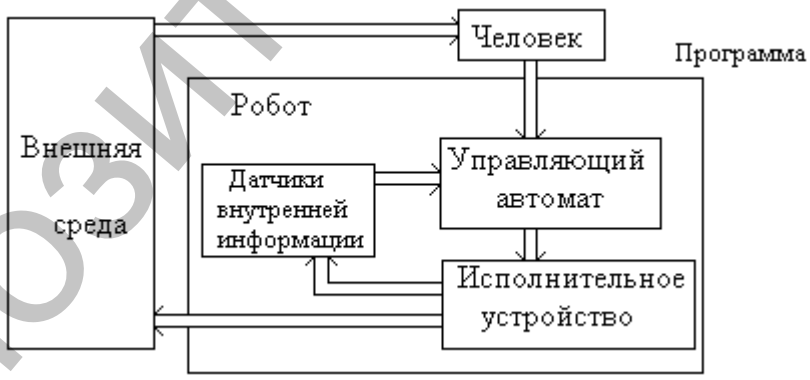


Рис.3.2. Структура робота первого поколения.

Роботы второго поколения более сложны. Они очувствлены и имеют систему управления, содержащую те элементы искусственного интеллекта, которые необходимы для обработки сенсорной информации и формирования на ее основе управляющих воздействий. Структура робота 2-го поколения показана на рис. 3.3. В этой структуре наряду с датчиками внутренней информации используются датчики внешней информации, позволяющие роботу адекватно реагировать на изменения внешней среды при исполнении заранее заданной программы. Причем в зависимости от состояния датчиков, робот может автоматически выбирать альтернативные ветви основной программы.

Репозиторий ВГУ

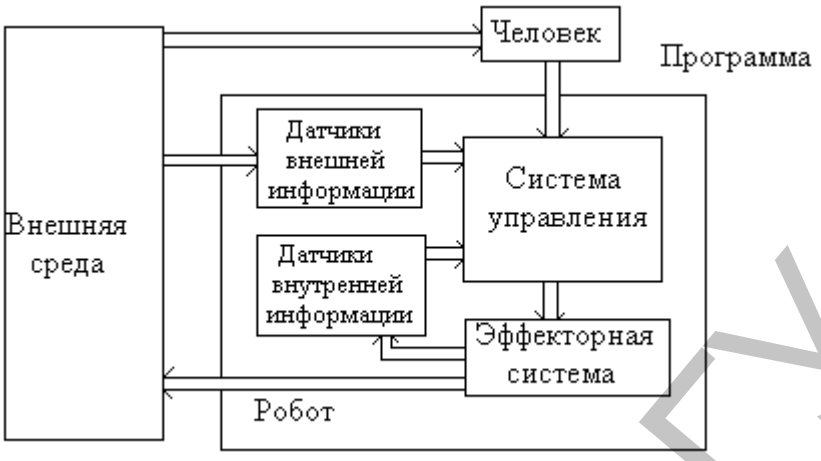


Рис.3.3. Структура робота второго поколения

Роботы третьего поколения имеют наиболее развитую структуру, содержащую систему ИИ (рис.3. 4).

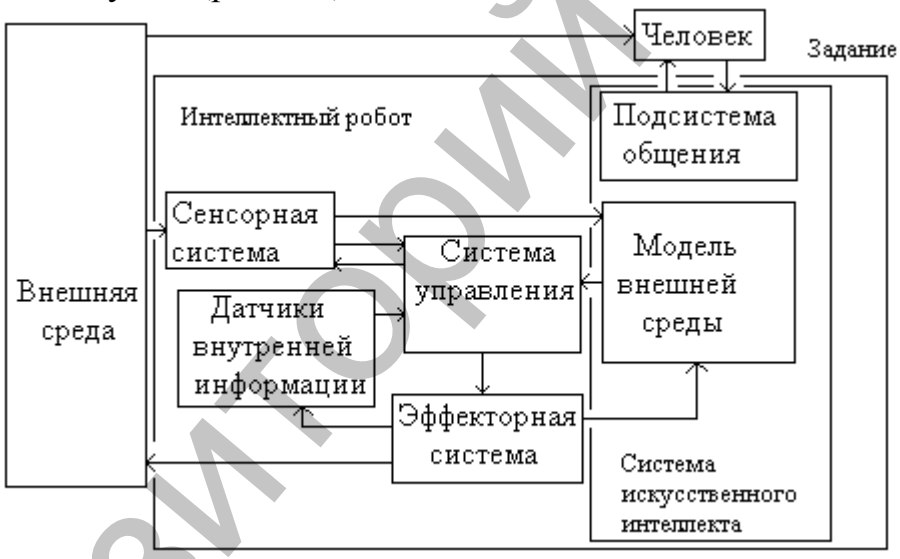


Рис.3.4. Структура робота третьего поколения.

Принципиальное отличие интеллектного робота заключается в том, что он способен автоматически строить модель внешней среды и использовать эту модель для формирования программы своего поведения. Иными словами, такой робот, как и мифический треножник Гефеста, получает указания весьма общего характера, например: пойти туда-то, взять то-то, перенести туда-то и т. п. Получив подобное задание на естественном языке и расшифровав его в подсистема общения, интеллектный робот самостоятельно планирует траекторию перемещения с учетом имеющихся знаний о внешней среде и тех сведений, которые он оперативно получает через сенсорную систему в процессе выполнения задания. Если при этом встречаются непреодолимые препятствия или другие затруднительные ситуации, система ИИ непосредственно или через систему связи, показанную на рис.3.5, связывается с человеком-оператором, задает ему конкретные вопросы и, получив помощь, снова действует автономно..

Репозиторий ВГУ

Очевидно, что для реализации разумного поведения в состав робота наряду с сенсорной, управляющей и эффекторной системами должна входить система, имитирующая интеллект человека. Искусственный интеллект необходим для управления роботом при его автономном функционировании в априори неисследованной внешней среде. Необходим он также и для общения на естественном языке с человеком-оператором, который в общем случае находится на значительном удалении от робота.

С учетом отмеченного обстоятельства структуру робота можно представить в виде схемы, показанной на рис. 3.5.

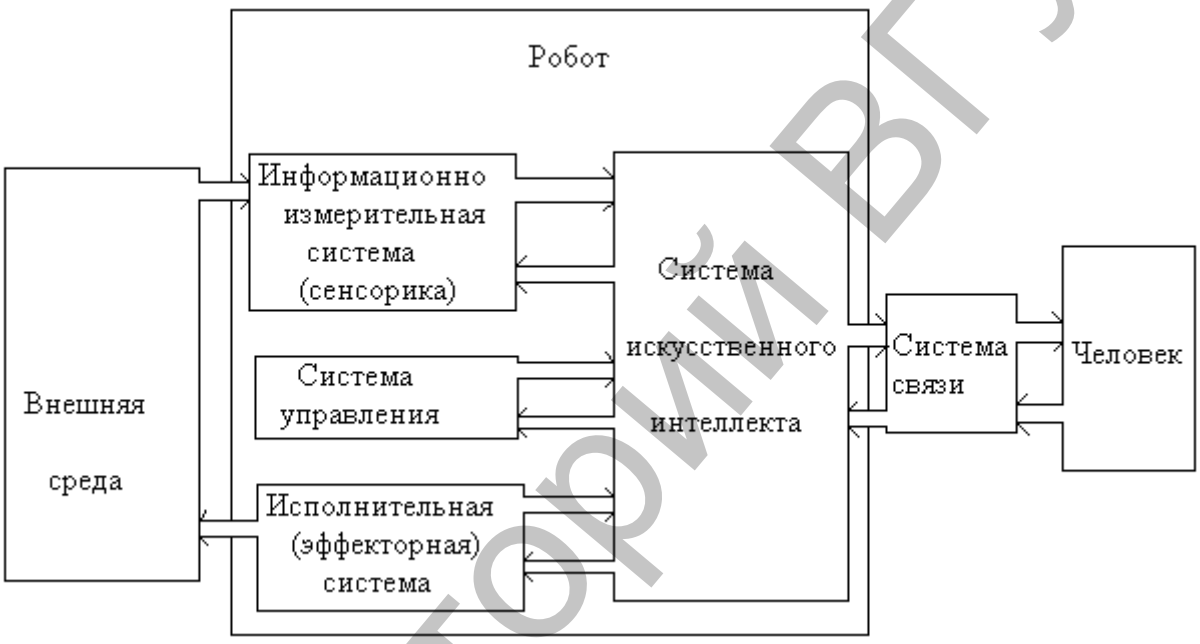


Рис. 3.5. Подробная структура робота третьего поколения.

Эта схема построена в предположении, что управление роботом осуществляется по иерархическому принципу, в соответствии с которым система управления (СУ) реализует тактический уровень, а система искусственного интеллекта (СИИ) воспроизводит стратегический уровень управления. Причем, используя биологическую терминологию, можно считать, что СУ служит аналогом спинного мозга, а СИИ — техническим аналогом высших отделов головного мозга.

Система управления робота может быть выполнена в виде специализированного автомата с памятью либо реализована программным способом на основе универсальной ЭВМ. То же самое можно сказать и о системе, искусственного интеллекта. Система связи включает проводной или беспроводной канал передачи информации и на приемном конце также предполагает использование ЭВМ. На экране дисплея этой ЭВМ отображаются ситуации, попадающие в поле зрения робота либо непосредственно, либо в виде модели, которую робот синтезирует автоматически.

Наиболее сложной и мало разработанной системой в структуре робота является система искусственного интеллекта (ИИ). Сложность создания системы ИИ связана с тем, что до конца не ясно, как устроен и как

Репозиторий ВГУ

функционирует интеллект естественный. Попытки обойти эту проблему привели к разработке роботов, у которых система ИИ отсутствует полностью. Это так называемые роботы первого поколения, предназначенные для работы в исследованной и специально организованной внешней среде. Они лишены не только интеллекта, но и сенсорики. Образно говоря, такие роботы имитируют поведение глухих, слепых и неразумных животных.

Разделение роботов на поколения является общепринятой и важной структурной особенностью робототехники. Однако такое разделение не исчерпывает всех классификационных признаков современных роботов.

Промышленные роботы агрегатно-модульного типа.

Агрегатно-модульный принцип предполагает создание ПР на базе унифицированных узлов, или модулей. Этот метод имеет следующие преимущества:

возможность построения специальных и специализированных роботов для конкретной технологической операции, не обладающих избыточностью функций и поэтому более дешевых по сравнению с универсальными роботами;

сокращение времени и трудоемкости проектирования специальных роботов, т.к. они создаются на базе унифицированных узлов, номенклатура которых может пополняться

повышение надежности вследствие отработанности входящих в него унифицированных узлов и отсутствия избыточности;

удешевление производства роботов вследствие ограниченной номенклатуры деталей и узлов и, следовательно, повышение серийности выпуска

Улучшение условий эксплуатации и ремонта роботов, вследствие уменьшения разнообразия конструкций узлов и деталей;

сокращение сроков подготовки обслуживающего персонала.

Вместе с тем агрегатно-модульный принцип имеет определенные недостатки: отказ в некоторых случаях от более выгодных конструктивных решений в пользу менее выгодных, но соответствующих принципу агрегатного построения; увеличение габаритов и массы конструкции; увеличение числа стыков, что повышает трудоемкость сборки роботов, снижает жесткость и точность.

Существуют различные формы реализации принципа агрегатного построения роботов из унифицированных узлов, выполняющих определенные функции. Можно выделить следующие основные принципы классификации при построении групп роботов: вид системы координат, способ установки робота в РТК, специализация, число степеней подвижности, грузоподъемность, тип системы управлении.

По специализации и компоновке агрегатно-модульные роботы могут быть условно разделены на две группы:

агрегатирование на базе одной принципиальной компоновочной схемы (однотипные роботы); конкретные исполнения роботов различаются

Репозиторий БГУ

размерами и грузоподъемностью, а также характером комплектаций (системами управления, дополнительными модулями и т.п.);

агрегатирование, дающее возможность получать несколько различных компоновочных схем (разнотипные роботы), в том числе различающиеся видом системы координат, формой и размерами рабочих зон и другими признаками.

По характеру технических показателей агрегатно-модульные роботы могут быть разделены на три группы: с неизменными значениями основных технических показателей, с ограниченным диапазоном и с широким диапазоном основных технических показателей.

По типу системы управления различают роботы, комплектуемые системами управления одного типа, различных типов.

Унифицированный узел робота – сборочная единица ПР с унифицированными присоединительными размерами и параметрами внешнего сопряжения.

Агрегат ПР – совокупность деталей и узлов, образующих механизм, предназначенный для выполнения движений по одной степени подвижности, реализуемых с помощью присоединяемого к нему привода, с унифицированными местами крепления, в том числе крепления приводов. В некоторых случаях агрегат может включать в себя редуктор, передаточный механизм или его часть.

Разновидностью агрегатно-модульного принципа построения роботов является модульный принцип. В этом случае роботы проектируют на базе функциональных модулей, включающих все необходимые механизмы, приводы, датчики обратной связи, энергетические и информационные коммуникации, необходимые для работы модуля.

Исполнительный модуль – реализует движение робота по одной степени подвижности, включает в себя агрегат, двигатель, редуктор, датчики обратной связи, унифицированные присоединительные размеры и параметры внешнего сопряжения с цепями энергопитания и управления.

Модуль-привод преобразует команды, поступающие от устройства управления, в необходимые усилия или крутящий момент. Включает в себя двигатель, редуктор, датчики обратной связи и устройство управления приводом, обеспечивающие требуемые движения звеньев механизмов.

Модуль устройства управления – сборочная единица с унифицированными присоединительными размерами, подключаемая в общую схему через унифицированные интерфейсы и выполняющая какие-либо заданные функции (например, процессор, группа плат сопряжения с каналом внешней информации).В последние годы в робототехнике начинают применять мехатронные модули движения и интеллектуальные мехатронные модули.

Мехатронный модуль движения (ММД)– конструктивно и функционально самостоятельное изделие, включающее в себя управляемый двигатель, механическое и информационное устройство. В состав ММД входит встроенное информационное устройство, включающее датчики

Репозиторий ВГУ

обратной связи и информации, а также электронные блоки для обработки и преобразования сигналов.

Интеллектуальный мехатронный модуль (ИММ) - конструктивно и функционально самостоятельное изделие, построенное путем синергетической интеграции двигательной механической, информационной, электрической и управляющей частей. По сравнению с ММД в конструкцию ИММ дополнительно встраиваются управляющие и электронные устройства: цифровые вычислительные устройства, электронные силовые преобразователи, компьютерные устройства сопряжения и связи.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 4. Приводы промышленных роботов.

Под ***приводом*** ПР понимается совокупность технических средств, предназначенных для приведения в движение всех звеньев манипуляционной системы и схвата рабочего органа в соответствии с требованиями производственного процесса. В функциональном отношении привод помещается между устройством управления ПР и звеньями манипуляционной системы так, как это показано на рис. 4.1.

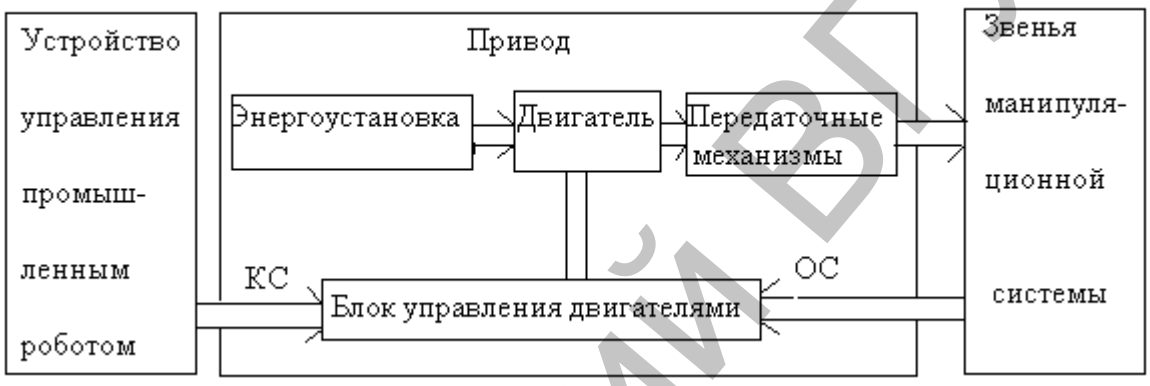


Рис. 4.1. Общая структура привода промышленного робота.

В общем случае ***привод состоит из*** энергоустановки (преобразователя энергии) двигателей, передаточных механизмов и блока управления двигателями. Ко всем типам приводов в робототехнике предъявляются специальные требования. Основные из них: минимальный вес и габариты, повышенные энергетические, а также статические и динамические характеристики, легкость регулирования в большом диапазоне скоростей, реверсивность, большой ресурс и плавность движений, стабильность характеристик в широком диапазоне нагрузок, фиксация положения звена при отключении привода, независимость характеристик от изменения температуры. Особенностью является также взаимосвязанная групповая работа приводов всех степеней подвижности робота.

По степени управляемости различают приводы:

- нерегулируемые, обеспечивающие движение звеньев с одной рабочей скоростью;
- регулируемые, обеспечивающие заданную скорость движения при изменяющихся параметрах привода;
- следящие, обеспечивающие перемещение звена с заданной точностью при произвольном задающем сигнале;
- адаптивные, автоматически выбирающие оптимальные параметры управления при изменении условий работы.

Силовыми модулями манипуляторов промышленных роботов служат различные типы приводов – электрические, гидравлические, пневматические.

Наиболее удобны в эксплуатации электроприводы, так как гидро- и пневмоприводы имеют склонность к утечкам рабочего тела и требуют специальных станций питания, издающих шум.

Репозиторий ВГУ

Кроме двигателя в состав привода для каждой степени подвижности входят: усилители мощности, передаточные устройства, а также корректирующие цепи, датчики обратных связей по скорости и положению, а иногда и силомоментные датчики. Их наличие полностью необходимо в замкнутых следящих приводах для контурных и контурно-позиционных систем управления. Основными параметрами привода являются: мощность, быстродействие и точность отработки командных сигналов. Для выбора того или иного типа привода при конструировании ПР наиболее существенным является вид энергии. Поэтому одна из распространенных классификаций приводов основана на этом признаке (рис.4.2).

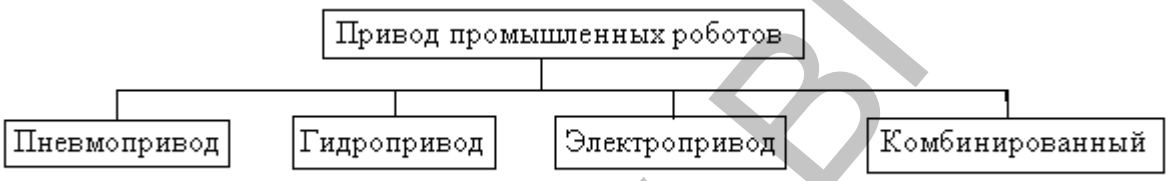


Рис.4.2. Классификация приводов.

Большинство пневмоприводов, часть гидроприводов и приводы с шаговыми двигателями действуют по разомкнутому циклу.

Пневматический привод.

Пневматический привод прост, надежен, дешев. Он отличается высоким быстродействием (до 1000 мм/с при линейном перемещении), но имеет серьезный недостаток, связанный с плохой управляемостью из-за используемого типа энергоносителя. Воздух сжимаем. Это затрудняет точное позиционирование по многим точкам рабочей зоны. Обычно позиционирование по каждой степени свободы производят в крайних точках и осуществляют его путем использования специальных тормозных устройств. Грузоподъемность ПР с пневмоприводом невелика – до 20 кг. Однако благодаря своим достоинствам этот тип привода получил широкое распространение, 40-50% мирового парка роботов используют пневмопривод.

Важной особенностью пневмопривода является то, что он, как правило, легко совмещается со звеньями манипулятора, обеспечивая тем самым непосредственное воздействие на них. Например, для поступательной кинематической пары 5-го класса можно использовать конструкцию привода, приведенную на рис.4.3.

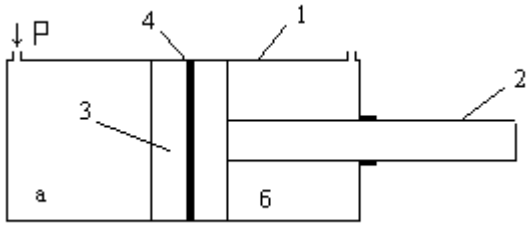


Рис.4.3. Схема пневмоцилиндра.

Репозиторий ВГУ

В этой конструкции два элемента привода гильза 1 и шток 2, жестко связанный с поршнем 3, одновременно являются перемещающимися друг относительно друга звеньями манипуляционной системы ПР. Перемещение достигается путем изменения давлений P_1 и P_2 в левой и правой полостях пневмоцилиндра. Для лучшей изоляции этих полостей друг от друга между поршнем и гильзой помещается резиновое уплотнение 4.

Для подачи воздуха в полость пневмоцилиндра или мембранной камеры применяют электропневмоклапаны прямого или обратного действия. При подаче напряжения в обмотку электроклапан обратного типа закрывает канал подвода воздуха, а клапан прямого типа открывает канал.

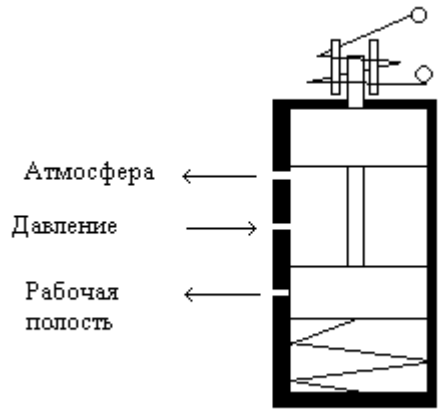
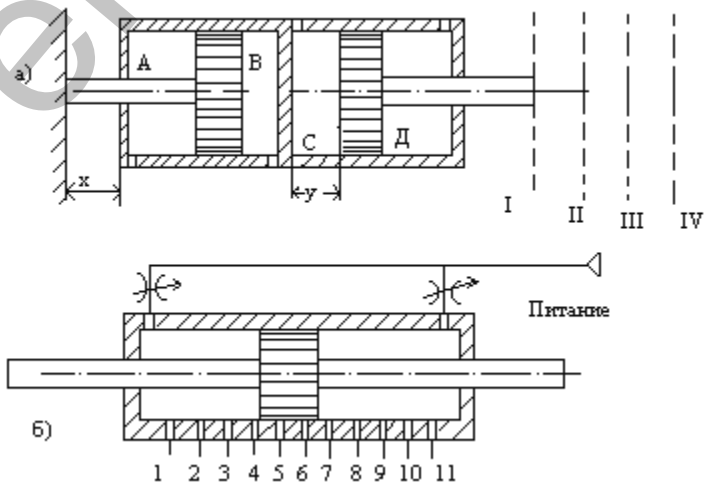


Рис.4.4. Электроклапан прямого типа.

Клапан прямого типа (рис.4.4) выполнен в виде подпружиненного золотника, который перемещается в цилиндрическом корпусе с тремя отверстиями. Верхнее отверстие соединено с атмосферой, нижнее – с одной из полостей пневмоцилиндра. К среднему отверстию подводят сжатый воздух. При подаче напряжения в обмотку золотник перемещается вниз и воздух через нижнее отверстие поступает в рабочую полость пневмопривода. Недостатком пневмопривода является то, что движение звена робота при включении клапана происходит с большой скоростью, сопровождаясь ударами звена об ограничивающие упоры. Для смягчения ударов на упорах устанавливают демпферы, однако это приводит к снижению точности позиционирования.



Репозиторий ВГУ

Рис. 4.5. Схемы цифровых пневмоприводов.

В случае необходимости иметь несколько точек позиционирования пневматические двигатели строят по схеме рис. 4.5. Для схемы по рис.4.5,а корпус 1 за счет работы левого цилиндра АВ может переместиться на величину x_1, а выходной шток 2 за счет работы правого цилиндра СД – на величину x_2, причем отношение x_1/x_2 = ½. Следовательно, если оба перемещения отсутствуют, на выходе имеем положение I, при перемещении только x_1 получаем положение II, при перемещении только x_2 – положение III, а при перемещении $x_1 + x_2$ - положение IV. Для получения большего числа позиций добавляют еще одну ступень цилиндра.

По второй схеме (рис. 4.5,б) несколько позиций осуществляются путем устройства нескольких выходных отверстий (1-7) в атмосферу, причем открывается одно из них. Например, если необходимо остановиться в позиции 4, то открывается это отверстие. Поршень остановится тогда, когда перекроет это отверстие. В последнее время появились также следящие пневмоприводы.

В ряде случаев в захватных устройствах применяют мембранные пневмоприводы. Мембранная камера представляет собой круглую мембрану, края которой закреплены между металлическими тарелками (рис. 4.7).

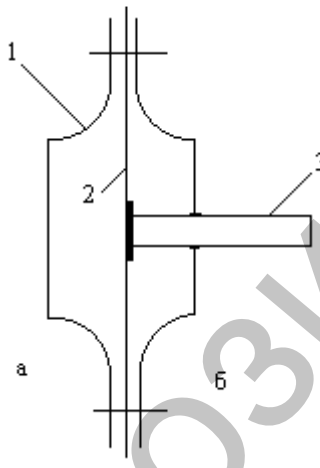


Рис. 4.7. Схема мембранного пневмопривода.

К центру мембраны прикреплен шток, через уплотнение выходящий наружу. При подаче сжатого воздуха между мембраной и одной из тарелок мембрана изгибается, перемещая штоком рабочее звено робота.

Гидравлические приводы.

Гидропривод применяют для роботов большой (50 – 100 кг) и сверхбольшой (более 100 кг) грузоподъемности. Он обладает высоким быстродействием при малой инерционности. Повышенной стабильностью скорости при изменении нагрузок благодаря несжимаемости рабочей жидкости. Бесступенчатым регулированием скорости, высоким коэффициентом усиления мощности. К недостаткам гидропривода относятся появление утечек, необходимость в насосной станции и зависимость скорости от температуры рабочей жидкости. Электрогидравлические приводы роботов применяются в основном двух классов: дроссельного

Репозиторий ВГУ

управления и объемного управления, причем дроссельное управление различается на управление с гидронасосом постоянной производительности и переменной производительности. Во всех случаях может происходить управление либо гидроцилиндром, либо гидромотором.

Гидронасос постоянной производительности значительно дешевле, чем насос переменной производительности, однако энергетические характеристики привода дроссельного регулирования с насосом постоянной производительности хуже из-за больших непроизводительных потерь. Происходит обратный слив части жидкости и превращение части потенциальной энергии в тепловую, требуется охлаждение. Этих недостатков нет у привода дроссельного управления с насосом переменной производительности.

В связи с этим гидроприводы дроссельного управления с насосом постоянной производительности применяются в роботах меньшей грузоподъемности (десятки кг), а с насосом переменной производительности – в основном для роботов большой и сверхбольшой грузоподъемности (сотни кг).

Схема гидравлического привода дроссельного управления с насосом переменной производительности показана на рис. 4.8.

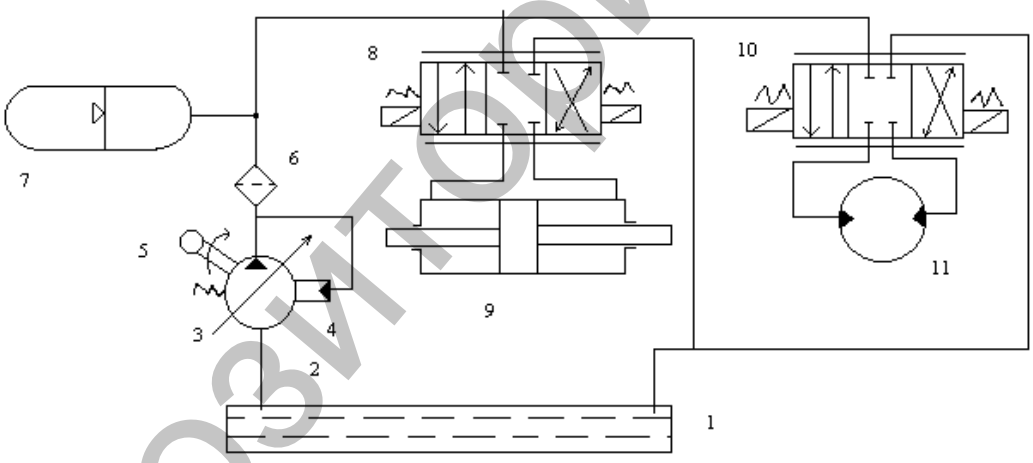


Рис. 4.8. Гидропривод с насосом переменной производительности.

Рабочая жидкость забирается насосом из бака 1 через фильтр 2 с помощью насоса 3. Там имеется электродвигатель 5 и регулятор подачи насоса 4. Затем рабочая жидкость проходит фильтр тонкой очистки 6. Пневмогидравлический аккумулятор 7 служит для стабилизации давления в нагнетающей магистрали при резких его изменениях.

Гидродвигатель состоит из золотникового распределителя (8,10) и силового цилиндра 9 или гидромотора 11. Дросселирование потоков рабочей жидкости достигается путем изменения проходных сечений золотникового распределителя. Проходное сечение зависит от положения кромки золотника относительно проточки золотниковой втулки. Величиной проходного сечения, т.е. смещением золотника, определяется скорость перемещения гидродвигателя. Для улучшения характеристик данного типа привода в последнее время широкое применение находят приводы с пропорционально-дроссельным регулированием.

Репозиторий ВГУ

Электрические приводы.

Для плавного перемещения звеньев робота наиболее удобны в эксплуатации электрические приводы. Они отличаются компактностью, быстродействием, регулируются в широких пределах, легко стабилизируются, имеют хорошие характеристики. Недостатки электроприводов: зависимость скорости от нагрузки, необходимость промежуточных передач от вала двигателя к звену робота.

В исполнительном устройстве привода применяются различные типы электродвигателей (рис.4.10).

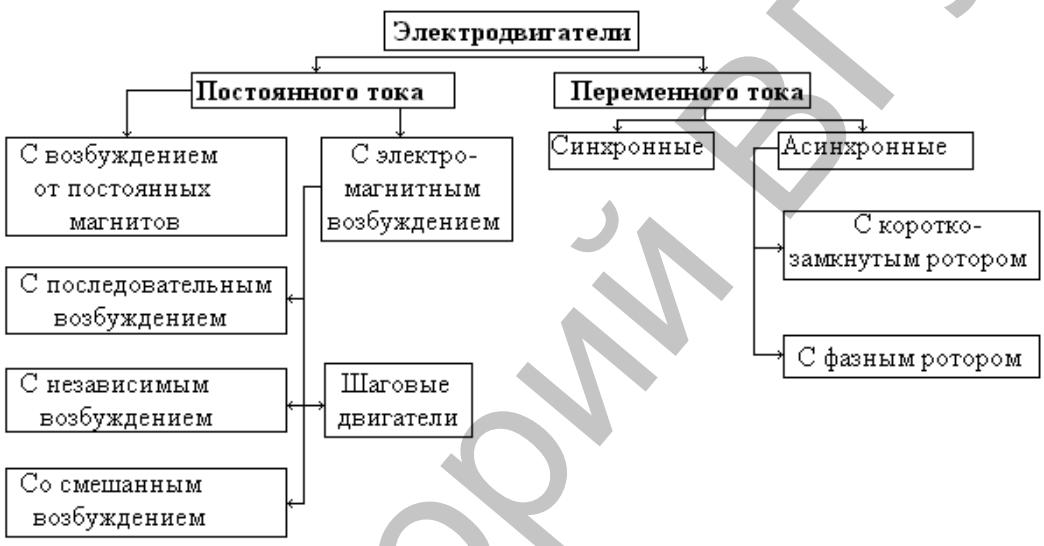


Рис. 4.10 Классификация электродвигателей.

Электродвигатели постоянного тока делятся на двигатели с электромагнитным возбуждением и с возбуждением от постоянных магнитов. Электромагнитное возбуждение может быть независимым, последовательным или смешанным. В роботах требуется регулирование скорости вращения в широком диапазоне, и производится оно по-разному. Наиболее перспективны в робототехнике двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Они отличаются меньшей инерционностью и более высоким КПД. Также электродвигатели могут быть коллекторными и бесконтактными. Последние обладают большей надежностью ввиду отсутствия трущихся о коллектор щеток.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 5. Системы программного управления промышленных роботов.

Основные принципы управления, реализуемые в приводах роботов.

Термином управление в технике обычно обозначают процесс автоматической реализации совокупности воздействий, прилагаемых к некоторому объекту, либо с целью поддержания его функционирования на заданном уровне, либо с целью изменения в желаемом направлении его регулируемых параметров.

Робот как объект управления представляет собой сложную систему, включающую в себя многозвенную механическую конструкцию с исполнительными пневмо-, гидро- или электроприводами, активно взаимодействующую с окружающей средой и характеризующуюся совокупностью параметров, изменяющихся во времени.

Выделяют три иерархических уровня автоматизации роботизированного оборудования:

- согласованное управление роботом и единицей промышленного оборудования, при котором команды управления роботом подает обслуживаемая им технологическая машина;
- управление роботом и несколькими единицами технологического оборудования, при котором поведение робота определяется запросами от обслуживаемых им машин;
- управление распределенными роботами, единицами оборудования, складами, транспортными средствами от центральной ЭВМ с целью выполнения поступающих заказов.

Как и любое другое, устройство управления принимает сигналы от датчиков и центральной ЭВМ, после чего вырабатывает команды на исполнительные устройства в соответствии с записанной программой управления. Устройство управления роботом должно дополнительно:

- регулировать положение и скорости перемещения приводов звеньев;
- учитывать состояние обслуживаемых единиц оборудования;

Обычно в системах управления используются три основных принципа: разомкнутого управления, управления по возмущению и принцип обратной связи.

Принцип *разомкнутого управления* реализуется только на основе желаемого алгоритма поведения управляемого объекта и не учитывает возможность появления внешних возмущающих воздействий, способных вызвать неконтролируемые отклонения в процессе функционирования объекта.

Например, скорость вращения выходного вала электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением пропорциональна напряжению, приложенному к якорю (рис. 5.1).

Репозиторий БГУ

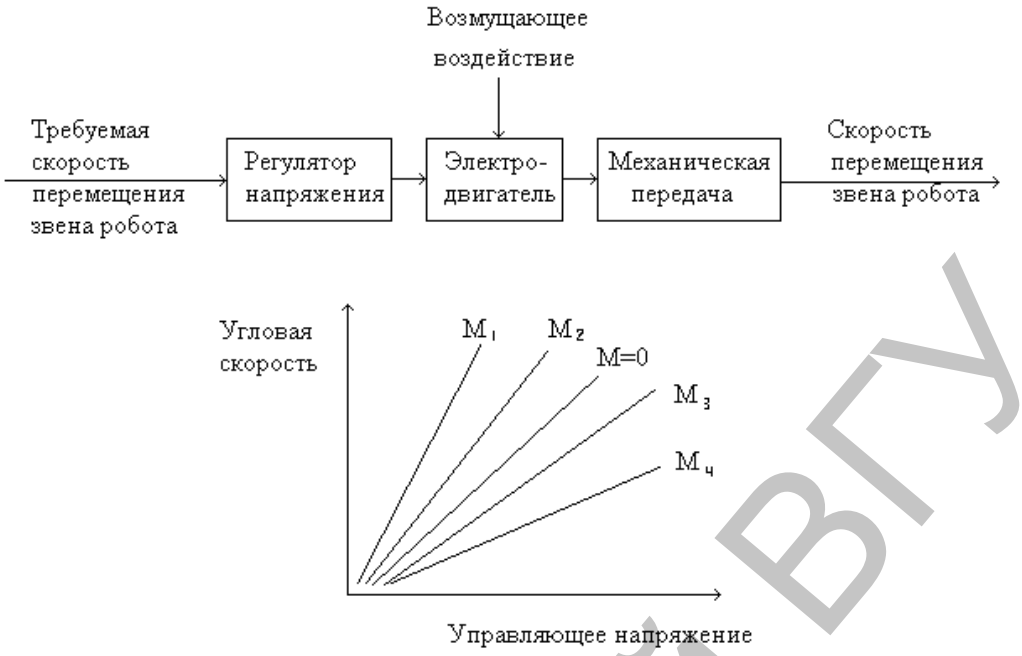


Рис. 5.1. Схема разомкнутого управления.

Подавая на двигатель напряжение желаемой величины, управляют скоростью вращения его выходного вала и, как следствие, скоростью перемещения звена робота, соединенного с этим двигателем. Однако, если на данное звено действуют внешние силы, например, статический момент силы тяжести звена, изменяющийся по величине в зависимости от углового положения степени подвижности, то скорость вращения электродвигателя будет существенно отличаться от заданной и, кроме того, будет изменяться в функции от угла поворота звена робота.

Принцип *управления по возмущению* может использоваться в системах разомкнутого типа, находящихся под влиянием некоторых возмущающих воздействий (рис. 5.2.), для того чтобы компенсировать отклонение регулируемого параметра, вызванного доминирующим воздействием.

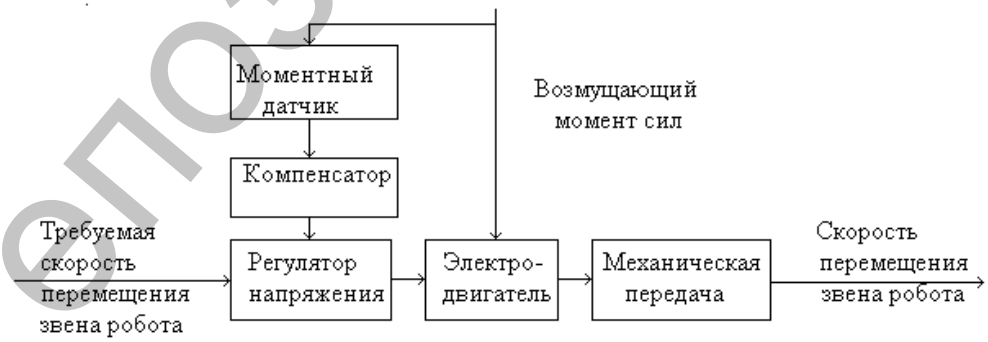


Рис. 5.2. Схема управления по возмущению.

При управлении по возмущению удается компенсировать нежелательное влияние на процесс регулирования только того воздействия, которое измеряется датчиком, а остальные воздействия по-прежнему могут вызывать неконтролируемые отклонения.

Отличительным признаком систем управления, в которых реализован *принцип обратной связи*, является измерение регулируемого параметра и использование полученной информации при формировании закона

Репозиторий ВГУ

управления (рис. 5.3.). Системы управления, замкнутые по регулируемой координате, имеют лучшие характеристики по сравнению с системами, созданными на основе принципа управления по возмущению, так как независимо от причины, вызвавшей отклонение данной координаты от заданного значения, величина и знак отклонения могут быть оценены и на их основе могут быть осуществлены корректирующие воздействия, повышающие степень совпадения текущего и требуемого поведения объекта.

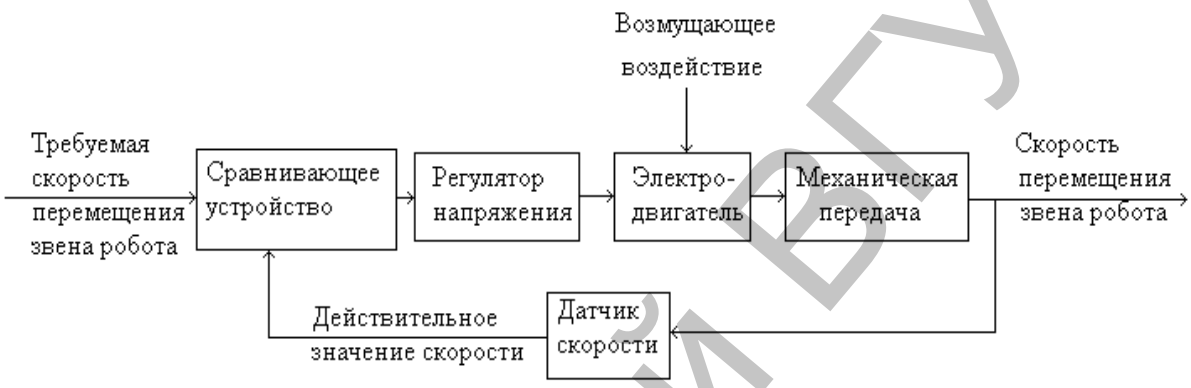


Рис. 5.3. Схема управления с обратной связью.

В замкнутых системах автоматического регулирования применяют различные законы управления. Законом управления обычно называют математическую зависимость, в соответствии с которой регулятор формирует воздействие на объект управления в предположении, что последний является безинерционным. Пусть x – управляемая выходная координата объекта, x_0 – ее желаемое значение, U – управляющее воздействие, прикладываемое к объекту. Тогда в общем случае управляющее воздействие в системе с обратной связью можно представить в функции не только отклонения $\Delta x = x_0 - x$, но и в функции от его производных и интегралов по времени:

$$U = f(\Delta x, \frac{d\Delta x}{dt}, ..., \int_0^t \Delta x dt, ...).$$

Простейшим является пропорциональный закон управления. При этом законе регулятор формирует воздействия на объект в следующем виде: $U_n = k \Delta x$, где $\Delta x = x_0 - x$, а k - коэффициент передачи. При пропорциональном законе управления выбором коэффициента передачи регулятора можно либо ускорять, либо замедлять переходный процесс, увеличивая или уменьшая соответственно его колебательный характер.

Пропорционально-дифференциальный закон позволяет формировать управляющее воздействие не только в функции от отклонения выходной координаты от заданной U_n , но и в функции от скорости отклонения во времени $U_д$, т.е. в функции первой производной от ошибки положения:

$$U_{пид} = U_n + U_д = k_n(x_0 - x) + k_д \frac{d(x_0 - x)}{dt}$$

где k_n и $k_д$ – коэффициенты передачи; $d(x_0 - x)/dt$ – первая производная от отклонения Δx.

Репозиторий ВГУ

Включение в закон управления компоненты, пропорциональной первой производной отклонения, позволяет эффективно ограничивать скорость движения выходной координаты к заданному положению. Однако точная отработка заданного положения в данной системе управления двигателем возможна лишь при отсутствии внешних возмущающих воздействий.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования является более совершенным с точки зрения компенсации внешних возмущений на точность отработки задания. Здесь вводится еще одна компонента – $U_и$ – интегральная.

$$U_{пид} = U_п + U_и + U_д = k_п(x_0 - x) + k_и \int_0^t (x_0 - x)dt + k_д \frac{d(x_0 - x)}{dt}.$$

При проектировании конкретных робототехнических систем необходимо учитывать возможности робота по отработке заданного положения или желаемой траектории движения захватного устройства и требования, вытекающие из технологии выполнения той или иной производственной задачи. Например, если предполагается автоматизировать операцию загрузки-выгрузки пресса, то не обязательно оснащать робот замкнутой системой управления. Достаточно использовать принцип разомкнутого управления. Для автоматизации дуговой сварки необходимо управлять с высокой степенью точности не только положением электрода, но и его скоростью в условиях значительных внешних воздействий, и, следовательно, робот, предназначенный для этой работы, должен иметь систему управления, реализующую самые совершенные принципы и законы управления положением и скоростью.

Системы программного управления промышленных роботов подразделяются на системы: а) циклового, б) позиционного, в) контурного управления. Каждая из них имеет много разновидностей в зависимости от характера операций, кинематики робота, приводов.

Цикловой режим программного управления является наиболее простым (рис. 5.4). Он применяется, как правило, в тех случаях, когда по каждой из n степеней подвижности q_i (i =1, 2, …n) робота возможно позиционирование лишь в двух крайних точках $q_{iн}$, $q_{iк}$, где соответствующие индексы Н, К означают начальное и конечное положения соответствующих подвижных элементов.

Репозиторий ВГУ

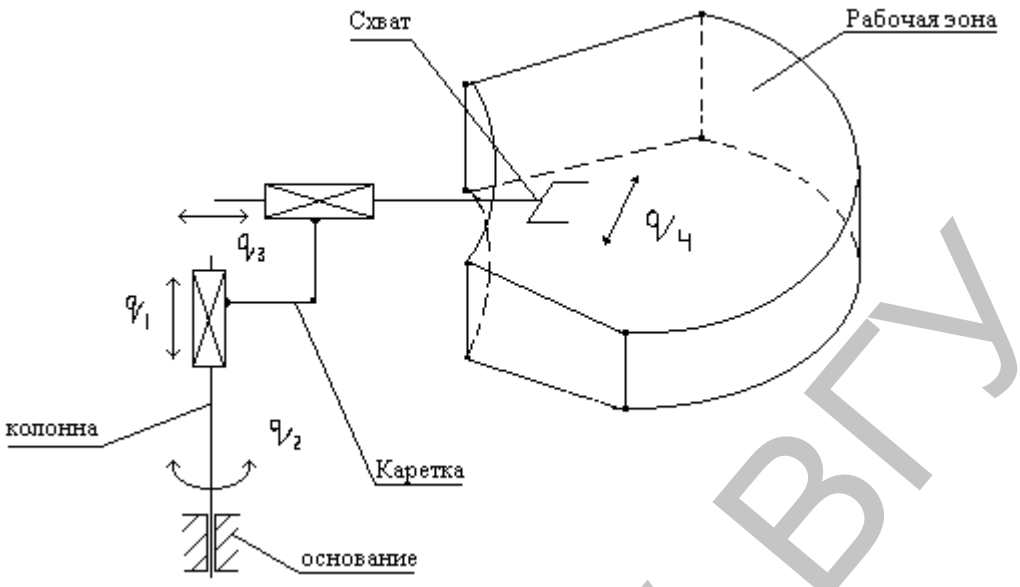


Рис. 5.4. Робот с цикловой системой программного управления.

Для перевода i-го звена в состояние $q_{iн}$ необходимо на его привод подать нулевой управляющий сигнал $U_i = 0$. Для перевода этого звена в состояние $q_{iк}$ на тот же привод необходимо подать сигнал $U_i = 1$. Причем при переходе робота в новое состояние при неизменном управляющем векторе $U = (U_1, \ldots, U_n)$ данное состояние остается неизменным.

При организации циклового управления роботом могут быть использованы довольно простые автоматы, построенные на элементах цифровой вычислительной техники. Такие автоматы включают: память последовательности кодов требуемых состояний робота, память последовательности временных интервалов, т.е. тех интервалов времени, в которых управляющие векторы остаются неизменными, временное устройство и блок управления переходами.

Программируемые контроллеры (ПК) используются в системах управления в качестве одних из простых устройств, предназначенных для автоматизации производства. В промышленных роботах относительно несложно с помощью ПК организовывать цикл работы робота с цикловой системой управления, осуществлять с помощью индикации контроль за работой комплекса. Общая схема основных элементов ПК показана на рис. 5.5. Питание ПК осуществляется от обычной сети, хотя ПК может обеспечить питание схем управления большей мощности. Совместно с ПК применяется съемный модуль-программатор, который может быть переставлен с одного ПК на другой или отправлен на хранение. Интерфейсные устройства и устройства ввода-вывода данных, входящие в состав ПК, могут представлять собой дополнительные съемные модули. Некоторые производители оснащают ПК графическим дисплеем, на экране которого воспроизводится лестничная схема. Последовательное воспроизведение такой схемы осуществляется программистом.

ПК широко применяется для управления промышленными роботами как в автономном режиме, так и в составе роботизированных комплексов. ПК

Репозиторий ВГУ

представляют собой идеальное средство управления роботизированным производственным модулем. В этом случае в функцию ПК входит синхронизация координатных перемещений рабочих органов робота с обслуживаемым технологическим и вспомогательным оборудованием. Наиболее часто ПК используется для управления пневматическими роботами с цикловой системой управления.

Основой для программирования ПК служит лестничная логическая схема. Основной задачей ПК является принятие логических решений типа данет. ПК непрерывно анализирует данные с датчиков, контролирующих технологический процесс, формирует логические решения и передает выходные данные в виде управляющих сигналов на органы управления тем же процессом. После ввода запрограммированной лестничной схемы работа ПК будет продолжаться до тех пор, пока не потребуется внесение изменений. Управление автоматизированным оборудованием с помощью ПК может осуществляться с обратной связью или во временном режиме. В состав ПК могут входить таймеры и счетчики. Большинство ПК располагают возможностью независимого включения сигнала на некотором выходе, несмотря на состояние запрограммированной логической схемы. Независимое управление выходами может быть также использовано для диагностирования и дает возможность пользователю избежать нежелательных последствий появления неисправностей. Преимуществами ПК являются также малые габариты, низкая энергоемкость, высокая надежность работы. К дополнительным выходам ПК при необходимости могут быть подключены дисплеи, печатающие устройства.

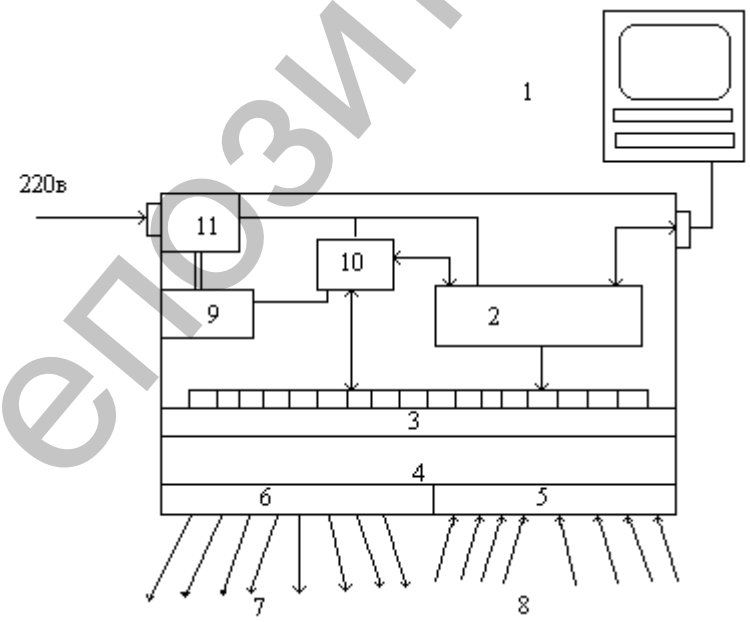


Рис. 5.5. Программируемый контроллер:

1 – программатор; 2 – центральный процессор; 3 – интерфейс; 4 – контакты входов-выходов; 5 – 5 – входы; 6 – от процессора; 7 – к технологическому оборудованию; 8 – выходы; 9 – аварийное батарейное питание; 10 – память; 11 – источние питания.

Репозиторий БГУ

Для построения подобных управляющих автоматов – контроллеров необходимы регистры, дешифраторы, счетчики, триггеры и т.п. Учитывая, что контроллеры ПР представляют собой автоматы с памятью, при их разработке могут быть использованы более крупные узлы ВТ, такие, как управляющая память и блоки микропрограммного управления современных микропроцессорных комплектов.

Использование управляющей памяти ведет к упрощению структуры контроллеров, а применение блоков микропрограммного управления, хотя и усложняет их, но одновременно расширяет функциональные возможности. Для построения универсальных контроллеров целесообразно не только использовать отдельные узлы микропроцессорных комплектов, не только применять в структуре контроллеров микропроцессоры, но и сами контроллеры создавать на основе микропроцессоров и микроЭВМ.

Структурная схема программируемого микроконтроллера, предназначенного для циклового управления промышленными роботами, показана на рис. 5.6.

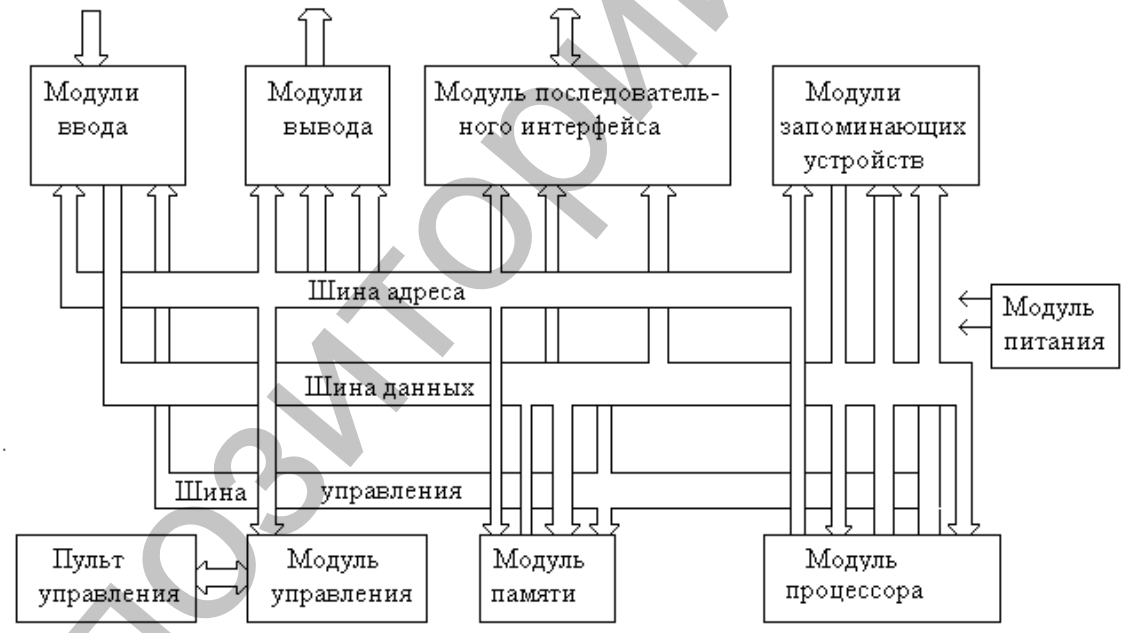


Рис. 5.6. Структурная схема программируемого микроконтроллера.

Модуль процессора осуществляет сбор, цифровую обработку и вывод информации в соответствии с исполнительной программой, записанной в перепрограммируемое ПЗУ модуля памяти. Назначение исполнительной программы – преобразование инструкций, введенных оператором с помощью пульта управления , в последовательность кодов машинного языка микропроцессора, реализующих эти инструкции. Управляющая программа размещается в модуле запоминающих устройств. Она записывается пользователем в кодах команд входного языка микроконтроллера и обеспечивает выполнение заданного алгоритма управления внешним оборудованием.

Для введения программы используют пульт управления, портативный программатор или персональный компьютер со специальным программным

Репозиторий ВГУ

обеспечением. Усложнение программ управления привело к отказу от применения программаторов, а многообразие контроллеров с собственными языками программирования к появлению пяти стандартных языков программирования: языка лестничных диаграмм (LD), функционально-блочных диаграмм (FBD), списка инструкций (IL), диаграмм последовательных функций (SFC), структурированного текста (ST).

В последнее время развиваются программоносители в виде быстросменных флэш-дисков. Флэш-диск используют для долговременного хранения сотен мегабайт информации. Он представляет собой электрически стираемое перепрограммируемое устройство на микросхеме памяти по технологии Flash (фирма «Интел»). В отличие от обычных микросхем памяти число циклов стирания и записи превышает один миллион. Флэш-диск не имеет подвижных частей, невосприимчив к ударам и вибрациям, устойчиво работает при изменении температуры от -40 до +80ºС со средним временем наработки на отказ более 100 лет. В сложных системах появились средства дистанционного программирования распределенных контроллеров через промышленную шину.

Пульт управления и модуль управления составляют технические средства общения оператора с микроконтроллером. Модули ввода и вывода предназначены для связи микроконтроллера с исполнительными устройствами манипулятора робота и с технологическим оборудованием. Модуль последовательного интерфейса служит для обмена информацией между микроконтроллером и управляющим вычислительным комплексом верхнего уровня.

Микроконтроллер имеет режимы работы:

- автоматическое управление по программе, записанной в память рабочей программы;
- ручное управление по командам, поданным с пульта управления;
- пошаговое выполнение программы;

программирование (запись команд в память рабочих программ);

- просмотр программы (вывод на индикацию содержимого памяти рабочих программ).

Позиционные системы управления роботами относятся к общему классу систем автоматического управления. Основными техническими характеристиками систем управления, относящихся к данному классу являются: число управляемых координат 3-8, объем памяти программ (кадров) 100-2500, число технологических команд обмена информацией с внешним оборудованием 15-128, тип привода следящий или дискретный. По способу обработки информации (последовательная или параллельная) позиционные системы строятся по структуре с центральным вычислителем и с децентрализованной структурой, когда вычислитель входит в состав каждого координатного блока.

Пример системы с централизованной структурой показан на рис. 5.7.

Репозиторий БГУ

Рис. 5.7. Схема централизованной структуры позиционной системы программного управления.

Она построена по принципу синхронного микропрограммного автомата (МПА) с конечным числом состояний и жестким циклом управления. МПА предназначен для формирования управляющих микрокоманд в соответствии с алгоритмом функционирования позиционного устройства. Реализация функций центрального управления и логической обработки информации осуществляется операционно-логическим устройством (ОЛУ), который вместе с МПА представляет собой специализированный вычислитель. Основным программоносителем является кассетный накопитель (КН), который со своим блоком управления (БУ КН) осуществляет прием, хранение и выдачу по запросу из МПА требуемой программы.

Информация в КН формируется по зонам. В одной зоне может быть записано несколько программ. Связь между зонами осуществляется с помощью команд условного или безусловного переходов. В режиме записи и чтения информации обмен идет через ОЗУ, которое предназначено для оперативного хранения рабочей программы, размещенной в одной зоне и используемой непосредственно для автоматического управления роботом. Пульт управления (ПУ) предназначен для задания режимов работы и организации управления в режимах «Обучение», «Поиск кадра», «Программа и др. Ручное управление манипулятором осуществляется с выносного пульта управления.

В общем случае функциональный состав управляющей программы позиционного манипулятора может быть записан выражением

$\Phi = (X + Y + Z + \ldots + W + F + N + R + t + p)n$,

где X, Y, Z …, W – массив информации, соответствующий величинам

Репозиторий ВГУ

геометрических перемещений по степеням подвижности, F – скорость перемещений; N – технологические команды; R – информация о последовательности выполнения команд; t – временная задержка; p - логические команды условий перехода; n – число кадров программы.

Использование специализированных контроллеров и микропроцессоров в структуре позиционных систем управления делает ее более гибкой и обеспечивает возможность программирования алгоритмов управления путем изменения состава программного обеспечения.

Системы контурного управления предназначены для осуществления движения захватного устройства по непрерывной траектории. Это необходимо, например, при автоматизации таких операций, как дуговая сварка, окраска, абразивная зачистка облоя, а также для сложных сборочных операций.

Существуют два основных способа построения устройств контурного управления роботами. Первый из них основан на записи в память системы информации об изменении положения каждой степени подвижности во времени, т.е. в виде готовой для отработки приводом непрерывной траектории. Второй способ заключается в записи конечного числа координат точек, принадлежащих желаемой траектории движения захватного устройства робота, с последующей генерацией непрерывной траектории, соединяющей эти точки, путем выполнения интерполяции по заданному закону.

Если в первом случае в управляющем устройстве отсутствуют вычислительные блоки, но требуется запоминающее устройство с определенным объемом памяти, то во втором – объем памяти невелик, но в устройство управления приходится включать блок интерполяции.

Характерной особенностью роботов с контурной системой управления является, как правило, наличие следящего привода в каждой степени подвижности манипулятора.

В некоторых электромеханических роботах с контурной системой управления, когда привод по каждой степени подвижности строится по принципу действия следящей системы, ставятся аналоговые датчики обратной связи (например, потенциометр и тахогенератор). Вследствие этого приходится вводить в систему аналого-цифровые преобразователи. Значительно большая эффективность системы по быстродействию, точности и плавности движений манипулятора достигается при установке импульсных или кодовых датчиков обратной связи. Тогда с управлением от ЭВМ получается чисто цифровая система управления приводами.. Системы контурного управления могут функционировать также в режимах позиционного управления.

Структурная схема одной из распространенных систем контурного управления «Сфера-36» показана на рис.5.8. Это многопроцессорная система, построенная по иерархическому принципу. Ее верхний уровень решает следующие задачи:

Репозиторий ВГУ

1) расчет траектории движения схвата манипулятора и формирование программы движения каждого звена;

2) логическая обработка информации о состоянии устройств, входящих в состав РТК, и синхронизация работы манипулятора с технологическим оборудованием;

3) обеспечение диалогового режима работы оператора;

4) обмен информацией с внешней ЭВМ;

5) запись, чтение и хранение программы пользователя на НГМД (накопитель на гибких дисках);

6) обеспечение режима ручного управления манипулятора с помощью пульта;

7) диагностика работы устройств;

8) калибровка положения звеньев манипулятора.

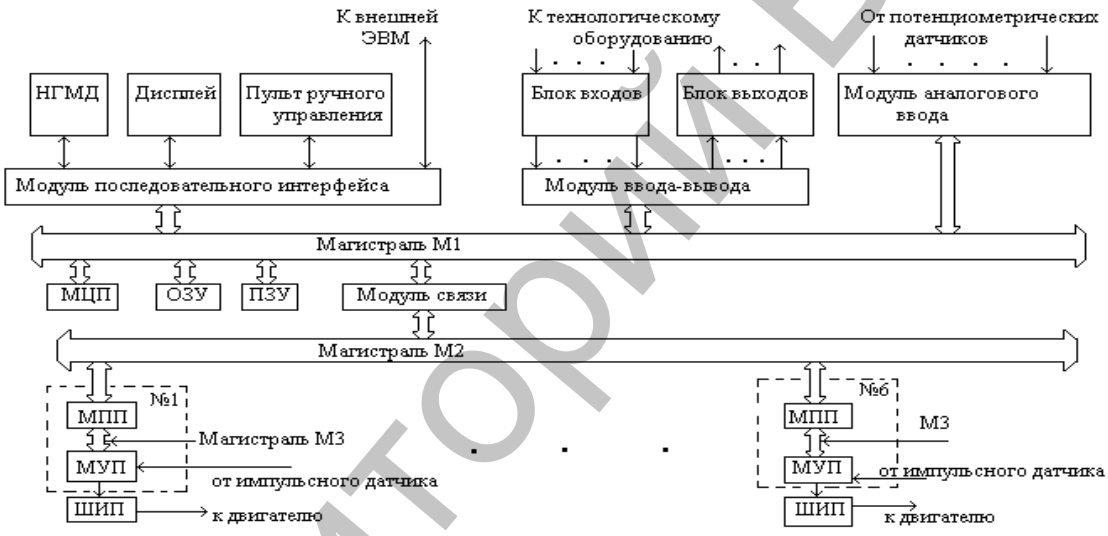


Рис. 5.8. Структурная схема контурной системы программного управления.

Нижний уровень в этой схеме управления решает задачи регулирования параметров движения (по положению и скорости) звеньев манипулятора в соответствии с программой, предписанной верхним уровнем. На нижнем уровне имеются шесть следящих электроприводов постоянного тока.

Верхний уровень содержит следующие устройства:

МЦП – модуль центрального процессора, предназначен для обработки цифровой информации в качестве центрального управляющего и вычислительного устройства;

ОЗУ осуществляет временное хранение команд, операндов и рабочей программы в режиме управления;

ПЗУ служит для хранения операционной системы и констант устройства управления.

Модуль ввода-вывода предназначен для ввода дискретных позиционных сигналов от оборудования в центральный процессор в выдачи команд на технологическое оборудование.

Репозиторий ВГУ

Модуль последовательного интерфейса служит для подключения периферийных устройств к каналу центрального процессора.

Модуль связи предназначен для организации обмена информацией между каналом центрального процессора и каналом процессоров приводов (МПП).

Модуль аналогового ввода осуществляет преобразование аналоговой информации в цифровой код для ввода в канал центрального процессора.

Нижний уровень содержит следующие устройства:

МПП – модуль процессора привода, производит обработку цифровой информации в качестве вычислительного и управляющего устройства нижнего уровня’

МУП – модуль управления приводом, предназначен для управления электроприводом. Он преобразует сигнал процессора привода в ШИП и осуществляет первичную обработку сигнала импульсного датчика обратной связи.

ШИП – широтно-импульсный преобразователь в системе управления двигателя.

Магистраль М1 является системной магистралью для обмена информацией между МЦП, памятью и внешними устройствами. Это канал ЭВМ, управляющий от МЦП всеми остальными устройствами как исполнительными.

Магистраль 2 служит для обмена информацией между МПП и модулем связи. Имеет сеть рациональных запросов для организации прямого доступа к памяти МПП (через модуль связи, работающий по командам МПП).

Магистраль 3 предназначена для обмена информацией между процессорами приводов и модулями управления приводами.

В состав программного обеспечения входит комплект тестовых программ, позволяющий проверить работу любого устройства.

Система управления имеет несколько режимов работы: автоматический – для отработки программы движения манипулятора; программный – для создания новой программы (режим обучения); базисный – для ручного управления каждым звеном; калибровки – для калибровки системы, т.е. установки звеньев в исходное положение, так как только после этого возможно включение автоматического режима.

В качестве системного программного обеспечения в устройстве управления «Сфера-36» используется специальная операционная система ARPS.

Адаптивной системой управления называется система управления, обладающая способностью автоматически приспосабливаться к определенным изменениям, происходящим во внешней среде и в самой системе в процессе функционирования.

Это достигается за счет того, что в алгоритмах адаптивного управления используется соответствующая текущая информация о состоянии внешней среды. Примерами таких операций, требующих адаптивного управления, являются: работа с неориентированными объектами, взятие хрупких

Репозиторий ВГУ

предметов с регулированием усилия сжатия, выбор определенного объекта по внешним признакам из множества других объектов и т.п.

Для реализации адаптивного управления в состав системы управления роботом вводятся сенсорные устройства (системы), предназначенные для выявления необходимых параметров внешней среды. Сенсорные устройства (датчики очувствления) роботов делятся на системы технического зрения, тактильные, силомоментные и локационные датчики. В зависимости от задачи, которую выполняет робот, в адаптивной системе используется определенная комбинация указанных датчиков.

Для обработки больших объемов информации от датчиков применяют интегральные и структурные методы распознавания образов.

Различают три уровня адаптации управляющего устройства к изменениям среды.

1. Изменение работы управляющего устройства при изменении состояния объекта под воздействием среды.

2. Изменение работы управляющего устройства при изменении состояния среды под воздействием объекта.

3. Изменение работы управляющего устройства с целью обеспечения максимального показателя качества при взаимных изменениях объекта и среды.

Адаптивное управление может иметь следующие варианты:

программное управление с адаптивной корректировкой управляющих программ;

адаптивный выбор отдельных подпрограмм в зависимости от реальной внешней обстановки или корректировка значений отдельных параметров этих программ;

чисто адаптивное управление в функции от сенсорной информации при полном отсутствии управляющих программ (например, взятие произвольно расположенных объектов путем автоматического наведения на них захватного устройства манипулятора с помощью СТЗ или локационного датчика);

комбинированное управление частично по программе, а частично по одному из указанных выше вариантов адаптивного управления.

Интеллектуальное (интеллектное) управление – это дальнейшее развитие и усложнение адаптивного управления в его программной части, в результате чего действия робота приобретают элементы творчества, т.е. носят интеллектуальный характер подобно действиям человека.

Необходимым признаком интеллектуальных систем является способность планировать свои действия для достижения определенной заданной цели. Для этого система должна уметь создавать модель внешней среды – модель мира (применительно к тем целям, которые стоят перед системой).

Для того чтобы система могла формировать модель внешней среды, отслеживать происходящие в ней изменения и совершенствовать ее, необходимо в составе системы иметь сенсорные устройства, системы

Репозиторий БГУ

обработки сенсорной информации, распознавания образцов внешней среды и, конечно, приспособленную для решения этих задач и хранения самой модели внешней среды обширную и хорошо организованную память.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 6. Информационные системы роботов.

Информационные системы роботов можно разделить по функциональному признаку на две группы: датчики состояния манипулятора и системы очувствления. К первым относятся датчики положения, скорости, крутящего момента. Вторую группу составляют сенсорные устройства. Классификация сенсорных устройств приведена на рис. 6.1.

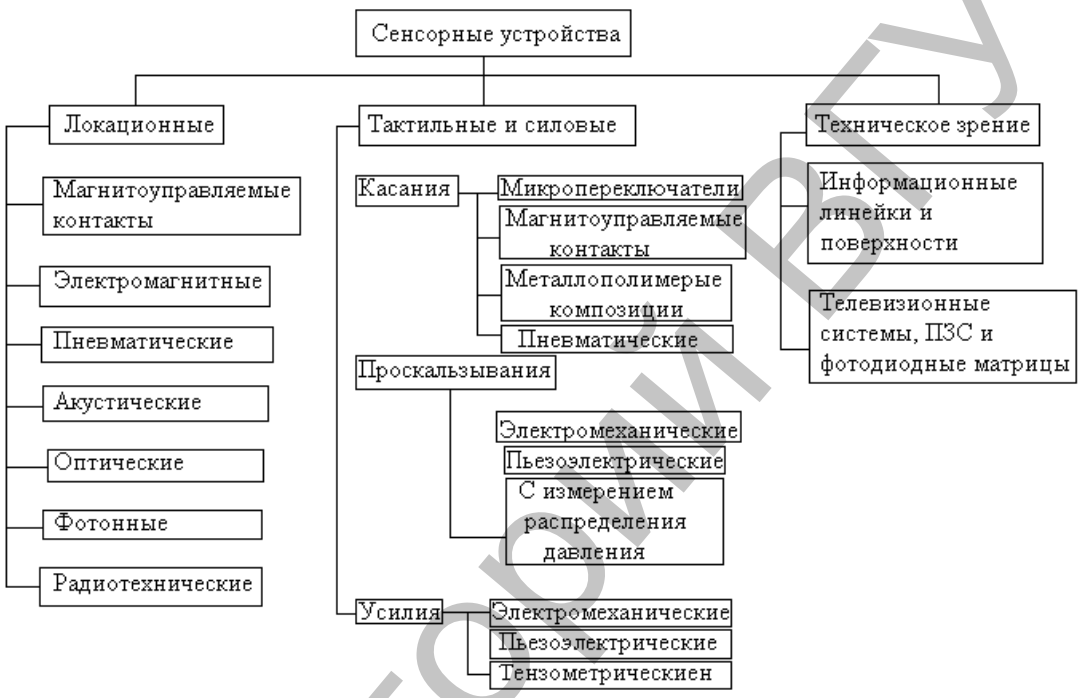


Рис. 6.1. Классификация сенсорных устройств.

Для позиционных и контурных систем управления роботами используются аналоговые и цифровые датчики обратных связей.

Из аналоговых датчиков углового перемещения чаще всего применяются потенциометры (рис. 6.2.). В них осуществляется преобразование либо углового перемещения, либо линейного перемещения движка 1 в напряжение постоянного тока $и_в$, пропорциональное этому перемещению.

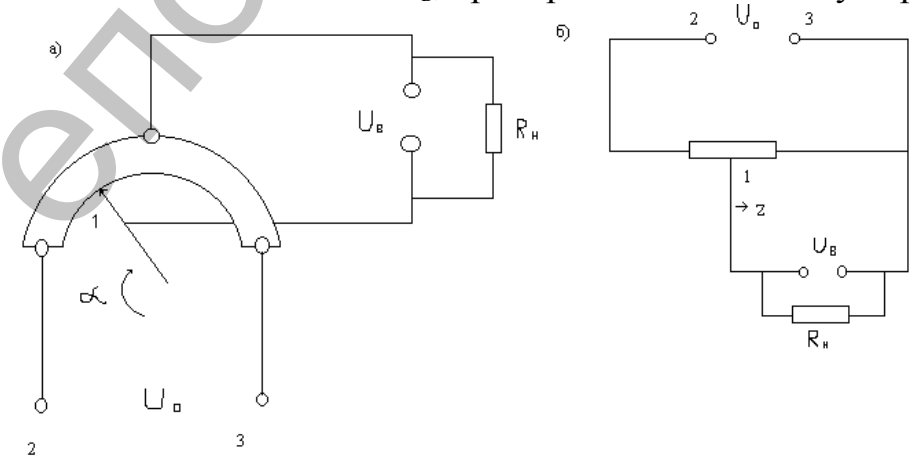


Рис. 6.2. Схемы потенциометрических датчиков: а) угловые, б) линейные.

Репозиторий БГУ

При этом вход 2-3 потенциометра питается постоянным напряжением U_0. Из-за сопротивления нагрузки R_H в выходной цепи пропорциональность $U_в = k\alpha$ или $U_в = kz$ несколько нарушается.

Выбором соотношений всех параметров датчика и выходной цепи можно эту погрешность свести к допустимой величине. Металлопленочные и полупроводниковые потенциометры обладают большей точностью и плавностью, чем обычные проволочные.

Кроме потенциометрических датчиков для измерения углов и угловых рассогласований в следящих приводах применяются вращающиеся трансформаторы, резольверы и сельсины. Они являются индикаторными электрическими машинами специального вида. Для измерения линейных перемещений могут применяться индуктосины.

Аналоговым датчиком угловой скорости для обратной связи в приводе служит тахогенератор. По сути дела, это электрический тахометр (измеритель скорости). Он представляет собой электрическую машину, у которой входом является вращающийся вал, а выходом — напряжение и, генерируемое этой машиной. С определенной точностью выходное напряжение пропорционально угловой скорости вала ($U — k\omega$). Существуют тахогенераторы постоянного тока и асинхронные переменного тока. Обычно тахогенератор встраивается в двигатель электропривода как измеритель скорости вращения вала двигателя.

В последнее время в следящих приводах роботов чаще стали применяться цифровые датчики обратной связи - импульсные фотоэлектрические и кодовые. Схемы их первичных элементов показаны соответственно на рис. 2.5, а и б. Поворот диска импульсного датчика с делениями на его периферии фиксируется в виде импульсов фотоэлектрическим элементом, который передает их через счетчик импульсов в систему управления робота. Таким образом, подсчетом числа импульсов измеряются приращения угловых перемещений вала. Числом импульсов в единицу времени может здесь измеряться и угловая скорость вращения. Импульсные датчики имеют различные конструкции и принципы (фотоэлектрические, индуктивные и др.).

Кодовый датчик содержит диск, на котором нанесен двоичный код, считываемый фотоэлектрическим устройством. Для компактности конструкции выполняются кодовые датчики, в которых вместо одного большого диска устанавливаются несколько маленьких, соединенных точной механической передачей. Кодовый датчик способен определять не только приращения угловых перемещений, как импульсный, но и положение вала в неподвижном состоянии. Точность датчика зависит от разрядности цифрового двоичного кода. Кодовый датчик значительно дороже импульсного.

Применение цифровых датчиков обратной связи в робототехнических системах, построенных на цифровых принципах управления, весьма целесообразно, так как исключает необходимость применения аналого-

Репозиторий ВГУ

цифровых преобразований, которые часто снижают точность и плавность движений манипулятора.

Датчики положения выбирают исходя из заданной погрешности позиционирования и перемещений степеней подвижности.

Передаточное отношение к датчику положения выбирают в такой последовательности:

Находят перемещение по степени подвижности

Выбирают датчик положения;

Определяют перемещения и скорость того звена механизма, с которым предполагается связать датчик;

Вычисляют передаточное отношение к датчику положения.

Значения перемещений степеней подвижности обычно указаны в техническом задании. Линейные перемещения степеней подвижности, исполнительные механизмы которых совершают угловое перемещение, находят по формуле

$S_i = l_i \varphi_I$,

где l_i – расстояние от оси шарнира степени подвижности до схвата, мм; φ_I –максимальный угол перемещения степени подвижности, рад.

Основные типы датчиков и их характеристики приведены в таблице.

Тип датчика	Разрешающая способность,дискрет(импульс/об)	Диапазон перемещения, оборот	Скорость, $мин^{-1}$	Долговечность,ч (цикл)
Потенциометр ППМЛ	10000	20	200	10^6
Кодовый:	2^{15}	16	900	10000
АДl-15	2^{15}	16	900	10^9
ППК-15	2^{15}	16	600	10^9
ФЭП-15	2^{15}	16	900	10^9
ППК-11			600	10^9
ФЭП-11				
Импульсный:	(1000;2500;5000)	Не ограничивается	6000	10000
ПИК П2-1Ф	1000; 2500		10000	10000
ПИК П2-2Ф	1000…5400		1000	10000
	1000; 1024; 1250	То же	3000	10000

Репозиторий ВГУ

BE51		То же	000	
M		То же	3	
BE			000	
106				

Тип датчика выбирают исходя из оценки достижимой погрешности позиционирования, которая определяется по формуле

$S_i K_\Delta / D_п \le \Delta_i$,

где S_i - перемещение степени подвижности; $D_п$ - число дискрет датчика; $K_\Delta = 1{,}5…3$ - коэффициент, учитывающий качество измерительных цепей системы управления: большие значения соответствуют аналоговым системам управления; Δ_i - погрешность позиционирования робота по i–й степени подвижности.

Датчики типа потенциометров применяют с аналоговыми системами управления. Для стыковки их с цифровыми системами управления необходимо преобразовывать их сигналы в цифровые с помощью дополнительной установки аналого-цифрового преобразователя. При установке импульсных датчиков, с помощью которых можно получить очень высокую точность позиционирования, необходимо предусмотреть в конструкции конечные выключатели нулевого положения степеней подвижности или платы с энергозащищенной памятью, сохраняющей информацию о положении степени подвижности в момент аварийного отключения питания.

Место установки датчика и звено механизма, с которым связывают датчик, выбирают исходя из следующих соображений:

приведенный люфт от двигателя должен быть меньше дискреты датчика;

отсутствие элементов с пониженной жесткостью в кинематической цепи от двигателя к датчику;

возможность удобного доступа к датчику.

Исходя из этих условий, предпочтительно осуществлять связь вала датчика с валом приводного двигателя непосредственно или через специальный редуктор.

Передаточное отношение

$I_{дп} = \varphi_м / \varphi_д$; $\varphi_д \ge \varphi_{дп} S_i K_\Delta / (D_{дп} \Delta_i)$,

где $\varphi_м$ – диапазон перемещения звена, с которого передается движение на датчик;

$\varphi_д$ - диапазон перемещения датчика; $\varphi_{дп}$ - диапазон перемещения датчика по паспорту (см. табл.).

Проверку осуществляют по допускаемой частоте вращения датчика:

$n_{дат} = n_{дв} / (i_{дп} i_м) \le n_п$,

где $n_{дат}$ – частота вращения датчика, мин$^{-1}$; $n_{дв}$ - максимальная частота вращения двигателя, мин$^{-1}$; $i_м$ - передаточное отношение от двигателя до звена механизма, с которого передается вращение на датчик; $n_п$ - паспортная

Репозиторий ВГУ

допустимая частота вращения датчика, мин$^{-1}$; $i_{дп}$ - передаточное отношение датчика.

Локационными системами очувствления называются сенсорные устройства, позволяющие роботу, используя принципы пассивной или активной локации, обнаруживать подвижные и неподвижные объекты, координаты которых известны с большой погрешностью, определять их местонахождение, а также осуществлять наведение и захват этих объектов.

Синусоидальные колебания, формируемые специальным генератором, модулируются прямоугольными импульсами таким образом, что излучатель передает в окружающую среду пачки ультразвуковых колебаний (похожие на прерывистый зуммер телефона), частота которых соответствует рабочей частоте генератора колебаний и в большинстве случаев находится в диапазоне 40-100 кГц. Одновременно с помощью генератора импульсов в момент времени, соответствующий переднему фронту излученного в пространство сигнала, запускаются своеобразные часы локационной системы, в качестве которых выступает счетчик импульсов.

Зондирующий ультразвуковой сигнал, отразившись от препятствия, попадает в приемник излучения, где преобразуется из акустической в электрическую форму, усиливается и отфильтровывается от помех. Одновременно из него выделяется модулирующая составляющая, которая с помощью порогового устройства представляется в виде прямоугольных импульсов, следующих на счетчик и останавливающих процесс счета. Так как принятые сигналы запаздывают по отношению к зондирующим на время их прохождения до препятствия и обратно, то число импульсов, накопленное в счетчике за этот период, будет пропорционально удвоенному расстоянию до объекта при условии, что излучатель ультразвука и приемник находятся в непосредственной близости друг от друга.

Тактильными называют такие системы очувствления, которые позволяют роботу зарегистрировать факт касания с объектом, определить положение точек касания и измерить контактные силы в каждом из них. Технические аналоги осязательных сенсоров – тактильные системы очувствления могут быть построены с использованием различных физических эффектов: пьезоэлектрического, электромагнитного, магнитоэлектрического и др. Чаще всего тактильными датчиками покрывают внутренние и внешние поверхности губок захватного устройства.

Устройство пропорциональной тактильной матрицы показано на рис. 6.3.

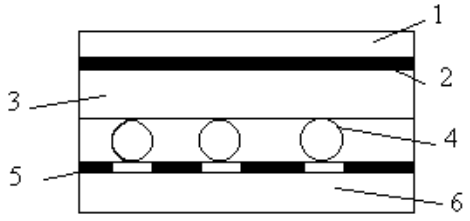


Рис.6.3. Схема пропорциональной тактильной матрицы.

Репозиторий ВГУ

В основу ее работы положен эффект изменения под нагрузкой электрического сопротивления какого-либо эластичного материала, в качестве которого может быть использован, например, каучук, по всей массе которого в процессе изготовления распределены микрочастицы вещества, проводящего электрический ток. Под действием внешней силы каучук прогибается, замыкая электрический контакт с электродами поперечных рядов, а затем деформируется, в результате чего проводящие ток частицы сближаются и начинают контактировать друг с другом, увеличивая количество возможных путей для протекания электрического тока, подводимого с помощью металлических электродов.

Таким образом, тактильные элементы, чувствительные к прикосновению и давлению со стороны постороннего предмета, локализуются в области пересечения продольных и поперечных электродов, а их общее количество равно произведению числа столбцов на число строк тактильной матрицы. В результате формируется тактильный образ, являющийся как бы слепком данной детали, преобразованным в форму электрических сигналов и записанным в память микроЭВМ робота.

Анализируя полученный тактильный образ, можно оценить, совпадает ли он с одним из эталонов, занесенных в память ЭВМ в процессе обучения робота распознаванию деталей, и, если совпадает, определить положение его характерных точек и ориентацию, например, осей инерции по отношению к осям матрицы.

Тактильные системы очувствления пока не получили широкого распространения в робототехнике. Это связано со спецификой их применения, заключающейся в необходимости непосредственного контакта с деталями, имеющими заусенцы, которые могут быть также нагреты до высокой температуры.

Силомоментные системы очувствления – это сенсорные устройства, обеспечивающие изменение компонент вектора силы и вектора момента сил, развиваемых роботом в процессе взаимодействия с изделием в проекции на некоторую систему координат.

Система силомоментного очувствления состоит из механической части, представляющей собой совокупность упругих элементов с размещенными на них тензопреобразователями, формирующими электрический сигнал, пропорциональный деформации упругого элемента, усилительных и коммутирующих устройств и устройства для вычисления величин проекции вектора силы и вектора момента силы (рис.6.4.). В качестве вычислительного устройства используется либо специальный микропроцессор, встроенный в силомоментную систему, либо микроЭВМ управляющего устройства робота.

Репозиторий БГУ

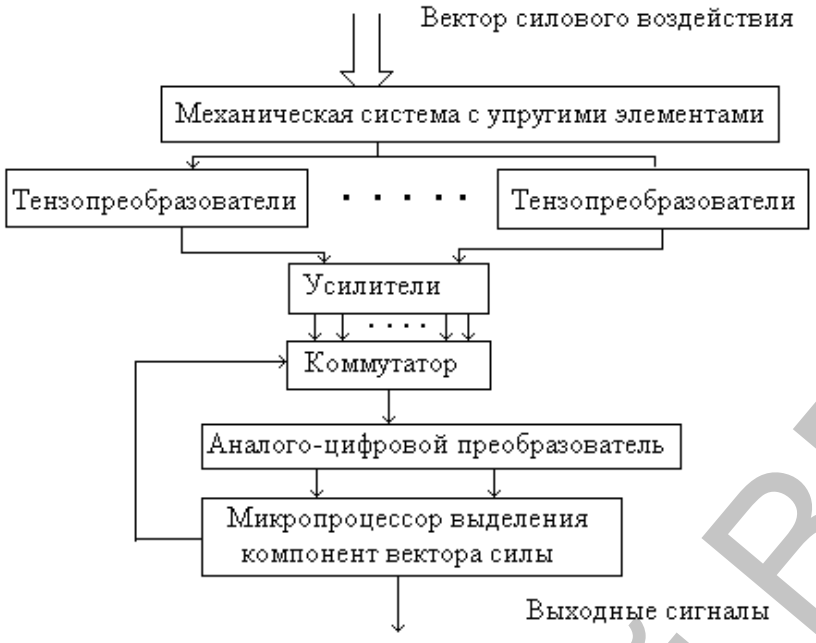


Рис. 6.4. Схема силомоментного датчика.

Аналоговая часть силомоментной системы, формирующая совокупность электрических сигналов, величина которых пропорциональна деформациям конструкции, возникающей вследствие сложного силового нагружения, сопрягается с цифровым вычислительным устройством с помощью аналого-цифрового преобразователя. Наиболее часто датчики силомоментного очувствления устанавливаются между последним звеном робота и его захватным устройством. В этом случае компоненты силового вектора измеряются в проекции на связанную с захватом систему координат.

Системами технического зрения называют такие сенсорные устройства, которые обеспечивают получение изображения рабочей сцены, его преобразование, анализ, обработку с помощью микроЭВМ или микропроцессора и передачу результатов измерения управляющему устройству робота или ЭВМ вышестоящего уровня управления (рис.6.5.). Необходимость работы в реальном масштабе времени, т.е. обрабатывать и анализировать получаемые изображения быстро, не вызывая задержки в действиях робота или другого технологического оборудования, - важное требование, налагающее известные ограничения на выбор технических решений при создании систем технического зрения.

Рис. 6.5. Схема системы технического зрения.

Оптическое изображение объекта, сфокусированное на фоточувствительной поверхности оптоэлектронного преобразователя, трансформируется в электрический сигнал, который в большинстве случаев представляется в форме стандартного телевизионного видеосигнала. В

Репозиторий ВГУ

качестве оптоэлектронных преобразователей с СТЗ чаще всего применяют полупроводниковые матрицы приборов с зарядовой связью. Такие матрицы представляют собой кремниевую пластинку (8х8 мм), светочувствительную поверхность которой образует сетка выращенных методами интегральной технологии сложных микроэлектронных компонент, способных воспринимать проецируемое на них изображение.

Видеосигнал преобразуется в цифровую форму в устройстве сопряжения датчика изображения с микроЭВМ следующим образом. Поле зрения оптоэлектронного преобразователя разбивается на отдельные элементы, которые образуют сетку, состоящую, например, из 256х256 точек. Кроме того, в системах технического зрения, различающих несколько уровней яркости, квантованию, т.е. преобразованию в цифровую форму, может подвергаться и амплитуда видеосигнала в каждой точке изображения. В устройстве сопряжения осуществляется также фильтрация видеосигнала, представленного в цифровой форме, в результате которой снижается количество помех на изображении.

Последующие этапы преобразования и анализа изображения осуществляются микроЭВМ, входящей в состав СТЗ. Оперируя с массивом нулей и единиц, описывающих распределение яркости светового потока по полю зрения видеодатчика, микроЭВМ последовательно выделяет точки изображения, в которых происходит резкое изменение яркости. Как правило, эти точки принадлежат контуру той или иной детали, находящейся на сцене, или являются точками, подчеркивающими различные особенности одной детали, например отверстия, ребра и т.п. В дальнейшем выполняется анализ связности, т.е. определяется принадлежность каждой точки тому или другому контуру, являющемуся замкнутой кривой, и осуществляется сегментация изображения, представляющая собой процедуру выделения на изображении отдельных не связанных и не соприкасающихся объектов.

После выполнения этих предварительных преобразований можно подсчитать количество отдельных деталей, находящихся в поле зрения, и приступить к завершающей фазе анализа изображения, в ходе которой вычисляются характерные признаки каждого из выделенных в процессе сегментации объектов. В качестве таких признаков используются различные параметры изображения объекта, не изменяющиеся при его смещении или повороте, например площадь, длина периметра, максимальный и минимальный моменты инерции, количество углов, радиусы вписанной и описанной окружностей и др. Одновременно могут быть измерены координаты центров тяжести и ориентация каждого из объектов на изображении по отношению к системе координат оптоэлектронного преобразователя, знание которых необходимо, например, для захвата интересующей детали роботом и установки ее в заданное положение с требуемой ориентацией при сборке изделий.

Распознавание или выбор желаемой детали на сцене выполняется путем сравнения вычисленного для каждой детали списка признаков с аналогичными списками, полученными в процессе обучения системы

Репозиторий ВГУ

технического зрения и хранящимися в запоминающем устройстве микроЭВМ.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 7. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы.

Дистанционно управляемые манипуляторы *классифицируются по типу систем* управления: с командным управлением, с копирующим управлением, с полуавтоматическим управлением.

Дистанционно управляемые роботы разделяются на два рода: с супервизорным управлением, с диалоговым (интерактивным) управлением.

Командное управление характеризуется тем, что человек-оператор путем нажатия различных кнопок или включения различных тумблеров запускает по очереди приводы манипулятора по различным степеням подвижности, добиваясь таким образом поочередным включением каждого привода требуемого конечного положения всего манипуляционного механизма.

Копирующее управление отличается тем, что человек-оператор работает с задающим механизмом, кинематически полностью подобным рабочему манипулятору. При этом каждый шарнир задающего механизма связан по принципу следящей системы с соответствующим шарниром рабочего манипулятора.

В копирующей системе наблюдение может вестись либо непосредственно визуально, либо на расстоянии по телевизионной системе. Важным фактором в копирующих системах является масштабирование перемещений и усилий. При необходимости больших перемещений в рабочей зоне задающее устройство, сохраняя кинематическое подобие манипулятору, может иметь меньшие размеры. Наоборот, для микроманипуляторов задающее устройство делается более крупным в соответствии с возможностями движения человеческой руки. То же самое касается и масштабирования усилий на задающем устройстве по сравнению с рабочими усилиями на манипуляторе.

Различают типы дистанционных копирующих систем управления манипуляторами: системы одностороннего действия, системы с пассивным отражением усилий, системы двухстороннего действия необратимые, системы двухстороннего действия комбинированные.

В системах одностороннего действия происходит лишь односторонняя передача воздействия человека-оператора на манипулятор без ответных воздействий со стороны манипулятора на человека (рис. 7.1). Имеется только внутренняя обратная связь по положению в системе «задающее устройство-манипулятор». Недостатком является то, что оператор не чувствует рабочих усилий при действиях манипулятора.

Репозиторий ВГУ

Рис. 7.1.

Поэтому часто копирующую систему одностороннего действия снабжают устройством пассивного отражения усилий от рабочего манипулятора на руку человека-оператора. Таким устройством может служить моментный загружатель, создающий сопротивление движению данного звена задающего устройства, пропорциональное моменту в соответствующем звене рабочего манипулятора, вызванному внешним воздействием со стороны объекта работ.

Копирующие системы двухстороннего действия отличаются тем, что приводы устанавливаются не только на рабочем манипуляторе, но и в задающем устройстве. Благодаря этому в системе двухстороннего действия передача обеих величин (перемещение и усилие) происходит в двух направлениях – от задающего устройства к манипулятору и обратно (рис.). Таким образом, здесь имеет место активное отражение усилий от манипулятора на руку человека через задающее устройство. Обратимые системы двухстороннего действия могут быть симметричными и несимметричными.

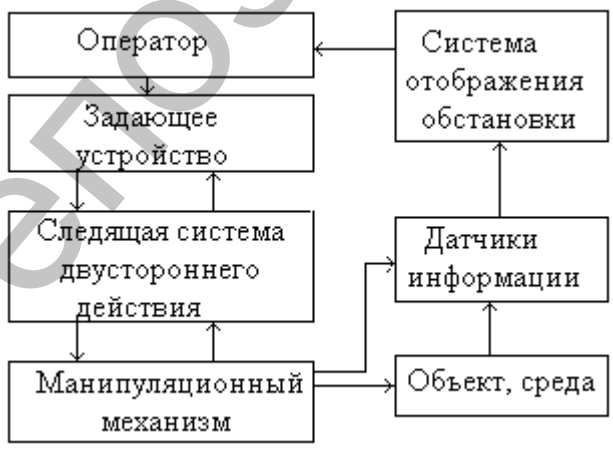


Рис.

Полуавтоматическая система дистанционного управления манипулятором отличается от копирующей другим характером задающего устройства и наличием вычислителя. Вместо многозвенного механизма, повторяющего кинематику рабочего манипулятора, здесь применяется

Репозиторий ВГУ

управляющая рукоятка с несколькими степенями свободы, и вместо сложного движения при копирующем способе человек-оператор производит только легкое нажатие на рукоятку в требуемом направлении. Конфигурация управляющей рукоятки на обязательно соответствует кинематике рабочего манипулятора. Сигналы от управляющей рукоятки поступают в микропроцессорное вычислительное устройство, где они преобразуются по определенным алгоритмам, в результате чего формируются сигналы управления, подаваемые на все приводы звеньев манипулятора.

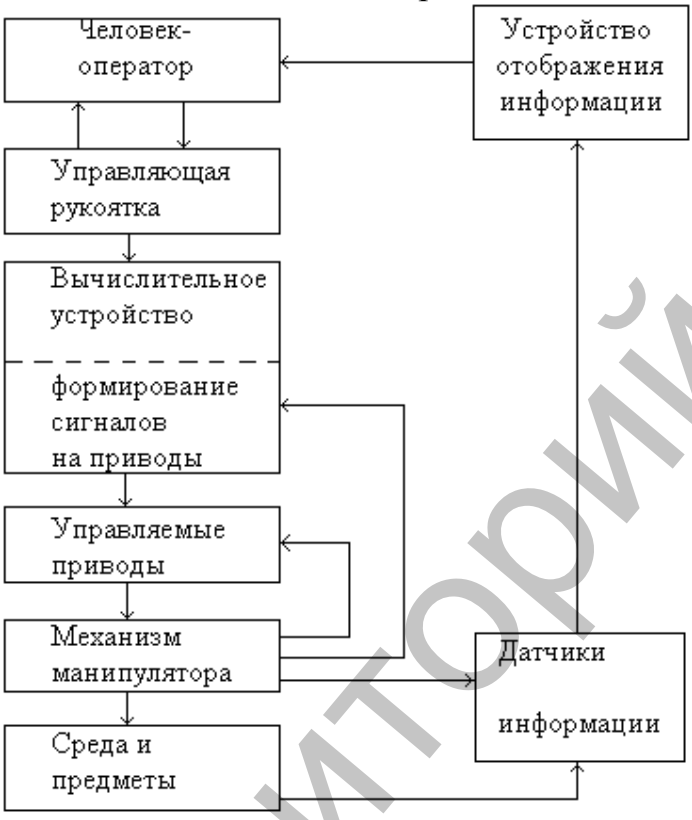


Рис.

В такой системе благодаря наличию микропроцессорного вычислительного устройства могут быть реализованы самые различные алгоритмы управления и осуществляться движения в любой системе координат независимо от кинематики манипулятора и конфигурации управляющей рукоятки. Наиболее типичны три вида алгоритмов управления: скоростной, силовой и позиционный.

При скоростном алгоритме управления величина смещения рукоятки по каждой степени подвижности преобразуется в электрический сигнал, пропорциональный величине смещения. Эти сигналы посылаются в микропроцессорный вычислитель. Там происходит преобразование координат управляющей рукоятки в координаты рабочего манипулятора и формирование сигналов управления приводами по каждой степени подвижности манипулятора таким образом, чтобы схват получил движение в том же направлении, в котором человек нажал на управляющую рукоятку. По значению эта скорость должна быть пропорциональна величине смещения управляющей рукоятки. При этом, очевидно, общая величина и

Репозиторий ВГУ

направление смещения образуются из составляющих в системе координат рукоятки, а общее значение и направление скорости схвата – из составляющих в системе координат рабочего манипулятора.

При силовом алгоритме управления аналогично происходит весь процесс снятия сигналов с управляющей рукоятки и преобразования их в микропроцессорном вычислителе с последующим формированием сигналов управления приводами рабочего манипулятора. Отличие состоит в том, что пропорционально общему смещению управляющей рукоятки создается сила, как бы тянущая за конец манипулятора, чем и определяется его движение. Непосредственно эта сила реализуется при соприкосновении схвата или инструмента с каким-либо внешним предметом.

Смещение в управляющей рукоятке пропорционально силе нажатия руки человека за счет того, что управляющая рукоятка подпружинена по каждой степени подвижности. Следовательно, можно сказать, что сила, образующаяся на конце рабочего манипулятора, пропорциональна по величине и одинаково направлена с силой нажатия человека на рукоятку.

При позиционном алгоритме управления происходит аналогичная процедура преобразования и формирования сигналов, но разница состоит в том, что в результате получается величина и направление смещения конца рабочего манипулятора, пропорциональное смещению в управляющей рукоятке от руки человека-оператора.

Принцип дистанционного управления роботами (супервизорный и диалоговый) предполагают автоматические режимы действия робота, помещенного в рабочей зоне. При этом функционированием робота управляет ЭВМ по заданной или адаптивно изменяющейся программе таким же образом, как в промышленных роботах. Но дополнительно робот имеет здесь дистанционную связь с человеком. Последний, наблюдая за ходом технологической операции с помощью телевидения, дистанционно тем или иным способом вмешивается в его действия. Дистанционная связь служит для отображения на пульте оператора обстановки и действий робота в рабочей зоне и для задания средствами супервизорного или диалогового управления программ автоматического выполнения всех операций роботом.

Супервизорное управление заключается в следующем. На пульте управления человека-оператора установлены дисплейное (телевизионное) и другие устройства и приборы отображения обстановки в рабочей зоне робота (рис.). Здесь действует канал информационной дистанционной связи человека с роботом. Последний, наблюдая таким образом обстановку и действия робота, принимает решения о подаче тех или иных управляющих команд со своего пульта в зависимости от сложившейся обстановки. ЭВМ робота, получив команду, исполняет ее по соответствующей программе. Набор различных программ придан роботу заранее.

Каждая программа указанного набора соответствует автоматическому выполнению роботом определенной операции, поэтому человеку-оператору отводится функция распознавания обстановки и выдачи ЭВМ робота задания

Репозиторий ВГУ

на определенную операцию, которая затем самостоятельно выполняется роботом в автоматическом режиме.

Рис.

Выдача человеком команд по дистанционному управляющему каналу может осуществляться различными способами. Например, может подаваться кодовый признак программы (в виде некоторого числа) на выполнение определенной операции, затем – замена его на кодовый признак другой программы.

В других случаях супервизорная команда образуется на экране в виде целеуказания. Например, световым карандашом на экране телевизора (дисплея) можно указать точку, в которую должен переместиться схват манипулятора робота и взять там заданный предмет.

Оба канала дистанционной связи (информационный и управляющий), как правило, должны быть снабжены микроЭВМ или микропроцессорными устройствами для обработки информации с целью ее наилучшего отображения на пульте оператора и для формирования программ и целеуказательных сигналов управления по командам человека-оператора.

Рис.

Репозиторий ВГУ

Диалоговая система представляет собой следующую ступень совершенствования дистанционного управления роботами. Здесь робот, обладая свойствами адаптации к обстановке или даже элементами искусственного интеллекта, может сам выдавать рекомендации человеку-оператору по возможным способам действия и их основным характеристикам, исходя из заложенного в память робота задания и на основании результатов оценивания им обстановки в зоне его действия (рис.). Робот может информировать человека о неосторожных и приводящих к опасным результатам его действиях. Робот может запрашивать человека о помощи в каком-либо виде, если ему недостает данных для выполнения требуемой операции.

Общение робота с человеком здесь может происходить на языке, близком к естественному. В такой системе задания роботу со стороны человека-оператора осуществляются в более общей форме, чем при супервизорном управлении, где робот не имеет «думающих» функций.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 8. Захватные устройства промышленных роботов.

В соответствии с ГОСТ 26063-84 "**Захватное устройство промышленного робота** - рабочий орган промышленного робота для захватывания и удерживания предмета производства и/или технологической оснастки".

По взаимодействию с объектом манипулирования, то есть по действующим силам сцепления, захватные устройства ***разделяются на***

- механические.
- вакуумные,
- магнитные и другие.

Разнообразие принципов действия и большое число конструктивно-технологических особенностей затрудняют четкую классификацию захватных устройств по отдельным признакам в иерархической последовательности.

В зависимости от вида контакта рабочего элемента с объектом манипулирования захватные устройства бывают

- одностороннего,
- двухстороннего и
- многостороннего действия.

К ***первым*** относятся устройства типа вакуумных, магнитных, струйных и т.п., которые предназначены для работы преимущественно с плоскими деталями. Захватные устройства ***двухстороннего*** действия представляют собой механические устройства, оснащенные рабочими элементами в виде подвижных губок. Они предназначены для работы с деталями, относящимися к классу 40 (типа тел вращения). К захватным устройствам такого типа относятся также цанговые и рычажные устройства. Принцип действия захватных устройств ***многостороннего действия*** заключается в способности рабочих элементов изменять форму по конфигурации поверхности захватываемой детали. Многосторонние захватные устройства разделяются на механические, оболочковые, комбинированные.

По способу ориентирования деталей захватные устройства делятся на четыре группы:

- центрирующие, обеспечивающие определенное положение оси или плоскости симметрии детали;

- базирующие, определяющие положение базовой поверхности детали;

- фиксирующие, обеспечивающие сохранение положения детали, которое она занимает в момент захватывания, что достигается введением в захватное устройство дополнительной степени подвижности;

- захватные устройства, способные к перебазированию детали, изменяющие ее положение посредством управляемых движений рабочих элементов.

Репозиторий ВГУ

По числу рабочих позиций захватные устройства могут быть однопозиционными и многопозиционными. В свою очередь, многопозиционные устройства могут быть параллельного действия, т.е. для одновременного захватывания, удержания и переноса объектов манипулирования, и последовательного действия, например, расположенные на головке типа револьверной. В отдельных случаях могут применяться комбинированные захватные устройства.

В зависимости от характера крепления к манипуляторам различают: несменяемые захватные устройства, являющиеся неотъемлемой частью манипулятора; сменные, имеющие базовые поверхности для крепления к манипулятору с помощью разъемных соединений; быстросменные, имеющие конструкцию базовых поверхностей, обеспечивающих быструю замену без использования инструментов (байонетные замки, кулачковые соединения и т.п.); автоматически сменяемые - устройства, конструкция базовых поверхностей которых позволяет производить автоматическое снятие и установку захватного устройства на манипулятор.

По виду управления захватные устройства делятся на четыре группы: неуправляемые - устройства, захватывающие и отпускающие деталь без воздействия управляющих сигналов; командные, у которых закрывание и открывание губок происходит по управляющей команде при взаимодействии с деталью или технологическим оборудованием; жесткопрограммируемые - управляемые от системы управления промышленным роботом; адаптивные - устройства, гибкоуправляемые от программного управления промышленным роботом и имеющие обратную связь.

В зависимости ***от степени специализации*** захватные устройства бывают трех типов: специализированные, обеспечивающие захватывание и удержание деталей с ограниченным диапазоном конструктивно-технологических параметров; специальные, выполняющие соответствующие функции с деталями одного вида; универсальные, способные захватывать и удерживать детали с широким диапазоном форм и геометрических параметров. Создание универсальных захватывающих устройств является сложной технической задачей.

ахватные устройства могут быть однофункциональными, обеспечивающими только захватывание и удержание объекта манипулирования, и многофункциональными, выполняющими наряду с основными функциями также и другие, как например, распознавание, измерение и т.п. По виду преобразователей энергии могут использоваться силовые приводы, сила упругости, сила тяжести самого объекта манипулирования, усилия пружин.

Структура ЗУ

В общем случае захватные устройства включают в себя следующие основные элементы: соединительные фланцы;

- силовые приводы или устройства преобразования энергии в механическую силу;

Репозиторий ВГУ

- передаточные механизмы или механизмы преобразования различных видов движений, направлений перемещений и изменения передаточных отношений и соответственно скоростей перемещений;
- рабочие элементы захвата, то есть элементы непосредственного контактирования с объектом манипулирования.

Передаточные механизмы могут быть: рычажно-шарнирными, рычажно-кулисными, рычажно-зубчатыми, рычажно-винтовыми, рычажно-кулачковыми, клиновыми. Захватные устройства могут иметь два, три и более "пальцев", осуществляющих захват. Для магнитных захватов рабочими элементами являются элементы магнитной системы, к которым притягивается объект, для вакуумных - присоска, ограничивающая полость разряжения воздуха. Узел крепления захватного устройства к руке манипулятора называется механическим интерфейсом.

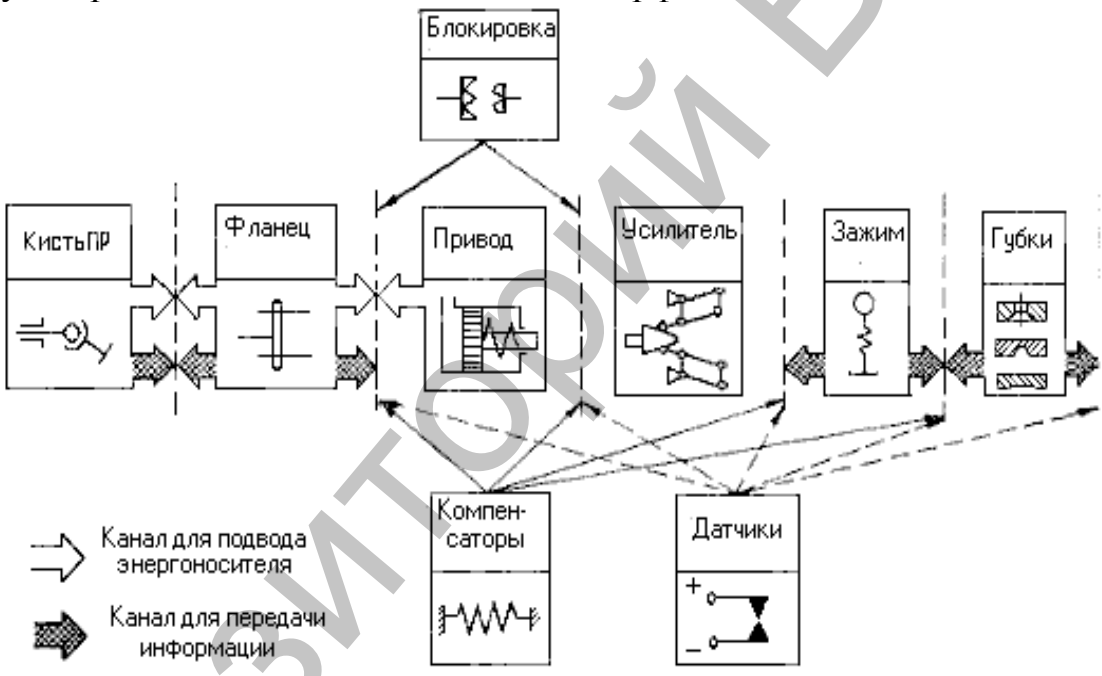


Рис.63. Общая структура захватных устройств

Стандарт СТ СЭВ 5460-85 "Роботы промышленные. Устройства захватные. Типы, номенклатура основных параметров, присоединительные размеры" устанавливает следующие эксплуатационные ***показатели захватных устройств:***

- номинальная сила захватывания, определяемая как сила, с которой рабочие элементы действуют по нормали к зажимаемой поверхности объекта манипулирования. Определяется, как правило, расчетным путем с учетом массы, ускорения, характера взаимодействия контактируемых поверхностей рабочих элементов с объектом манипулирования;

- масса захватного устройства, определяет инерционные силы, действующие на механизмы промышленного робота, а также максимальную полезную массу объекта манипулирования;

- время захватывания - время от подачи сигнала устройством управления на захватывание до момента завершения процесса, то есть когда усилие захватывания достигает установившегося значения;

Репозиторий ВГУ

- время отпускания - время от подачи команды устройством управления на отпускание до момента завершения процесса, то есть освобождения объекта и полного открытия схвата. Время захватывания и время отпускания обычно определяются экспериментально, их расчет дает, как правило, недостоверные результаты, но эти показатели важны для построения циклограммы и определения производительности робототехнологического комплекса;

- средняя наработка на отказ и среднее время восстановления отказа , характеризующие надежность работы захватного устройства. Средняя наработка на отказ при нормальных эксплуатационных условиях должна быть не менее 2000 ч.;

- габаритные размеры захватного устройства;

- количество используемых пальцев;

- характерные размеры объекта манипулирования, позволяющие оценить диапазон размеров деталей, на которые рассчитан схват;

- условия эксплуатации - температура, состояние окружающей среды;

- вид привода;

- энергетические показатели - напряжение, сила тока, давление рабочего тела;

- максимальная масса объекта манипулирования.

К захватным устройствам промышленных роботов предъявляются ***требования общего характера*** и специальные, связанные с конкретными условиями. К обязательным требованиям относятся следующие: надежность захватывания и удержания объекта манипулирования при условии соблюдения необходимых скоростных характеристик манипулятора; стабильность базирования изделия в схвате; прочность захватного устройства при малых габаритах и массе; необходимое соответствие с технологическим оборудованием по точности позиционирования; простота управления и малое время срабатывания; высокая надежность в эксплуатации, простота конструкции.

К ***специальным требованиям*** относятся: широкодиапазонность, то есть возможность захватывания и базирования деталей в широком диапазоне массы, формы и размеров; обеспечение возможности захватывания близко расположенных деталей; легкость и быстрота смены захватного устройства; возможность изменения усилия удержания объекта манипулирования. Кроме того, при проектировании захватных устройств необходимо учитывать общие требования безопасности, предъявляемые к промышленным роботам, робототехнологическим комплексам и участкам.

В каждом конкретном случае ***выбор конструкции*** захватного устройства зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются следующие:

1. Форма, характеристики и взаимное положение поверхностей объекта манипулирования. Для захвата не могут быть использованы участки поверхностей, по которым осуществляется фиксация объекта в технологическом оборудовании и на которые он устанавливается перед

Репозиторий ВГУ

захватыванием. Целесообразно осуществлять захват объекта манипулирования за предварительно обработанные поверхности, что уменьшает погрешности его фиксирования в схвате. С целью обеспечения необходимого запаса надежности удерживания объекта целесообразно осуществлять захват таким образом, чтобы уменьшить силы инерции при переносе.

2. Технические характеристики основного и вспомогательного технологического оборудования, которые определяют требования к направлению движения схвата при захватывании и отпускании объекта манипулирования, направлению ввода объекта в зону установки, к обеспечению свободы перемещения объекта по отдельным координатам в захватном устройстве, реализации поисковых движений, применению специальных удлинителей в условиях работы в зоне высоких температур.

3. Условия сохранности объекта манипулирования, к которым относятся условия неповреждения поверхностей захвата, прочности, сохранения формы.

4. Положение и движение объекта манипулирования в момент захватывания определяют требования к точности позиционирования и ориентирования объекта перед захватыванием, а также к способу подачи объекта перед захватом.

5. Необходимость информационного обеспечения процессов захватывания и отпускания. Кроме того, отдельной задачей является проблема унификации схватов и их элементов.

Механические захватные устройства работают по принципу удержания объекта манипулирования с помощью сил трения и запирающего действия рабочих элементов. Эти устройства характеризуются функциональной универсальностью и конструктивным разнообразием. Наиболее общая структура механических захватных устройств показана на рис.63.

Количество конструктивных элементов, входящих в структуру захватного устройства, определяется местом расположения стыковочного узла. В специализированных и технологических роботах кисть и схват могут выполняться безразъемными. Чаще всего устройство представляет собой единый модуль, который крепится к кисти типовым стыковочным узлом.

ГОСТ 26062-84 "Роботы промышленные. Устройства захватные. Типы, присоединительные размеры" устанавливает присоединительные размеры фланцевых мест крепления и диаметры цилиндрических хвостовиков захватных устройств промышленных роботов. Для легких и средних роботов фланцевый способ крепления является более предпочтительным. У легких и сверхлегких роботов распространены также крепления захватных устройств на манипуляторе посредством клеммового соединения, цанговых и тангенциальных зажимов, переходных втулок. Такие способы крепления предполагают наличие у захватных устройств цилиндрических хвостовиков. ГОСТ 26062-84 распространяется на промышленные роботы грузоподъемностью до 200 кг. Диаметры цилиндрических хвостовиков

Репозиторий ВГУ

захватных устройств должны выбираться из ряда: 6,0; 10,0; 14,0; 20,0; 25,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0; 80,0; 100,0; 125,0 мм.

Рекомендуются два исполнения мест крепления захватных устройств: сменные и быстросменные. В качестве конструктивного решения мест крепления сменных устройств рекомендовано фланцевое, причем на руке манипулятора выполняется фланец с центрирующим отверстием по оси и с резьбовыми отверстиями вокруг него. Такая конструкция позволяет размещать часть элементов захвата внутри руки манипулятора, осуществлять связь захватного устройства с приводом, находящимся в руке манипулятора. Предусмотрено два исполнения фланцев: круглой и квадратной формы (см. рис. 64).

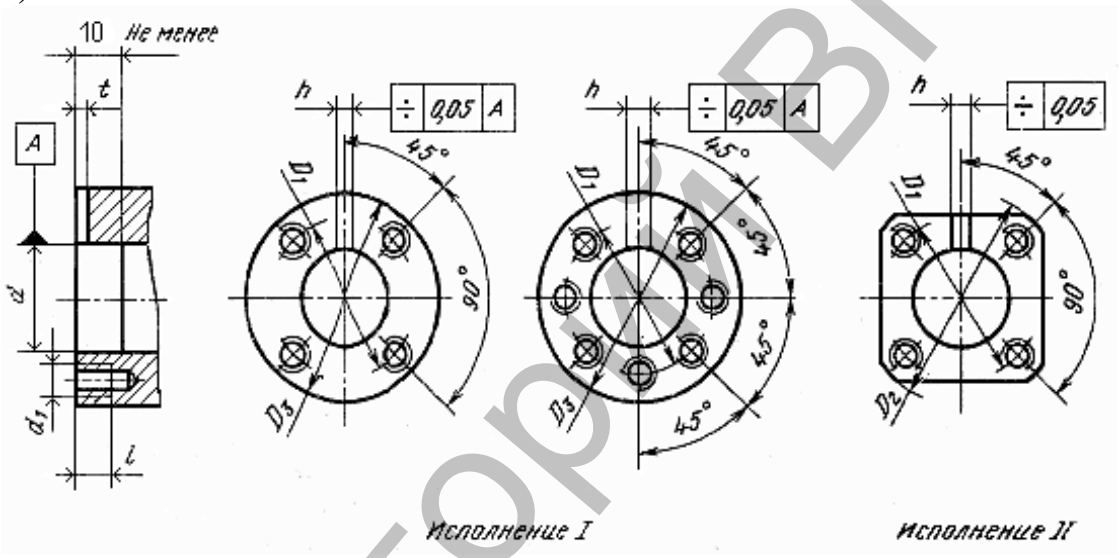


Рис.64. Виды исполнений фланцев захватных устройств

Оба исполнения взаимозаменяемы и имеют одинаковые координаты резьбовых отверстий. Принятое расположение отверстий обеспечивает взаимозаменяемость фланцев разных исполнений одного диаметра и позволяет осуществлять переустановку схвата с поворотом вокруг продольной оси на 45 или 90°. Допуск расположения осей отверстий для крепежных деталей задан по ГОСТ 14140-81 для соединений типа В. Предельные отклонения размеров: отверстия - по H9, выступов - по h9. Допускается использовать в местах крепления дополнительные конструктивные элементы, например, штифтовые отверстия, пазы и другие.

Неуправляемые и неприводные захватные устройства выполняются в виде пинцетов, разрезных упругих валиков и цанг (рис. 65) или же клещей с одной или двумя подвижными губками, находящимися под действием пружин.

Репозиторий ВГУ

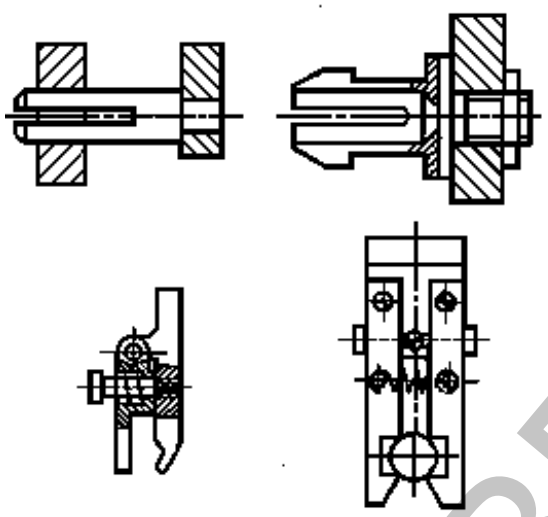


Рис. 65. Неуправляемые захватные устройства

Наибольшее распространение получили командные захватные устройства, которые разделяют по типу усилительно-передаточных устройств на: шарнирно-рычажные, реечно-шестеренные, реечно-рычажные, кулисно-рычажные, клино-рычажные, гаечно-винтовые, кулачковые, червячные. Выбор той или иной схемы при проектировании захватных устройств обусловлен в основном следующими факторами; необходимостью преобразования перемещения выходного звена двигателя в требуемую величину хода губок схвата (в зависимости от диапазона захватываемых размеров); требуемой траекторией перемещения губок при захватывании и отпускании объектов; требованиями к надежности удерживания объектов.

Магнитные захватные устройства обеспечивают большие усилия притяжения на единицу площади, позволяют работать с заготовками, имеющими отверстия, а также при невозможности применения вакуумных захватов. Они просты по конструкции, надежны в эксплуатации, позволяют регулировать удерживающую силу. К недостаткам относятся: возможность работы только с объектами из магнитных материалов, значительная масса и вероятность остаточного магнетизма у деталей, что бывает недопустимо.

По способу удержания заготовки ***магнитные захваты делятся на*** захваты с постоянными магнитами и принудительным снятием заготовок, с управляемой магнитной системой, электромагнитные. Захваты с управляемой магнитной системой работают по принципу широко распространенной магнитной оснастки: магнитных плит, измерительных стоек. В связи со сложностью управления захваты с постоянными и управляемыми магнитами не нашли широкого распространения в промышленности. Наиболее простыми по конструкции, технологии изготовления и системе управления являются электромагнитные захватные устройства.

К ***недостаткам*** таких устройств следует отнести жесткие требования к стабильности энергоснабжения, так как даже кратковременное обесточивание катушки электромагнита связано с выпаданием заготовки. Кроме того, для них характерно наличие остаточного магнетизма, нагрев электромагнитной катушки при длительном включении. Для устранения

Репозиторий ВГУ

остаточного магнетизма, вызывающего «залипание» деталей при отключении электромагнита, необходимо в процессе его изготовления произвести отжиг сердечника с нагревом 600 - 700° С и последующим охлаждением вместе с электропечью, в которой производят нагрев.

Электромагнитные захватные устройства (ЭМЗУ) могут различаться по типу исполнения электромагнитной катушки, типу магнитопровода, типу источника питания, количеству обмоток электромагнита, типу системы управления. Наибольшее распространение в робототехнике получили захватные устройства двух типов: со стержневым электромагнитом, с кольцевым электромагнитом.

Исходными данными для расчета ЭМЗУ являются: 1) параметры захватываемой заготовки - геометрические размеры, марка материала, масса; 2) паспортные данные промышленного робота -угловые и линейные скорости перемещения звеньев, типы приводных систем, траектории манипулирования; 3) циклограмма работы ЭМЗУ - время включенного и выключенного состояния; 4) напряжение питания катушки ЭМЗУ.

Репозиторий БГУ

ЛЕКЦИЯ 9. Роботизированные технологические комплексы в машиностроении.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) – совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

Примечание:

1. РТК, предназначенные для работы в гибких производственных системах должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраиваться в систему.

2. В качестве технологического оборудования может быть использован промышленный робот.

3. Средствами оснащения РТК могут быть: устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК.

В случае, если количество промышленных роботов и единиц технологического оборудования больше, то это будет ***роботизированный технологический участок*** – совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления.

В зависимости от назначения ***РТК классифицируются***:

1) по видам производства, например, РТК механической обработки, точечной сварки, сборки и т.п.

2) по наименованию операций, оборудования, например: РТК токарной обработки, листовой штамповки и т.п.

3) по виду предметов труда: РТК тел вращения, корпусных деталей, печатных плат и т.п.

На практике наиболее часто встречаются следующие типовые компоновочные схемы РТК:

РТК-1 – линейное расположение технологического и вспомогательного оборудования;

РТК-2 – характеризуется линейно-параллельным расположением основного и вспомогательного оборудования и создается на базе ПР тельферного типа с плечелоктевой конструкцией манипулятора;

РТК-3 включает комплексы, созданные на базе ПР, работающих в цилиндрической системе координат с горизонтальной осью вращения;

РТК-4 – создаются на базе ПР, работающих в цилиндрической системе координат и характеризуется круговым расположением основного и вспомогательного оборудования;

РТК-5 – создаются на базе ПР, работающих в сферической системе координат. Такие ПР используются для группового обслуживания разнотипного по схемам загрузки оборудования, а также при сварке, окраске и т.п.;

Репозиторий ВГУ

РТК-6 – ряд роботов одновременно и взаимосвязано обслуживают одну единицу технологического оборудования или одно рабочее место. Чаще всего используется на операциях автоматической сборки, где в качестве рабочего места используется поворотный стол.

Различные варианты построения РТК в сочетании с соответствующими техническими характеристиками оборудования, технологией обработки, способами организации труда обеспечивают получение различного экономического эффекта.

РТК простейшего типа предназначены для выполнения одной технологической операции. Их принято называть ***роботизированными технологическими модулями*** (РТМ). Если промышленный робот в составе РТМ выполняет технологический переход, он сам выступает в роли технологического оборудования. В зависимости от вида производства применяются соответствующие названия: штамповочный модуль, окрасочный модуль и т.п.

РТК, предназначенные для выполнения нескольких технологических операций и построенные на базе одного ПР, принято называть ***роботизированными технологическими ячейками*** (РТЯ). Технологическое оборудование в РТЯ может комплектоваться по круговой, параллельной или линейной схемам. Организационным условием создания РТЯ является достаточно большое машинное вребмя обработки изделий, в несколько раз превышающее время обслуживания оборудования роботом.

РТК, предназначенные для выполнения последовательности нескольких технологических операций, необходимых для частичного или полного изготовления изделий, и построенные на базе нескольких ПР, имеющие средства транспорта, а также устройства для хранения запасов предметов производства представляют собой ***роботизированную технологическую линию*** (РТЛ). Основным организационным отличием РТЛ является обеспечение непрерывности и ритмичности производства, сокращение длительности производственного цикла и минимизация величин цикловых заделов. РТЛ более характерны для крупносерийного и массового производства.

Отдельные РТМ, РТЯ, РТЛ, находящиеся на ограниченном участке производственной площади, могут составлять единую производственно-организационную систему - ***роботизированный участок***. При этом качественно они не будут являться единой системой машин, а будут объединены чисто организационными связями, при этом уровень автоматизации транспортных операций остается низким.

Независимо от типа производства, уровня структурного подразделения, необходимо провести комплексное обследование, конструкторскую, технологическую и организационную подготовку производства к внедрению РТК. ***Комплексное обследование*** включает пять основных направлений: сбор данных об изделиях, обрабатываемых (собираемых) в обследуемом производственном звене; сбор данных о средствах технологического оснащения производственного звена; определение организационных

Репозиторий ВГУ

параметров обследуемого производства; сбор исходной экономической информации; определение социальных предпосылок роботизации.

Особое внимание следует уделить анализу структуры программы выпуска изделий на обозримый период времени для определения возможных изменений технологических свойств и объемов выпуска продукции, влияющих на стабильность производственного процесса.

Конструкторский этап подготовки производства включает классификацию выпускаемых изделий, предварительное группирование деталей, разработку мероприятий по унификации и повышению технологичности, прогнозирование деталей-аналогов.

Технологический этап подготовки производства включает окончательное группирование деталей, разработку чертежей комплексных деталей, разработку групповых технологических процессов, разработку мероприятий по унификации и стандартизации технологии. Основным средством уменьшения трудоемкости технологической подготовки производства является ее автоматизация с помощью ЭВМ (использование различных пакетов САПР-Т).

Обслуживание металлорежущих станков.

Станочное оборудование РТК должно обеспечивать высокий уровень концентрации и совмещения переходов обработки. Этим требованиям наиболее полно отвечают станки с ЧПУ, имеющие полностью автоматизированный цикл работы, в том числе переключение скоростей и подач, автоматизированный зажим изделия, автоматическую смену инструмента. Для повышения надежности РТК необходимо обеспечить автоматизацию контроля в процессе обработки, автоматизацию подачи СОЖ в зону резания, надежную систему дробления и удаления стружки.

Все перемещающиеся при работе узлы, связанные с функционированием ПР (пиноль задней бабки, ограждение) должны оснащаться датчиками, фиксирующими их конечные положения. Станки токарной группы должны обеспечивать быстрый останов шпинделя после обработки, при применении патронных станков необходимо обеспечить поджим заготовок к базам приспособлений.

Для станков сверлильной и фрезерной групп предусматривают загрузку и выгрузку деталей в определенном положении стола, исключающем возможность касания захватного устройства или заготовок режущих кромок инструмента. Станки должны иметь блокирующие устройства для автоматической остановки при незакрепленной или неправильно закрепленной заготовке.

Для многостаночного обслуживания в условиях мелкосерийного и серийного производства при обработке крупных деталей с большим временем обработки рекомендуется применять подвесные роботы. Область применения напольных роботов – комплексы из одного станка в условиях серийного и крупносерийного производства, обрабатывающие сравнительно мелкие детали с малым временем обработки, при этом расположение робота не должно затруднять обслуживание станка.

Репозиторий БГУ

Обслуживание ванн гальванопокрытий.

РТК гальванопокрытий позволяют освободить рабочих от тяжелого труда во влажной атмосфере, насыщенной испарениями вредных растворов. Процесс гальванопокрытия представляет собой последовательное выдерживание деталей в ваннах никелирования, омеднения, анодирования, хромирования и т.п. ПР осуществляют установку, перенос и снятие подвесок с деталями из ванны в ванну (рис.).

Для этого применяют: универсальные роботы, установленные стационарно или на подвижной рельсовой тележке, перемещающейся вдоль ванн; подвесные транспортные роботы на монорельсе; специализированные роботы в составе автоматических линий гальванопокрытий.

ПР захватывает подвеску с деталями из гнезд магазина и по программе перемещает и опускает ее в ванны с растворами. В системе управления роботом программируется последовательность обслуживания ванн и время выдержки подвески в каждой ванне. Скорость опускания ограничивается необходимостью смягчения удара ограничителя спуска о края ванны и устойчивостью подвески, а скорость подъема – временем стекания остатков раствора с деталей.

Универсальные роботы применяют для отдельных деталей, гальванообработка которых требует поворотов и перемещений. Обычно используют подвесные роботы, обеспечивающие компактность линии, свободный доступ к ваннам, снижение металлоемкости. Грузоподъемность робота составляет до 5000Р; число позиций обслуживания – до 18; число степеней подвижности – 2, погрешность позиционирования – до 50 мм, скорость перемещения – 15 м/мин, скорость подъема и опускания – 30 м/мин., система управления роботом – цикловая.

Литейное производство

В настоящее время целесообразно роботизировать в литейном производстве следующие операции:

- заливку форм;
- выбивку форм;
- очистку отливок;
- обрубку и зачистку отливок;
- погрузочно-разгрузочные операции.

В литейном производстве ПР применяют для очистки пресс-форм струей сжатого воздуха и нанесения на ее поверхность смазочного материала с программируемой интенсивностью. Стабилизация нанесения смазки позволяет поддерживать заданный нагрев пресс-формы.

Применение ПР для автоматической заливки металла в пресс-форму повышает точность дозирования и стабилизирует процесс заливки. Манипулятор-заливщик совершает качающиеся движения захватного устройства с ковшом от тигля с расплавленным металлом к заливочному окну пресс-формы и обратно. Роботы, работающие в цилиндрической системе координат, применяют для извлечения неостывших хрупких или крупногабаритных отливок из пресс-формы. После извлечения отливки

Репозиторий ВГУ

роботы могут подавать ее в камеру охлаждения или под пресс для обрубки литника – застывшего канала, по которому подавался жидкий металл. А других участках литейного производства роботы выполняют операции по шлифованию поверхности отливки с помощью дробеструйного пистолета или абразивного инструмента, переносу форм и отливок.

Горячая объемная штамповка

Для объемной штамповки раскаленных заготовок требуются одинаковое время переноса заготовки и возможность многооперационной обработки заготовки с изменением ее формы в рабочей зоне. Робот должен удерживать заготовку при ударах ковочного молота.

С позиции роботизации технология характеризуется необходимостью поддержания нагрева заготовки в процессе обработки, требующим минимального времени переноса заготовки из зоны нагрева под пресс, выполнением многопереходной обработки на одной машине, изменением формы изделия, ударами при обработке. Роботы должны обеспечивать высокую скорость перемещений, контроль температуры и фиксацию заготовки, иметь грузоподъемность 10-50 кг.

При молотовой ковке тяжелых деталей применяют манипуляторы с ручным управлением. Необходимы контроль освобождения штампа от детали, фиксация детали в штампе, удаление отходов штамповки, блокировка пресса при захвате роботом более двух заготовок.

Автоматизация холодной штамповки

В настоящее время РТК штамповки создаются на базе кузнечно-прессового оборудования, выпускаемого заводами машиностроительного комплекса. К такому оборудованию относятся: прессы однокривошипные открытые и закрытые, одинарного и двойного действия; прессы винтовые, гидравлические и других типов с усилием от 63 до 40000 кН в зависимости от конструкции.

Отличительной особенностью листоштамповочных прессов является их большое быстродействие (до 60 и более ударов в минуту). В то же время для холодной листовой штамповки не требуются промышленные роботы с большим числом степеней свободы и с высокой точностью. Обычно для таких роботов используют системы циклового программного управления.

В настоящее время наибольший объем деталей штампуется на однокривошипных открытых прессах простого действия усилием 160-2500 кН с количеством вторичных операций 1-3 и более.

Промышленные роботы, используемые для холодной штамповки, чаще всего имеют одну или две руки. Однорукие ПР используются при однооперационной штамповке, когда отштампованная деталь удаляется из штампа с помощью сбрасывателей или выпадает в отверстие матрицы. Если автоматическое удаление детали из штампа невозможно, применяют двурукие роботы. Применение ПР с большим числом рук рационально при обслуживании одним роботом двух прессов.

Роботизированные сварочные комплексы.

Репозиторий БГУ

В современном машиностроении наиболее распространенными являются дуговая и точечная сварка. Сварочный РТК для дуговой сварки включает автоматический манипулятор горелки, систему управления всем комплексом, позиционер (манипулятор изделия) и сварочное оборудование, сопряженное с системой управления комплекса. ПР дуговой сварки имеют различное конструктивное исполнение, их манипуляторы обладают, как правило, пятью – шестью степенями подвижности.

Существует несколько способов подачи деталей для сварки с помощью ПР:

- детали собираются в спецоснастке, где они прихватываются, после чего изделие освобождается от оснастки и поступает к роботу, устанавливается на свои базовые поверхности и закрепляется на кантователе робота;
- детали собираются в зажимных приспособлениях на кантователе, после чего выполняется сварка;

Для выполнения дуговой сварки необходимы ПР с контурными системами управления. Эти системы служат для перемещения горелки по заданной траектории при заданной ее ориентации и с постоянной скоростью с помощью технологических команд управляют сварочным оборудованием (установка режимов, включение – выключение сварки, заварка кратера, продувка газа и т.п.).

Во время работы сварочного РТК периодически приходится останавливать робот для очистки горелки от брызг расплавленного металла. Для автоматизации этой операции используются специальные зачистные приспособления

РТК нанесения лакокрасочных покрытий.

В настоящее время около 80% промышленных изделий защищается от коррозии с помощью лакокрасочных материалов. При этом 70% покрытий наносят методом распыления, причем основная масса работ выполняется вручную. На операциях нанесения лакокрасочных покрытий в настоящее время находят применение специализированные и универсальные промышленные роботы.

Универсальные окрасочные роботы представляют собой в общем случае многозвенные шарнирно-сочлененные (антропоморфные) конструкции, способные окрашивать сложные пространственные контуры. Они оснащаются контурными системами ЧПУ.

Проблема комплексной механизации процесса нанесения лакокрасочных покрытий является достаточно сложной, так как одновременно необходимо автоматизировать и объединить в единый технологический комплекс подготовку поверхности изделия, установку изделия на конвейер или другую транспортную систему, транспортирование, кантование, нанесение покрытия, подготовку и доставку краски, промывку трубопроводов, разгрузку, диспетчирование и управление комплексом, разгрузку, складирование, очистку и удаление отходов.

РТК сборки

Репозиторий ВГУ

Сборочные работы в различных отраслях машиностроения составляют 40-50% общей трудоемкости изготовления изделий, при этом уровень автоматизации, используемый в основном в условиях крупносерийного и массового производства, составляет 5-7%.

Процесс автоматической сборки с помощью ПР подразделяется на несколько этапов:

1. накопление в различных устройствах (паллетах, магазинах и т.п.), конструкция которых зависит от конфигурации и габаритов объектов сборки;
2. захватывание детали (объекта) роботом, оснащенным захватом или сборочным приспособлением;
3. транспортирование с помощью ПР на позицию сборки и от нее на позицию накопления;
4. ориентация;
5. сопряжение деталей с помощью ПР или на специальном сборочном оборудовании.

Существуют ***три основных концепции построения РТК сборки***:

1. Вся сборочная операция расчленяется на элементарные, каждая из которых выполняется узкоспециализированным роботом. Это наиболее часто применяемая схема при автоматизации массового производства.
2. ПР – сборщик располагается в центре комплекса. Вокруг него располагается различное вспомогательное оборудование с необходимым запасом деталей. Робот в соответствии с программой извлекает детали и осуществляет их сборку, используя при этом стационарные монтажные приспособления и оснастку.
3. Весь сборочный процесс расчленяется на группы элементарных операций. При этом для сборки каждой сборочной группы используется специализированный робот. В этом случае работа всех роботов осуществляется под управлением центральной ЭВМ.

По структурному признаку сборочные РТК подразделяются на однопозиционные и многопозиционные, т.е. с концентрацией или дифференциацией операций процесса сборки.

К конструктивным особенностям ПР для сборки относятся:

- возможность автоматической смены захватов и сборочных инструментов;
- широкий диапазон скоростей перемещения исполнительных звеньев;
- адаптация к определенным условиям захватывания и соединения деталей;
- контроль качества сборки;
- повышенная точность позиционирования при наличии устройств компенсации погрешности позиционирования при соединении деталей.

Вспомогательное оборудование РТК

Репозиторий ВГУ

Для реализации технологических операций на основном оборудовании РТК необходимо выполнить определенные действия, каждое из которых называется ***вспомогательным переходом*** – законченной частью технологической операции, которая не сопровождается изменением свойств предмета обработки, но необходима для выполнения технологического перехода.

К типовым вспомогательным переходам можно отнести следующие:

- загрузку – перевод предмета обработки из хаотического положения в пространстве в требуемое;
- питание – доставку предмета обработки в требуемое положение на рабочую позицию;
- фиксацию – наложение на предмет обработки удерживающих связей в соответствии с требованиями технологического перехода;
- расфиксацию – снятие удерживающих связей с предмета обработки, наложенных до технологического перехода;
- удаление предмета обработки с рабочей позиции.

Основное ***назначение вспомогательного оборудования*** - автоматическая загрузка РТК заготовками или собираемыми компонентами, то есть питание ПР ориентированными изделиями или заготовками, транспортирование ориентированных изделий между позициями РТК. Состав вспомогательного оборудования РТК должен обеспечить реализацию и расширение его технологических возможностей, а также оптимально по минимуму затрат и по максимальной производительности обслужить заданную номенклатуру деталей.

Выбор класса вспомогательного оборудования, входящего в состав РТК, зависит от конструктивно-технологической характеристики деталей, их формы, наличия установочных баз или устойчивых положений, осей и плоскостей симметрии, технологической специфики изделий, например от вида технологического процесса и операции, положения деталей на позиции обработки или сборки, вида фиксации; от организационных факторов, т.е. от планируемого периода производства изделий, формы организации производства; эксплуатационных факторов, например от периодичности запусков, суммарной трудоемкости создания вспомогательного оборудования.

В ***состав вспомогательного оборудования*** могут входить автоматические загрузочные устройства; устройства базирования и относительного ориентирования; устройства контроля; сборочные механизмы; транспортные устройства и системы. Все узлы вспомогательного оборудования в зависимости от выполняемых функций можно разделить на пять групп: средства первичного ориентирования и создания однослойного потока деталей, автоматического транспортирования, накопления, выдачи на позицию захвата ПР, контроля. Ряд узлов может выполнять не одну, а несколько функций. Вышеуказанные группы в зависимости от технологических признаков можно подразделить на классы. Так, например,

Репозиторий ВГУ

накопители могут быть подразделены на магазины различных конструкций, кассеты, трафареты и т.п.

Общая проблема оснащения РТК должна рассматриваться как совокупность взаимосвязанных задач, включающих проектирование, изготовление и эксплуатацию. Проектирование зачастую может быть заменено обоснованным выбором полностью или частично ранее спроектированного вспомогательного оборудования. Общая задача выбора вспомогательного оборудования может быть разбита на две задачи, решаемые последовательно: выбор системы вспомогательного оборудования, под которой в общем случае понимается организованная определенным образом совокупность типовых устройств ориентирования, транспортирования, накопления и поштучной выдачи, а также выбор устройств данной системы.

В общем виде ***процесс автоматической загрузки*** состоит из элементов: первичного и окончательного ориентирования компонентов; заполнения ими магазинов; перемещения и поштучного отделения компонентов; передачу их на позицию захвата. Правильный выбор рациональной конструкции загрузочного устройства во многом определяет производительность и надежность работы РТК.

По конструкции ***загрузочно-накопительные делятся*** на бункерные, магазинные, с использованием программируемых средств и средств электромагнитного опознавания и ориентирования и др. (рис.15). Загрузочно-накопительные устройства выполняют, как правило, в виде самостоятельных механизмов, органически связанных с РТК. В общем виде они могут состоять из емкости (бункера, магазина, кассеты), в которой сосредотачивается запас обрабатываемых или собираемых деталей и функциональных механизмов ориентации, ворошителя, питателя, лотков, накопителя, привода и т. п.

Репозиторий ВГУ

Рис. 1. Классификация загрузочных устройств

В последнее время к ЗНУ в составе РТК предъявляются ряд дополнительных требований по гибкости: конструкция ЗНУ должна отвечать условию многономенклатурности обрабатываемых деталей; должна иметь емкость, достаточную для работы РТК в течение определенного времени без догрузки, а также локальную систему управления, входящую в общую иерархическую систему управления РТК или участком. Кроме того, ЗНУ могут включаться в общий материальный поток транспортно-складской системы автоматизированного участка.

Как правило, традиционные устройства не отвечают вышеуказанным требованиям и предназначены для узкого диапазона типоразмеров деталей. Для обеспечения быстрой переналадки ЗНУ создают на базе унифицированных элементов и строят по модульному принципу.

Схема обобщенного загрузочного устройства показана на рис.2. Детали получают первичную ориентацию в бункерном загрузочном устройстве и вторичную – в устройстве вторичной ориентации. Датчики Д1 и Д2 контролируют минимальное и максимальное заполнение лотков деталями. Информация от датчиков поступает в блок переработки информации (БПИ) и далее в систему управления (СУ) работой ВО.

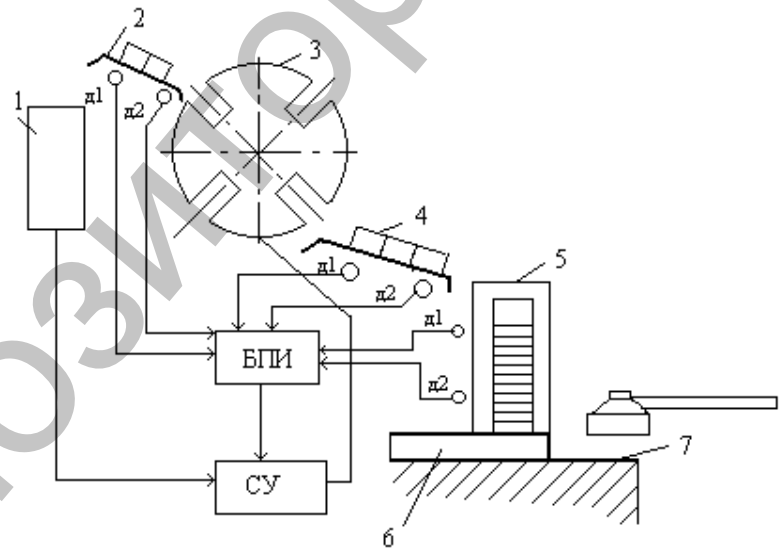


Рис.2. Схема обобщенного загрузочного устройства: 1 – бункерно-ориентирующее устройство; 2, 4 – передающие лотки; 3 – устройство вторичной ориентации; 5 – магазин-накопитель; 6 – шиберное устройство; 7 – позиция захвата роботом

В настоящее время в промышленности применяются много устройств загрузки промышленных роботов, в которых используются различные принципы ориентирования и координирования деталей. В зависимости от степени автоматизации различают ручную, полуавтоматическую и автоматическую загрузку промышленных роботов.

Репозиторий ВГУ

При ручной загрузке для ориентирования и координирования изделия укладываются работником в трафарет или кассету, которые являются фиксирующим элементом. Полуавтоматическая загрузка производится с помощью магазинных загрузочных устройств, в которых ориентация изделий осуществляется вручную путем заполнения накопителя ориентированными изделиями или автоматически вне загрузочного устройства. Координирование и фиксирование изделий на позиции захвата осуществляется автоматически.

Автоматическую загрузку производят с помощью ***бункерных загрузочных устройств, конвейеров или транспортеров***. Выбор конкретного способа загрузки определяется большим числом факторов, к основным из которых относятся: геометрические и физические параметры загружаемых изделий, требуемая производительность, тип производства, желаемая степень автоматизации и т. п.

Трафареты однозначно определяют координаты центра масс изделий и их угловое положение. Вид трафарета обычно определяется загружаемыми изделиями. Основными требованиями, предъявляемыми к трафаретам, являются предельные удобства загрузки изделий и однозначное их расположение в трафарете. Изделия 2 в трафарете 1 фиксируются сплошным контуром трафарета, повторяющим с определенной точностью контур изделия, или отдельными точками (плоскостями), установленными по контуру (рис.3).

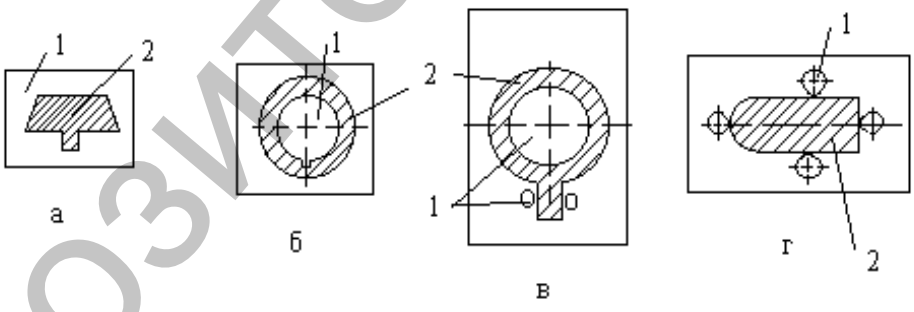


Рис.3. Типы трафаретов: а - охватывающие; б - охватываемые; в - комбинированные; г - с точечной фиксацией

Несмотря на низкий уровень автоматизации этот вид загрузки находит применение в ряде технологических процессов. Трафареты обычно располагают на столах, предназначенных для наладки в соответствии с заданным положением изделий на рабочей позиции основного оборудования и траекторией движения захвата ПР.

Для загрузки-разгрузки РТК перспективно использование ***кассет***. В основу классификации кассет положены следующие признаки: выполняемые функции - обеспечение разделения, координирования, сохранения ориентации изделий при их транспортировании и хранении; универсальность - специальные и универсальные; расположение гнезд - плоские, вертикальные, комбинированные, однорядные, многорядные, при этом могут

Репозиторий БГУ

быть расположены по прямой, окружности, в шахматном порядке, в радиальном направлении; вид базирования - лотковые, гнездовые, штырьевые, клеммные; способ фиксации изделий - механический, вакуумный, струйный, магнитный, электромагнитный.

Конструктивные параметры кассет выбирают в зависимости от требований технологического процесса. Для равномерного расположения изделий чаще всего используют сетки: прямоугольные или квадратные, косоугольные, треугольные и другие (рис.4). Число ячеек в сетке зависит от размеров кассеты и объекта, в особых случаях - от свойств ПР, числа шагов в программе и т. п.

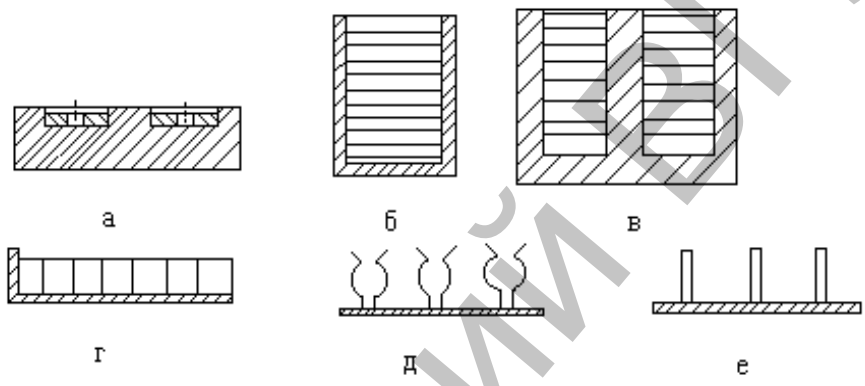


Рис.4. Типы кассет: а – гнездовые, б, в – шахтные, г – плоские, д – клеммовые, е - штырьевые

Для равномерного расположения изделий в кассете можно использовать квадратную, прямоугольную, треугольную форму кассеты. Установка кассеты на позицию и ее фиксация с заданной точностью могут выполняться позиционным ПР, шаговым перегрузчиком, шаговым конвейером, поворотным делительным столом и другими средствами. Во всех случаях фиксация осуществляется или по двум фиксирующим штырям, которые входят в отверстия на кассете, или по ее внешнему контуру.

Магазинные загрузочные устройства представляют собой комплекс функциональных механизмов, предназначенных для приемки изделий в ориентированном положении, хранения с расположением в один ряд и автоматической выдачей в зону захвата ПР.

Магазинные загрузочные устройства применяются:

- для изделий сложной формы, автоматическое ориентирование которых затруднено или невозможно известными техническими средствами;
- когда автоматическое ориентирование может привести к порче изделий;
- при возможности стопировать изделия на предыдущей операции;
- в условиях многономенклатурного производства при невозможности создания мобильных автоматических бункерных загрузочных устройств.

В зависимости от способа расположения ряда изделий магазинные загрузочные устройства разделяются на вертикальные, горизонтальные и комбинированные. По числу накопителей магазинные загрузочные устройства можно разделить на однопозиционные и многопозиционные. Необходимость увеличения позиций вызвана потребностью сократить время

Репозиторий БГТУ

обслуживания одного магазинного загрузочного устройства за счет увеличения общей емкости магазина. Кроме того, увеличение числа позиций необходимо для создания емких и компактных магазинов. Число позиций прежде всего зависит от размеров, массы изделий и времени обслуживания одной позиции магазина.

Многопозиционные магазины в отличие от однопозиционных снабжены дополнительным приводом, который обеспечивает подвод накопителей на позицию захвата по мере их выработки. Накопители многопозиционных магазинов могут располагаться по линейной или круговой схеме. При большом числе накопителей предпочтение отдается круговым схемам.

Шахтные магазины представляют большую группу магазинных загрузочных устройств, характерной особенностью которых является расположение изделий, преимущественно плоских, в вертикальных шахтных накопителях с загрузкой и выгрузкой их сверху. В этих устройствах возможна загрузка тонких (менее 0, 4 мм) и нежестких изделий. В зависимости от вида загружаемых изделий, требований к точности позиционирования изделий в рабочей зоне основного технологического оборудования и некоторых других производственных требований шахтные магазинные загрузочные устройства могут иметь различные конструктивные исполнения, отличающиеся типом привода, системой управления, числом и расположением шахтных накопителей (рис.5).

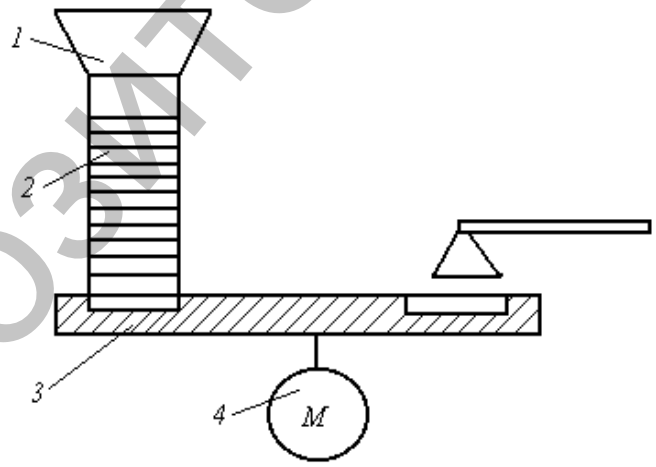


Рис.5. Структура конструктивных элементов магазина: 1 – приемник; 2 – накопитель; 3 –питатель; 4 - привод

Приемник предназначен для облегчения укладки изделий в ориентированном положении в накопитель. Конструкция приемника зависит от способа заполнения накопителя. При ручном заполнении используются только направляющие и базирующие плоскости. В случае автоматической загрузки съемных накопителей приемник может иметь более сложные элементы ориентирования.

Репозиторий ВГУ

Накопители предназначены для сохранения ориентированного изделия при хранении и перемещении. Применяются стационарные и съемные накопители. Конструкция накопителя должна обеспечивать свободный доступ к изделиям и исключать возможность их засорения. Для увеличения емкости магазинов применяют зигзагообразные, спиральные и многоручьевые накопители. Недостатком зигзагообразных накопителей является разрыв лотка в месте перехода с одного лотка на другой, что ведет к увеличению шума и невозможности перемещения хрупких изделий. Объем спиральных накопителей значительно превышает объем зигзагообразных. Наибольшей емкостью отличаются многоручьевые накопители.

Транспортные системы являются одним из основных элементов автоматизированного производства в любой отрасли промышленности. В РТК помимо основных функций - перемещения изделий и заготовок, - транспортные системы могут изменять ориентацию, производить накопление и адресование изделий. ***Основная задача транспортных систем*** РТК состоит в загрузке-выгрузке ПР изделиями, поступающими из магазинов, складов, соседних ПР, расположенных за рабочей зоной РТК.

К транспортным средствам, работающим в составе РТК, предъявляются следующие дополнительные требования: высокая точность позиционирования и строгая ориентация перемещаемых изделий в установленных точках; простота конструкции и эксплуатации; высокое быстродействие; надежность в работе, автоматизированная переналадка в течение малого времени; логическая и аппаратная совместимость с устройствами управления; возможность централизованного контроля состояния транспортных средств; малая энергоемкость и высокий коэффициент полезного действия.

В качестве транспортных средств наибольшее распространение получили ***конвейеры*** (транспортеры), которые классифицируются по следующим признакам: природа сил, перемещающих изделия; вид движения; положение несущего органа в пространстве; характеру связи между изделием и несущим органом; назначение.

В зависимости от природы сил, перемещающих изделие, конвейеры делятся на механические, пневматические, электромагнитные, вибрационные, гравитационные (самотечные). Иногда встречаются и комбинированные типы конвейеров.

По виду перемещения конвейеры делятся на две группы: непрерывные и дискретные. В свою очередь дискретные конвейеры могут быть с постоянным и переменным ритмом, который задается от промышленного робота или технологической машины. По положению несущего органа в пространстве конвейеры могут быть горизонтальными, вертикальными, наклонными и смешанными. Схемы конвейеров могут быть замкнутыми и разомкнутыми.

Связь между изделием и несущим органом конвейера может быть жесткой или гибкой. Жесткая исключает потерю ориентации изделий за счет механических элементов, ограничивающих перемещение изделий

Репозиторий ВГУ

относительно несущего органа (штанговые, грейферные и др.). Гибкая связь определяется силами трения.

В механических конвейерах в качестве силы, перемещающей изделия из одной точки пространства в другую, используется сила трения между изделием и рабочим органом или усилие, создаваемое упором рабочего органа на перемещаемый груз. По конструктивному признаку механические конвейеры можно разделить на две группы: с гибким тяговым органом и без него. Первая группа включает ленточные, пластинчатые, ковшовые, скребковые конвейеры. Вторая группа - винтовые, роликовые, шаговые конвейеры различных типов.

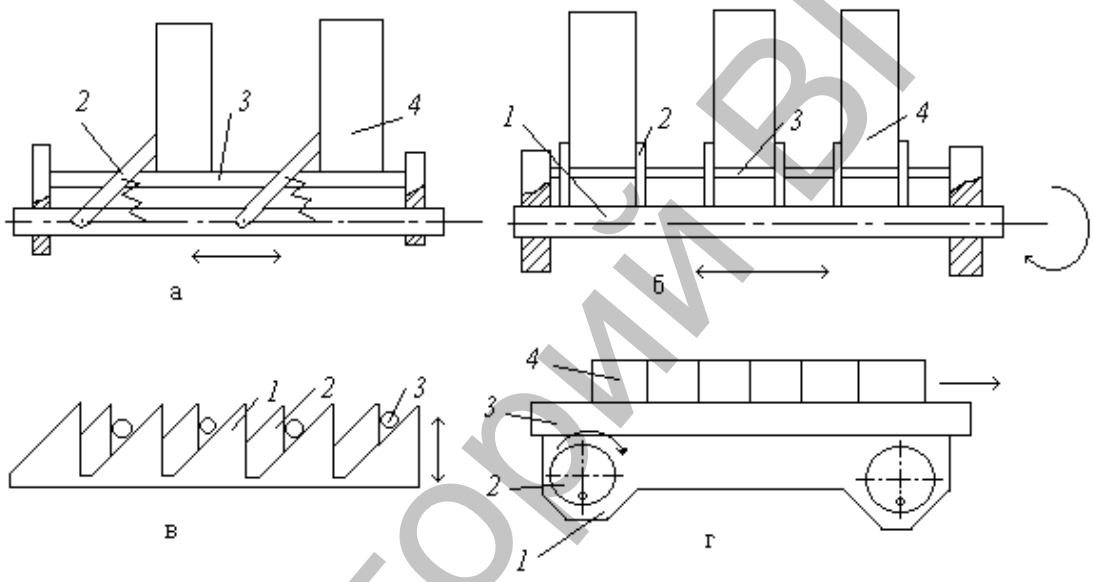


Рис. 6. Шаговые транспортеры

Для питания ПР широкое применение находят шаговые транспортеры (рис. 6), осуществляющие перемещение каждого изделия на шаг. Наиболее представительной является группа штанговых щаговых транспортеров. На рис. 25,а показан штанговый транспортер с подпружиненной собачкой, состоящий из штанги, получающей возвратно-поступательное движение от привода, собачки 2, несущей плоскости 3. При движении штанги вперед (вправо) собачки 2 захватывают изделия 4 и перемещают их по несущей плоскости 3. В момент возврата штанги в исходное положение подпружиненные собачки проходят под изделием. С целью исключения проскакивания изделиями фиксированного положения, скорость штанги в конце хода замедляется при помощи фиксирующих устройств.

Преимуществом шагового штангового транспортера с собачкой является простота конструкции, а недостатком - ограниченная скорость перемещения изделий. Для обеспечения более высокой скорости позиционирования применяют штанговые транспортеры с жесткой связью между рабочим органом и изделием (рис. 6,б). Перемещение стержневых изделий часто осуществляется с помощью пластинчатых конвейеров одинарного или двойного действия (рис.6,г), либо конвейеров перекладчиков (рис. 6, д).

Репозиторий ВГУ

Среднюю скорость рабочих органов штанговых транспортеров принимают равной не более 0,1 м/с с учетом разгона и остановки, а максимальную скорость не более 0,17 м/с.

Пневматические транспортеры служат для перемещения изделий путем непосредственного воздействия на них сжатого или разряженного воздуха. Все пневматические транспортные системы делятся на две группы. Первая характеризуется тем, что изделия перемещаются за счет суммарного воздействия воздуха на торцовую поверхность изделия и сил вязкого трения, возникающих между изделием и струями воздуха, направленными под некоторым углом к направлению движения.

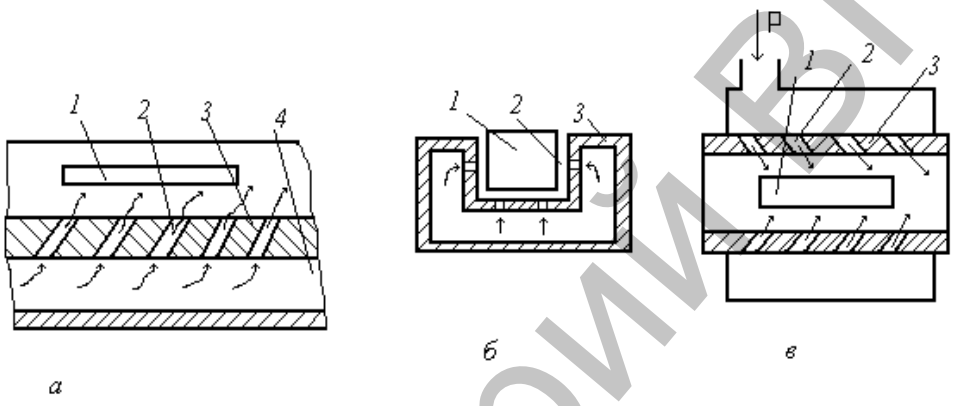


Рис. 7. Схема пневматических транспортеров: а – открытая; б – полуоткрытая; в – закрытая, с трубчатым лотком

Соотношение сил, создаваемых давлением и трением, зависит от формы и шероховатости поверхности изделия, формы, направления и шага расположения сопел, схемы выполнения транспортных лотков. Транспортные устройства этой группы могут быть выполнены по одной из трех схем: открытые, полуоткрытые и закрытые.

Открытый пневмотранспортер (рис.7, а) представляет собой камеру 4 необходимой длины в верхней крышке 3 которой выполнены наклонные сопла 2. Сжатый воздух, вытекая из камеры 4, поднимает изделие 1 над крышкой 3. В то же время горизонтальная составляющая сила давления струи и вязкого трения перемещает подвешенное изделие вправо.

Полуоткрытые транспортеры (рис.7, б), в отличие от открытых от открытых, снабжены соплами 2, расположенными в дне и боковых камерах 4. Полуоткрытые транспортеры позволяют увеличить угол подъема до 10-12° и в определенной мере устранить контакт боковых поверхностей изделий о стенки лотка. Для предохранения всех поверхностей от повреждения в случае контакта со стенками лотка применяются пневмотранспортеры закрытого типа (рис.7, в).

Лотками называют направляющие и ориентирующие устройства для самотечного или принудительного перемещения заготовок. Лотки являются эффективным средством организации транспортных потоков в РТК и могут также выполнять функции накопителей между магазином и питателем или

Репозиторий ВГУ

между АБЗОУ и питателем. По форме лотки делятся на прямые простые, прямые роликовые, змейковые, зигзагообразные, каскадные и т. п. В зависимости от метода перемещения различают лотки-склизы и лотки-скаты.

Репозиторий ВГУ

ЛЕКЦИЯ 10. Принципы проектирования промышленных роботов.

Проектирование ПР является сложной системной задачей, для решения которой необходимо, чтобы принципы и подходы соответствовали требованиям, предъявляемым к промышленному роботу, как к техническому средству гибкой производственной системы.

Основными техническими требованиями являются:

- обеспечение функций и параметров гибкой производственной системы;
- гибкость, т.е. простота переналадки при переходе на другое изделие;
- устойчивая работа в автоматическом режиме;
- экономичность, которая обеспечивается низкой стоимостью, наименьшими эксплуатационными расходами, соответствием конструктивного исполнения сложности выполняемых работ;
- надежность работы, а также включения и выключения в интервале температур от 0 до 50ºС;
- соответствие удельных показателей по материало- и энергоемкости лучшим мировым образцам.

Исходя из перечисленных требований, целесообразно руководствоваться следующими ***принципами***.

Параметры робота выбирают на основе функционального анализа технологических факторов.

Исходя из экономических требований, необходимо при этом минимизировать число степеней подвижности, а также перемещения при максимально допустимой погрешности позиционирования. При выборе рациональной кинематической схемы и компоновки самого робота целесообразно совмещать рабочие зоны технологического оборудования и уменьшать число вариантов подхода в эти зоны рабочего органа.

Компоновку робота и кинематическую структуру определяют методом ***многокритериальной оценки***. При этом необходимо учитывать:

- относительный объем и форму рабочей зоны;
- соответствие траекторий рабочего органа требованиям технологического процесса;
- возможности системы управления по реализации одновременного движения нескольких степеней подвижности с заданными параметрами;
- площадь, занимаемую ГПМ;
- простоту конструкции.

Динамические параметры робота необходимо определять исходя из производительности ГПМ, значений перемещений рабочего органа за цикл. Производительность и объем выпуска ГПМ должны обеспечивать заданную норму рентабельности его внедрения в производство.

Репозиторий ВГУ

Проектирование механической системы проводят с учетом того, что она состоит из двух систем:

- несущей механической системы
- исполнительной системы, взаимосвязанных между собой,

но различающихся функциональным назначением. Несущая механическая система обеспечивает форму и объем рабочей зоны, служит для размещения узлов исполнительной системы и представляет собой разомкнутую кинематическую цепь. Исполнительная система служит для обеспечения динамических и точностных параметров робота и представляет собой систему механизмов, приводящих в движение звенья несущей механической системы.

Перемещения ориентирующего механизма определяют из анализа изменений положений объекта манипулирования или рабочего органа в процессе производства относительно положения выходного звена несущей механической системы.

Жесткость механической системы определяют с учетом допустимых смещений рабочего органа при позиционировании под воздействием инерционных сил. Деформацией от действия сил тяжести пренебрегают, так как она учитывается при программировании. Перед началом расчета распределяют допустимые деформации между несущей и исполнительными системами. Деформация несущей системы составляет 85…95% от суммарной деформации, исполнительной системы – 5…15% и зависит от применяемого передаточного механизма. При использовании шариковинтовых механизмов деформация составляет 3…5%, зубчатых передач – 5…8%, волновых – 10…15%.

При расчете жесткости несущей механической системы расчетная модель должна учитывать:

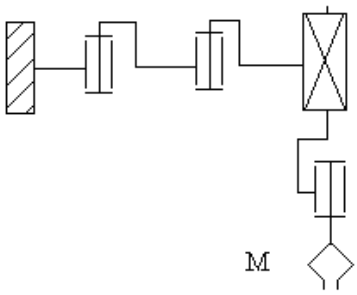
- массу и расположение груза и рабочего органа, ориентирующего механизма, передаточных механизмов и звеньев;
- контактную податливость узлов соединения звеньев.

Уравновешивание манипуляторов.

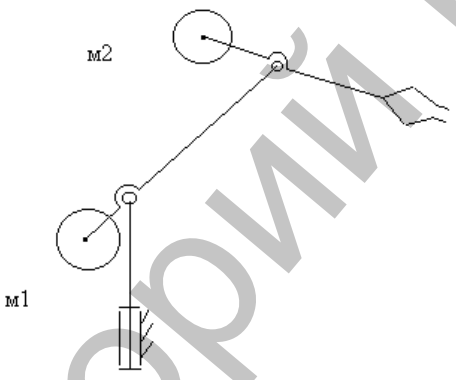
В большинстве кинематических схем манипуляторов приводы воспринимают статические нагрузки от сил веса звеньев. Это требует значительного увеличения мощностей двигателей приводов и моментов тормозных устройств. Для борьбы с этим используют следующие методы:

Используют кинематические схемы манипуляторов, в которых силы веса звеньев воспринимаются подшипниками кинематических пар. На мощность приводов и тормозных устройств, при таком решении силы веса оказывают влияние только через силы трения в парах. В качестве примера можно привести кинематическую схему робота SCARA (рис.). Недостатком этого метода являются большие осевые нагрузки в подшипниках.

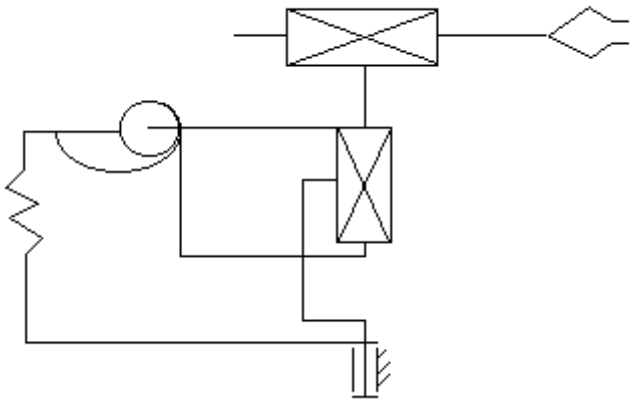
Репозиторий ВГУ



Уравновешивание звеньев манипулятора с помощью корректировки их массы. При этом центр масс звена с помощью корректирующих масс смещается в центр кинематической пары (рис.) Недостатком этого метода является значительное увеличение массы манипулятора и моментов инерции его звеньев.



Уравновешивание сил веса звеньев манипулятора с помощью упругих разгружающих устройств – пружинных разгружателей или уравновешивателей. Эти устройства не позволяют обеспечить полную разгрузку приводов от действия сил веса на всем относительном перемещении звеньев. Поэтому конструкция этих устройств включает кулачковые или рычажные механизмы, которые согласуют упругую характеристику пружины с характеристикой уравновешиваемых сил веса звеньев. На рис. показана схема промышленного робота в котором привод вертикального перемещения руки снабжен механизмом для силовой разгрузки, состоящим из пружины и кулачкового механизма с профилем, выполненным по спирали Архимеда.



Репозиторий ВГУ

Уравновешивание перемещающихся узлов проводят также, встраивая устройства на базе пневмо- или пневмогидропривода.

Точность манипуляторов промышленных роботов.

Точность позиционирования исполнительных органов манипуляторов определяется погрешностями позиционирования характеристической точки схвата (точка М) и погрешностями угловой ориентации схвата. Погрешности позиционирования определяются технологическими отклонениями размеров звеньев манипулятора, зазорами в кинематических парах манипулятора и механизмов приводов, деформациями (упругими и температурными) звеньев, а также погрешностями системы управления и датчиков обратной связи. В паспортных данных манипуляторов указывается максимально допустимое отклонение центра схвата манипулятора от его номинального расположения на множестве возможных конфигураций механизма. В результате погрешностей точка М описывает в пространстве некоторый эллипсоид, который называется эллипсоидом отклонений (рис.)

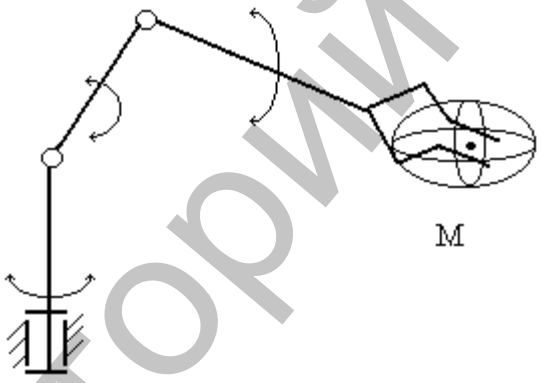


Рис.

Расчет быстродействия промышленного робота.

Время выполнения роботом цикла перемещений детали во многом определяет производительность всего роботизированного комплекса. Поэтому требования к быстродействию робота обычно достаточно высокие. Время перемещения роботом детали обусловлено законами изменения внешних сил (движущих и сопротивления) и инерционностью звеньев механизма. Закон изменения управляющих сил зависит от типа используемого привода и от вида системы управления.

Репозиторий ВГУ

Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники, 2005
2. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ.— М.: Мир, 1989.— 624 с.
3. Федор А. Андрианов, “Конспект лекций по робототехнике”, Смольный Институт, СПбГУ, 2008.

Репозиторий ВГУ