

Баубеков С.Д.

МЕХАНИКА РОБОТОВ И МАНИПУЛЯТОРОВ

Теория и практика

Учебник

Для технических специальностей ВУЗов

Тараз 2014

Рецензенты:

Ж.Т.Сулейменов Академик НАН РК, д.т.н., профессор, Таразского государственного университета имени А.Х.Дулати
Ж.А.Абдулла Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Физики и химии» Таразского инновационно-гуманитарного университета

Баубеков С.Д. Механика роботов и манипуляторов. Теория и практика. Учебник. Для технических специальностей ВУЗов, -Тараз. Типография ТОО «TISS-Жанару», 2014, - 256 с.

В книге рассмотрены основы механики роботов и манипуляторов, виды, классификаций, конструктивные особенности и пути их использования, а также предусмотрены методы их эффективного управления. Описаны способы решения инженерной задачи по применению роботов и манипуляторов для выполнения конкретной технологической операций по механической обработке и сборке изделия.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов технических специальностей ВУЗов, а также полезна для магистров и инженеров.

Утверждено к печати Ученым советом Таразского инновационно-гуманитарного университета.

№/№	Оглавление	Стр.
	ПРЕДИСЛОВИЕ	6
1	Введение. РОБОТОТЕХНИКА В НАШЕЙ ЖИЗНИ	7
2	ТЕОРИЯ РОБОТОВ	38
2.1	Промышленные роботы и манипуляторы.	38
2.1.1	Назначение и области применения.	38
2.1.2	Классификация промышленных роботов.	38
2.1.3	Принципиальное устройство промышленного робота.	39
2.1.4	Геометро-кинематические характеристики	42
2.2	Задачи механики манипуляторов	50
2.2.1	Кинематический анализ механизма манипулятора.	50
2.2.2	Динамика манипуляторов промышленных роботов.	57
2.2.3	Расчет быстродействия промышленного робота	59
2.2.4	Циклограммы командоаппарата и промышленного робота	60
2.2.5	Уравновешивание манипуляторов	63
2.2.6	Точность манипуляторов ПР	65
3	ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МАНИПУЛЯТОРОВ	66
3.1	Структура и классификация манипуляторов	66
3.1.1	Кинематические схемы манипуляторов	67
3.1.2	Кинематический анализ манипулятора робота	68
3.1.3	Особенности использования манипулятора робота в сборочных процессах	69
3.1.4	Пример манипулятора робота для многооперационной сборки	71
3.2	Типы манипуляторов роботов	78
3.2.1	Расчет манипулятора робота, работающий в прямоугольной системе координат	79
3.2.2	Расчет манипулятора робота, работающий в цилиндрической системе координат	82
3.2.3	Расчет манипулятора робота, работающий в сферической системе координат	84
3.2.4	Расчет манипулятора робота, работающий в угловой системе координат	87
3.2.5	Расчет манипулятора робота, работающий в смещенной системе координат	91
3.3	Расчёт промышленного робота-манипулятора	94
3.4	Расчет движения робота	103
3.5	Кинетостатический расчет механизма	111
3.6	Определение динамических ошибок	116
4	ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА	118

4.1	Основные сведения о робототехнике	119
4.2	Основные задачи	122
4.2.1	Манипуляции изделиями и заготовками	122
4.2.2	Обработка деталей и заготовок	124
4.2.3	Нанесение различных составов на поверхность	127
4.2.4	Чистовая обработка	128
4.2.5	Испытания и контроль	128
4.2.6	Сборка	129
4.2.7	Монтаж печатных плат	130
5	АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ	131
6	АДАПТИВНЫЕ СБОРОЧНЫЕ РТК.	140
6.1	ПР С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	140
6.2	Ориентирование ощупыванием	140
6.3	Пневматические устройства	141
6.4	Фотоэлектрические устройства	142
6.5	Акустические устройства	143
6.6	Инфракрасные устройства	144
6.7	Телевизионные устройства	145
6.8	Голографические устройства	147
6.9	Самонастраивающиеся экстремальные устройства	150
6.10	Типовые РТК сборки	153
7	НАНО-РОБОТЫ	158
8	ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОДУЛИ (ГПМ)	161
8.1	Общее представление о гибких производственных модулях	161
8.2	ГПМ на базе токарного станка с передним расположением робота	161
8.3	ГПМ на базе токарного патронного станка высокой точности (ТПК-125-ВА)	162
8.4	ГПМ на базе токарного станка 16К20Ф3	162
8.5	Основные технические характеристики модуля 16К20Ф3	162
8.6	ГПМ на базе токарного станка с фронтальным (передним) расположением рабочего органа робота	163
8.7	ГПМ на базе станка типа «обрабатывающий центр»	164
9	ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	165
10	РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ (РТК) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ	173

10.1	Введение. Робототехнологический комплекс (РТК)	173
10.1.1	Понятие «робототехнологический комплекс»	173
10.1.2	Виды робототехнологических комплексов	173
10.1.3	Многостаночные робототехнологические комплексы	174
10.1.4	Достоинства РТК одностаночного и РТК круговой компоновки	174
10.1.5	Типовые схемы компоновки РТК для сборочных и сварочных операций	174
10.2	Промышленные роботы в роботизированных технологических комплексах (РТК) механообработки	179
10.3	Роботизированные комплексы (РТК), предназначенные для технологического процесса сборки	186
10.4	Робототехника в медицине	192
11	ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОВ	209
11.1	Разработка процесса ремонта крышек	209
11.2	Разработка РТК - РТК для многоцелевого станка ОЦФ–1М	216
11.3	Разработка робототехнического комплекса токарной обработки вставки, пальца и оси сателлита	229
11.4	Разработка робототехнического комплекса токарной обработки	242
	Список использованных литератур	253

ПРЕДИСЛОВИЕ

В эпоху бурного развития науки и техники появляется множество различных нововведений в самых различных областях. Прилавки супермаркетов заполняются экзотической пищей, в торговых комплексах появляются одежды из новейших материалов, а в гипермаркетах электроники и того дальше, невозможно угнаться за развитием новых изобретений. Все привычное старое стремительно сменяется на необыкновенное, новое, к которому так не просто привыкнуть. Но если бы не было прогресса, то люди не познали бы множества загадок, которые еще не раскрыты, и природа тщательно скрывает их от нас. Несмотря на все это, благодаря высокой профессиональности современных ученых физиков, безостановочно ведутся разработки в различных сферах.

Простой человек вряд ли озадачивался вопросом что же нового можно внести в этот и без того безгранично цивилизованный и прогрессивный мир. Для примера можно рассмотреть наш мир, каким он был даже одну сотню лет назад. Не было не телевизоров, не компьютеров, не бытовой техник, без которой современному человеку в быту просто не обойтись ли даже 10 лет назад, когда сотовые телефоны только-только вышли в свет и были громоздкими и очень малофункциональными, что касается и компьютерной техники. Наука движет мир вперед, и в любых областях жизнедеятельности человека нужны какие – либо нововведения.

Различные роботы и манипуляторы создаются человеком примерно с конца XX - века, за пройденное время они были значительно улучшены и модернизированы. На данный момент существуют роботы – помощники, военные разработки роботов, космические, бытовые и конечно медицинские. Далее стоит подробнее разобрать какие виды роботов и манипуляторов, и для какого применения существуют на данный момент времени.

Промышленный робот – перепрограммируемая автоматическая машина, применяемая в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека. ПР способен воспроизводить некоторые двигательные и умственные функции человека при выполнении им основных и вспомогательных производственных операций без непосредственного участия человека. Для этого его наделяют некоторыми способностями: слухом, зрением, осязанием, памятью и др., а также способностью к самоорганизации, самообучению и адаптации к внешней среде.

В книге рассмотрены основы механики роботов и манипуляторов, виды, классификаций, конструктивные особенности и пути их использования, а также предусмотрены методы их эффективного управления. Описаны способы решения инженерной задачи по применению роботов и манипуляторов для выполнения конкретной технологической операций по механической обработке и сборке изделия.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов технических специальностей ВУЗов, а также полезна для магистров и инженеров.

1. ВВЕДЕНИЕ.

РОБОТОТЕХНИКА В НАШЕЙ ЖИЗНИ

Каждый год на рынке робототехники «прокручивается» 5 - 6 миллиардов долларов, и эта цифра постоянно растет. Видимо, век накопления знаний и теоретической науки сменяется новой эпохой - когда всевозможные роботы и механизмы заполняют мир [1].

По последним данным, сегодня в мире работают 1,8 млн. самых различных роботов – промышленных, домашних, роботов-игрушек.

Что же такое робот?

Робот – это электромеханическое, пневматическое, гидравлическое устройство, программа, либо их комбинация, работающая без участия человека и выполняющие действия, обычно осуществляемые человеком.

Другими словами робот – это автоматическое устройство, имитирующее движения и действия человека.

Робот построен по компьютерной технологии, сознание робота - это вычислительная машина, с которой информация может быть считана и перенесена на отдельный носитель. Робот не лечится, а ремонтируется путем ввода соответствующих диагностических программ.

У робота отсутствует ассоциативное мышление. У него отсутствует любопытство – есть лишь программа по накоплению информации, которая ему необходима. Робот все понимает умом, душевные качества ему не присущи – все-таки он не имеет души.

Существует 3 правила робототехники, которые сформулировал в 1942 году автор научно-фантастических произведений Айзек Азимов в своем рассказе Хоровод:

Робот не может повредить человеку или, бездействуя, допустить, чтобы человеку был нанесен вред.

Робот должен подчиняться приказам, которые дает ему человек за исключением случаев, когда такие приказы противоречат первому правилу

Робот должен защищать свое существование до тех пор эта защита не противоречит первому или второму правилу.

Психологи установили, что идеальный робот-андроид не должен превышать ростом 1 метр 30 сантиметров. Более высокие механизмы уже вызывают у людей опасение.

Что уже умеют человекоподобные механизмы:

ходить, бегать, подниматься по лестницам, перепрыгивать препятствия высотой до полуметра;

танцевать, ходить на лыжах, играть в футбол, кидать дротики;

играть в шахматы, на музыкальных инструментах, дирижировать оркестром;

делать уколы и хирургические операции;

распознавать и синтезировать человеческую речь, вести беседу, пожимать руки, улыбаться;

убираться по дому, выполнять функции секретаря, следить за детьми и животными, смешивать коктейли, подавать на стол;

охранять дом, драться с другими механизмами.

С каждым годом роботы совершенствуются и умнеют, но все же их искусственный интеллект не сравнится с человеческим.

На данный момент еще не выработан удовлетворительный критерий «разумности».

В 1950 году Аланом Тьюрингом был предложен тест. Критерий этого теста говорит, что «система может считаться разумной, если наблюдатель, общаясь с ней достаточное время, не отличит ее от человека». То есть, он заключается в переписке судьи (человека) с машиной и с другим человеком. Если судья при этом не может достоверно отличить машину от человека, то машина признается разумной.

В очередной раз компьютеры не прошли проверку на наличие разума.

21 октября 2007 года в Нью-Йорке состоялся очередной конкурс Хью Лебнера. Конкурс был учрежден в 1990 году и является первым соревнованием систем искусственного интеллекта на прохождение теста Тьюринга. Главный приз состязания – \$100 тыс. и золотая медаль – должны достаться создателю первой искусственной системы, которая сможет пройти тест Тьюринга на наличие разума [2].

В конкурсе Хью Лебнера компьютер должен пройти тест у не менее половины независимых судей. При этом переписка осуществляется путем обмена мгновенными сообщениями.

До настоящего времени и в конкурсе 2007 года пройти тест и получить главный приз не удалось никому. Премия в \$2 тыс. и бронзовая медаль ежегодно присуждается авторам наиболее «человекоподобной» системы искусственного интеллекта. В этом году таковой признана компьютерная программа Ultra Hal от американской компании Zabaware.

В Ultra Hal реализованы технологии искусственного интеллекта, распознавания речи и анимации в режиме реального времени. С программой можно разговаривать или вести переписку в чате. Она может выполнять функции личного помощника – напоминать о встречах, запускать приложения на компьютере, набирать телефонный номер и т.д.

К проблемам будущих отношений человека и роботов обратились и в разных странах.

Так, исследование, проведенное в прошлом году по заказу правительства Великобритании, предсказывает, что в ближайшие 50 лет роботы могут потребовать для себя тех же прав, что и люди.

Европейская сеть исследований робототехники (ERRN) также занялась разработкой норм использования роботов. И в черновике европейских правил говорится, что в 21 веке человечество впервые столкнется с проявлением

чужого разума - с роботами. И это событие повлечет разнообразные проблемы этического, социального и экономического свойства. Организация планирует установить этические нормы, описывающие роли и функции роботов, т.к. ожидается, что их интеллект сильно разовьется в ближайшее время. Также в начале 2007 г. в СМИ мелькало сообщение о том, что экспертная группа, в которую входят футурологи и писатель-фантаст Айзек Азимов, занялась созданием кодекса, определяющего этику и мораль общения с роботами, их роль и функции в обществе. Кодекс будет содержать правила управления и обращения с роботами, предотвращения их нелегального использования и защиты данных, принадлежащих роботам.

Многие государства считают роботов ключевым элементом экономического развития страны и вкладывает в соответствующие исследования миллионы долларов и производство роботов в XXI веке может стать крупнейшей отраслью промышленности.

Промышленные.

Какую пользу могут принести роботы в экономической сфере?

Мы полагаем, что при комплексном использовании польза будет колоссальна.

Роботов можно широко использовать для добычи сырья и ресурсов. Такие роботы могут работать в суровых и опасных климатических условиях, им нипочем ни мороз, ни радиация.

Разработка месторождений полезных ископаемых актуальна ближайшие 30-40 лет. Потом в связи с приходом нано-технологий появится возможность получить сырьё из рассеянного состояния в окружающей среде. Кадровый кризис будет препятствовать освоению месторождений. Применение технологий андроидных роботов позволит в кратчайшие сроки выполнить эту работу и создать фундамент для экономического процветания страны в будущем.

Большинство населения концентрируется в больших городах. Сейчас трудно найти людей готовых работать в удаленных районах страны. Андроидные роботы смогут сыграть существенную роль в отдаленных районах. Там они потребуют значительно меньших затрат на использование, чем работа человека. Впрочем, работа человека тоже понадобится. Ведь роботами кто-то должен управлять. Нужны люди, которые будут заниматься обслуживанием и дополнительным обучением роботов.

Есть крупные компании, которые сталкиваются с проблемой грядущего кадрового дефицита в производстве различной продукции - андроидные роботы смогут заменить человека у станка. Роботы будут выполнять основную работу по производству, в то время как люди смогут потратить больше сил и ресурсов на разработку более конкурентоспособной продукции, и продвижению этой продукции на международные рынки, налаживанию

сбыта и инфраструктуры, разработкой рекламы и высокого имиджа продукции на мировых рынках.

Да и сами по себе роботы являются продуктом высоких технологий. Их разработка и внедрение в производство требует разработку целой отрасли науки и промышленности. Знания, полученные при разработке андроидных роботов, смогут быть применены в самых различных сферах. Андроидные роботы, узлы и детали к ним, программное обеспечение, все это является качественным высокотехнологичным товаром, который обязательно найдет своего покупателя в самом ближайшем будущем.

Просто внедрение роботов, от микроскопических капсул, вживляемых в организм человека, до высокотехнологичных пылесосов позволит людям сосредоточиться на решении более важных проблем и задач. Механические помощники могут также присматривать за детьми, пенсионерами и выполнять работу по дому.

Роботы к 2025 году смогут выполнять работу, для которой Японии потребовалось бы занять 3,5 миллиона человек.

Эксперты Международной федерации робототехники отмечают, что в промышленности используется больше всего роботов – примерно 770 тысяч. Причем половина из них - 350 тысяч работают в Японии.

В Европе же используется 233 тысячи, а в Северной Америке - 104 тысячи промышленных роботов и используются они, главным образом, на сборочных конвейерах.

Также электронные помощники заняты и при уборке мусора или погрузке. Среди европейских государств больше всего промышленных роботов используется в Германии - 105,2 тысячи, второе место занимает Италия - 46,8 тысячи, на третьем - Франция - 24,2 тысячи. В России уже работает 5 тысяч роботов, Швейцария и Австрия используют по 3,5 тысячи роботов, Финляндия - 3 тысячи, Дания - 1,8 тысячи, Польша - 644 робота и Венгрия - 176.

Мало кто знает, но, к примеру, строительная индустрия США находится на пороге самой настоящей революции.

Дело в том, что уже в апреле-мае там пройдут первые испытания робота-строителя. Этот "трудяга" способен возвести двухэтажный жилой дом площадью 186 кв. м с рекордной скоростью, всего за сутки. Это в 200 раз быстрее того, если бы дом строили люди и, что немаловажно, в пять раз дешевле. Разработчики заявляют, что новая машина, способная работать без технических перерывов, сможет построить в доме все, включая арки и камин, и даже самостоятельно установить водопроводные и канализационные трубы.

Принцип работы устройств такой же как у обычных струйных принтеров. Быстро твердеющий раствор по программе наносится слой за слоем на поверхность в соответствии с чертежом. Робот легко и быстро может создавать сооружения любой заданной формы.

Просчитав экономический эффект от внедрения инновации, американцы планируют наладить промышленный выпуск строителей-киборгов. Экономический эффект уже подсчитан: машина стоимостью \$1,5 млн, позволит пятикратно сократить затраты на строительство жилых домов.

Робот Chico будет отслеживать утечки газа

Бразильская государственная энергетическая компания Petrobras разработала уникальную модель робота, способного отслеживать утечки газа в трубах.

Робот, получивший название Chico, способен автономно перемещаться по земле, под водой, в грязи, горной местности и даже обладает специальным буром, чтобы высверливаться в горные породы для проверки труб.

Новый робот был разработан в сотрудничестве Государственным фондом поддержки исследований Fapesp. На первом этапе эксплуатации робот будет использован для обслуживания 420-километровой газовой трубы, протянувшейся от региона Каори до города Манаос. Большая часть трубы проходит в тропических лесах Амазонки.

Уникальный робот может быть использован и для различных экологических исследований, так как он разрабатывался с той точки зрения, чтобы во время своего функционирования нанести как можно меньший вред окружающей среде, утверждают разработчики.

Дежурные роботы-мокрицы подождут пожар в лесу.

В будущем предполагается, что если в лесу запахнет жареным или просто горелым, то как будто из-под земли возникнет орава стальных монстров. И мигом усмирят пламя.

Называются эти роботы OLE — Offroad-Losch-Einheit, что в переводе со смеси из английского-немецкого можно перевести как "Внедорожный тушительный агрегат".

Над этим проектом Институт промышленного дизайна начал работать ещё зимой 2005-2006 годов.

Заниматься OLE заставила серьёзная проблема лесных пожаров, которые ежегодно только в Европе выжигают по пять тысяч квадратных километров леса, принося финансовые убытки до 2,5 миллионов евро, не говоря уже о различных экологических последствиях, включая ртутное загрязнение.

Поэтому учёные и пришли к довольно банальному выводу, что лучше предупредить беду, чем устранять её неприятные и печальные результаты. Однако это не такая уж и простая задача. Регулярные обследования, скажем, с помощью вертолётá слишком дороги и малоэффективны. Можно установить и датчики, которые срабатывают быстро, но, естественно, не гарантируют скорого прибытия пожарной команды.

Вот так и появилось простое решение — объединить в одном аппарате и детектор, и пожарную машину.

OLE может зафиксировать места возгораний на расстоянии от 50 до тысячи метров — в зависимости от густоты леса и погоды.

OLE — это робот, который перемещается не на паре ног, не на колёсах. Ведь лес — это сложная местность, которая требует соответствующего сложного передвижения. Поэтому и было решено снабдить робота сразу шестью лапами, похожими на лапки насекомого. А чтобы он не наткнулся на препятствия, к нему приделывается пара датчиков-усиков для ощупывания дороги.

Многочисленные конечности нужны, чтобы OLE мог свободно перемещаться по лесу и патрулировать территорию. У него лишь одна забота: узнавать, не горит ли где чего. "Узреть" источник возгорания он может с помощью инфракрасных сенсоров, регистрирующих сильные источники тепла.

Если такой источник попадает в поле зрения, то "Тушительный агрегат" стремглав бежит к нему и заодно сообщает о ЧП по беспроводной связи в координационный центр, управляющий такими роботами.

Разумеется, если замечен едва разгорающийся огонь, то потушить его не очень сложно. Для этого OLE использует встроенную в него пожаротушительную машину, выбрасывающую воду в импульсном режиме — это позволяет сократить объём носимой с собой жидкости.

Однако, как бы ни была хороша техника, но и она сама, в принципе, может, не успев справиться с очагом, оказаться посреди пламени. Если вдруг с OLE происходит такой казус, то это не так уж страшно: при достижении температуры, опасной для его электронных компонентов, он быстро сворачивается в клубок — как это делают мокрицы — и втягивает в себя ноги.

Его в этой ситуации спасает жаропрочный панцирь, сделанный из керамического волокна и выдерживающий до 1300° по Цельсию. После того, как огонь стихнет, робот может развернуться и пойти снова патрулировать — если, конечно, после этого останется, что патрулировать.

Пока что Offroad-Losch-Einheit существует только в виде концепта. А информация его физического воплощения просачивается весьма скудная.

Но когда дело дойдёт, наконец, до серийного производства этих сторожей чащоб, то это будет крайне радостная новость — за сохранность зелёных массивов можно будет не беспокоиться.

Готовы ли роботы заменить трейдера?

Роботы появились на мировых биржах одновременно с началом электронной торговли. Весь мир давно опутан интернет-паутиной и торговать нефтяными контрактами можно хоть с островов Новой Гвинеи.

Сотни тысяч акций, облигаций, производных инструментов - управлять всем этим вручную просто невозможно. Меняется цена базового актива,

скажем, какой-то акции на ММВБ, одновременно должны поменяться ценники на несколько десятков фьючерсов и опционов на эту акцию на рынке FORTS (PTC). Причем сделать это нужно быстро, так что без машин не обойтись. Но роботы помогают не только организовать работу торговой площадки - в последнее время они помогают трейдерам зарабатывать.

В развитых странах давным-давно существуют целые отрасли, которые готовят системные решения для крупных компаний и новичков. Например, продаются готовые пакеты с готовыми автоматизированными стратегиями для новичков и мелких трейдеров. Крупные же инвестиционные банки заказывают программы специально - под конкретные цели и задачи.

В России же все только начинается. Выиграют те, кто, во-первых, всерьез займется созданием биржевых роботов для массового спроса, а во-вторых - начнет их раньше других использовать в торговле.

Но на ММВБ роботы занимают, по оценкам, не менее 1% от всего объема торгов. Что касается срочного рынка на PTC, то тут процент больше.

Куда большую популярность получили программы-советники. Эти программы не посылают никаких торговых сигналов - они просто анализируют рынок, ищут привлекательные акции, дают технический анализ рынка, а также позволяют получать свежую информацию.

К примеру, такие системы предлагает всем желающим брокерская компания "Атон". Речь идет о программе Aton-Line, которая отслеживает текущие котировки, строит графики и помогает выставлять заявки на покупку или продажу.

Не менее распространены аналогичные продукты, которые предлагает "Церих", - QUIK и Z-TRADE. "Брокеркредитсервис" тоже предлагает своим клиентам пользоваться QUIK. Для теханализа используются программы Omega Research, MetaStock и Wealth-Lab.

За рубежом сейчас такая же тенденция - не роботы, а помощники. Быстро найденная акция с хорошим потенциалом роста или, напротив, бумага, которая уже слишком "перегрета" и вот-вот начнет падать, - подобного рода информация самая ценная. Разумеется, можно научить робота находить такие акции и принимать решения. Но одним техническим анализом тут не обойтись. У робота нет эмоций, которые помогают рисковать - выигрывать или терять миллиарды.

Роботы ловят людей-трейдеров на невнимательности, чаще преуспевают в скорости подачи заявок. Но успешный робот - такое же редкое явление, как частный трейдер. Кстати, многие разработчики роботов внимательно изучают распечатки операций гениальных трейдеров, с тем, чтобы внедрить потом их алгоритмы в роботы.

Роботов в отличие от советников в свободной продаже нет, и ни одна уважающая себя инвестиционная компания не будет их вам предлагать. Есть несколько студий-разработчиков и просто одиночных "умельцев", которые делают самостоятельные торговые системы. Но не дайте себя обмануть.

В японском НИИ индустриальных технологий создан первый в мире образец домашнего человекоподобного робота, который способен садиться, ложиться и, самое главное, самостоятельно вставать на ноги. Он может управлять сложной техникой и ухаживать за людьми преклонного возраста или больными. У электронного гуманоида есть эмоции и инстинкты. Кроме того, он умеет говорить его словарный запас включает 6 тысяч слов. Он может ходить по неровным поверхностям и вставать после падения, а также откликаться на зов.

РУКА

Инженеры и раньше нередко сравнивали свои творения — манипуляторы для андроидов — с руками человека, но здесь это сравнение, пожалуй, впервые, подходит без преувеличения. В новом проекте изобретатели максимально близко воспроизвели в металле, резине и пластике анатомические особенности человеческих руки и части торса.

Называется это творение Airic's_arm . Это рука и прилегающий "кусок" спины. Габариты Airic's_arm, когда рука распрямлена. А вес её равен всего-то 6,3 килограмма.

Главным достоинством разработки германские специалисты считают её приближение к руке человека в плане точности движений, динамики и мощности. Секрет же новинки — в так называемых "Жидкостных мускулах" (Fluidic Muscle).

Вопреки названию, мускулы эти работают от сжатого (6-8 атмосфер) воздуха. При подаче давления они раздуваются вширь (поскольку в длину из начального, сдутого, состояния они вытянуться не могут) и одновременно сокращаются, словно настоящие мышцы.

По сравнению с электрическими приводами, равно как и с пневматическими или гидравлическими цилиндрами, такие мускулы не могут обеспечить высоких скоростей движения или дальности перемещения соединяемых деталей, зато обладают рядом иных сильных сторон.

Сила, в буквальном смысле, — одна из них. Мышцы длиной несколько сантиметров могут развивать усилие в десятки килограммов, а иные модели — и в сотни. Вес их при этом куда меньше, чем у любого иного типа привода сравнимой силы.

Система управления может менять "напряжение" таких мышц до 100 раз в секунду, и никакой инерционности в движении они не проявят. Пусть скорость перемещения деталей, соединённых такой робототехнической мышцей, не очень велика, зато Fluidic Muscle может развивать ускорение до 100 м/с^2 .

Сокращается Fluidic Muscle на 10-20% от своей начальной длины, то есть — на считанные сантиметры. Но вспомните: мускулы человека, скажем, той же руки, прикреплены к костям вблизи суставов. И эти мускулы также

отличаются сравнительно небольшим перемещением своих концов, зато развивают приличное усилие.

В руке Airic's_arm её авторы воссоздали в металле и пластике практически все кости руки и плеча человека, включая лопатку (впервые в технике), и даже кисть с пятью пальцами (по составным деталям аналогичными настоящим) и все положенные этой структуре суставы.

А приводят эту систему в движение Fluidic Muscle числом 32 штуки! Это приблизительно вдвое меньше, чем в настоящей руке и плечевом поясе, но всё равно — впечатляет.

Любопытно, что инженеры компании не раз прибегали к "природным патентам". Например, недавно они создали летающего по воздуху и плавающего под водой роботов-скатов Air_ray и Aqua_ray .

Придуманы были эти аппараты как техноискусство и реклама принципов биомиметики (ну и возможностей фирмы, заодно).

Air_ray наполнен гелием, и в воздухе он плавает не хуже своего собрата из водной среды. Встроенные приводы придают "крыльям-плавникам" скатов движения, копирующие движения настоящей рыбы, а радиоуправление позволяет направлять машины в любую сторону и даже выполнять фигуры высшего пилотажа.

Что до Airic's_arm, её разработчики намерены и дальше развивать этот проект.

Найденный принцип, пишут они, позволит в будущем создать аналогичные робототехнические шеи, ноги, а после оснащения таких конечностей тактильными датчиками и видеокамерами можно будет строить гуманоидных роботов с выдающимися возможностями.

А специалисты по искусственному интеллекту из компании «Хонда» заслуженно гордятся тем, что их питомец ASIMO все лучше осваивает правила вежливого поведения.

Например, он умеет уступать дорогу. Для этого ему надо измерить положение, скорость и ускорение приближающегося человека и на основании этого рассчитать его траекторию.

Японии начинает грозить демографический кризис, какого история человечества ещё не знала.

В отличие от многих предыдущих подобных выставок, проводящихся в Японии каждый год, на этой (2008) упор делался не на роботах-манипуляторах, которые используются на производстве, а на роботах-андроидах, задача которых — помощь в домашнем хозяйстве, в больнице или в приюте для престарелых.

Робот ASIMO компании Honda умеет танцевать и наливать чай, а робот компании Toyota неплохо играет на скрипке.

Конечно, в обычной жизни вряд ли кому-нибудь может понадобиться робот, умеющий играть на скрипке. Но ничто другое не продемонстрирует лучше точность механики и совершенство цепей управления.

На выставке можно увидеть устройства, умеющие кормить стариков с ложечки, усаживающие их в туалете или вызывающие медперсонал, когда они не хотят принимать таблетки.

На проходящих время от времени пресс-конференциях представители крупнейшей в мире автомобильной компании Toyota уверяют журналистов в том, что производство сервисных роботов скоро станет одним из основных направлений её деятельности. А правительство уже выделяет на проектирование конструкций роботов большие субсидии.

Появление новых роботов приветствуют университеты и значительная часть средств массовой информации.

Вот например двухколесный робот не похож на человека — скорее он похож на электрокар или двухколесный велосипед с мотором. Зато он хорошо «понимает» для чего, куда и как надо привезти немощного седока в тесном интерьере.

Сервисные роботы давно уже интересуют не только японцев. Компания Vecna Technologies поставляет американской армии своих «медвежат» (BEAR — Battlefield extraction-assist robot), умеющих делать много такого, что не всегда в состоянии сделать человек. Например, вынести раненого с поля боя.

Вот, например, двухколесный «подвижный робот», который может перевозить человека по неровной местности, следовать за своим владельцем с покупками или другим грузом. Если такая машина будет надежной и доступной по цене, то вполне вероятно, что когда-нибудь они появятся в каждом доме.

Развитие сервисных роботов с неизбежностью должно привести к их проникновению и в личную жизнь людей, хотя этот процесс займет немного больше времени.

Так считает журналист и независимый исследователь Дэвид Леви, получивший десять лет назад магистерскую степень по искусственному интеллекту.

В вышедшей недавно книге «Роботы без границ: жизнь в виртуальную эру» («Robots Unlimited: Life in a Virtual Age») он пишет о проблемах «любви» между людьми и роботами, а также о возникающих в связи с этим этических проблемах.

Ученые уже создали искусственную кожу, по-разному реагирующую на легкое поглаживание и сильное давление, и искусственные пальцы, способные на чувственные прикосновения.

В одном из своих интервью, отвечая на вопрос о возможности появления роботов, обладающих сознанием, Леви выразил уверенность в том, что роботы смогут вести себя так, как будто обладают сознанием, и их будет очень трудно отличить от людей.

Ничто не мешает превращению роботов не только в заботливых опекунов и медсестер, но и в друзей, «спутников жизни» и даже супругов.

Бледный механизм шибко мнётся лицом человека

Иногда робот может быть только лицом. Работа над проектом WD началась ещё в 2003 году.

Цель — сделать маску из полимерного материала, которая могла бы точно имитировать выражения человеческого лица. Идея изобретения заключается в том, чтобы оживить маску-физиономию, заставив шевелиться на ней определённые "контрольные точки".

Кстати, WD-2 умеет воссоздавать не только выражение, но и форму лица. Проще говоря, он так растягивает и мнёт маску, что она полностью подстраивается под образец.

Очевидно, следующим этапом работы будет оптимизация пространства, которое занимает WD. Это позволит сделать настоящее лицо для роботов.

Оживший паукобот отслеживает лицо наблюдателя

Создан робот, который вглядывается в лица людей, поворачивается к ним и запоминает их.

Робот этот похож на паука, хотя ног у него не восемь, а всего шесть.

iC больше других собратьев вызывает чувство живого. Даже стоя на месте, он "нетерпеливо" переминается с ноги на ногу. Но главное — цифровая камера на голове машины связывается с удалённым ПК, на котором работает программа распознавания человеческих лиц.

Внешний компьютер посылает команды голове, так что насекомовидный аппарат поворачивает её точно вслед за перемещением лица человека, находящегося перед машиной. Также ПК указывает роботу куда идти или куда развернуться, но при этом даёт только самые общие команды (вроде: "повернуть вправо на 90 градусов").

Если пододвинется человек ближе к роботу, тот чуть отпрянет назад, словно опасаясь. Если же некоторое время смотреть роботу глаза в глаза, iC сделает цифровой снимок и загрузит портрет на свой сайт, в коллекцию знакомых ему людей. А когда по каким-то причинам внешний ПК отключается, робот засыпает.

Говорить он не может, да и какой спрос с паука? Зато эта техника пригодится для роботов куда более сложных.

В России пока разрабатываются и производятся только промышленные роботы, и в ближайшее время отечественные производители, возможно, займутся выпуском их домашних и игрушечных братьев по искусственному интеллекту — но слишком сильна конкуренция со стороны иностранных компаний, которые давно освоили этот рынок. Что касается продаж в России импортной продукции, то, по мнению экспертов, она весьма перспективна. У россиян, особенно у богатых, входит в моду иметь в доме электронных помощников. Большим спросом пользуются также умные игрушки. Их пока

везут в основном из-за рубежа. Это вызвано скорее соображениями престижности, чем необходимостью.

Планируется, что серийное производство полноразмерных промышленных роботов начнется в 2008-2010 годах. И в конце 2007 года ОАО "АвтоВАЗ" совместно с Московским государственным технологическим университетом "Станкин" выиграло конкурс Правительства РФ на реализацию инновационного проекта государственного значения по теме "Разработка и освоение производства гаммы отечественных универсальных технологических роботов для массовых автоматизированных производств гражданской и машиностроительной продукции".

Планируется, что роботами, сконструированными и произведенными в производстве технологического оборудования (ПТО) "АвтоВАЗ", планируется оснащать российские предприятия в самых различных отраслях, где требуется автоматизация производства. Предполагаемая мощность производства отечественных роботов составит до 1 тыс. штук ежегодно.

Работы по данному проекту стартовали в ПТО ОАО "АвтоВАЗ" с начала 2008 года. Программа рассчитана до 2010 года и предполагает создание целого ряда роботов грузоподъемностью от 15 до 350 кг. В настоящее время в ПТО сформирована и работает группа специалистов по реализации этой задачи. В течение ближайших трех лет будет разработана и освоена технология по серийному изготовлению роботов для нужд отечественной промышленности.

Напомним, ПТО "АвтоВАЗ" - уникальный станкостроительный комплекс, на котором изготавливаются промышленные роботы, роботизированные сварочные линии, обрабатывающие центры и металлорежущее оборудование, а также оснастка, окрасочное, термическое, стендовое и др. оборудование.

Надо сказать, что в последнее время роботы все чаще стали применяться в России не только на производстве. В частности, первые киборги-хирурги скоро появятся в российских военно-лечебных учреждениях. Правда, все они зарубежного производства. В настоящее время около 400 хирургических клиник по всему миру используют роботизированную хирургическую систему da Vinci. Большинство установок находится в США, есть они также в Европе, Азии и на Ближнем Востоке. В России такая система появится в следующем году.

Случай применения разработанных технологий в медицине. Клаудиа потеряла руку в результате аварии. Вместо обычного пластикового протеза 26-летняя госпожа Митчелл стала обладательницей первого в мире бионического протеза, которым она может управлять силой своей мысли. Имплантация протеза, проведенная в Институте реабилитации Чикаго (Rehabilitation Institute of Chicago, RIC), заняла пять часов.

Для управления протезом используются остатки нервных волокон, управлявших когда-то рукой, сохранившиеся в плече. Приходящие на них

электрические импульсы обрабатываются компьютером и преобразуются в команды для сервомоторов. Движения протеза столь точны, что девушка вскоре после операции могла сама почистить банан.

Обладательница бионической руки научилась чувствовать прикосновение предметов к протезу. Ощущения совсем не фантомные, потому что для этого нейрохирурги подсоединили провода к окончанию её нервных волокон.

Врачи и ученые не оставляют пациентку в покое, продолжая совершенствовать свое творение. В прошлом году после имплантации протеза женщина могла выполнять рукой простые действия, управляя ею при помощи мысли.

Окрыленные успехом, врачи теперь планируют оснастить бионическую руку датчиками и попытаться наладить передачу данных о температуре и прикосновениях по измененному нервному пути.

Возможно, вскоре подобные протезы выйдут на новый уровень совершенства, ведь ученые из медицинской школы Пенсильванского университета действительно смогли соединить нервные волокна с проводами.

Как сообщает официальный сайт университета, группа профессора Дугласа Смита предложила совершенно новую технологию для сращивания нервной системы человека с протезами. Они выступили с идеей создания трансплантируемой живой нервной ткани, уже сращенной с электродами. То есть в организм пациента вживляются не электроды, которые приживаются с вероятностью, далекой от 100%, а живые нейроны, гарантированно сращенные с неживой плотью электродов.

В России создаются и военные роботы. Российские специалисты провели ряд системных исследований и базовых разработок ключевых технологий военной робототехники. Это позволило создать ряд экспериментальных и действующих макетных образцов роботизированных систем и комплексов военного назначения. Создание безэкипажных мобильных боевых и обеспечивающих роботизированных комплексов является одним из ключевых и весьма перспективных направлений разработок средств вооружений борьбы.

Самый быстрый робот-танк всё сокрушит и спасёт

Впервые в мир в 2005 году британских братьев-близнецов Хау, Майкла и Джеффри продемонстрировали "однопилотный" робот-танк [2].

Эта злющая на вид машина называется соответствующим словом Ripsaw, которое обозначает "многопильный станок для продольной распиловки". "Предком" Ripsaw является, конечно же, танк, а не пила. От танка новая машина сохранила гусеницы и воинственную внешность.

К тому моменту технические характеристики модели (она называлась Ripsaw MS1) были просто потрясающие — тем более для самоделки.

эта машина разгоняется за какие-то 3,5 секунды с нуля до 80,5 км\час, а максимальная скорость движения — 128,7 км\час.

Братья Хау утверждают, что это самое скоростное гусеничное транспортное средство, про которое они знают.

Все детали и блоки сконструированы так, чтобы танк мог справляться с любыми условиями — с пылью и грязью, с водой и снежными завалами, а также с холмами и густыми зарослями.

Чтобы добиться максимальных характеристик, братья изготавливают некоторые части, которые подходят исключительно для их вездехода. Так, гусеницы сделаны "лично" для него — никакие другие не подойдут. Более того, у них есть кое-какие интересные особенности, благодаря которым лента не скользит при движении, например, по грязи.

Производится последняя модификация машины, которая подразумевает дистанционное управление.

Такой танк может пригодиться как и где угодно: и в тушении пожаров, и в спасательных операциях, и в боевых действиях.

А в Перми появился робот-полицейский под названием Р-БОТ N 1 летом 2007 года. Он приступил к несению патрульной службы на набережной Камы. Создан электронный городской совместными усилиями нескольких московских компаний и их коллег из Японии и Южной Кореи.

Механический патрульный, получивший ростом 180 см яйцевидной формы передвигался по набережной Камы на четырех колесах со скоростью пять километров в час, вызывая живой интерес у жителей и приезжих. Робот время от времени повторял гражданам «Советую не нарушать закон и общественный порядок». Внутри робота находятся видеокамеры, которые наблюдали за окружающими и при необходимости делали фотоснимки. Управляется механический патрульный оператором.

Пермский робот-полицейский — единственный экземпляр в России, его аналога не существует ни в одной стране мира, отмечает ИТАР-ТАСС.

Но робот не в состоянии передвигаться по заснеженным дорогам, так как оснащен небольшими колесами, которые не предназначены для движения по снегу. В ГУВД также сообщили, что «робот проходит модернизацию», но подробности оставили в секрете.

Как утверждают пермские журналисты, «эта штука годна лишь фотографировать, ездить по ровной поверхности и капать „приятным голосом“ на мозги горожанам», к тому же «робокопу» требуются «гараж, техники для обслуживания, оператор для управления и сопровождающий наряд (чтобы любознательные пермяки не разобрали на гайки)».

К тому же, отметили местные авторы, электронная машина не выносит сырости — «дождь вывел ее из строя в первый же день эксплуатации».

Разработчики киборга-гаишника в дальнейшем планируют внедрить в него новую технологию, чтобы он мог еще и управлять дорожным движением. Особенно он может пригодиться на тех трассах, где большая

загазованность и скопление дорожной пыли. А это отрицательно сказывается на здоровье человека. Кроме того, робот больше будет похож на человека, чем на яйцо.

Российские железные дороги 20 декабря 2007 года показали общественности своих андроидных роботов. РЖД собирается использовать их в качестве профессиональных презентаторов. Благодаря способности разговаривать они могут общаться с посетителями, отвечая на элементарные вопросы о компании, также они умеют ходить и даже танцевать. В дальнейших планах — закупить роботов-чернорабочих.

Как сообщается на сайте РЖД, восемь таких созданий производства магнитогорской компании ЗАО "Андроидные роботы" закуплены ОАО "РЖД" в рамках проекта по внедрению автоматизации производственных процессов. В опытную эксплуатацию приняты роботы двух серий: 7 роботов AP-100 (рост 35 сантиметров) и один - AP-400 (рост 140 сантиметров, вес 70 килограммов) - единственный существующий на сегодняшний день экземпляр, изготовленный по специальному заказу.

В дальнейшем планируется рассмотреть возможность выпуска для ОАО "РЖД" специализированных моделей роботов, способных заменить людей при работе в тяжелых и вредных производственных условиях на железнодорожном транспорте.

В Красноярске же прошли первые успешные испытания роботов-сантехников (28.11.2007). Предполагается, что со временем они заменят работу человека при обследовании сложных участков городских сетей.

ВИДЕО СО ЗВУКОМ...

Красноярские коммунальщики испытывают армию роботов-сантехников. Теперь машины обследуют самые сложные участки коммуникации в городе. Лаборатория на колесах работает в напряженном графике.

Автомат, который похож на игрушечную машинку, предназначен для работы труб большого диаметра. Максимальная скорость передвижения 1 метр в секунду. Бортовые видеокamеры снимают все, что попадает на пути.

Роботов специального назначения выпускают на одном из отечественных предприятий оборонной отрасли. Автоматы по-военному прочные, они изготовлены из нержавеющей стали со специальным покрытием. Роботу не страшны кислотные выбросы и мусор. У него одна задача — найти повреждение на трассе.

Сухопутный робот упирается в непреодолимое препятствие — высокую перегородку. Он возвращается на базу, а ему на смену приходит робот-лодка. Между собой коммунальщики называют его «ондатрой».

Андрей Коленцев, ведущий инженер производственного управления «Водоканал» «На устройстве есть камера, которая позволяет осмотреть поверхность, она вращается».

«Ондатра» передает информацию о техническом состоянии надводной части коммуникаций. На мониторе хорошо видны все трещины и завалы. Своевременная диагностика предотвращает аварию, позволяет сэкономить огромные средства.

Александр Зибров, заместитель директора производственного управления «Водоканал» «В первую очередь это человеческий фактор. Мы не рискуем жизнью человека. Мы получаем точную информацию о состоянии наших водопроводных сетей».

После испытания роботов красноярские водопроводчики подготовили свои предложения инженерам-разработчикам. Нарекания вызвала система управления. Иногда роботы не могут самостоятельно выбраться из труб, водолазам приходится постоянно дежурить у колодцев и страховать своих начинающих коллег.

С появлением роботов-диггеров одна из самых забавных скульптур в России — памятник водопроводчику — в Красноярске морально устарел. Современные реалии требуют дополнить скульптурную композицию отрядом механических сантехников.

А выпускник Ивановского энергетического университета создал говорящего робота, умеющего убираться в доме и нянчить ребенка.

"На создание робота-няньки ушло два года. Робот может произносить слова, передвигаться с места на место, качать детскую коляску, передвигать предметы, транслировать видеоизображение и гладить белье. При этом управляется при помощи обыкновенного ноутбука", - рассказал изобретатель робота Владимир Метлушко.

По его словам, создавалось устройство на кухне небольшой однокомнатной квартиры.

"Первоначально планировалось, что основным делом робота станет разминирование объектов, но когда появилась семья, специализация устройства поменялась. Для нашего десятимесячного сына изобретателя он стал одновременно и нянькой, и игрушкой."

Робот сделан из деталей, которые можно без проблем купить в магазине. "Для его изготовления понадобились материнская плата, двигатели от приводов автомобильных стеклоочистителей, вэб-камера, wi-fi канал передачи данных, модернизированный блок питания, аккумуляторы от "бесперебойника", лазер-дальномер и другие несложные детали", - уточнил Метлушко.

В ближайшее время робот будет оснащён дополнительными деталями и сможет выполнять еще больше функций по домашнему хозяйству.

А в Японии создан всегда улыбающийся и готовый в любое время играть с малышами робот-няня. Новый человекоподобный робот-нянька присмотрит, поиграет, а заодно покажет рекламу новых продуктов.

Если родители хотят, чтобы машина присмотрела за детьми, они должны надеть на руку ребенка специальный браслет, на который нанесен

понятный роботу код. Электронная няня способна различать детей по имени и возрасту, а также общаться с ними, несмотря на ограниченный словарный запас.

С помощью встроенных динамиков, проектора (обратите внимание на левый глаз новинки) и видеокамеры (другой глаз) машина может развлечь детей, как минимум, разговором и показом различных картинок.

Рассматривается возможность создания робота для сопровождения покупателей в магазине и наполнения их тележек.

Кресло-робот познаёт мир вместе с полугодовалым малышом

Каждый взрослый знает, что маленький ребёнок не способен тихо усидеть на месте более 5 минут: обязательно будет кричать, прыгать и всюду совать свой нос. А что делать, если больной ребёнок ходить не может? Нужно подарить ему кресло-робот.

Исследователи из университета Делавэра (University of Delaware) работают над прототипом самоходного кресла, которое позволит совсем маленьким детям с отклонениями в развитии передвигаться и изучать окружающее пространство.

Чтобы создать столь необычный автомобильчик, исследователи фактически скрестили робота и электромобиль из парка аттракционов, которые ориентируются в пространстве и избегают столкновений с препятствиями с помощью инфракрасных датчиков и сонаров.

Новый робот обучается подобно ребёнку

Команда учёных из Италии, Франции и Швейцарии сконструировала нового робота, способного обучаться подобно ребёнку возрастом в один-два года. Машина получила название Babybot.

Робот состоит из торса, на котором закреплены “голова” и рука-манипулятор. Babybot снабжён двумя видеокамерами, микрофонами и рядом дополнительных сенсоров, собирающих информацию об окружающей обстановке. “Мозг” Babybot представляет собой несколько нейронных сетей, обслуживаемых кластером из двух десятков компьютеров.

В отличие от большинства современных роботов, функционирующих в соответствии с заранее заложенной программой, Babybot способен самообучаться, анализировать ошибки и выбирать оптимальные решения. Например, если первая попытка поднять тот или иной предмет оказывается неудачной, то в следующий раз Babybot будет использовать несколько иную стратегию. Иными словами, оказавшись в нестандартной ситуации, Babybot сможет найти из неё выход.

Конечная цель исследователей заключается в том, чтобы создать робота, полностью имитирующего поведение, возможности и способности к обучению двухгодовалого ребёнка. Предполагается, что результаты работ позволят лучше понять процессы, происходящие в мозге новорожденных, а

также ответить на многие вопросы, связанные с интеллектуальным развитием человека.

Чемодан-робот из России готов бегать за владельцем.

Российские специалисты намерены — первыми в мире — наладить серийное производство чемоданов-роботов, способных автоматически следовать за своим владельцем.

Чтобы такой чемодан самостоятельно ездил за хозяином, человеку достаточно лишь положить карточку-маяк в карман. И послушная машина споро покатится вслед за ней хоть на край света.

Гироскоп, фотодатчики, ультразвуковые и инфракрасные сенсоры помогут "умному" чемодану обходить препятствия, учитывать движение по наклонной плоскости, останавливаться перед краем лестниц или балконов. Заряда аккумулятора робота должно хватать на два часа движения. Кстати, у этого чемодана будет три колеса: два ведущих, третье – поворотное.

Необычный аппарат сможет похвастать ударопрочным и влагонепроницаемым корпусом с мягким бампером, габаритными огнями и ближним светом.

Также нужно отметить приличный перевозимый вес — до 30 килограммов. В днище этого чемодана разместятся трансформатор и выдвигающийся провод с переходниками, рассчитанными на подключение к розеткам в ста с лишним странах

Скорость Топу зависит и подчиняется скорости человека. С другой стороны, если робот сильно нагружен, а движение в горку, он не сможет поспевать за быстрым шагом. Тогда человеку придётся снизить темп. Обычная скорость на ровной дороге – до 10 километров в час.

Если аккумулятор сядет в самый неподходящий момент, у него будет выдвижная ручка (сверху) и спрятанный в кармашке в верхней части ремешок (40 сантиметров), чтобы было удобно катить.

Создан робот для доставки домашних тапок

Специалисты из американского Технологического университета Джорджии создали полуметрового робота E1-E, способного выполнять команды хозяина. Принести необходимую вещь он сможет без проблем, достаточно лишь направить луч лазера на нужный предмет, и андроид непременно отправится за ним, бережно возьмет в «руки» и доставит его пользователю.

Как только он захватит вещь, необходимо указать ему все тем же лазером, куда именно ее нужно отнести. При приближении андроид определит расположение лица пользователя, произнесет для привлечения внимания пару слов и, преданно «глядя» камерами в глаза хозяину, отдаст ему предмет.

Разработчики считают, что E1-E будет незаменим для людей с ограниченными возможностями. В будущем ученые надеются научить робота открывать двери, включать и выключать свет, а также перевозить пациентов на колясках.

Небольшой встроенный компьютер, жидкокристаллический дисплей, система различных проводов, сосудов. Имеется холодильник, который хранит до 16 напитков и смесей, а также отделение для специально очищенной воды, и картридж для создания углекислого газа (для шипучих напитков).

Можно выбрать желаемый напиток или коктейль (в памяти компьютера их много) из тех составляющих, что хранятся в холодильнике. А можно создать свой собственный рецепт с помощью палитры вкусов и сохранить его в памяти (до 1 гигабайта данных).

Предусмотрена в комплекте и система оповещения о заканчивающихся напитках, которая не только напоминает, что и когда нужно докупить, но может и сама высылать запрос о привозе необходимого количества тех или иных жидкостей из магазина прямо к вам на дом.

Для каждого пользователя по отдельности можно также установить контроль над количеством сахара и других компонентов напитков, если это необходимо, и лимит на ежедневное или даже ежечасное потребление определённых продуктов.

Хранить напитки в таком агрегате, пожалуй, даже безопаснее, чем в обычном закрывающемся на ключ баре. Так как программа позволяет запретить доступ к алкогольным напиткам детям (а, может быть, и некоторым взрослым) при соответствующей настройке.

Ещё один немаловажный плюс, отличающий агрегат от предшественников, — это запатентованная герметичная система сосудов, которая может сохранять даже откупоренные и скоропортящиеся напитки свежими достаточно долго.

Компьютер работает с операционной системой Windows XP и подключается к Сети без проводов. Понятно, что данное соединение позволяет обмениваться рецептами с друзьями, скачивать новые рецепты, проверять употребление напитков другими домочадцами, а ещё - посылать заказ на приготовление напитка точно к вашему приходу домой.

Заказать и купить робота-бармена пока можно только на сайте производителя за \$2,5 тысячи. Но уже летом 2008 года новинка появится и в обычных магазинах. В цену входит доставка, установка его на месте, первоначальная конфигурация системы и соединение с Сетью, а также (что приятно) первый запас напитков.

Еще японские роботы воссоздадут парк Юрского периода в Дубае (ОАЭ).

Достижения современной аниматроники и робототехники позволили учёным и инженерам приступить к реализации грандиозного проекта по

возведению в одном из районов Дубая большого тематического парка динозавров "Беспокойная планета". Приятно, что большой парк динозавров (площадь его составит 46 тысяч квадратных метров), задуман не только как развлекательный, но и как образовательный проект.

И, кстати, парк этот является частью более крупного проекта по возведению в Дубае ультрасовременного района под названием City of Arabia.

Чтобы звери выглядели реалистично, в проект приглашены учёные-консультанты из многих стран. Новизну обещают в самих роботах. Кости и сочленения динозавров будут максимально точно соответствовать палеонтологическим данным и биомеханике. Окраска животных будет выполнена на основе последних научных представлений.

Изготовленные из алюминия, стали, пластика, фанеры, полиуретановой пены и силикона машины будут оснащены самыми передовыми приводами и электроникой, призванными сделать этих созданий более "живыми".

Более того, огромные создания будут наблюдать за посетителями, так что, к примеру, тираннозавр сможет отслеживать проходящего мимо человека и направлять на него свой взгляд. Видимо, это должно усилить у туриста впечатление, что он тут – потенциальный завтрак.

Остаётся добавить, что стоимость этого суперпарка составляет \$1,1 миллиарда, а его открытие намечено на конец 2008 года.

Комплексное развитие и внедрение технологий андроидных роботов позволит решить проблемы добычи и переработки сырья и создание экономичных и высокоэффективных производств. Такое развитие создаст индустриальное общество нового поколения, где люди смогут чувствовать себя намного комфортнее и обеспеченнее. Кто знает, может быть, лет через десять без роботов в доме будет трудно обойтись.

Как известно, в современных автомобилях много "интеллектуальных" наворотов. Датчики парковки и дождя, автозатемнение зеркал, распознавание наличия пассажиров препятствий и подобные функции часто можно встретить в списках комплектаций у автодиллеров.

Да, сегодня люди и товары могут перемещаться дальше, быстрее, дешевле и комфортнее, чем когда-либо раньше. Однако наши быстрые легковые автомобили, грузовики и автобусы застревают в дорожных пробках. Корабли ожидают причаливания, а самолеты — посадки и прохождения таможенного контроля. И это еще не все.

Развитие области перевозок всегда сопряжено с возникновением самых значительных мировых проблем — от загрязнения окружающей среды и глобального потепления до вирусов и рисков, связанных с недостаточным уровнем безопасности.

Для решения проблемы требуется не просто более совершенный способ перевозок, а наиболее разумный способ. Недавно по инициативе компании IBM ведущие мировые специалисты собрались вместе на ежегодной

конференции Global Innovations Outlook для обсуждения инновационных решений.

Например, специалисты FORD и NASA разработали чип, основанный на идее нейронных сетей, который позволит за счет контроля за сгоранием топлива уменьшить как расход топлива, так и объем вредных выхлопов, помогая достижению самых жестких экологических норм.

Для диагностики пропуска в работе системы зажигания нужно отследить свыше миллиарда элементарных вспышек за все время жизни автомобиля. Более того, ошибка в самой диагностике должна быть крайне редкой - менее одной на миллион вспышек, чтобы избежать посылки ложного сигнала о сбое в работе водителю.

Что особенно важно, Форд планирует оснастить подобными чипами свои автомобили без дополнительного увеличения их стоимости.

Да, современные автомобили становятся компьютерами в той же мере, что и вычислительные машины. Датчики вскоре смогут отслеживать характеристики автомобиля и извещать водителя (или ремонтную мастерскую) о необходимости обслуживания. Интеллектуальные двигатели смогут переключаться между различными источниками топлива в зависимости от условий движения. А программное обеспечение с возможностью самовосстановления сможет находить и устранять сбои до того, как они произойдут, позволяя таким образом избежать совершенно нового вида автомобильных "аварий". Могут возникнуть совершенно новые отрасли промышленности для обслуживания и защиты интеллектуальных автомобилей нового поколения.

А видели ли вы когда-нибудь опцию "парковка без участия водителя"?

Или "настройка параметров двигателя на залитый тип топлива"?

Или "автоматическое предотвращение наезда на пешехода"?

О таких функциях можно не только помечтать, но и воплотить их в реальных моделях автомобилей, или для начала, хотя бы в "концепт карах".

Например, Daihatsu (Daihatsu Motor Co., Ltd.) — японская автомобилестроительная компания, выпускающая компактные минивэны, компактные легковые автомобили, компактные внедорожники и среднеразмерный коммерческий автотранспорт.

Технологии интеллектуального автомобиля от Daihatsu.

Огромное внимание в современном автомобилестроении уделено вопросу обеспечения максимальной безопасности при вождении автотранспорта. Компания Daihatsu приняла на себя обязательства разрабатывать и постоянно совершенствовать технологии, которые делают их автомобили такими же безопасными, как и комфортабельными. Разработанные Daihatsu автомобильные интеллектуальные системы гарантируют комфортное и безопасное вождение этими небольшими автомобилями [2].

Разработанные технологии и системы безопасности

1) лазерный радар

Система обеспечивает постоянный контроль за впереди идущим транспортом и помогает водителю удерживать автомобиль на безопасной от него дистанции. Действует система в диапазонах скоростей от 45 до 100 км/ч. При снижении скорости впереди идущего автомобиля система круиз-контроля включает плавное автоматическое торможение автомобиля. В случае, если этого не достаточно для соблюдения безопасной дистанции, система предупреждает водителя о возможном риске столкновения.

2) Blind Corner Monitor (наблюдение за "мертвыми зонами" спереди)

Система использует камеру, установленную спереди автомобиля, для наблюдения за "мертвыми зонами" с целью быстрого обнаружения автомобилей, приближающихся слева и справа.

3) Система безопасности «Pre-Crash» (предавария)

По статистике наиболее частым ДТП является удар в заднюю часть кузова движущегося спереди автомобиля. Вызвано это невнимательностью водителей или засыпанием на дороге. Система безопасности Pre-Crash эффективно защищает от этого типа аварии.

При сокращении безопасной дистанции между автомобилями, система предупреждает водителя о возможном риске столкновения.

Если водитель среагировал и начал торможение, системой обеспечивается дополнительное торможение в помощь водителю

Если по некоторой причине водитель не в состоянии нажать педаль тормоза, система начинает торможение автоматически, дополнительно происходит натягивание ремней безопасности автомобиля для уменьшения травматизма водителя и пассажиров

4) Система предупреждения о выходе за пределы полосы движения (LDW)

Эта система регистрирует результат перемещений автомобиля на дороге и выдаёт предупреждающий сигнал водителю, когда автомобиль начинает отклоняться от соответствующей полосы движения. Это помогает водителю вовремя среагировать и подкорректировать направление движения автомобиля.

Дополнительно к системе предупреждения о выходе за пределы полосы движения Daihatsu разработала технологию по фиксированию полосы, исходя из анализа рулевых манипуляций.

Разрабатываемые технологии и системы безопасности

6) Система взаимодействия автомобиля с транспортной инфраструктурой.

По инициативам соответствующих министерств и правительственных организаций в ряде развитых стран уже не менее десяти лет разрабатывается национальная ITS — Intelligent transportation system. Это интегрированная система, призванная объединить человека, транспортное средство и дорогу посредством передовой информационной технологии (IT).

Ситуация на дороге (угроза ДТП и факт ДТП), состояние дорожного полотна (поверхность, влажность) отслеживаются с помощью наземных лазерных и видеосистем. Вся информация обрабатывается и, в случае необходимости, автомобиль будет вовремя проинформирован об опасностях на дороге.

Главной целью встроенной в автомобиль системы взаимодействия с транспортной инфраструктурой является предотвращение ДТП. Пока система в разработке, но практическое её применение ожидается в скором будущем.

7) Системы обмена информацией между автомобилями.

Система должна позволить автомобилям обмениваться информацией между собой. Бортовые компьютеры автомобилей, объединенные сетью, должны постоянно обмениваться информацией и, в случае риска ДТП, брать управление на себя. Заметив с помощью радара столкновение прямо по курсу, автомобиль должен связаться с оставшимися позади автомобилями, чтобы они также сбросили скорость. Эта система будет наиболее эффективна на перекрестках и дорогах с ограниченным обзором.

Бесчеловечные машины победили пустынный городок

3 ноября 2007 года в Калифорнии, успешно прошла гонка DARPA Urban Challenge - первое в мире соревнование автомобилей-роботов в городских условиях.

А в 2005 беспилотные машины впервые в истории доказали, что способны не просто работать в реальной обстановке (на местности), но самостоятельно преодолевать весьма протяжённые маршруты. Тогда несколько транспортных средств, оборудованных сонмом камер, лидаров, радаров и мощных компьютеров, победили пустыню. Потом было принято решение о переносе этой гонки в город.

Автомобили должны были преодолеть сложный городской маршрут: проехать кучу перекрестков (разных типов) и поворотов, большие и маленькие улицы, заехать на парковку и выехать из неё, выполнить много прочих манёвров. И всё — самостоятельно.

Был принят целый ряд мер безопасности. Начиная с того, что город, в котором проходило соревнование, был искусственным: его возвели на месте бывшей военной авиабазы. Так что жителей тут не было — только зрители и судьи на трибунах и за ограждениями.

Кроме того, за каждым автомобилем-участником гонки следовала обычная, с людьми борту. Там никто не управлял роботами дистанционно, но везли аварийные кнопки, которые могли полностью выключить роботов, если бы те вдруг решили направиться в опасную сторону.

Также, вместе с роботами по городу ездил ещё 30 обычных авто, управляемых людьми, — для создания более-менее правдоподобного трафика.

В целом можно сказать, что необычные транспортные средства замечательно справились с задачей. Машины-роботы терпеливо пропускали на перекрестках другие авто (идущие по главной дороге), после чего аккуратно поворачивали в нужном направлении, не забыв заранее включить поворотники. Так же осторожно и неспешно, словно начинающие водители, опасаящиеся дорожной полиции, они выполняли и другие задачи на трассе. И так без приключений добрались до финиша.

Команда-победитель (Tartan Racing) утверждает, что одной из ключевых технологий, позволивших роботу превосходно ориентироваться в обстановке, стал новый лидар. Он представляет собой блок из 64 лазеров, вращающийся со скоростью 10 оборотов в секунду и производящий за это время по миллиону измерений дистанции до самых различных предметов.

Директор DARPA Тони Тезер назвал результаты соревнования "фантастическим достижением" и подчеркнул, что отработанные здесь технологии готовы для передачи в другие отрасли машиностроения.

Не нужно забывать и об инфраструктуре.

Интеллектуальные дороги

Если вы когда-либо ездили по большому городу в час пик, вам прекрасно известны проблемы дорожных пробок. Они являются причиной задержек, нарушения планов и связанных с этим убытков, а также основным источником загрязнения воздуха. И, естественно эти проблемы нужно решать, причем в самом скором времени.

Интеллектуальные дороги могут помочь уменьшить пробки, но мы пока не знаем обо всех маршрутах, по которым люди, автомобили, грузы и товары действительно перемещаются в пределах городской территории. Получение этих данных – это первоочередная задача. Затем понадобятся инновационные способы применения этих данных, если мы хотим разрешить существующие трудности в области дорожного движения.

Возможности микротехнологии позволяют разместить датчики практически в любом месте. Например, встроенные микросхемы в шинах могут передавать информацию датчикам, установленным на дорогах. Это поможет отслеживать транспортные потоки и управлять ими. Люди могли бы получать информацию о дорожном движении в режиме реального времени и изменять маршруты, чтобы избежать пробок.

Некоторые эксперты полагают, что в будущем нас ждут автоматизированные магистрали, где автомобили будут подключены к системе для автоматического изменения их направления и оптимизации транспортных потоков.

Интеллектуальный общественный транспорт

Представьте себе транспортную систему, которая позволила бы с помощью мобильного телефона узнать о количестве свободных мест в

ближайшем пригородном электропоезде или поезде метро, не говоря уже об изменениях в расписаниях.

Интеграция услуг и информации необходима и для развития общественного транспорта в будущем. Например, чтобы обеспечить соответствие спроса и предложения, системы общественного транспорта смогут использовать информацию о местонахождении пассажиров и направить транспорт туда, где он требуется.

Но многие чувствовали бы себя не уютно, зная, что государство может отслеживать маршруты их перемещения. В первую очередь пассажиры должны доверять транспортной системе, зная, что их информация надежно защищена. Они также должны знать, что именно получают взамен, например простоту и удобство использования.

К сожалению, цикл внедрения подобных инноваций в крупных автоконcernах составляет не один год, поэтому не смотря на наличие теоретических разработок в этой области, существенно новых интеллектуальных опций придется подождать несколько лет или даже десятилетий.

РОБОТЫ ИГРУШКИ.

Сегодня большим спросом в мире пользуются роботы-игрушки. Недавно премьер-министр Японии Коидзуми подарил Бушу электронную собаку, которая может распознавать голос хозяина.

Сейчас в мире насчитывается более 550 тысяч различных игрушечных роботов и их число в течение ближайших трех лет возрастет до 1,5 миллиона. Серия в основном представлена электронными домашними животными, с которыми дети могут обращаться как с живыми - дрессировать, кормить. Роботы будут расти вместе с маленькими хозяевами на протяжении шести лет и их возможности будут постепенно расширяться.

Одна британская компания создала игрушечную собаку, которая может подражать персонажам, показываемым по телевизору. А щенок-робот, который по своим повадкам ничем не отличается, а во многом даже превосходит обыкновенного восьмимесячного щенка, может не только лаять, плакать, петь и говорить, но и еще способен проявлять чувства и как живой требовать еду. Стоимость таких роботов находится в диапазоне от 1880 до 4500 долларов в зависимости от программного обеспечения игрушки. Кстати, в мире уже есть роботы-котятa, роботы-попугаи и многие другие животные. Например, робот-краб.

Этот робот имеет высокий уровень чувствительности к препятствиям. Способен обнаруживать выступы стола и другие препятствия. Робот может работать автономно, используя интегрированные датчики, чтобы следить и реагировать на перемещения объектов и определять, в каком направлении и как быстро он перемещается.

Автоматизированные шаги четвероногого животного вперед и назад, каждая из четырех ног вертится на 360 градусов, позволяя ему при необходимости удирать боком как краб. Диоды, установленные в его голове, активизируют датчики, позволяющие совершать навигацию ночью. Робот имеет датчик препятствий, датчик света и звуковой датчик, который реагирует на шум, заставляя робота исследовать окружающую среду (например, на предмет проникновения злоумышленников).

Также в Россию в 2007 году из Китая был завезен робот - дроид R2-D2. Весит он меньше 3 кг, рост около полуметра, команд около сорока. Стоит около 23 тыс. рублей.

Робот может спеть грустную песню, если будет пребывать в дурном расположении духа. О плохом настроении свидетельствует смена цвета индикатора с синего на красный. "Обиженный" робот может взять и проигнорировать команду. Также он может узнавать людей. При обнаружении человека дроид светит на него своим фонариком и играет победную мелодию. Такое распознавание может пригодиться для таких функций, как патрулирование и охрана.

У этой уменьшенной копии R2-D2 есть два главных недостатка: во-первых, чтобы робот работал, температура в помещении не должна превышать +22 Цельсия, а во-вторых,

данная модель R2-D2 понимает исключительно голосовые команды только на английском языке. Более того – понимает только на хорошем английском.

В Японии в июле 2007 года был разработан наименьший человекоподобный робот Omnibot 17 i-SOBOT. «Собот» был признан Книгой Гиннеса самым маленьким человекоподобным роботом, производящимся серийно.

Преимущества — в целом спектре функций и, что немаловажно, — в цене. Она раз в десять ниже, чем у "собратьев".

Наименьшим робот был признан за свой рост — 16,5 сантиметров. Вообще же, его тельце насчитывает 10 см ширины и 6,7 см толщины, а весит всего 350 граммов.

"Собот" оснащён 17 сервомоторчиками и гироскопом, благодаря которым он способен на более 200 запрограммированных действий: может ходить, отрывая ноги от пола, танцевать, поднимать руками лёгкие предметы, отжиматься от пола, самостоятельно вставать из положения лёжа, подражать животным, выполнять кое-какие прыжки-кувырки, играть на электронных барабанах, пинать мяч. Также i-SOBOT издаёт звуки — постоянно что-то бурчит, комментирует свои деяния, а словарный состав насчитывает 180 образцов. Создатели "Собота" гарантируют 60 минут его непрерывной работы на батарейках.

Подавать голосовые команды рекомендуется с расстояния 90-100 сантиметров. Если до робота не дошёл устный приказ, вариантов два: либо

он скажет "Извините, не понял", либо будет молча стоять. "Собот" приветствует хозяина при включении, а потом, если не получает никаких команд, напоминает о себе разговорчиками ("Есть кто-нибудь дома?") и движениями. А, убедившись, что с ним никто играть не собирается, робот впадает в спячку - через шесть минут робот отключается полностью. Оживить его можно только новым щелчком OFF/ON.

Управление таким по-настоящему сложным роботом, как i-SOBOT, очень простое.

Дистанционное управление осуществляется с идущего в комплекте пульта.

Итак, левый джойстик отвечает за ходьбу во все стороны. Правый джойстик нужен для поворачивания головы, движений бёдрами и действий правой рукой.

Кнопка Mode здесь для переключения режимов, их четыре: обычное дистанционное управление (Remote Control Mode), голосовое (Voice Control Mode), программирование (Program Mode) и спецэффекты (Special Action Mode). При выборе названия режимов высвечиваются на экранчике пульта, плюс робот произносит их голосом. Чтобы андроид немедленно показал впечатляющее (пусть и непродолжительное) представление, достаточно нажать 2 кнопки

Заучив команды, между двумя роботами можно устраивать бои. Некоторый запас ударопрочности у них имеется

Обладание двумя пультами расширяет возможности. Так, можно заставить нескольких "Соботов" делать что-то синхронно. К примеру, исполнять танец.

В магазине цена i-SOBOT сейчас составляет 16 900 рублей (включая гарантию, сервис). Она выше американской ровно в два раза (причины известны: транспортировка, таможня, наценка и так далее). Между прочим, примерно к концу лета стоимость снизится почти до американской, когда производитель даст добро на прямые поставки.

В июле 2007 г. в России появился первый серийный отечественный, универсальный андроидный робот, названный AR-100 «Добрыня». Он был создан на основе двухлетнего опыта поставок и изучения ведущих зарубежных аналогов.

При разработке конструкции особое внимание уделялось таким факторам, как

Повышенная надежность;

Общая технологичность;

Простота обслуживания;

Высокая надежность и ремонтпригодность;

Недорогие ремкомплекты (в 3-10 раз дешевле зарубежных аналогов);

Большая библиотека программ.

Расширенная функциональность;

Оперативная техническая поддержка;

Дешевизна и доступность отечественному пользователю.

При этом учтены различные недостатки зарубежных моделей. В частности, улучшено размещение датчиков исполнительных механизмов, усилены сервоприводы, увеличены прочностные характеристики конструкции. Разработчики уверяют, что робот превосходит зарубежные аналоги по длительности действия батареи.

Роботы AR-100 изготавливают из пластика и алюминия, их высота составляет 35 см, вес - 1,5 кг, память — 512 Кб, а максимальное количество базовых операций – 128 .

Стоимость одного робота составляет 28700 рублей. Модель способна имитировать все основные движения человека. К настоящему времени выпущено около 100 андроидов.

Этих роботов можно программировать, собирать, разбирать, к тому же это очень мощный стимул самостоятельного обучения ребенка. Роботы могут кататься на лыжах, танцевать. Уже ведутся переговоры о поставках танцующих робо-групп за рубеж. Андроиды будут предлагаться и для создания необычного интерьера в офисах и домах.

Конструкция андроидных роботов серии AR-100 непрерывно совершенствуется. В результате возможности AR-100 даже в базовой конфигурации значительно превышают параметры моделей ведущих мировых производителей.

Некоторые специалисты прогнозируют, что к 2018 году искусственный интеллект получит Нобелевскую премию. Кроме того к 2025 году в развивающихся странах будет больше роботов, чем людей, и к 2030 году роботы и физически и умственно превзойдут людей и, скорее всего, не захотят терпеть диктата своих создателей.

Мир находится на пороге третьей научно-технической революции

Нанотехнологии — новый и пока не слишком понятный широкой публике термин. Но скоро в мир нанотехнологий войдет каждая домохозяйка, а сами нанотехнологии принесут новую научно-техническую революцию [1].

Понятие «нанотехнологии» в 1974 году придумал японец Норё Танигути для описания процесса построения новых объектов и материалов при помощи манипуляций с отдельными атомами. Нанотехнологии имеют дело с объектами в одну миллиардную часть метра, то есть размером с атом. Первые технические средства в этой области были изобретены в швейцарских лабораториях IBM.

Одним из самых многообещающих и вполне реальных применений нанотехнологий могут оказаться нанороботы (или наноботы) — устройства размером в десятки нанометров, которые самостоятельно манипулируют атомами. Нанороботы будут обладать способностью самовоспроизводиться,

создавать из произвольного органического и неорганического подручного материала любые предметы. В итоге нанороботы, манипулируя молекулами, смогут создать любой предмет или существо.

Нанороботов разделяют на два вида:

ассемблеры, способные конструировать и самовоспроизводиться, дизассемблеры, способные разбирать.

Исследователи ведущих лабораторий мира сообщают, что значительно продвинулись в создании нанороботов. Не исключено, что первой областью, где найдут применения таланты нанороботов, станет медицина. Наноробот, введенный в организм человека, сможет самостоятельно передвигаться по кровеносной системе. На этом пути наноробот сможет исправить характеристики тканей и клеток, очистить организм от микробов и молодых раковых клеток, от отложений, к примеру, холестерина. Вооружившись нанотехнологиями, ученые уже подступают к гемофилии, болезни Альцгеймера, врожденным патологиям.

Среди самых распространенных наноустройств на сегодняшний день - нанотрубки. Они играют различные роли: от молекулярных фильтров, действующих как обычные сита, и до трехмерных шестеренок, без которых трудно представить себе какой-либо механизм. Нанотрубки на рисунке почти целиком состоят из углерода, а точнее из замкнутых графитовых слоев. Обратите внимание на выступы по бокам трубок: именно они выполняют функции зубьев, превращающих нанотрубки в шестерни.

В нанобиотехнологическом центре университета Корнела, например, создали гитару длиной в 10 микрон, то есть размером с красную кровяную частицу. На ней даже можно играть, возбуждая колебания в струнах лазерным лучом.

Ученые из Дании смогли построить на основе нанотрубок нанотранзистор, переключающийся всего лишь одним электроном. А это серьезный шаг к созданию первого молекулярного компьютера. На 2005 год назначены первые опыты, и уже весной мы сможем узнать об их результатах.

Шагающий наноробот

Двое химиков из Нью-Йоркского университета впервые в мире создали прямоходящего двуногого наноробота. В качестве исходного материала Надриан Симан и Уильям Шерман воспользовались мелкими фрагментами двухцепочечных и одноцепочечных молекул ДНК.

Кремниевый микроробот величиной в половину диаметра человеческого волоса, снабженный ножками из живой сердечной мышцы, начал ползать по лаборатории Лос-Анджелеса. Это первый случай, когда удалось использовать мускульные усилия для движения микромеханического устройства. Теперь предполагается спроектировать работающий на мускульной энергии микромеханизм, который сможет искать и латать пробоины от микрометеоритов на космических кораблях.

Чтобы понять, как движется робот, посмотрим на схему. Он ступает по особым опорам, тоже изготовленным из ДНК, которые вытянуты вдоль ДНК-вой молекулы-дорожки.

Нанороботы играют в шахматы

Недавно был создан первый наноробот, умеющий играть в шахматы. Робот различает белые "фигуры" от черных за счет их магнитных свойств. При приложении внешнего поля робот случайно "выбирает" одну из фигур своего цвета (белого) и передвигает ее на несколько клеток. Пока робот не умеет различать разные виды фигур и выбирать траекторию движения в зависимости от этого, однако это сейчас уже является предметом исследования ученых. За черные пока приходится играть человеку. Он же решает и исход поединка - момент, когда один из королей попадает в матовую ситуацию.

На данный момент этот робот имеет реальные шансы стать прототипом первого думающего наноустройства.

А немецким учёным удалось заставить молекулы самостоятельно собираться в заранее заданные структуры. «Инструкцию» по сборке они зашифровали в форме молекул.

Примерно так нанороботы будут собирать себе подобных в будущем.

Ученые из института имени Макса Планка и Технологического института Карлсруэ Клаус Керн и Марио Рубен впервые смогли воочию наблюдать процесс самоорганизации и упорядочения молекулярных объектов на поверхности. Как говорят сами исследователи, им удалось реализовать «инструкции по сборке», заложенные в конфигурации используемых молекул.

Самосборка молекулярных структур и их упорядочение, наблюдавшееся в ходе опыта, может пролить свет на процесс возникновения и эволюции жизни на нашей планете. Кроме того, процесс самостоятельной сборки наноструктур открывает большие перспективы для применения в катализе, микро- и наномеханике, химии и физике поверхности.

Доктор Анирбан Бандиопадьях из Национального института материаловедения в Японии создал химический «мозг», способный управлять нанороботами.

Данный химический «мозг» имеет размеры всего в 2 нанометра, и состоит он из 17 молекул дюрроквинона, DRQ (2,3,5,6-tetramethyl-1-4-benzoquinone), каждая из которых может функционировать как отдельное «логическое устройство», а вся система может работать как процессор, выполняющий за один такт 16 инструкций и способна кодировать свыше 4 миллиардов комбинаций.

Одна такая молекула похожа по форме на кольцо с четырьмя спицами, которые могут по отдельности занимать несколько различных положений (можно интерпретировать как двоичные нули и единицы).

16 молекул DRQ также составляют кольцо, с 17-й молекулой в центре, и вместе формируют молекулярную машину,

Переключая центральную молекулу с помощью сканирующего туннельного микроскопа, остальные 16 будут работать как ведомые логические механизмы.

Но зачем это нужно? Учёные и медики связывают большие надежды с исцелением больных при помощи гипотетических наноботов, способных доставлять лекарства к строго заданной цели или выполнять некие "осмысленные" действия в потоке крови. И здесь один из ключевых вопросов — контроль над столь крошечными молекулярными машинами.

Будем надеяться, что данная разработка не будет использоваться учеными в разрушительных целях.

Так же ученые полагают, что искусственный интеллект достигнет уровня развития человеческого мозга к 2029г.

По их мнению, человечество стоит на таком уровне развития, что в скором будущем в мозг и другие органы человеческого тела будут установлены "нанороботы", которые будут улучшать его интеллектуальные и физические способности, действуя в непосредственном контакте с нейронами и другими клетками организма. Таким образом, люди и роботы "станут единым целым".

По мере того как разумный Искусственный Интеллект воплощается в реальности, будут вырабатываться более убедительные и чёткие критерии его определения. И в какой-то момент человечество просто придёт к консенсусу о том, что созданный нами машинный разум уже разумен, хотя мы и не сможем точно указать, в какой момент это произошло.

Исследователи высказывали мнение, что в течение 20-50 лет роботы смогут получить гражданские права. В таком случае, помимо прав у роботов будут и определенные обязанности, такие как участие в выборах, уплата налогов и, возможно, обязательная служба в армии. Общество, со своей стороны, будет обязано заботиться о своих новых "цифровых гражданах".

Если робот разовьется и станет самостоятельным, он легко обеспечит своим родителям сытую и беззаботную старость. Сможет ли робот сделать это? Сможет. Потому что, в отличие от человека, будет иметь возможность не только познавать, но и совершенствовать себя.

2. ТЕОРИЯ РОБОТОВ

2.1. Промышленные роботы и манипуляторы

Промышленный робот - автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенная для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах [3].

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

2.1.1. Назначение и область применения.

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

2.1.2. Классификация промышленных роботов.

Промышленные роботы классифицируются по следующим признакам:

- по характеру выполняемых технологических операций
 - основные;
 - вспомогательные;
 - универсальные;
- по виду производства
 - литейные;
 - сварочные;
 - кузнечно-прессовые;
 - для механической обработки;

- сборочные;
- окрасочные;
- транспортно-складские;
- по системе координат руки манипулятора
 - прямоугольная;
 - цилиндрическая;
 - сферическая;
 - сферическая угловая (ангулярная);
 - другие;
- по числу подвижностей манипулятора;
- по грузоподъемности
 - сверхлегкие (до 10 Н);
 - легкие (до 100 Н);
 - средние (до 2000 Н);
 - тяжелые (до 10000 Н);
 - сверхтяжелые (свыше 10000 Н);
- по типу силового привода
 - электромеханический;
 - пневматический;
 - гидравлический;
 - комбинированный;
- по подвижности основания
 - мобильные;
 - стационарные;
- по виду программы
 - с жесткой программой;
 - перепрограммируемые;
 - адаптивные;
 - с элементами искусственного интеллекта;
- по характеру программирования
 - позиционное;
 - контурное;
- комбинированное [3].

2.1.3. Принципиальное устройство промышленного робота.

Манипулятор промышленного робота по своему функциональному назначению должен обеспечивать движение выходного звена и, закрепленного в нем, объекта манипулирования в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией [4]. Для полного выполнения этого требования основной рычажный механизм манипулятора должен иметь не менее шести подвижностей, причем движение по каждой из них должно быть управляемым. Промышленный робот с шестью подвижностями является сложной автоматической системой. Эта система сложна как в изготовлении,

так и в эксплуатации. Поэтому в реальных конструкциях промышленных роботов часто используются механизмы с числом подвижностей менее шести. Наиболее простые манипуляторы имеют три, реже две, подвижности. Такие манипуляторы значительно дешевле в изготовлении и эксплуатации, но предъявляют специфические требования к организации рабочей среды. Эти требования связаны с заданной ориентацией объектов манипулирования относительно механизма робота. Поэтому оборудование должно располагаться относительно такого робота с требуемой ориентацией.

Рассмотрим для примера структурную и функциональную схемы промышленного робота с трехподвижным манипулятором. Основной механизм руки манипулятора состоит из неподвижного звена 0 и трех подвижных звеньев 1, 2 и 3 (рис.2.1).

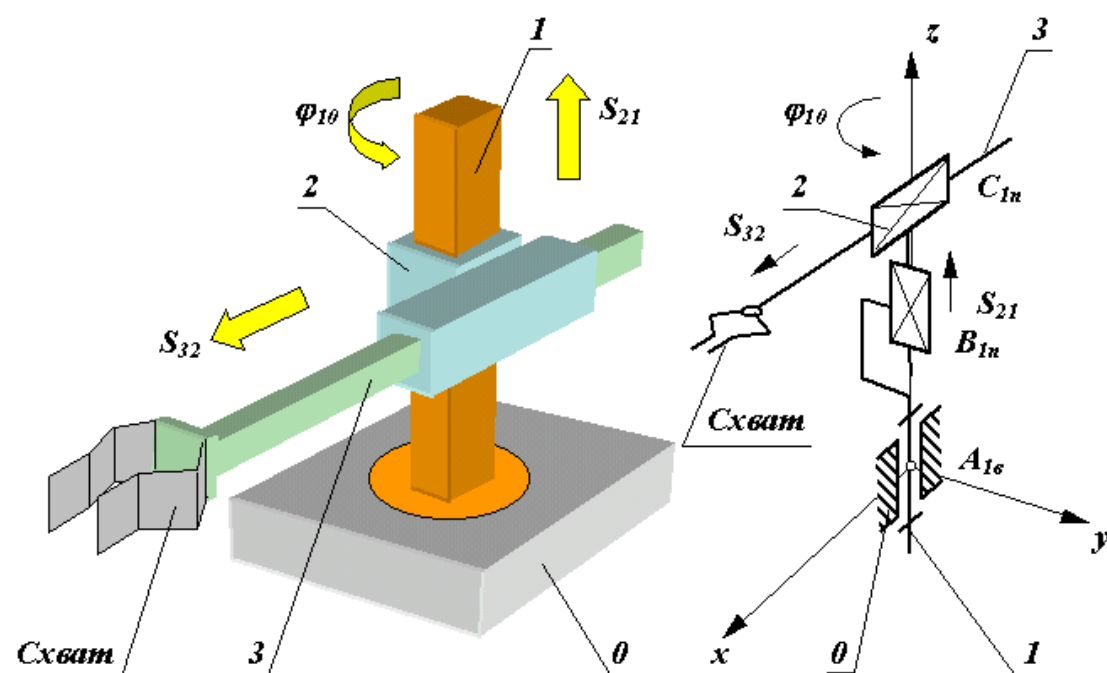


Рис. 2.1

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

пространстве без управления его ориентацией. Для выполнения каждого из трех относительных движений манипулятор должен быть оснащен приводами, которые состоят из двигателей с редуктором и системы датчиков обратной связи. Так как движение объекта осуществляется по заданному закону движения, то в системе должны быть устройства сохраняющие и задающие программу движения, которые назовем программносителями. При управлении от ЭВМ такими устройствами могут быть дискеты, диски CD, магнитные ленты и др. Преобразование заданной программы движения в сигналы управления двигателями осуществляется системой управления. Эта система включает ЭВМ, с соответствующим программным обеспечением, цифроаналоговые преобразователи и усилители. Система управления, в соответствии с заданной программой, формирует и выдает на исполнительные устройства приводов (двигатели) управляющие воздействия u_i . При необходимости она корректирует эти воздействия по сигналам Δx_i , которые поступают в нее с датчиков обратной связи [5]. Функциональная схема промышленного робота приведена на рис. 2.2.

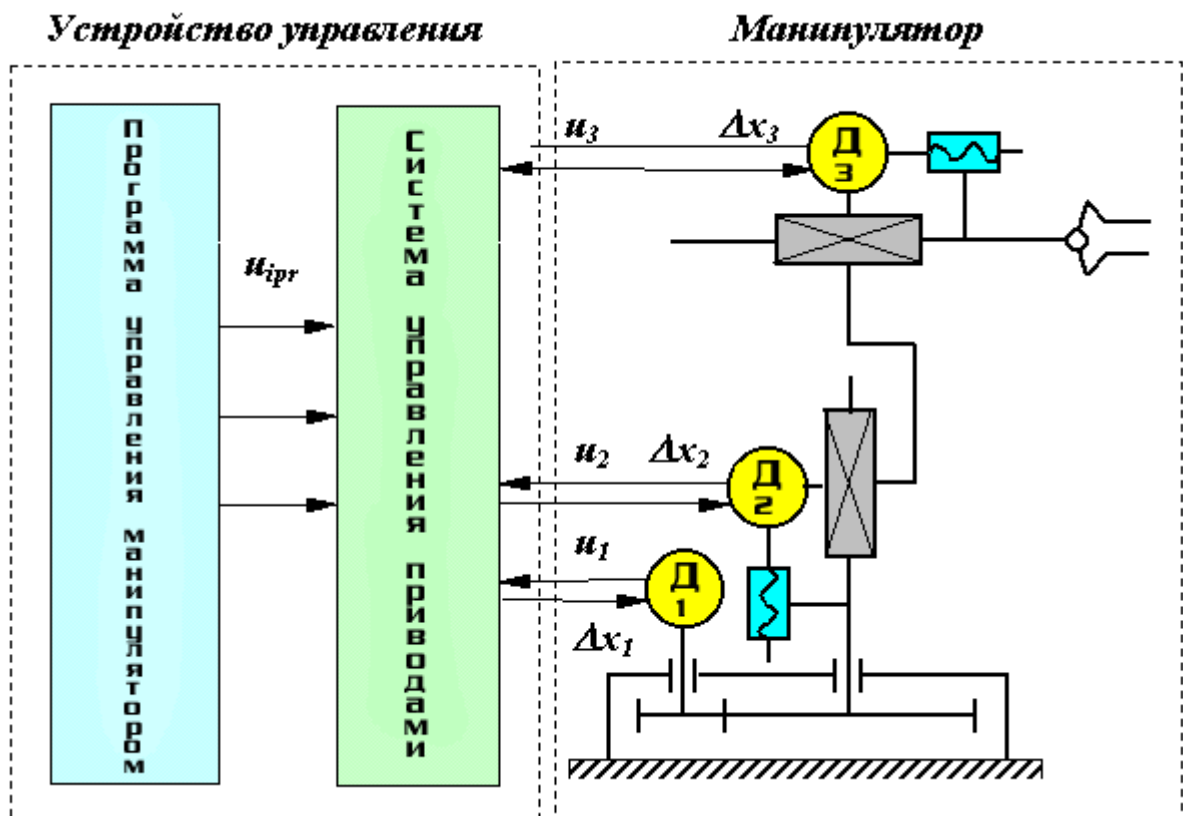


Рис. 2.2

2.14. Геометро-кинематические характеристики.

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

Движения, которые обеспечиваются манипулятором делятся на:

- *глобальные* (для роботов с подвижным основанием) - движения стойки манипулятора, которые существенно превышают размеры механизма;
- *региональные* (транспортные) - движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его "рукой", величина которых сопоставима с размерами механизма;
- *локальные* (ориентирующие) - движения, обеспечиваемые звеньями манипулятора, которые образуют его "кисть", величина которых значительно меньше размеров механизма.

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

Рассмотрим структурную схему антропоморфного манипулятора, то есть схему которая в первом приближении соответствует механизму руки человека (рис.2.3).

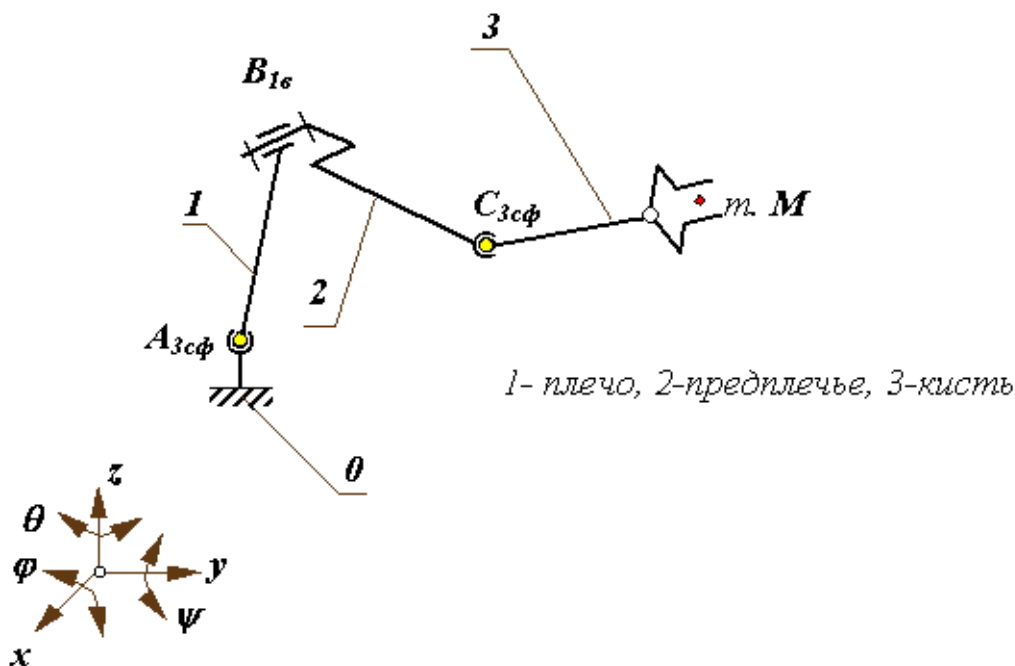


Рис. 2.3

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

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

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

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

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

$$W = 6 \cdot n - \sum_{i=1}^5 (6 - i) \cdot p_i$$

или для незамкнутых кинематических цепей:

$$W = \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i$$

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

$$M = W - 6$$

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

$$\psi = f_C / l_{CM}^2,$$

где: f_C - площадь сферической поверхности, описываемая точкой С звена 3, l_{CM} - длина звена 3.

Относительная величина $k_\psi = \psi / (4\pi)$, называется коэффициентом сервиса. Для манипулятора, изображенного на рис.2.4,

подвижность манипулятора:

$$W = 6 * 3 - (3 * 2 - 5 * 1) = 18 - 11 = 7;$$

маневренность:

$$M = 7 - 6 = 1;$$

формула строения:

$$W = [\theta_{10} + \varphi_{10} + \psi_{10}] + \varphi_{21} + [\theta_{32} + \varphi_{32} + \psi_{32}].$$

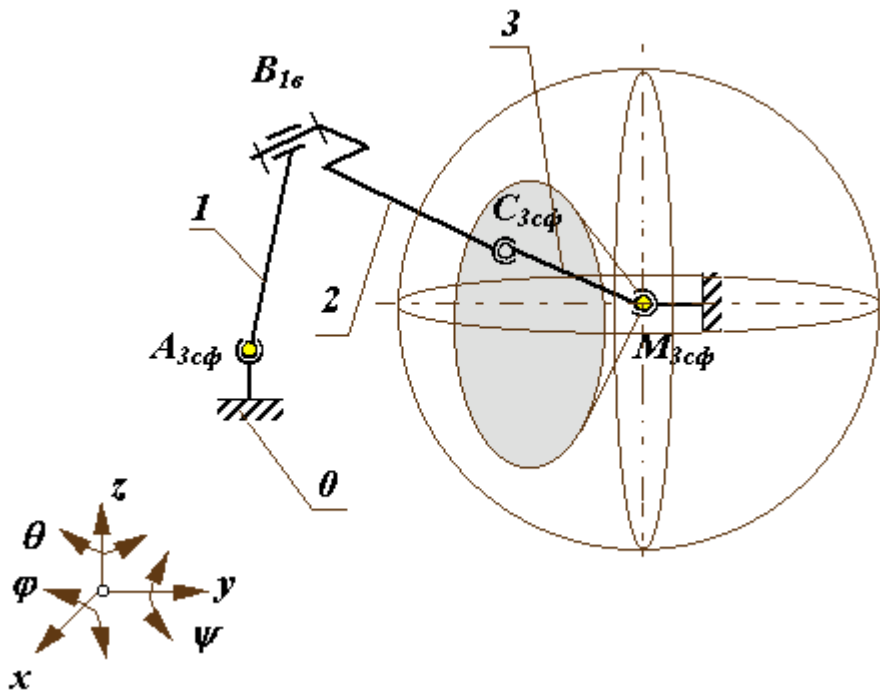


Рис. 2.4

Структура кинематической цепи манипулятора должна обеспечивать требуемое перемещение объекта в пространстве с заданной ориентацией. Для этого необходимо, чтобы схват манипулятора имел возможность выпонять движения минимум по шести координатам: трем линейным и трем угловым. Рассмотрим на объекте манипулирования точку М, которая совпадает с центром схвата. Положение объекта в неподвижной (базовой) системе координат $0x_0y_0z_0$ определяется радиусом-вектором точки М и ориентацией

единичного вектора \bar{A} с началом в этой точке. В математике положение точки в пространстве задается в одной из трех систем координат:

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

Ориентация объекта в пространстве задается углами α, β и γ , которые вектор ориентации \bar{A} образует с осями базовой системы координат. На рис. 2.5 дана схема шести подвижного манипулятора с вращательными кинематическими парами с координатами объекта манипулирования.

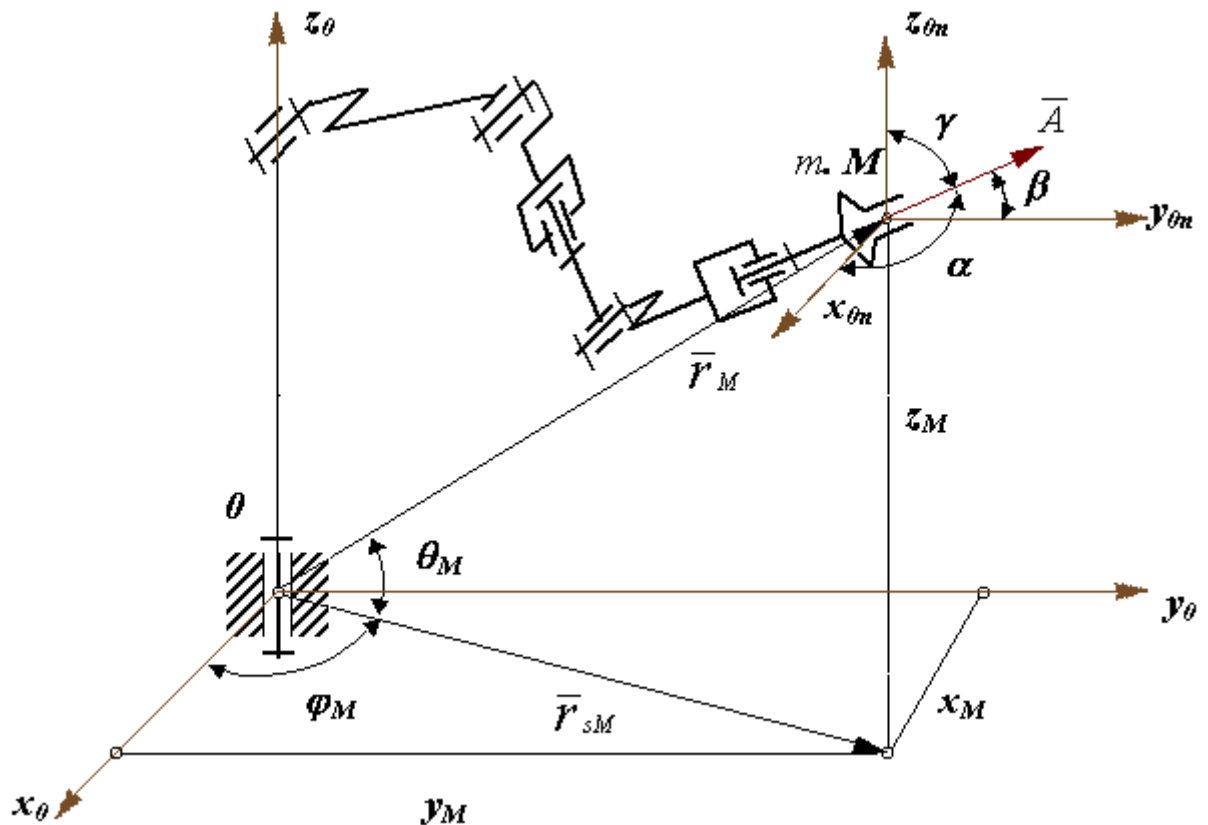


Рис. 2.5

При структурном синтезе механизма манипулятора необходимо учитывать следующее:

- кинематические пары манипуляторов снабжаются приводами, включающими двигатели и тормозные устройства, поэтому в схемах манипуляторов обычно используются одноподвижные кинематические пары: вращательные или поступательные;
- необходимо обеспечить не только заданную подвижность свата манипулятора, но и такую ориентацию осей кинематических пар, которая обеспечивала необходимую форму зоны обслуживания, а также простоту и удобство программирования его движений;

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

При выполнении первого условия кинематические пары с несколькими подвижностями заменяют эквивалентными кинематическими соединениями. Пример такого соединения для сферической пары дан на рис. 2.6.

Перемещение схвата в пространстве можно обеспечить, если ориентировать оси первых трех кинематических пар по осям одной из осей координат. При этом выбор системы координат определяет тип руки манипулятора и вид его зоны обслуживания. По ГОСТ 25685-83 определены виды систем координат для руки манипулятора, которые приведены в таблице 2.1. Здесь даны примеры структурных схем механизмов соответствующие системам координат. Структурные схемы механизмов кисти, применяемые в манипуляторах, даны в таблице 2.2. Присоединяя к выходному звену руки тот или иной механизм кисти, можно получить большинство известных структурных схем манипуляторов, которые применяются в реальных промышленных роботах [5].

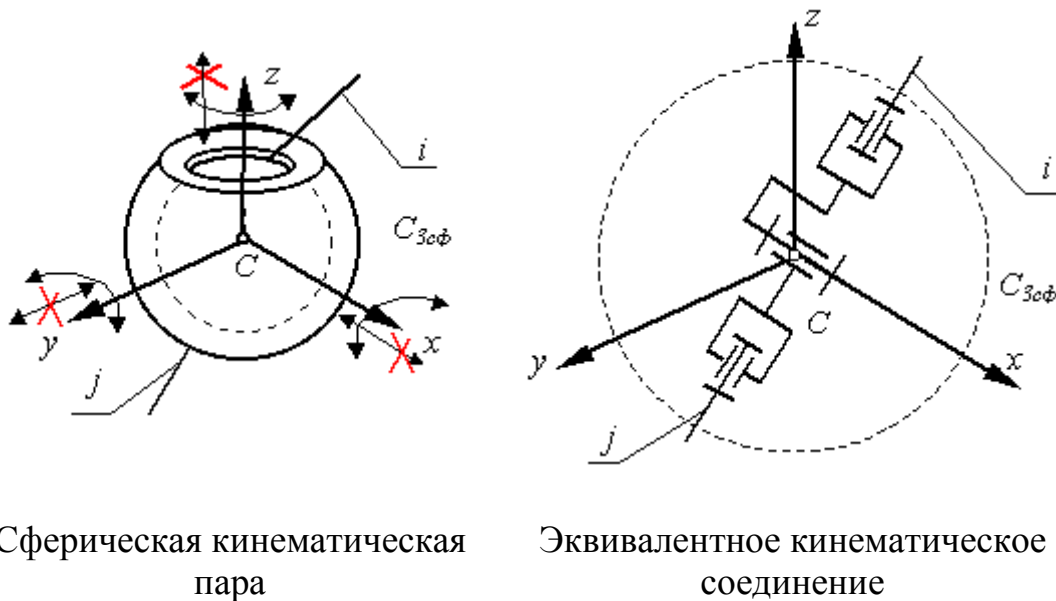


Рис. 2.6

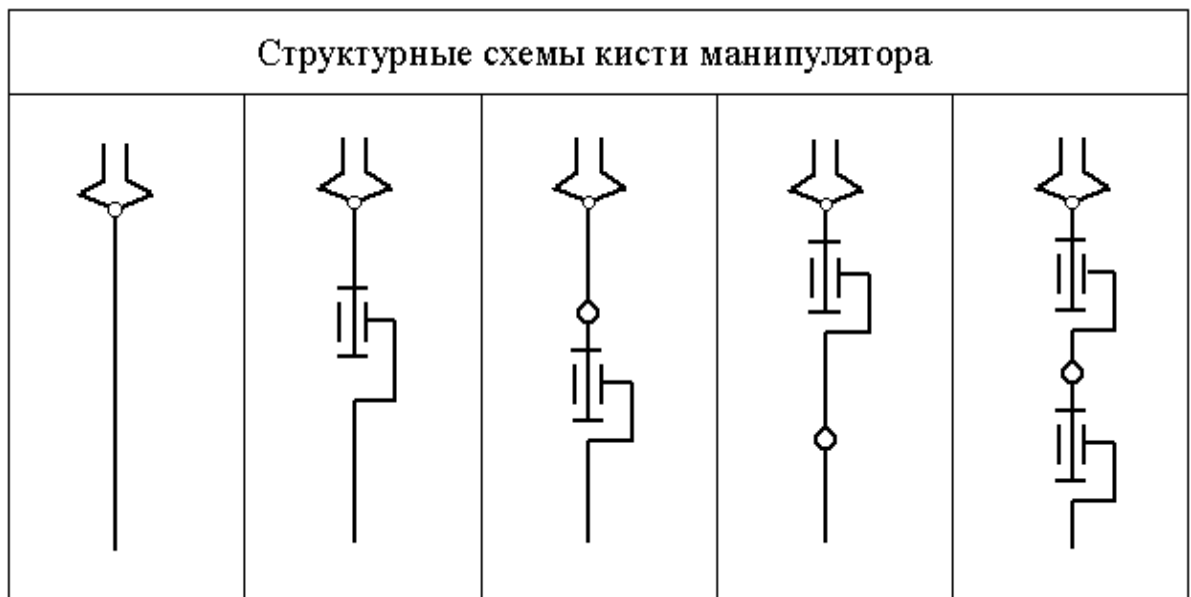
Системы координат "руки" манипулятора.

Таблица 2.1

Прямоугольная (декартова)	Цилиндрическая
---------------------------	----------------

Сферическая	Угловая (ангулярная)
Другие	

Таблица 2.2



Структура манипулятора определяется и местом размещения приводов. Если приводы размещаются непосредственно в кинематических парах, то к массам подвижных звеньев манипулятора добавляются массы приводов. Суммарная нагрузка на приводы и их мощность увеличиваются, а отношение массы манипулятора к полезной нагрузке (максимальной массе объекта манипулирования) уменьшается. Поэтому при проектировании роботов приводы звеньев руки, как наиболее мощные и обладающие большей массой, стремятся разместить ближе к основанию робота. Для передачи движения от привода к звену используются дополнительные кинематические цепи. Рассмотрим схему руки манипулятора ПР фирмы ASEA (рис.2.7). К трехзвенному механизму с ангулярной системой координат добавлены:

- для привода звена 2 - простейший кулисный механизм, образованный звеньями 4,5 и 2;
- для привода звена 3 - цепь, состоящая из кулисного механизма (звенья 6,7 и 8) и шарнирного четырехзвенника (звенья 8,9,2 и 3).

Таким образом, в рычажном механизме можно выделить кинематическую цепь руки (звенья 1,2 и 3) и кинематические цепи приводов. Манипуляторы использующие принцип размещения приводов на основании имеют более сложные механизмы. Однако увеличение числа звеньев и кинематических пар компенсируется уменьшением масс и моментов инерции, подвижных звеньев манипулятора. Кроме того, замкнутые кинематические цепи повышают точность и жесткость механизма. В целом манипуляторы, использующие принципы комбинированного размещения приводов (часть приводов на основании, часть на подвижных звеньях), обладают лучшими энергетическими и динамическими характеристиками, а также более высокой точностью.

В кинематических схемах рассмотренных манипуляторов веса звеньев вызывают дополнительную нагрузку на приводы. Фирма **SKILAM** разработала робот **SANCIO** (рис. 2.8) в котором веса приводов и звеньев воспринимаются кинематическими парами, а на момент двигателей влияют только через силы трения. Такая структурная схема механизма потребовала увеличения размеров кинематических пар, однако в целом был получен существенный выигрыш по энергетическим и динамическим показателям.

Данные примеры не охватывают всех возможных ситуаций рационального выбора структуры манипуляторов. Они только демонстрируют наиболее известные из удачных структурных схем.

Важная особенность манипуляторов - изменение структуры механизма в процессе работы, о чем говорилось на лекции по структуре механизмов. В соответствии с циклограммой или программой работы робота, в некоторых кинематических парах включаются тормозные устройства. При этом два звена механизма жестко соединяются с друг другом, образуя одно звено.

Из структурной схемы механизма исключается одна кинематическая пара и одно звено, число подвижностей схвата механизма уменьшается

(обычно на единицу). Изменяется структура механизма и в тех случаях, когда в процессе выполнения рабочих операций (на пример, при сборке или сварке) схват с объектом манипулирования соприкасается с окружающими предметами, образуя с ними кинематические пары. Кинематическая цепь механизма замыкается, а число подвижностей уменьшается. В этом случае в цепи могут возникать избыточные связи. Эти структурные особенности манипуляторов необходимо учитывать при программировании работы промышленного робота.

Быстродействие ПР определяют максимальной скоростью линейных перемещений центра схвата манипулятора. Различают ПР с малым ($V_M < 0.5$ м/с), средним ($0.5 < V_M < 1.0$ м/с) и высоким ($V_M > 1.0$ м/с) быстродействием. Современные ПР имеют в основном среднее быстродействие и только около 20% - высокое.

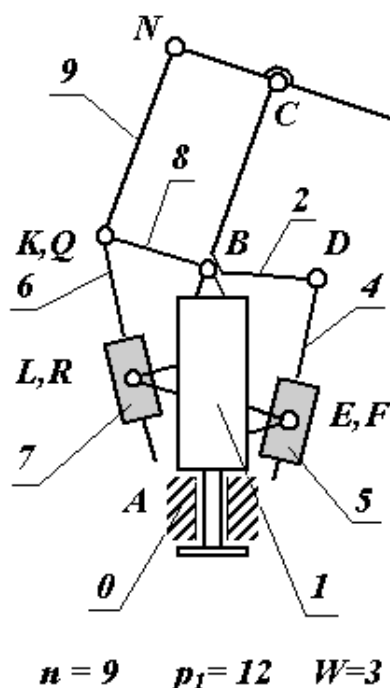


Рис. 2.7

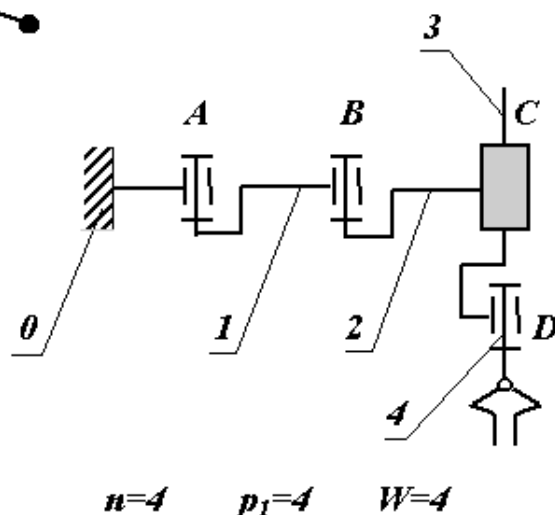


Рис. 2.8

Точность манипулятора ПР характеризуется абсолютной линейной погрешностью позиционирования центра схвата. Промышленные роботы делятся на группы с малой ($\Delta r_M < 1$ мм), средней ($0.1 \text{ мм} < \Delta r_M < 1$ мм) и высокой ($\Delta r_M < 0.1$ мм) точностью позиционирования.

Контрольные вопросы к разделу 2.1

1. Что такое манипулятор, автооператор и промышленный робот?
2. В чем особенности систем управления промышленных роботов?

3. Что такое подвижность манипулятора? Как она определяется?
4. Дайте определения рабочего пространства, зоны обслуживания манипулятора и его маневренности (на примере антропоморфного манипулятора)
5. Что такое угол сервиса? Что такое коэффициент сервиса?
6. Приведите структурные схемы механизмов схвата манипуляторов.

2.2. Задачи механики манипуляторов.

К основным задачам механики манипуляторов можно отнести [6]:

- разработку методов синтеза и анализа исполнительных механизмов (включая механизмы приводов);
- программирование движения манипулятора;
- расчет управляющих усилий и реакций в КП;
- уравнивание механизмов манипуляторов;
- другие задачи.

Эти задачи решаются на базе общих методов исследования структуры, геометрии, кинематики и динамики систем с пространственными многоподвижными механизмами. Каждая из рассматриваемых задач может быть сформулирована как прямая (задача анализа) или как обратная (задача синтеза). При определении функций положения механизма, в прямой задаче находят закон изменения абсолютных координат выходного звена по заданным законам изменения относительных или абсолютных координат звеньев. В обратной - по заданному закону движения схвата находят законы изменения координат звеньев, обычно, линейных или угловых перемещений в приводах. Решение обратной задачи или задачи синтеза более сложно, так как часто она имеет множество допустимых решений, из которых необходимо выбрать оптимальное. В обратной задаче кинематики по требуемому закону изменения скоростей и ускорений выходного звена определяются соответствующие законы изменения скоростей и ускорений в приводах манипулятора. Обратная задача динамики заключается в определении закона изменения управляющих сил и моментов в приводах, обеспечивающих заданный закон движения выходного звена.

2.2.1. Кинематический анализ механизма манипулятора.

Первая и основная задача кинематики - определение функции положения. Для пространственных механизмов наиболее эффективными методами решения этой задачи являются векторный метод и метод преобразования координат. При решении прямой задачи о положении схвата манипулятора обычно используют метод преобразования координат. Из множества методов преобразования координат [1, 2], которые отличаются друг от друга правилами выбора осей локальных систем координат, для манипуляторов

обычно используется метод Денавита и Хартенберга.

Опишем два вида матриц:

матрицы M , определяющие отношение между системами координат соседних звеньев;

матрицы T , определяющие положение и ориентацию каждого звена механизма в неподвижной или базовой системе координат.

Воспользуемся однородными координатами трехмерного проективного пространства PR^3 , в которых движение евклидова пространства R^3 можно представить линейным преобразованием

$$\bar{r}_i = M_{ij} \bar{r}_j, \text{ где } M_{ij} - \text{ матрица } 4 \times 4 \text{ вида } \begin{vmatrix} U_{ij} & b \\ 000 & 1 \end{vmatrix}.$$

Это преобразование эквивалентно преобразованию в эвклидовом пространстве $\bar{r}_i = U_{ij} \bar{r}_j + b$, где $[\bar{r}_i, \bar{r}_j] \in R^3$. То есть преобразованию, которое включает поворот, определяемый матрицей U_{ij} размерностью 3×3 , и параллельный перенос, задаваемый вектором \bar{b} размерностью 3. В однородном пространстве положение точки будут определять не три x , y и z , а четыре величины x' , y' , z' и t' , которые удовлетворяют следующим соотношениям:

$$x = x'/t', \quad y = y'/t', \quad z = z'/t'.$$

Обычно принимают $t'=1$. У матрицы поворота U_{ij} элементами u_{ij} являются направляющие косинусы углов между новой осью i и старой осью j . Вектор $\bar{b} = (x, y, z)$ - трехмерный вектор, определяющий положение начала новой системы координат i в старой системе j . Выбор расположения осей должен соответствовать решаемой задаче. При решении задачи о положениях необходимо: в прямой задаче определить положение выходного звена как функцию перемещений в приводах, в обратной - заданное положение выходного звена представить как функцию перемещений в приводах. Выбор расположения и ориентации локальных систем координат должен обеспечивать выполнение этих задач. При использовании метода Денавита и Хартенберга оси координат располагаются по следующим правилам:

1. Для звена i ось z_i направляется по оси кинематической пары, образуемой им со звеном $(i+1)$. Начало координат размещают в геометрическом центре этой пары.

2. Ось x_i направляется по общему перпендикуляру к осям z_{i-1} и z_i с направлением от z_{i-1} к z_i . Если оси z_{i-1} и z_i совпадают, то x_i перпендикулярна к ним и направлена произвольно. Если они пересекаются в центре кинематической пары, то начало координат располагается в точке

пересечения, а ось x_i направляется по правилу векторного произведения

$\bar{x}_i = \bar{z}_i \times \bar{z}_{i-1} - 1$ (кратчайший поворот оси z_i до совмещения с z_{i-1} при наблюдении с конца x_i должен происходить против часовой стрелки).

3. Ось y_i направляется так, чтобы система координат была правой.

В прямой задаче необходимо определить положение схвата манипулятора и связанной с ним системы координат $Mx_n y_n z_n$ по отношению к неподвижной или базовой системе координат $Kx_0 y_0 z_0$. Это осуществляется последовательными переходами из системы координат звена i в систему координат звена $i-1$. Согласно принятому методу, каждый переход включает в себя последовательность четырех движений: двух поворотов и двух параллельных переносов, осуществляемых в указанной последовательности (см. рис. 2.9.):

- поворот i -ой системы вокруг оси x_i на угол $-\theta_i$ до параллельности осей z_i и z_{i-1} (положительное направление поворота при наблюдении с конца вектора x_i против часовой стрелки);
- перенос вдоль оси x_i на величину $-a_i$ до совмещения начала системы координат O_i с точкой пересечения осей x_i и z_{i-1} (отсчет по оси x_i от точки пересечения оси x_i и оси z_{i-1});
- перенос вдоль оси z_{i-1} на величину $-s_i$, после которого начало системы координат O_i оказывается в начале координат O_{i-1} системы $(i-1)$ (отсчитывается по оси z_{i-1} от ее начала координат O_{i-1} до точки ее пересечения с осью x_i);
- поворот вокруг оси z_{i-1} на угол $-\phi_i$, до тех пор пока ось x_i не станет параллельной оси x_{i-1} (положительное направление поворота при наблюдении с конца вектора z_{i-1} против часовой стрелки).

Необходимо отметить, что знак угла поворота не имеет значения, так как в матрицах перехода используются направляющие косинусы (четные функции). Целесообразно рассматривать угол, обеспечивающий кратчайший поворот оси старой системы i до совмещения (параллельности) с соответствующей осью новой ($i-1$). Перемещения начала координат определяются как координаты начала старой системы O_i в новой O_{i-1} .

В манипуляторах обычно используются одноподвижные кинематические пары или вращательные, или поступательные. Оба относительных движения как вращательное, так и поступательное, реализуются в цилиндрических парах. Поэтому при общем представлении механизма используются (рис.2.9) цилиндрические пары.

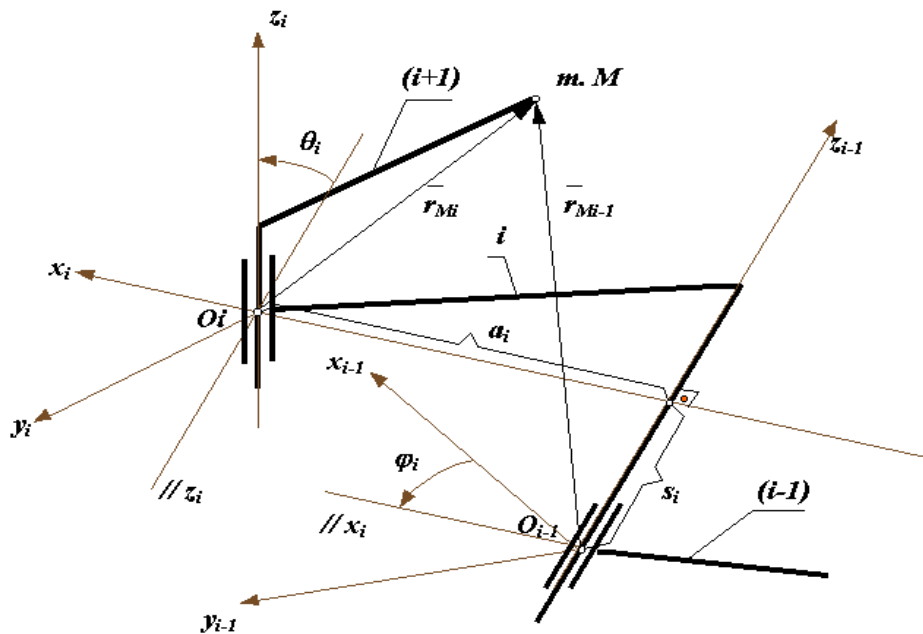


Рис. 2.9

Матрицы перехода их системы O_i в систему O_{i-1} можно записать так:

$$M_i = M_i^\theta \cdot M_i^a \cdot M_i^s \cdot M_i^\varphi,$$

где:

$$M_i^\theta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_i & -\sin\theta_i & 0 \\ 0 & \sin\theta_i & \cos\theta_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{- матрица поворота вокруг оси } x_i \text{ на } \\ \text{УГОЛ } - \theta_i,$$

$$M_i^a = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{- матрица переноса вдоль оси } x_i \text{ на } - \\ a_i,$$

$$M_i^s = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & s_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{- матрица переноса вдоль оси } z_{i-1} \text{ на } - \\ s_i,$$

$$M_i^{\varphi} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i & 0 & 0 \\ \sin \varphi_i & \cos \varphi_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \text{- матрица поворота вокруг оси } z_{i-1} \text{ на} \\ \text{угол } -\varphi_i.$$

В этих матрицах переменные s_i и φ_i соответствуют относительным перемещениям звеньев в кинематических парах и являются обобщенными координатами манипулятора, определяющими конфигурацию механизма в рассматриваемом положении. Переменные a_i и θ_i определяются конструктивным исполнением звеньев манипулятора, в процессе движения они остаются неизменными.

Положение некоторой произвольной точки M в системе координат звена i определяется вектором r_{Mi} , а в системе координат звена $(i-1)$ - вектором r_{Mi-1} . Эти радиусы связаны между собой через матрицу преобразования координат M_i следующим уравнением:

$$\bar{r}_{Mi-1} = M_i \cdot \bar{r}_{Mi},$$

где:

$$M_i = \begin{vmatrix} \cos \varphi_i & -\cos \theta_i \cdot \sin \varphi_i & \sin \varphi_i \cdot \sin \theta_i & a_i \cdot \cos \varphi_i \\ \sin \varphi_i & \cos \theta_i \cdot \cos \varphi_i & -\cos \varphi_i \cdot \sin \theta_i & a_i \cdot \sin \varphi_i \\ 0 & \sin \theta_i & \cos \theta_i & s_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \text{- матрица} \\ \text{перехода из } i\text{-ой} \\ \text{системы} \\ \text{координат в } (i - \\ \mathbf{1})\text{-ю.}$$

Рассмотрим шестиподвижный манипулятор в исходном или начальном положении (рис.2.10). За начальное положение принимается такое, в котором все относительные обобщенные координаты равны нулю. Переход из системы координат любого i -го звена к неподвижной или базовой системе записывается в виде

$$\bar{r}_{M0} = M_1 \cdot M_2 \cdot \dots \cdot M_i \cdot \bar{r}_{Mi} \quad \text{или} \quad \bar{r}_{M0} = T_i \cdot \bar{r}_{Mi},$$

где $T_i = M_1 \cdot M_2 \cdot \dots \cdot M_i$ - матрица преобразования координат i -ой системы в координаты базовой системы координат [6].

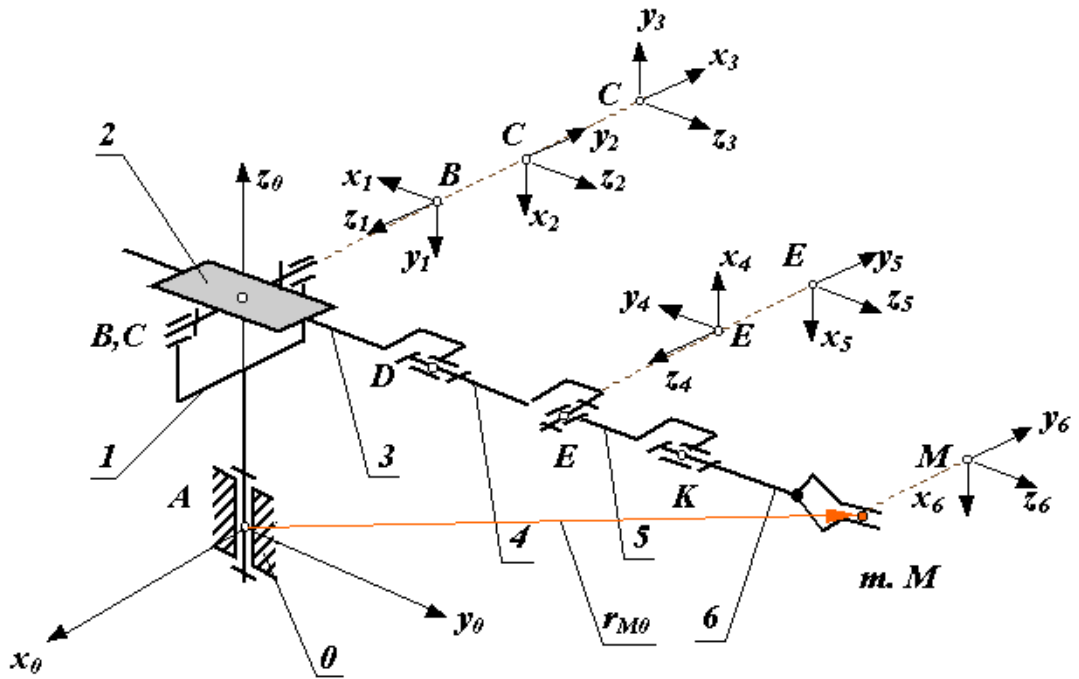


Рис. 2.10

Для схемы, изображенной на рис.2.10, радиус $r_{M6} = 0$, а радиус r_{M0} определится по формуле

$$\bar{r}_{M0} = T_n = T_6,$$

то есть положение выходного звена манипулятора определяется матрицей T_n . Элементы этой матрицы определяют положение центра схвата точки M и ориентацию его в пространстве. Четвертый столбец определяет, декартовы координаты точки M (проекция вектора r_{M0} на оси координат). Третий столбец содержит направляющие косинусы оси z_n системы координат, связанной со схватом, или вектора подхода \bar{A} , который характеризует направление губок схвата (рис.2.11). Второй столбец определяет направление оси y_n или вектора ориентации \bar{O} , который проходит через центр схвата по оси перпендикулярной рабочим поверхностям его губок. В первом столбце содержатся направляющие косинусы оси x_n или вектора $(\bar{O} \times \bar{A})$. Углом подхода схвата α называется угол между вектором подхода \bar{A} и базовым вектором

$$R_\alpha = (\bar{O} \times \bar{k}_0),$$

где \bar{k}_0 - орт вектора \bar{z}_0 неподвижной или базовой системы координат. С учетом сказанного, матрица T_n может быть представлена в следующем виде

$$T_n = \begin{vmatrix} (\bar{O} \times \bar{A})_x & O_x & A_x & r_{nMx} \\ (\bar{O} \times \bar{A})_y & O_y & A_y & r_{nMy} \\ (\bar{O} \times \bar{A})_z & O_z & A_z & r_{nMz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

В результате матричных преобразований получаем радиус-вектор точки М схвата в функции обобщенных координат. Обычно, за обобщенные координаты принимают линейные и угловые перемещения в кинематических парах или на выходных валах приводов манипулятора. В механизме с n подвижностями в общем виде функцию положения схвата можно записать так

$$\bar{r}_{OM} = T_n \cdot \bar{A} = \bar{P}(q_1, q_2, \dots, q_n),$$

где q_1, q_2, \dots, q_n - обобщенные координаты манипулятора.

При кинематическом анализе манипулятора в прямой задаче необходимо определить линейные и угловые скорости и ускорения схвата при заданных угловых и линейных обобщенных скоростях и ускорениях (обычно относительных скоростях и ускорениях в кинематических парах механизма). В обратной задаче по заданному закону изменения скоростей и ускорений схвата определяются законы изменения скоростей и ускорений в КП или на выходных звеньях приводов. Решение прямой задачи кинематики для точки М схвата можно получить проинтегрировав четвертый столбец матрицы T_n по времени.

Угловую скорость и угловое ускорение схвата можно определить векторным суммированием относительных угловых скоростей во вращательных КП механизма. Так как вектора угловых скоростей, при данном выборе ориентации осей координат, совпадают с осью z, то угловая скорость схвата

$$\bar{\omega}_n = \sum_{i=1}^m \bar{k}_{i-1} \cdot \omega_{i,i-1},$$

где \bar{k}_{i-1} - орт оси z системы координат, расположенной в центре КП, соединяющей звено i и звено $i-1$, m - число вращательных КП в механизме.

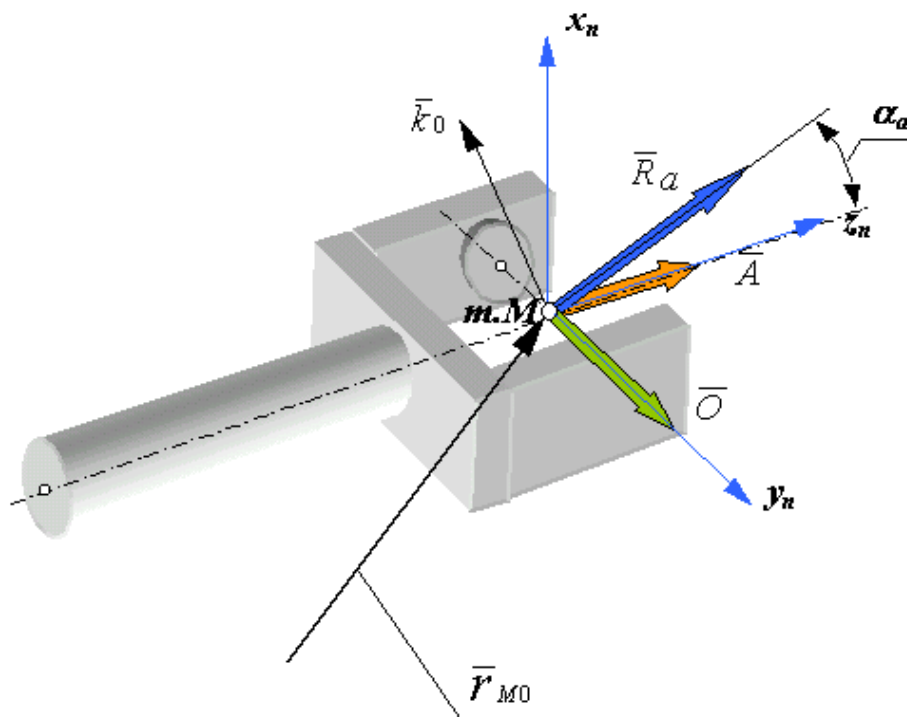


Рис. 2.11

$$r_{nM} = \begin{vmatrix} r_{nMx} \\ r_{nMy} \\ r_{nMz} \\ 1 \end{vmatrix}; \quad V_{nM} = \frac{dr_{nM}}{dt} = \begin{vmatrix} V_{nMx} \\ V_{nMy} \\ V_{nMz} \\ 1 \end{vmatrix}; \quad a_{nM} = \frac{d^2 r_{nM}}{dt^2} = \begin{vmatrix} a_{nMx} \\ a_{nMy} \\ a_{nMz} \\ 1 \end{vmatrix};$$

Дифференцируя это выражение по времени, получим формулу для определения углового ускорения схвата:

$$\bar{\varepsilon}_n = \sum_{i=1}^m \bar{k}_{i-1} \cdot \varepsilon_{i,i-1} + \sum_{j=2}^m \left[\left(\sum_{k=i-1}^{m-1} \bar{k}_{k-1} \cdot \omega_k \right) \times \left(\bar{k}_{j-1} \cdot \omega_j \right) \right].$$

2.2.2. Динамика манипуляторов промышленных роботов. Силовой расчет манипулятора.

Из большого разнообразия задач динамики манипуляторов рассмотрим две: силовой расчет и расчет быстродействия ПР. При силовом расчете манипуляторов решаются задачи по определению внешних силовых управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый закон движения механизма, и по расчету реакций в кинематических парах. Первую часть часто называют задачей синтеза управления. При силовом расчете обычно применяется метод кинестатики, основанный на принципе Д'Аламбера. По этому методу к внешним силам и моментам, приложенным к звеньям

механизма, добавляются расчетные силы инерции, которые обеспечивают силовую уравновешенность системы и позволяют рассматривать подвижную систему в квазистатическом равновесии, то есть, как условно неподвижную.

Силовой расчет выполняется при заданной полезной нагрузке \bar{F}_n , известных законах движения звеньев \bar{a}_{si} и $\bar{\varepsilon}_i$ (из предварительного кинематического расчета), известных инерционных характеристиках звеньев: массах звеньев m_i и их моментах инерции I_{si} . По этим данным определяются главные вектора $\bar{F}_{wi} = -m \cdot \bar{a}_{si}$ и главные моменты $\bar{M}_{wi} = -I_{si} \cdot \bar{\varepsilon}_i$ сил инерции для каждого из звеньев механизма. Для открытой кинематической цепи решение начинаем с выходного звена - схвата. Отброшенные связи звена n со звеном $n-1$ и выходным валом привода звена n заменяем реакциями $\bar{M}_{n,n-1}$ и $\bar{F}_{n,n-1}$ и составляем кинетостатические векторные уравнения равновесия сил и моментов для звена n (Рис.2.12) [6]:

$$\bar{G}_o + \bar{G}_n + \bar{F}_{un} + \bar{F}_{uo} + \bar{F}_{n,n-1} + \bar{F}_n = 0,$$

$$\bar{M}(\bar{G}_n) + \bar{M}(\bar{G}_o) + \bar{M}(\bar{F}_{un}) + \bar{M}(\bar{F}_{uo}) + \bar{M}_{un} + \bar{M}_{n,n-1} + \bar{M}(\bar{F}_n) = 0,$$

где $\bar{M}_{n,n-1}$ - вектор момента в кинематической паре (проекция этого вектора на ось z является движущим моментом привода в КП, то есть $\bar{M}_{z(n,n-1)} = \bar{M}_{\partial(n,n-1)}$).

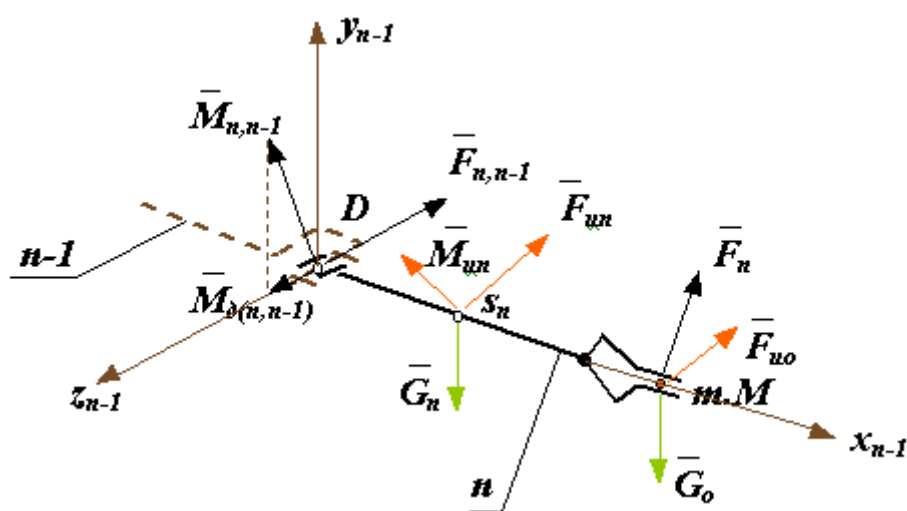


Рис. 2.12

Проецируя векторные уравнения на оси координат, получим систему шести алгебраических уравнений откуда определим шесть неизвестных

$$F_{x(n,n-1)}, F_{y(n,n-1)}, F_{z(n,n-1)}, M_{x(n,n-1)}, M_{y(n,n-1)}, M_{z(n,n-1)} = M_{\partial(n,n-1)}.$$

Далее рассматривается равновесие звена $n-1$. При этом в месте его присоединения к звену n прикладываются реакции со стороны звена n

$$F_{x(n-1,n)}, F_{y(n-1,n)}, F_{z(n-1,n)}, M_{x(n-1,n)}, M_{y(n-1,n)}, M_{z(n-1,n)} = M_{\partial(n-1,n)},$$

равные по величине и противоположные по направлению реакциям, определенным на предыдущем этапе расчета. Так последовательно составляются уравнения силового равновесия для всех n звеньев механизма. Из решения полученной системы $6n$ уравнений определяются реакции в кинематических парах, движущие силы и моменты.

2.2.3. 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 выполнения роботом технологической операции обусловлено законами изменения внешних сил (движущих и сопротивления) и инертностью звеньев механизма. Закон изменения управляющих сил зависит от типа используемого привода и от вида системы управления. Существуют роботы с гидравлическими, пневматическими, электрическими и комбинированными приводами. В них применяются цикловые, позиционные или контурные системы управления. Рассмотрим расчет быстродействия одного из приводов промышленного робота с цикловой системой управления. При цикловой системе управления относительные перемещения звеньев ограничиваются передвижными упорами и концевыми выключателями.

На рис. 2.13 изображена кинематическая схема трехподвижного манипулятора ПР (1,2,3 - подвижные звенья, 0 - неподвижное звено).

Здесь же приведена циклограмма настройки командоаппарата (сплошные линии) и циклограмма работы ПР (пунктирные линии). Общее время рабочего цикла $T_{ц}$ состоит из времени выстоя в заданных положениях (на циклограмме выстой показан прямыми параллельными горизонтальной оси t) и времени относительных перемещений звеньев из одного заданного положения в другое $t_{пх}$ и обратно $t_{ох}$ (наклонные прямые на диаграммах). Время выстоя обычно задано условиями технологического процесса. Время выполнения роботом движений определяется динамическими характеристиками приводов и манипулятора - движущими силами и силами сопротивления, массами и моментами инерции звеньев.

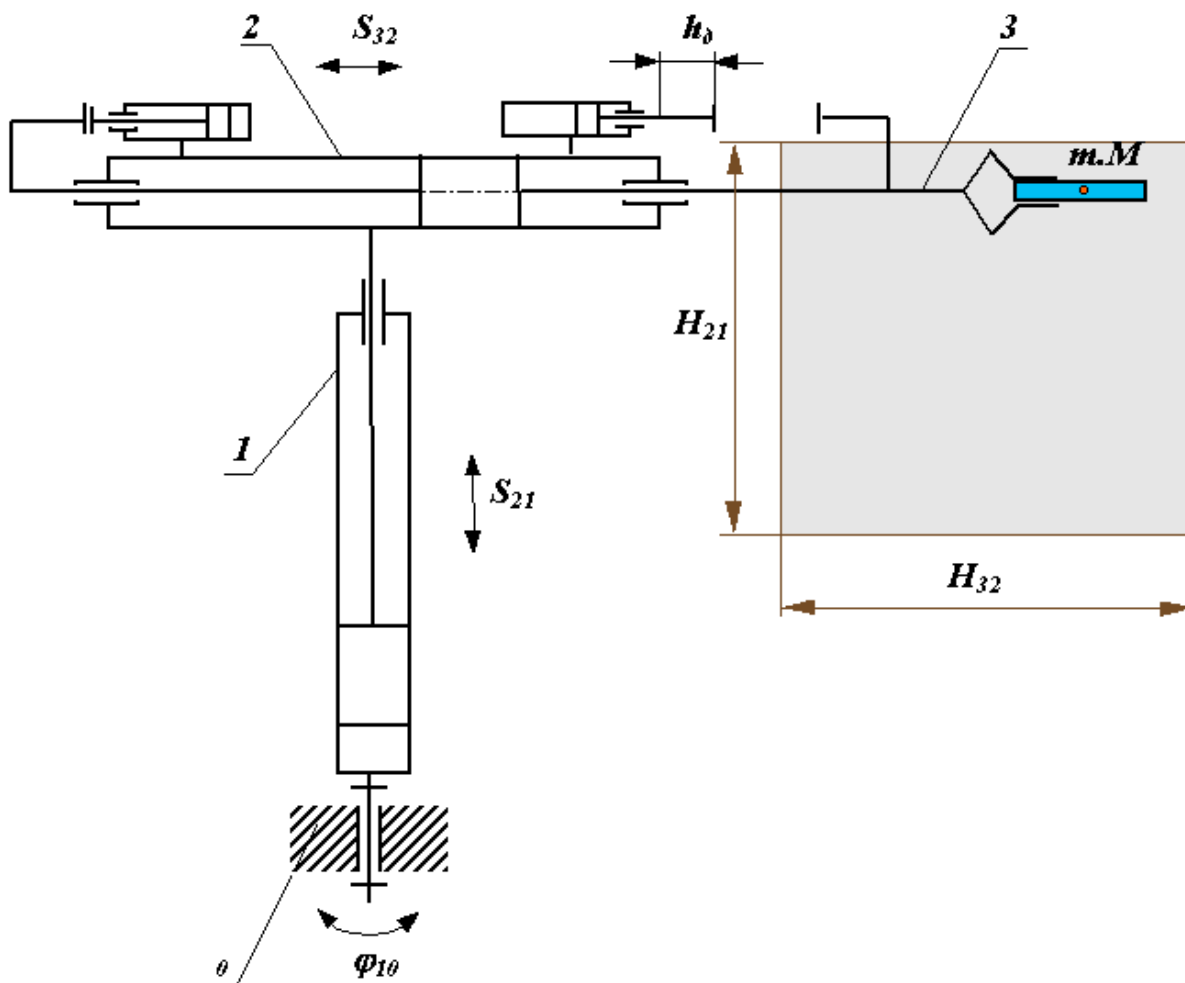


Рис. 2.13

Рассмотрим работу пневмопривода перемещения руки манипулятора (рис.2.13). По сигналу от командоаппарата в правую полость цилиндра подается сжатый воздух, который действует на поршень с силой $F_{дз} = p \cdot S_{п}$, где p - давление воздуха, $S_{п}$ - активная площадь поршня. Под действием этой силы поршень и рука 3 перемещаются влево с постоянным ускорением и с возрастающей скоростью V_{32} (рис.2.14а). Ограничение хода поршня может осуществляться либо жестким упором без демпфера, либо упором с демпфером.

2.2.4. Циклограммы командоаппарата и промышленного робота.

При остановке на упоре без демпфера, скорость звена 3 должна мгновенно уменьшиться с некоторого конечного значения до нуля. При таком изменении скорости ускорение a_{32} стремится к бесконечности. Такая остановка звена называется жестким ударом. Она сопровождается большими динамическими нагрузками на звенья механизма. Так как реальный манипулятор представляет собой упруго-инерционную систему, то эти

нагрузки вызовут отскок звена 3 от упора, а также колебания всего механизма.

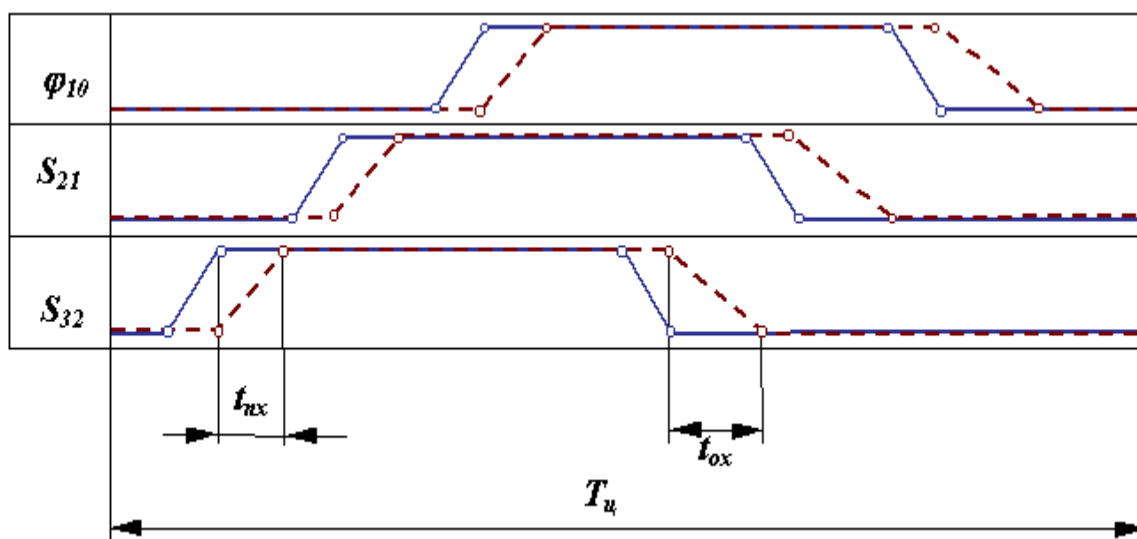


Рис. 2.14

Схват будет совершать колебания относительно заданного конечного положения. Время затухания этого процесса Δt (рис.2.15а) значительно снижает быстродействие ПР.

Уменьшить эти колебания или вообще исключить их можно, обеспечив безударный останов

$$V_{32n} = 0, \quad a_{32n} = 0;$$

где V_{32n} , a_{32n} - относительная скорость и относительное ускорение звеньев в момент останова. Однако это осуществимо только в регулируемом приводе при контурном управлении. Кроме того при безударном останове в конце хода относительная скорость близка к нулю, поэтому время перемещения схвата в требуемое положение значительно возрастает. Компромиссным решением является останов с мягким ударом, при котором относительная скорость в конце хода $V_{32n} = 0$, а ускорение ограничено некоторым допустимым значением $a_{32n} \leq [a]$. В механизмах с цикловым управлением режим движения с мягким ударом обеспечивается установкой упоров с демпферами, гасящими кинетическую энергию руки.

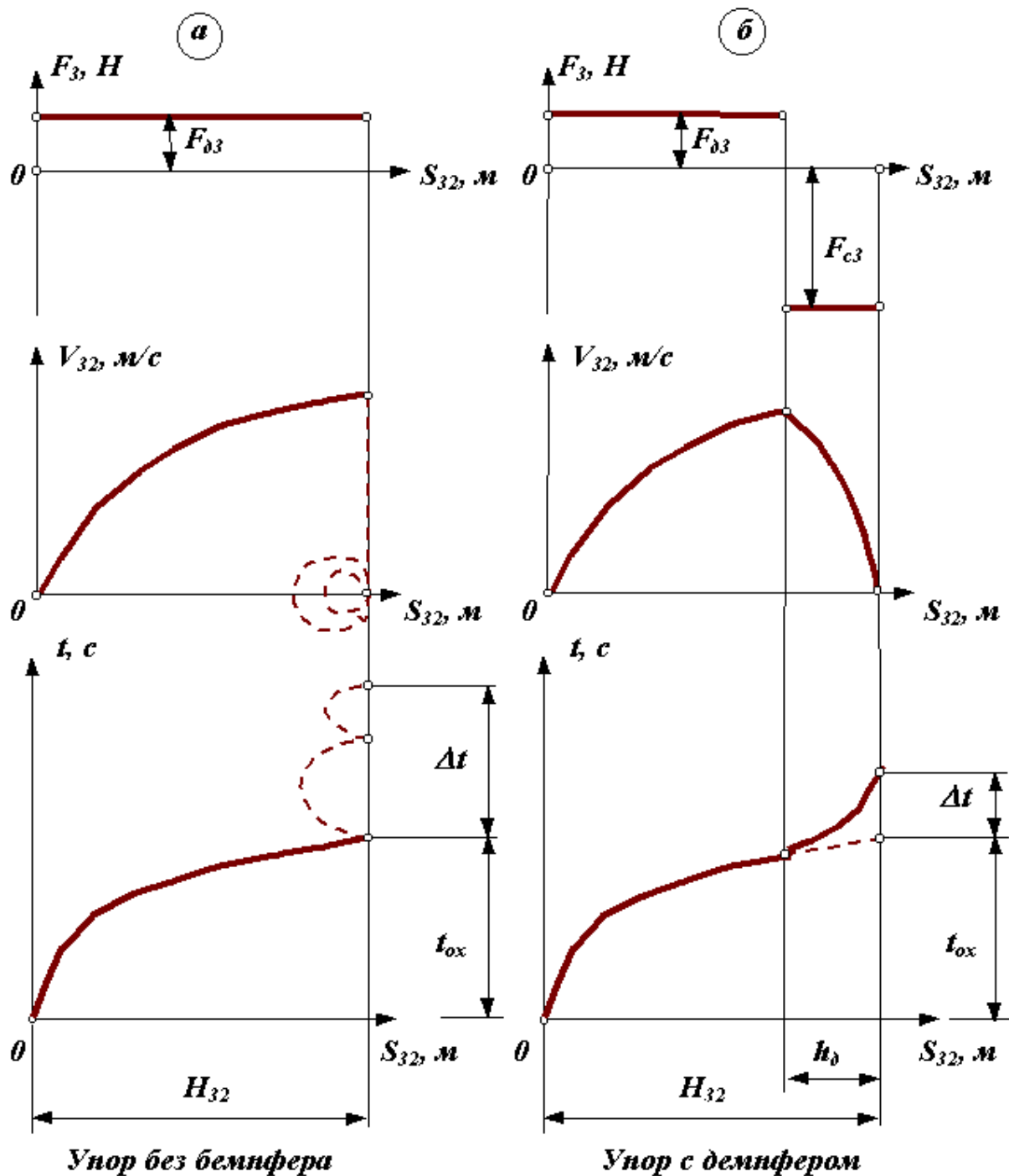


Рис. 2.15

Расчет демпфера ведется из условия $A_{зп} = 0$, которое обеспечивается равенством за цикл движения работы движущей силы $A_{F_{\delta 3}}$ и работы силы сопротивления демпфера A_{F_c} (рис. 2.15б):

$$A_{F_{\delta 3}} = -A_{F_c} \quad \text{или} \quad F_{\delta 3} * (H_{32} - h_{\delta}) = -F_c * h_{\delta}.$$

В этом выражении неизвестны две величины F_c и h_{δ} , одной из них задаются, вторую - рассчитывают.

2.2.5. 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 три метода [6]:

- 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. 2.16). Недостатком этого метода являются большие осевые нагрузки в подшипниках.

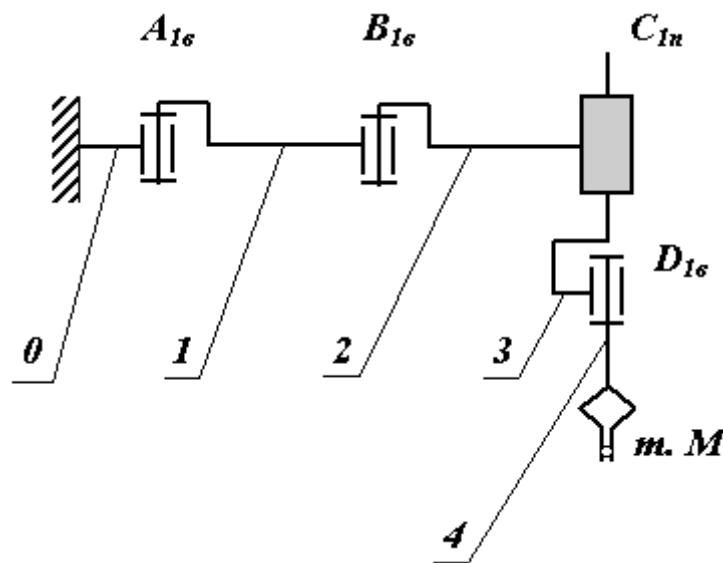


Рис. 2.16

- Уравновешивание звеньев манипулятора с помощью корректировки их массы. При этом центр масс звена с помощью корректирующих масс смещается в центр кинематической пары (рис. 2.17). Недостатком этого метода является значительное увеличение массы манипулятора и моментов инерции его звеньев.
- Уравновешивание сил веса звеньев манипулятора с помощью упругих разгружающих устройств - пружинных разгрузателей 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. 2.18 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.

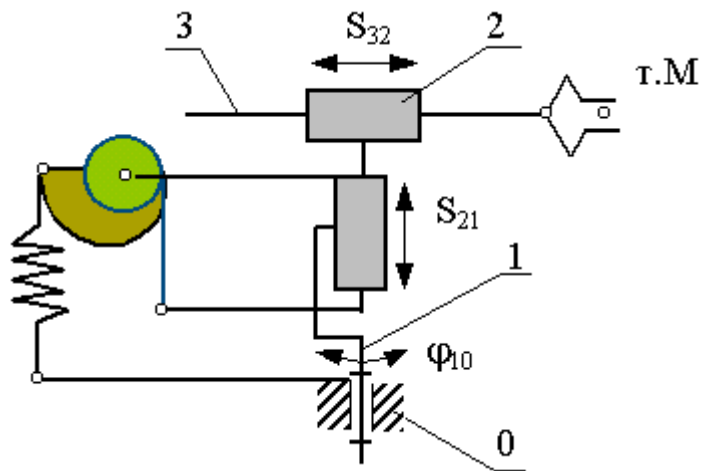


Рис. 2.17

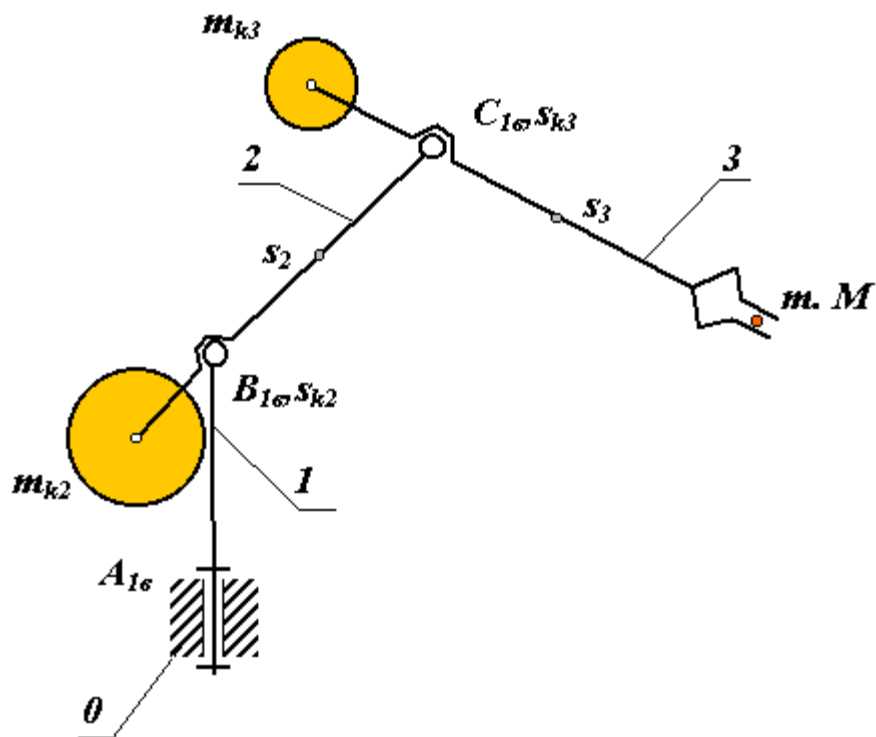


Рис. 2.18

2.2.6. Точность манипуляторов ПР.

Точность манипуляторов определяется погрешностями позиционирования характеристической точки схвата (точка M) 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 точки M от ее номинального расположения на множестве возможных конфигураций механизма. В результате погрешностей точка M описывает в пространстве некоторый эллипсоид, который называется эллипсоидом отклонений (рис. 2.19).

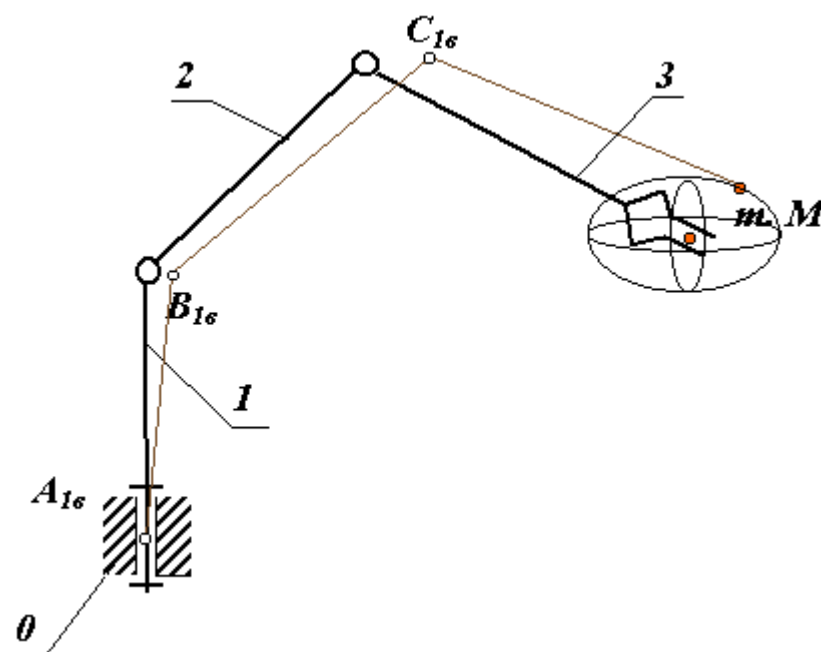


Рис. 2.19

Контрольные вопросы к разделу 2.2

1. Каков план применения метода матриц при анализе кинематической цепи манипулятора?
2. В какой последовательности проводится силовой расчет манипуляторов?
3. Для чего проводится уравновешивание механизмов манипуляторов?

3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МАНИПУЛЯТОРОВ

3.1. Структура и классификация манипуляторов

Для воспроизведения двигательных функций человека в процессе трудовой деятельности созданы манипуляторы – многозвенные механизмы с управляемыми приводами на каждом звене. Манипуляторы разделяются на биотехнические и автоматические [7]. Биотехнические манипуляторы управляются оператором дистанционного или непосредственно в результате перемещения рабочего органа манипулятора.

В автоматических манипуляторах рабочие функции выполняются без участия человека.

Промышленный робот – это автоматический манипулятор промышленного применения, имеющий систему программного управления, обеспечивающую быструю переналадку для выполнения задач, различающихся последовательностью и характером манипуляционных действий.

В роботизированных технологических комплексах ПР выполняют функции восприятия внешней среды, принятия решений и выполнения манипуляционных действий.

Манипуляторы ПР характеризуются грузоподъемностью, объемом рабочей зоны, числом звеньев, погрешностью позиционирования, системой координат, конструктивной и компоновочной схемой, типом системы управления.

Первые промышленные роботы появились в США сравнительно недавно, в 1962 г. Это были роботы типов "Версатран", "Юнимейт", "Универсал", "Циклон", оснащенные устройствами ЧПУ позиционного типа. Первые ПР были манипуляционными и использовались для обслуживания прессов, штампов, нагревательных печей и другого технологического оборудования в цехах с вредными условиями труда. Наибольшее распространение получили манипуляционные роботы грузоподъемностью до 20 кг с цикловым двухпозиционным управлением.

Планирование обработки информации действий манипуляционного робота – один из важнейших путей, который повышает эффективность работы всей системы управления манипуляционного робота. Оно включает определение последовательности этапов с преобразованием модели внешней среды робота, обеспечение мультипроцессорного режима обработки данных, планирование последовательности опроса систем очувствления как перед началом выполнения роботом технологических операций, так и в ходе ее выполнения с указанием приоритета каждой из операций.

Большие функциональные возможности обеспечивает микропроцессорное устройство числового программного управления (УЧПУ) "Сфера-36". Его структура содержит центральный процессор (ЦП) и модули микропроцессоров управления приводами (МПП). В состав МПП входят репрограммируемая постоянная память (РПЗУ). Модуль связи (МС) служит

для обмена данными между системной магистралью (СМГ) центрального процессора и СМГ модулей микропроцессоров приводов. Обмен осуществляется в режиме прямого доступа к памяти (ПДП).

С центральным процессором через СМГ связаны запоминающее устройство (ЗУ), модуль ввода аналоговых сигналов (МАН), модуль ввода-вывода (МВВ) дискретных сигналов и устройство последовательного обмена (УПО). Код с выхода МПП подается на модуль управления приводом (МУП), который управляет широтно-импульсным регулятором напряжения.

В МУП формируется код перемещения с импульсного фотоэлектрического датчика положения ДП. Абсолютные значения положения звена манипулятора получаем на выходе потенциометрического датчика ДП2. Программа пользования создается, редактируется, просматривается и запускается.

3.1.1. Кинематические схемы манипуляторов

Манипулятор промышленного робота является многозвенным механизмом с последовательным соединением звеньев и разомкнутой кинематической цепью. Кинематическая схема манипулятора представляет собой соединение звеньев, определяющих основные движения схвата робота в рабочей зоне, и описывается в системе координат (СК), оси которой целесообразно совместить с направлениями основных перемещений схвата, так как это упрощает математическое описание движений манипулятора. Наиболее распространены пространственные манипуляторы, работающие в сферической, цилиндрической, декартовой или ангулярной системах координат. Гораздо реже используются плоские манипуляторы. Ангулярная система координат характеризуется тем, что перемещение объекта манипулирования обеспечивается согласованным взаимным поворотом звеньев ПР, имеющих постоянную длину. Эта система координат оказалась весьма удобной для производственных роботов. Роботы, использующие ангулярную СК, называются антропоморфными ПР. Они более компактны по сравнению с традиционными конструкциями манипуляторов, которые являются комбинацией вращательных и поступательных кинематических пар. Звенья манипулятора соединяются кинематическими парами пятого класса, т.е. каждое звено может иметь только одну степень подвижности относительно предыдущего звена, так что возможно либо вращательное, либо поступательное движение последующего звена относительно предыдущего.

Свойства и характеристики ПР в значительной степени определяются кинематической схемой, основная функция которой заключается в подводе схвата в заданную точку пространства с определенной ориентацией. Исходя из выполнения этой основной функции, зависящей в свою очередь от технологического процесса, должны выполняться кинематические схемы конкретных ПР. Кроме того, кинематические схемы ПР должны

обеспечивать по возможности не зависимое управление всеми координатами, допускать при необходимости определенную маневренность, соответствовать типу применяемого привода и образовывать с ним органическое единство. На рисунке 3.1 изображена кинематическая схема манипулятора с датчиком системы силомоментного очувствления.

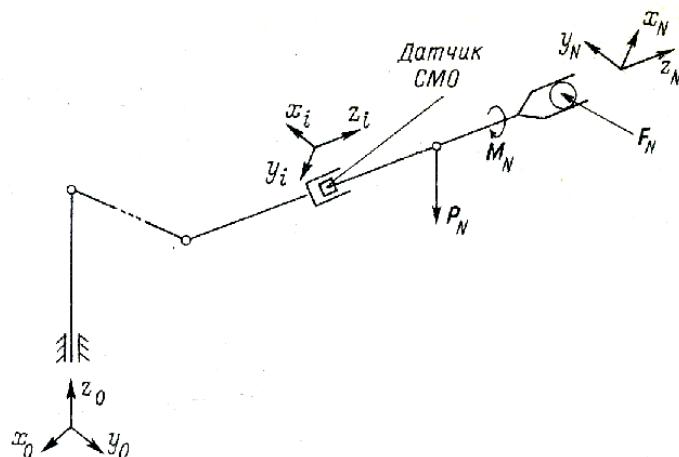


Рисунок 3.1 - Кинематический схема манипулятора с датчиком СМО

Кинематическая схема манипулятора зависит от требований технологического процесса и, в свою очередь, влияет на построение многомерной системы взаимосвязанных следящих приводов, определяет степень взаимного влияния звеньев манипулятора и объем информации, связанный с преобразованием координат при управлении ПР.

Напольные роботы с касающейся выдвигной рукой работают в сферической и цилиндрической СК. Универсальные роботы с этой конструктивной схемой работают в сферической системе координат. К роботам этой группы относится и первый промышленный робот "Юнимейт". Также, существуют промышленные роботы "Пума", предназначенные для выполнения быстрых сборочных операций в приборостроительной и электронной промышленности.

3.1.2. Кинематический анализ манипулятора робота

Целью кинематического анализа является определение положения, скорости и ускорения произвольной точки звена исполнительного механизма (чаще всего схвата) в различных системах координат. В механике различают прямую и обратную задачи. При решении прямой задачи определяется положение схвата относительно неподвижной системы координат при известном взаимном расположении звеньев. Обратная задача чаще бывает труднее [8].

Для аналитического описания исполнительной системы промышленного робота (манипулятора) можно воспользоваться различными

методами (методы Калицына, Кислицына и др.). В последнее время наиболее часто для решения подобных задач применяется метод, основанный на матричном преобразовании однородных координат.

В ПР в основном используются кинематические пары V класса, допускающие относительное движение только по одной координате. Реже используются пары IV класса, допускающие относительное движение по двум координатам. Например, простое шарнирное соединение двух звеньев образует пару V класса, а карданное соединение – пару IV класса.

Важной характеристикой ПР является рабочая зона, под которой понимают объем, ограниченный поверхностью, представляющей собой геометрическое место точек возможных конечных положений схвата. Иногда используют понятие сервисного пространства (зоны обслуживания) как части рабочей зоны, в любой точке которой схват может быть ориентирован заданным образом.

Для перемещения объекта манипулирования (схвата) в любую точку пространства необходимо иметь определенное число степеней подвижности. Перед проектировщиками ПР возникает вопрос, сколько степеней подвижности должен иметь проектируемый ПР.

Большое влияние на свойства и возможности ПР оказывает выбор компоновки транспортирующих координат. В настоящее время в робототехнике в качестве транспортирующих наиболее широко используются кинематические цепи, работающие в прямоугольной, цилиндрической и сферической системах координат.

3.1.3. Особенности использования манипулятора работа в сборочных процессах

Трудоемкость сборочных процессов в целом по машиностроению составляет 25 %, а в отдельных отраслях приборостроения – 60% и выше; при этом доля автоматической сборки не превышает соответственно 7 и 18 % общей трудоемкости сборочных работ [9].

При использовании ПР оказывается экономически оправданной сборка изделий, имеющих значительно меньшую серийность, причем количество комплектующих деталей не является лимитирующим, так как оно может быть учтено объемом памяти системы программного управления роботом и набором сменных захватных устройств под номенклатуру комплектующих сборочное соединение деталей.

Учитывая, что сборочные процессы являются в виду их многообразия и жестких требований, предъявляемых к качеству проведения, наиболее сложными, начинать их роботизацию целесообразно со сборки простых узлов и выполнять поэтапно. Так, на первых этапах рекомендуется использовать ПР на операциях установки базовой детали на технологическую позицию или конвейер автоматической линии и снятия с нее собранного соединения.

Исходными данными для проектирования технологического процесса роботизированной сборки на действующем производстве являются: чертеж изделия с чертежами всех входящих в него элементов; масса и габаритные размеры изделия; технические условия на изготовление и приемку изделия; условия труда на сборке и характеристика рабочих движений и функций оператора-сборщика; подробный действующий техпроцесс с указанием трудоемкости; наличие производственных площадей.

Основой для проектирования сборочного РТК является технологическая схема сборки, которая отражает последовательность и структуру процесса. На основании технологической схемы и анализа рабочих движений оператора-сборщика предварительно выбирают модель ПР и разрабатывают циклограмму движений по узловым точкам этой схемы.

Следующий этап проектирования сборочного РТК – оснащение роботизированного сборочного комплекса, что определяется функциональными возможностями ПР, которые ограничены жесткими границами обслуживаемой рабочей зоны, количеством и видом степеней подвижности, погрешностями повторяемости движений, отсутствием, в большинстве случаев, средств восприятия внешней среды и информации о внутреннем состоянии элементов ПР и др. Расширение технологических возможностей ПР достигается разработкой и изготовлением специальной сборочной оснастки: падающие и отводящие устройства, технологические модули локальных перемещений.

Особое значение при создании сборочных роботизированных технологий приобретает выбор методов компенсации неточностей взаимной ориентации деталей при их сборке ПР. Выделяют следующие направления обеспечения сопряжений деталей при роботизированной сборке:

- 1) применение метода расчета размерных цепей в системе "робот – приспособление – деталь". При этом прямая сборка осуществляется с компенсацией допустимых неточностей позиционирования за счет фасок, ловителей, заходных конусов;
- 2) расширение функциональных возможностей робота, направленных на увеличение вероятности сопряжения деталей. При этом сборка осуществляется на основании информации о характере взаимодействия сопрягаемых деталей;
- 3) создание автономных систем поиска удовлетворительного взаимного расположения сопрягаемых деталей. В этом случае задача решается при использовании сборочных головок в составе ПР или РТК, осуществляющих взаимные направленные сканирующие движения поиска для элементов сборки. Для первого направления наиболее распространенные способы сборки представлены на рисунке 3.3. Также существуют способы сборки с использованием адаптивных систем, которые представлены на рисунке 3.2.

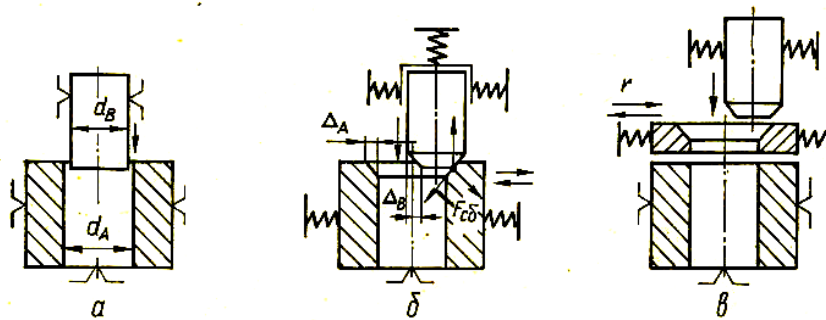


Рисунок 3.2 – Схемы сборки с использованием размерных цепей: а – с жестким базированием; б – с нежестким базированием (для объектов с фасками); в – с ловителями

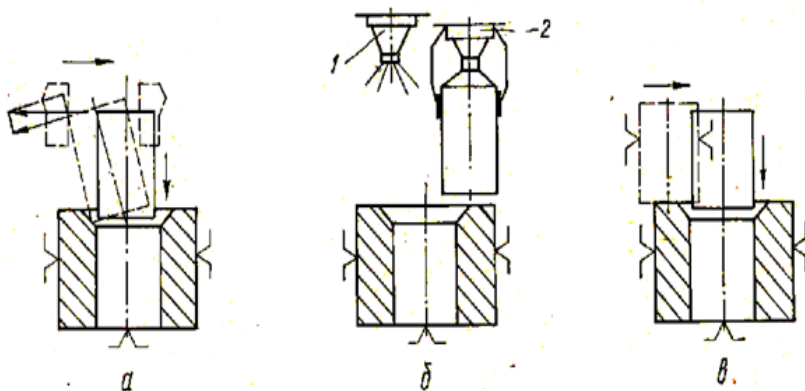


Рисунок 3.3 – Схемы сборки с использованием адаптивных систем: а – с тактильной информацией; б – со зрительной информацией; в – с повторными попытками сопряжений

3.1.4. Пример манипулятора работа для многооперационной сборки

Возможность выполнения сложной последовательности сборочных операций с помощью универсальных манипуляторов, снабженных простейшими датчиками, при управлении от мини-ЭВМ, обеспечивающей программную адаптацию сборочного процесса и достижение существенно большей точности сопряжения деталей по сравнению с точностью при неадаптивном управлении, покажем на примере автоматической сборочной системы (АСС).

Техническую основу систему составляют два электромеханических манипулятора УЭМ-2, каждый из которых имеет шесть степеней подвижности (и седьмую в захвате). Манипуляторы подключены к мини-ЭВМ М-6000. Показания потенциметрических датчиков положения степеней подвижности манипуляторов вводятся в ЭВМ через 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь. Контур управления двигателями манипуляторов замыкается через ЭВМ, которая с частотой около 30 Гц изменяет через специальный интерфейс параметры управления двигателями.

Захваты робота оснащены датчиками, обеспечивающими силовое ощущение. Кроме того, к роботу может быть подсоединена система технического зрения.

Планирование сборки проводится на трех уровнях. Для этого составляют:

- план сборки в целом, в котором задается последовательность выполнения сборочных операций, а также реакция на неверно выполненные операции;

- план каждой сборочной операции, в котором указывается последовательность движений манипуляторов, необходимых для выполнения операции, описываются условия, при выполнении которых можно переходить от одного движения к другому. Помимо этого, в плане операции указывается реакция на неверно выполненные движения.

Программу всех движений, указанных в планах сборочных операций. Движения могут быть заданы, в частности, путем "хореографического" программирования, т.е. путем последовательного вывода манипуляторов (вручную или с помощью специального выносного пульта) в те положения, через которые они должны проходить.

Программа автоматической сборки структурно состоит из двух процессов. Первый процесс – основной – это следящая система. Этот процесс запускается по прерыванию от таймера с частотой около 30 Гц и осуществляет опрос показаний датчиков, контроль за состоянием устройств и выдает на двигатели управления, необходимые для отслеживания заданного программного движения. Второй процесс – фоновый. Он использует время, остающееся нам от первого процесса. В этом процессе происходит просмотр плана сборки и планов сборочных операций, подготовка к исполнению требуемых движений, запуск их на исполнение в основном процессе, а также проверка выполнения условий, определяющих переход от одного движения к другому.

Наиболее важные принципы организации автоматической сборки были основаны на следующих положениях. Для точного позиционирования деталей служат упоры, в качестве которых используются и сами сопрягаемые детали. В процессе сборки детали, установленные за i первых шагов, могут служить упорами, направляющими движение детали, устанавливаемой на $(i+1)$ -м шаге. На первом шаге сборки могут быть использованы упоры сборочного приспособления, например, угол или стенка. На втором шаге основание служит упором при установке, например, оси зубчатого колеса в отверстие основания.

Назовем податливостью свойство манипулятора изменять свою конфигурацию не только за счет усилий двигателей, но и под влиянием внешних воздействий. Противоположное свойство назовем жесткостью. Податливость позволяет использовать достаточно грубые (упрощенные) программные движения при перемещении предметов, ограниченных связями,

снижает требование к точности управления. Податливость, в частности, обеспечивает возможность точного позиционирования деталей по упорам при наличии погрешностей в исполнении манипуляционных движений.

Податливость системы обеспечивалась конструкцией пальцев захвата правой руки, допускающей упругие перемещения вдоль своей продольной оси. Кроме того, она обеспечивалась за счет упругости резиновых накладок, предусмотренных на внутренних сторонах пальцев захватов обеих рук, а также за счет зазоров в сочленениях звеньев манипуляторов и их упругости.

Одной из главных задач, решаемых датчиками осязания робота, является обнаружение момента выхода объекта на упор.

На захвате правой руки сборочного робота установлены датчики измерения линейных перемещений подпружиненных пальцев. Это позволяет измерять усилия, действующие вдоль продольной оси пальцев. Пальцы захвата левой руки снабжены тактильными датчиками, обнаруживающими, что захват сжал предмет. Выход на упор может быть также обнаружен на основании показаний потенциометрических датчиков положения звеньев манипуляторов. Если показание какого-либо датчика не меняется с течением времени, а на соответствующий двигатель выдается определенное управление, то это обстоятельство можно интерпретировать как выход объекта на упор. Таким образом, робот, оснащенный только датчиками положения звеньев манипулятора, оказывается в достаточной степени осязающим и способным на адаптивное поведение при наличии развитого управления.

Неточности манипулятора компенсировались специальными поисковыми движениями, представляющими собой колебания захвата с малой амплитудой (1 – 2 см) в окрестности целевой точки.

При установке оси зубчатого колеса в отверстие захват с зажатой деталью выводится в окрестность отверстия и начинает совершать небольшие колебательные движения, одновременно слегка прижимая торец оси зубчатого колеса к поверхности основания. Если погрешность вывода в окрестность отверстия не слишком велика, то благодаря таким поисковым движениям ось зубчатого колеса довольно быстро попадает в отверстие. Край отверстия в этом случае служит упором для оси зубчатого колеса. Для упрощения и ускорения сборки использовались простые приспособления и инструменты – аналоги ручных инструментов, которыми пользуется человек во время сборки, - тиски, гайковерты, отвертки и т.п.

Наличие у робота двух манипуляторов сильно снижает требования к необходимому числу фиксирующих вспомогательных приспособлений.

Движения манипуляторов при выполнении сборочных операций могут быть достаточно сложными. Поэтому в системе необходима управляющая ЭВМ, использование которой обеспечивает требуемую простоту и гибкость при организации специализированных движений и позволяет легко изменять

сам процесс сборки. Система управления рассматриваемого сборочного робота реализована на мини-ЭВМ М-6000.

Сборка представляет собой последовательность специализированных движений манипуляторов робота – транспортных, поисковых, тестирующих и т.д. Используя простейшее оучувствление робота, система управления параллельно с исполнением каждого движения анализирует текущую ситуацию и при выполнении заданных условий организует окончание данного движения и переход к некоторому другому.

При этом использование ЭВМ в системе управления сборочного робота позволяет оценивать текущую ситуацию по любым комбинациям показаний датчиков оучувствления.

Установка оси зубчатого колеса в отверстие основания масляного насоса происходила успешно практически всегда и занимала около 2 с. Это время зависело от разброса в положении отверстия в пределах 1 см во всех направлениях. Зазор между осью колеса и стенкой отверстия составлял около 30 мкм, а погрешность позиционирования используемых в автоматической сборочной системе манипуляторов составляет приблизительно 5мм. В таких условиях сборка становится возможной только за счет взаимодействия сопрягаемых поверхностей деталей и использования их в качестве упоров и направляющих, а также за счет податливости захватов, которая компенсирует погрешности движения манипуляторов.

Повышение точности манипуляторов позволяет значительно ускорить сборку. Однако увеличение точности (и жесткости) универсальных манипуляторов выше некоторого предела делает их дорогостоящими и громоздкими. Поэтому автоматизация сборочных операций с помощью манипуляторов, точность которых существенно меньше требуемой точности сопряжения деталей, безусловно, представляет интерес.

Для ввода информации в управляющую ЭВМ в автоматизированной сборочной системе предусмотрены развитые диалоговые средства. В качестве операторского терминала используется алфавитно-цифровой дисплей "Видеотон-340".

При задании необходимых движений может быть использовано программирование, при котором манипуляторы последовательно выводятся в нужные положения (вручную или с помощью специального выносного пульта), а управляющая ЭВМ автоматически запоминает данные точки позиционирования. Возможность вводить информацию не только в текстовой форме, но и путем непосредственного обучения необходимым движениям упрощает общение оператора с ЭВМ и приводит к повышению пропускной способности и надежности связывающего их канала.

План сборки в целом, планы сборочных операций и описания необходимых движений реализованы в виде ориентированных графов и могут задаваться в произвольном порядке. Другими словами, оператор может ввести программирование "сверху вниз", или "снизу вверх", или любым

удобным для него способом. Имеется возможность накапливать вводимую информацию в архиве, где она будет храниться и откуда может быть снова извлечена. После того как вся информация введена в ЭВМ, система оказывается способной выполнить автоматическую сборку.

Автоматическая сборочная система представляет собой простые и гибкие средства для организации самых разнообразных специализированных движений, которые требуются при выполнении сборки. Эти движения могут быть медленными и быстрыми, точными и грубыми, колебательными, силовыми, прерываемыми в зависимости от любых комбинаций показаний датчиков очувствления. Программные средства системы включают ряд подсистем, обеспечивающих управление роботом в основном рабочем режиме (режиме автоматической сборки), а также представляющих возможность оператору-программисту выполнять предварительное планирование работы робота. В состав основных программ входят следующие пять подсистем для задания и редактирования:

- 1) плана сборки;
- 2) планов сборочных операций;
- 3) планов условий;
- 4) контуров движений;
- 5) коэффициентов следящей системы, а также подсистема управления автоматической сборкой.

Загрузка каждой из указанных подсистем, а также требуемых файлов данных в память ЭВМ осуществляется с магнитного диска в рамках дисковой операционной системы. Первые пять подсистем работают на этапе планирования сборки оператором-программистом. Шестая подсистема осуществляет управление автоматической сборкой.

В качестве примера, иллюстрирующего работу программы управления, рассмотрим операцию NO1 установки стержня в отверстие. Будем считать, что стержень уже зажат в захвате манипулятора и что отверстие представляет собой вертикальный канал в детали, ограниченной горизонтальными плоскостями. На рисунке 4 показан план сборочной операции. Будем считать, что стержень устанавливается в отверстие правой руки, т.е. типы контуров всех движений, участвующих в операции NO1, определяют в качестве задействованных только степени подвижности правой руки.

Работа с системой начинается с того, что интерпретатор во втором (фоновом) процессе выбирает из плана сборки операции описание движения (обозначенное NKD1) подвода стержня к отверстию и запускает его на исполнение в первом процессе. В результате выполнения этого движения стержень перемещается в окрестность отверстия, а его ось ориентируется вертикально [10].

Контур движения – NKD1.

Способ движения – контурный.

Тип движения – для всех степеней подвижности основной режим отслеживания.

Тип начала движения – для всех степеней подвижности абсолютный способ задания начального значения параметров положения манипулятора.

Номер условия – NC,

Контур движения – NKD2,

Способ движения – контурный.

Тип движения: для 1, 2, 6-й степеней подвижности – основной режим отслеживания; для 3-й – силовое воздействие; для 4, 5-й – колебания.

Тип начала движения – для всех степеней подвижности абсолютный способ задания.

Номер условия – NC2,

Контур движения – NKD3,

Способ движения – контурный.

Тип движения – для всех степеней подвижности основной режим отслеживания.

Тип начала движения – для всех степеней подвижности абсолютный способ задания.

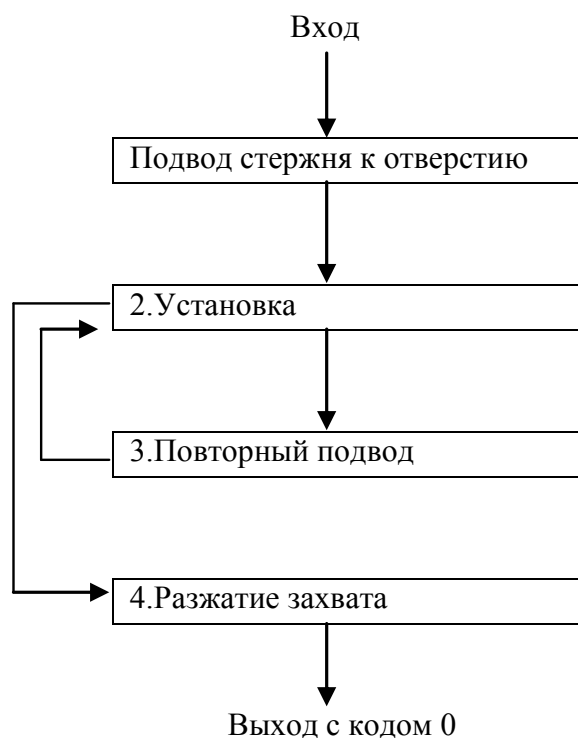


Рисунок 3.4 – План сборочной операции

Номер условия – NC1,

Контур движения – NKD4,

Способ движения – позиционный.

Тип движения – для всех степеней подвижности основной режим отслеживания.

Тип начала движения – для всех степеней подвижности абсолютный способ задания.

Номер условия – NC3.

Условием NC1, приписанным данному движению, является выход манипулятора в требуемую конфигурацию с заданной точностью. В то время как в первом процессе выполняется движение подвода, во втором процессе осуществляется циклическая проверка отклонения текущей конфигурации манипулятора от требуемой. Эта проверка осуществляется с помощью потенциометрических датчиков положения звеньев манипулятора. Если отклонение становится больше допустимого, то движение подвода считается законченным, проверка условия прекращается и вырабатывается код ответа 0.

После этого в соответствии с планом сборочной операции второй процесс запускает исполнение движения, обеспечивающего установку NKD2. Это движение заключается в том, что торец стержня слегка прижимается к горизонтальной плоскости детали и осуществляются небольшие колебания стержня во всех направлениях в этой плоскости. Вначале за счет податливости захвата стержень находится в постоянном контакте с горизонтальной плоскостью детали. Но с момента зацепления стержня за край отверстия он начинает проваливаться в отверстие за счет поджатия, а также за продолжающихся колебаний. При этом внутренняя поверхность отверстия служит направляющей для стержня.

В то время как в первом процессе осуществляется движение установки, во втором процессе происходит проверка условия NC2, приписанного данному движению. В цикле проверяется, произошли ли некоторые события, связанные с попаданием стержня в отверстие. Как только стержень попадает в отверстие, захват манипулятора опустится в вертикальном направлении на длину стержня, вставляемого в отверстие. Кроме того, реальная амплитуда колебаний захвата манипулятора резко уменьшится (так как находящийся в отверстии стержень будет тормозить его движение). Эти события можно установить по показаниям потенциометрических датчиков положения звеньев манипулятора. Если указанные события не наступили, то проверка повторяется, если же события совершились, то движение установки считается законченным, проверка условия прекращается и вырабатывается код ответа 0.

В этом цикле проверяется также время, затрачиваемое на установку стержня. Представляется естественным ожидать наступления событий, связанных с попаданием стержня в отверстие, не сколь угодно долго, а по истечении заданного интервала времени. Если за указанное время стержень не попал в отверстие (например, вследствие заклинивания), то движение NKD2 считается не удавшимся, проверка условия прекращается и вырабатывается код ответа

После прекращения движения NKD2 второй процесс запускает или движение NKD3 повторного подвода стержня к отверстию, или движение NKD4 разжатия захвата. Вершина 4 в плане сборочной операции является конечной (рис. 3.4).

При завершении исполнения сборочной операции NO1 интерпретатор во втором процессе пытается выбрать из плана сборки очередную операцию, убеждается, что ее нет, и заканчивает сборку.

Непрерывно происходит или интерпретация плана сборки и планов сборочных операций, или проверка условий, приписанных движениям. Эти действия заканчиваются только тогда, когда кончается сборка.

3.2. Типы манипуляторов роботов

1. Манипулятор робот прямоугольной системы координат – ПР-ПСК.

ПР применяются при автоматизации технологических процессов сборки изделий точной механики и радиоэлектроники. Грузоподъемность ПР не превышает 5 кг. Зона обслуживания ПР-ПСК невелика. Точность позиционирования зависит от жесткости кинематической схемы, которая обратно пропорциональна диапазону перемещения по каждой координате. Рабочая зона – параллелепипед [11].

2. Манипулятор робот цилиндрической системы координат– ПР-ЦСК.

Это семейство роботов ранее было широко распространено благодаря простоте вычислений, что позволяло использовать не очень производительную вычислительную технику, и большой рабочей зоне. Однако в настоящее время оно уступает свои позиции роботам, работающим в угловой системе координат. Рабочая зона данных роботов – цилиндр с исключенной внутренней частью («мертвая зона»).

3. Манипулятор робот сферической системы координат – ПР-ССК.

ПР имеет две вращательные степени подвижности и одну поступательную. Вращение осуществляется в горизонтальной и вертикальных плоскостях, а поступательное движение в вертикальной плоскости. Обычное место их применения – обслуживание горячештамповочных прессов, токарных станков, и разнообразных печей. Большинство роботов данной кинематической схемы построено с использованием гидропривода. Рабочая зона – сферическая поверхность.

4. Манипулятор робот угловой системы координат – ПР-УСК.

Данное семейство является наиболее распространенным в наше время. Кинематическая схема таких роботов копирует человеческую руку. Их отличает большая грузоподъемность, гибкость и малые размеры «мертвой зоны». Основным недостатком является сложность вычислений в данной системе координат из-за большого взаимного влияния звеньев друг на друга, что требует больших вычислительных мощностей. Рабочая зона таких роботов в большинстве случаев – сфера.

5. Манипулятор робот смешанной системы координат – ПР-СмССК

Данное семейство широко представлено в производстве, связанном со сборкой разнообразных механизмов, электронной промышленности и подобных. Основная особенность данных роботов – высокая точность позиционирования при высоком быстродействии, низкая грузоподъемность, минимальные собственные размеры и большая рабочая зона. В большинстве случаев рабочая зона таких роботов – цилиндр.

3.2.1. Расчет манипулятора робота, работающий в прямоугольной системе координат

Datron IR 0300



Рисунок 3.5. - Внешний вид ПР Datron IR0300

Таблица 3.1. – Технические характеристики ПР Datron IR0300

Размеры стола (W x D x H)	560 x 240 x 650 мм
Длина перемещений	
1-го звена	0.56 м
2-го звена	0.985 м
3-го звена	0.89 м
Скорость перемещения звеньев	до 0.9 м/с вдоль оси/
Погрешность	±50 мм
Управление	Цифровой сервопривод
Максимальный вес	5 кг
Вес 70 кг	

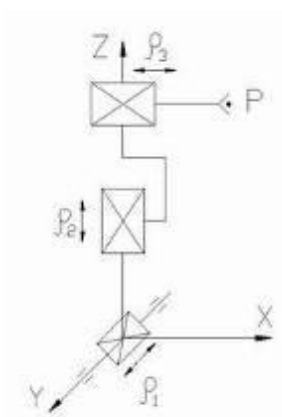


Рисунок 3.6 - Кинематическая схема ПР

Для приведения реальной кинематической схемы робота к расчетной, исключаем из рассмотрения перемещения, связанные с ориентирующими движениями захвата, т.е. замораживаем угловые перемещения [12].

Прямые уравнения кинематики для точки полюса ПР-ПСК:

$$x = \rho_3, y = \rho_1, z = \rho_2;$$

обратные уравнения кинематики для точки полюса ПР:

$$\rho_3 = x, \rho_1 = y, \rho_2 = z.$$

Радиус-вектор, описывающий перемещение точки полюса ПР относительно начала координат:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_3^2}$$

Модуль скорости точки полюса ПР:

$$V = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{\dot{\rho}_1^2 + \dot{\rho}_2^2 + \dot{\rho}_3^2}$$

Модуль ускорения точки полюса ПР:

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} = \sqrt{\ddot{\rho}_1^2 + \ddot{\rho}_2^2 + \ddot{\rho}_3^2}$$

Проведем расчет ускорений по формулам:

$$K_{TP} = \frac{\dot{q}_{i\max}^2}{\ddot{q}_{i\max}(q_{i\max} - q_{i\min})} \Rightarrow \ddot{q}_{i\max} = \frac{\dot{q}_{i\max}^2}{K_{TP}(q_{i\max} - q_{i\min})}$$

где $q_{i\max}$ и $q_{i\min}$ – максимальное и минимальное значение координаты q ,
 $\dot{q}_{i\max}$ – максимальная скорость звена.

Таблица 3.2. Расчёт максимального ускорения звеньев ПР-ПСК

		Управляемые параметры		
		ρ_1	ρ_2	ρ_3
q_i	$q_{i\min}$, м	0.01	0.05	0.1
	$q_{i\max}$, м	0.561	0.99	0.99
$\dot{q}_{i\max}$, м/с		0.9	0.8	0.6
K_{TP}		0.7	0.8	0.2
$\ddot{q}_{i\max}$, м/с ²		2.45	1.135	0.674

Будем считать, что звенья представляют собой толстостенный полый цилиндр. Материал сталь ($d_{ст} = 7800 \text{ кг/м}^3$)

Тогда:

$$m_i = d \pi r_{i\text{осн}}^2 l_i$$

$$m_{TP} = 5 \text{ кг,}$$

$$\Delta q = \pm 0.05 \text{ мм}$$

$$M_{\Sigma} = 70 \text{ кг}$$

$$m_{\text{осн}} = 0.35M_{\Sigma} = 24.5 \text{ кг}$$

$$m_{\text{сх.ор}} = (1 + n_{\text{ор}})m_{\text{гр}} = (1 + 1)5 = 10 \text{ кг}$$

$$m_3 = m_{\text{сх.ор}} + d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_M^2) \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.57 \cdot (0.07^2 - 0.01^2) \cdot 0.15 + 10 = 20.057 \text{ кг}$$

$$m_2 = d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_M^2) \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 1 \cdot (0.05^2 - 0.01^2) \cdot 0.2 = 11.762 \text{ кг},$$

$$m_1 = d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_M^2) \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 1 \cdot (0.05^2 - 0.01^2) \cdot 0.25 = 14.703 \text{ кг},$$

$$m_{\text{теор}} = m_{\text{осн}} + m_2 + m_3 = 24.5 + 20.057 + 11.762 + 14.703 = 71.022 \text{ кг}.$$

Таблица 3.3. Расчёт масс звеньев ПР-ПСК

№ звена	li, м	гб, м	гм, м	Кз	Рэ, м	m, кг
1	0.57	0.07	0.01	0.3	0.038	14.703
2	1	0.05	0.01	0.5	0.022	11.762
3	1	0.05	0.01	0.5	0.024	20.057
Масса основания						24.5
$\sum m_i$						71.02

Рассчитаем моменты инерции звеньев

1-е звено.

$$J_{z1} = \frac{m_1 r_1^2}{2} = \frac{14.703 \cdot 0.038^2}{2} = 0.011 \text{ кг*м}^2.$$

2-е звено.

$$J_{z2} = \frac{m_2 r_2^2}{2} = \frac{11.762 \cdot 0.022^2}{2} = 2.846 \times 10^{-3} \text{ кг*м}^2.$$

3-е звено.

$$J_{z3} = \frac{m_3 r_3^2}{2} = \frac{14.703 \cdot 0.024^2}{2} = 4.234 \times 10^{-3} \text{ кг*м}^2.$$

Уравнения динамики:

$$\begin{bmatrix} m_{123} & 0 & 0 \\ 0 & m_{23} & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{\rho}_1 \\ \ddot{\rho}_2 \\ \ddot{\rho}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ m_{23}g \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix}$$

3.2.2. Расчет манипулятора робота, работающий в цилиндрической системе координат

Робот Seiko RT 3200

Технические характеристики

Грузоподъемность, кг.....5

Число степеней свободы.....4

Точность позиционирования, мм...±0.025

Наибольшие линейные перемещения руки, мм:

по вертикали.....120

по горизонтали.....305

Наибольший угол поворота руки (колонны) вокруг вертикальной оси, град.....300

Наибольшие линейные скорости перемещения руки, мм/с:

по вертикали.....513

по горизонтали.....1000

Наибольшая скорость поворота, град/с:

колонны.....200

Масса, кг.....130



Рисунок 3.7 – Универсальный промышленный робот Seiko RT 3200

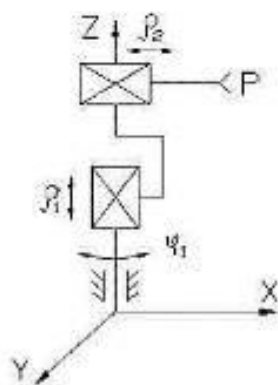


Рисунок 3.8. – Кинематическая схема ПР

Прямые уравнения кинематики ПР-ЦСК:

$$x = \rho_2 \cos \varphi_1, \quad y = \rho_2 \sin \varphi_1, \quad z_1 = \rho_1$$

Обратные уравнения кинематики ПР-ЦСК

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{y}{x}, \quad x \neq 0, \quad \rho_1 = z, \quad \rho_2 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Радиус-вектор точки полюса P:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$$

Модуль скорости точки полюса ПР:

$$V = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{\dot{\rho}_1^2 + \dot{\rho}_2^2 + (\rho_2 \dot{\phi}_1)^2}$$

Модуль ускорения точки полюса ПР:

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} = \sqrt{\ddot{\rho}_1^2 + (\ddot{\rho}_2 - \rho_2 \dot{\phi}_1^2)^2 + (2\dot{\rho}_2 \dot{\phi}_1 + \rho_2 \ddot{\phi}_1)^2}$$

Таблица 3.4. - Расчёт максимального ускорения звеньев ПР-ЦСК

		Управляемые параметры		
		q_1	ρ_1	ρ_2
q_i	$q_{i \min}$	-2.62 рад	0.1 м	0.05 м
	$q_{i \max}$	2.62 рад	0.22 м	0.355 м
$\dot{q}_{i \max}$		3.49 рад/с	0.513 м/с	1 м/с
$K_{\text{тр}}$		0.6	0.5	0.7
$\ddot{q}_{i \max}$		3.87 рад/с ²	4.39 м/с ²	4.68 м/с ²

Согласно имеющемуся изображению данного промышленного робота, будем считать, что звенья представляют собой полые толстостенные цилиндры.

Число степеней свободы $n=4$. Имеется 1 ориентирующая степень подвижности.

$$m_{\text{гр}} = 5 \text{ кг,}$$

$$\Delta q = \pm 0.025 \text{ мм,}$$

$$M_{\Sigma} = 130 \text{ кг}$$

$$m_{\text{осн}} = 0.35 M_{\Sigma} = 45.5 \text{ кг}$$

$$m_{\text{схор}} = (1 + n_{\text{ор}}) m_{\text{гр}} = (1 + 1) 5 = 10 \text{ кг}$$

$$m_3 = m_{\text{схор}} + d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_M^2) \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.305 \cdot (0.15^2 - 0.12^2) \cdot 0.5 + 10 = 40.26909 \text{ кг}$$

$$m_2 = d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_M^2) \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.12 \cdot (0.2^2 - 0.1^2) \cdot 0.5 = 44.10796 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{теор}} = m_{\text{осн}} + m_2 + m_3 = 45.5 + 44.1 + 40.269 = 129.869 \text{ кг.}$$

Таблица 3.5. – Расчёт масс звеньев ПР-ЦСК

№ звена	l_i , м	r_6 , м	r_M , м	K_3	$R_э$, м	m , кг
2	0.12	0.15	0.12	0.5	0.122	44.17
3	0.305	0.2	0.1	0.5	0.073	40.27
Масса основания						45.5
$\sum m_i$						129.87

$$\frac{130 - 129.88}{130} = 0.09231\%$$

Погрешность в пределах 5%.

Рассчитаем моменты инерции звеньев.

3-е звено

$$I_{z3} = \frac{40.269 \cdot 0.0734^2}{2} = 0.10848 \text{ кг*м}^2.$$

Уравнения динамики:

$$\begin{bmatrix} I_{Oz} + m_3 \cdot \rho_2^2 & 0 & 0 \\ 0 & m_{23} & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{\varphi}_1 \\ \ddot{\rho}_2 \\ \ddot{\rho}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2m_3 \cdot \rho_2 \cdot \dot{\rho}_2 \cdot \dot{\varphi}_1 \\ 0 \\ -m_3 \cdot \rho_2 \cdot \dot{\varphi}_1^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ m_{23}g \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix}$$

3.2.3. Расчет манипулятора работающего в сферической системе координат

Сферическая система координат характеризуется перемещением рабочего органа в точку пространства за счет перемещений по радиус-вектору r и угловым перемещениям φ и θ в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Рабочая зона промышленного робота имеет в этом случае форму шара.

Robot welder

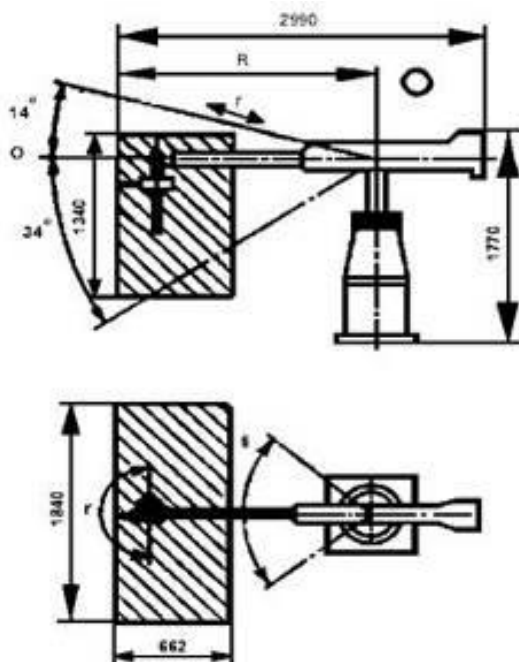


Рисунок 3.9 – Robot welder

Сфера применения: сварочные работы.

Технические характеристики

Номинальная грузоподъемность, кг.....	13,6
Число степеней подвижности.....	6
Число рук/захватов на руку.....	1/1
Тип пртвода.....	Гидравлический
Число программируемых координат.....	6
Устройство управления.....	Контурное
Способ программирования перемещения.....	Обучение
Емкость памяти системы, число положений Рабочего органа.....	60
Погрешность позиционирования, мм.....	1,0
Максимальный радиус зоны Обслуживания, R,мм.....	2050
Масса, кг.....	560
Линейные перемещения со скоростью 0,15 м/с, мм.....	882
Угловые перемещения со скоростью 30 град/с:	
θ	48
φ	220
α	90
β	180

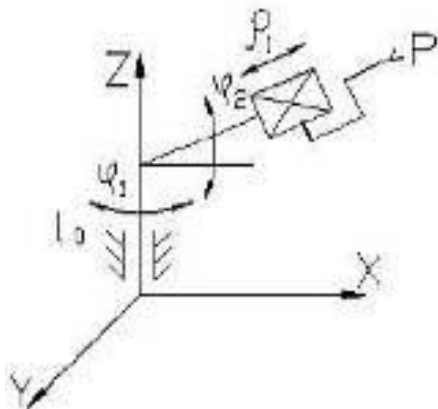


Рисунок 3.10 – Кинематическая схема робота

$$z = l_0 + \rho_1 \sin \varphi_2, \quad x = \rho_1 \cos \varphi_2 \cdot \cos \varphi_1, \quad y = \rho_1 \cos \varphi_2 \cdot \sin \varphi_1$$

$$x^2 + y^2 + (z - l_0)^2 = \rho_1^2$$

Тогда $\rho_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - l_0)^2}$

$$\sin \varphi_2 = \frac{z - l_0}{\rho_1}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{\rho_1 \cos \varphi_2}{x}, \quad \sin \varphi_1 = \frac{\rho_1 \cos \varphi_2}{y} \Rightarrow \varphi_1 = \text{angle}(\cos \varphi_1, \sin \varphi_1)$$

Радиус-вектор точки полюса P:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{\rho_1^2 + 2l_0\rho_1 \sin \varphi_2 + l_0^2}$$

Модуль скорости точки полюса ПР:

$$\dot{x} = \dot{\rho}_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_1 - \rho_1 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \cos \varphi_1 - \rho_1 \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1,$$

$$\dot{y} = \dot{\rho}_1 \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 - \rho_1 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \sin \varphi_1 + \rho_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1,$$

$$\dot{z} = \dot{\rho}_1 \sin \varphi_2 + \rho_1 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2$$

$$V = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{\dot{\rho}_1^2 + \rho_1^2(\dot{\varphi}_2)^2 + \rho_1^2 \cos^2 \varphi_2 (\dot{\varphi}_1)^2}$$

Модуль ускорения точки полюса ПР:

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} = \sqrt{[(\rho_1 - \rho_1(\dot{\varphi}_1^2 - \dot{\varphi}_2^2)) \cos \varphi_2 - (2\rho_1\dot{\varphi}_2 + \rho_1\ddot{\varphi}_2) \sin \varphi_2]^2 + [(2\dot{\rho}_1\dot{\varphi}_1 + \rho_1\ddot{\varphi}_1) \cos \varphi_2 - 2\rho_1\dot{\varphi}_1\dot{\varphi}_2 \sin \varphi_2]^2 + [(\ddot{\rho}_1 - \rho_1\dot{\varphi}_2^2) \sin \varphi_2 + (2\rho_1\dot{\varphi}_2 + \rho_1\ddot{\varphi}_2) \cos \varphi_2]^2}$$

Таблица 3.6. – Расчёт максимального ускорения звеньев ПР-ССК

		Управляемые параметры		
		q_1	q_2	ρ_1
q_i	$q_{i \min}$	-0.419 рад	-1.92 рад	1.168 м
	$q_{i \max}$	0.419 рад	1.92 рад	2.050 м
$\dot{q}_{i \max}$		$\frac{\pi}{6}$ рад/с	$\frac{\pi}{6}$ рад/с	0.15 м/с
$K_{гр}$		0.6	0.3	0.1
$\ddot{q}_{i \max}$		0.545 рад/с ²	0.238 рад/с ²	0.255 м/с ²

Число степеней свободы $n=6$. Имеются 3 ориентирующие степени подвижности.

$$m_{гр} = 13.6 \text{ кг,}$$

$$\Delta q = \pm 1 \text{ мм,}$$

$$M_{\Sigma} = 560 \text{ кг,}$$

$$m_{осн} = 0.4M_{\Sigma} = 224 \text{ кг,}$$

$$m_{сх.ор} = (1 + n_{ор})m_{гр} = (1 + 3)13.6 = 54.4 \text{ кг,}$$

$$m_3 = m_{сх.ор} + d \cdot \pi \cdot (r_6^2 - r_m^2) \cdot l \cdot K_3 = 54.4 + 7800 \cdot \pi \cdot 0.882 (0.2^2 - 0.1^2) \cdot 0.4 = 313.755 \text{ кг}$$

$$m_{\text{теор}} = m_{\text{осн}} + m_3 = 224 + 313.755 = 537.755$$

$$\varepsilon = \frac{560 - 537.755}{560} = 3.972\% \quad (<5\%).$$

Таблица 3.7 – Расчёт масс звеньев ПР-ССК

№ звена	li, м	гб, м	гм, м	Кз	РЭ, м	m, кг
3	0.882	0.2	0.1	0.4	0.12	313.755
Масса основания						224
$\sum m_i$						537.755

$$J_{z3} = \frac{313.755 \cdot 0.12^2}{2} = 2.259 \quad \text{кг*м}^2.$$

Уравнения динамики:

$$\begin{bmatrix} J_{OZ} + m_3 \cdot \rho_1^2 \cos^2 \varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & J_{OY} + m_3 \rho_1^2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{\varphi}_1 \\ \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{\rho}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2m_3 \cdot \rho_1 \cdot \dot{\rho}_1 \cdot \cos^2 \varphi_2 \dot{\varphi}_1 - m_3 \rho_1^2 \sin(2\varphi_2) \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \\ 2m_3 \rho_1 \dot{\rho}_1 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} m_3 \rho_1^2 \sin(2\varphi_2) \dot{\varphi}_1^2 \\ -m_3 \cdot \rho_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2 \cdot \cos^2 \varphi_2 - m_3 \cdot \rho_1 \cdot \dot{\varphi}_2^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ m_3 g \rho_1 \cos \varphi_2 \\ m_3 g \sin \varphi_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ Q_3 \end{bmatrix}$$

3.2.4. Расчет манипулятора робота, работающий в угловой системе координат

UNIMATE Puma 562



Рисунок 3.11 – UNIMATE Puma 562

Таблица 3.8 – Технические характеристики UNIMATE Puma 562

Основное	Осей	6
	Привод	Постоянного тока
Рабочая зона	Длины звеньев	878 мм
	Пределы звена 1	320 deg
	Пределы звена 2	250 deg
	Пределы звена 3	270 deg
Приемлемая нагрузка	Номинальная грузоподъемность	4 кг
	Разрешенная нагрузка на звено	4 кг на 127 mm

Исполнение	Повторяемость	762 +/- 0.1 мм 761 +/- 0.1 мм
	Максимальная скорость	1.0 м/с
	Максимальная угловая скорость	1.139 рад/с
Масса	Arm	163 кг
	Controller	200 кг

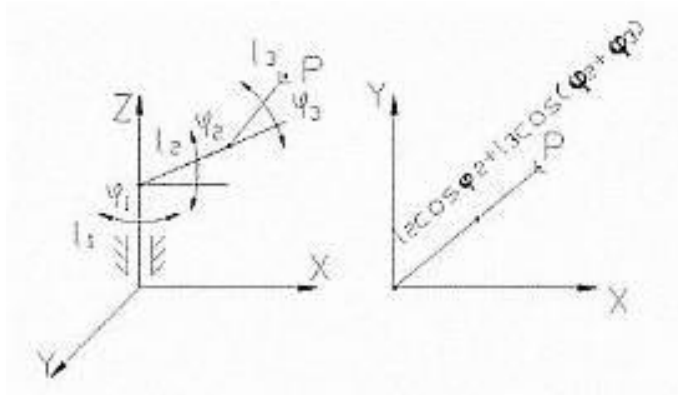


Рисунок 3.12 - Кинематическая схема ПР

Прямая задача

$$z = l_1 + l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) + l_2 \sin \varphi_2, \quad x = (l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) \cos \varphi_1,$$

$$y = (l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) \sin \varphi_1$$

Обратная задача

$$x^2 + y^2 + (z - l_1)^2 = (l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3))^2 + (l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3))^2 =$$

$$l_2^2 + l_3^2 + 2l_2l_3 \cos(\varphi_2 - \varphi_2 - \varphi_3) = l_2^2 + l_3^2 + 2l_2l_3 \cos(\varphi_3),$$

$$\cos(\varphi_3) = \frac{x^2 + y^2 + (z - l_1)^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2l_3}$$

$$z - l_1 = l_3 \sin \varphi_2 \cos \varphi_3 + l_3 \cos \varphi_2 \sin \varphi_3 + l_2 \sin \varphi_2,$$

$$\sin \varphi_2 [l_3 \cos \varphi_3 + l_2] + \cos \varphi_2 l_3 \sin \varphi_3 = z - l_1,$$

Введем такое α , что

$$\cos \alpha = \frac{l_3 \cos \varphi_3 + l_2}{\sqrt{(l_3 \cos \varphi_3 + l_2)^2 + l_3^2 \sin^2 \varphi_3}} \quad \sin \alpha = \frac{l_3 \sin \varphi_3}{\sqrt{(l_3 \cos \varphi_3 + l_2)^2 + l_3^2 \sin^2 \varphi_3}}$$

Тогда $\sin \varphi_2 \cos \alpha + \cos \varphi_2 \sin \alpha = z - l_1,$

$$\sin(\varphi_2 + \alpha) = z - l_1,$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{x}{(l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) \cos \varphi_1}$$

Радиус-вектор точки полюса P:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + 2l_1l_2 \cos \varphi_2 + 2l_2l_3 \cos \varphi_3 + 2l_1l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}$$

Модуль скорости точки полюса ПР:

$$V = \sqrt{[l_2 \dot{\varphi}_1 \cos \varphi_2 + l_3 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)]^2 + l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + l_3^2 (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3)^2 + 2l_2 l_3 \dot{\varphi}_2 (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3) \cos \varphi_3}$$

Ускорение точки полюса ПР:

$$W^2 = \ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2 = (k_1 \dot{\varphi}_1^2 + k_2)^2 + (k_1 \ddot{\varphi}_1 - 2k_3 \dot{\varphi}_1)^2 + [l_2 (\cos \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 - \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2^2)^2 + l_3 ((\cos(\varphi_2 + \varphi_3) (\ddot{\varphi}_2 + \ddot{\varphi}_3) - \sin(\varphi_2 + \varphi_3) (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3)^2))]^2,$$

где $k_1 = l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$,

$$k_2 = l_2 \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2^2 + l_2 \sin \varphi_2 \ddot{\varphi}_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3)^2 + l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) (\ddot{\varphi}_2 + \ddot{\varphi}_3)$$

$$k_3 = l_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3)$$

Таблица 3.9 – Расчёт максимального ускорения звеньев ПР-УСК

		Управляемые параметры		
		q_1	q_2	q_3
q_i	$q_{i \min}$, рад	-2.793	-2.182	-2.356
	$q_{i \max}$, рад	2.793	2.182	2.356
$\dot{q}_{i \max}$, рад/с		1.139	1.139	1.139
$K_{\text{тр}}$		0.2	0.7	0.35
$\ddot{q}_{i \max}$, рад/с ²		1.161	0.425	0.787

Согласно имеющемуся изображению данного промышленного робота, будем считать, что звенья представляют собой цилиндры.

Число степеней свободы $n=6$. Имеются 3 ориентирующие степени подвижности.

$$m_{\text{гр}} = 4 \text{ кг};$$

$$\Delta q = \pm 0.1 \text{ мм};$$

$$M_{\Sigma} = 363 \text{ кг};$$

$$m_{\text{осн}} = 200 \text{ кг}$$

$$m_{\text{сх.ор}} = (1 + n_{\text{ор}}) m_{\text{гр}} = (1 + 3) 4 = 16 \text{ кг}$$

$$m_3 = m_{\text{сх.ор}} + d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot K_3 = 16 + 7800 \cdot \pi \cdot 0.878 \cdot 0.15^2 \cdot 0.16 = 93.454 \text{ кг}$$

$$m_2 = d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.878 \cdot 0.15^2 \cdot 0.16 = 77.454 \text{ кг},$$

$$m_{\text{теор}} = m_{\text{осн}} + m_2 + m_3 = 200 + 77.454 + 93.454 = 370.908$$

Таблица 3.10 – Расчёт масс звеньев ПР-УСК

№ звена	li, м	гб, м	Кз	РЭ, м	m, кг
2	0.87	0.15	0.16	0.066	93.454
3	0.87	0.15	0.16	0.06	77.454
Масса основания					200
$\sum m_i$					370.908

$$\varepsilon = \frac{370.908 - 363}{363} = 2.179 \%$$

Погрешность в пределах 5%.

Рассчитаем моменты инерции звеньев.

2-е звено.

Вращение вокруг неподвижной оси, совпадающей с осью Oz

$$I_{z2} = \frac{93.454 \cdot 0.066^2}{2} = 0.204 \text{ кг*м}^2.$$

3-е звено.

$$I_{z3} = \frac{77.454 \cdot 0.06^2}{2} = 0.139 \text{ кг*м}^2.$$

Уравнение динамики:

$$\begin{vmatrix} J_{Oz} + k_1 \cos^2 \varphi_2 + 2k_2 \cos \varphi_2 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) + k_3 \cos^2(\varphi_2 + \varphi_3) + k_3 \cos^2(\varphi_2 + \varphi_3) & 0 & 0 \\ 0 & k_1 + k_3 + 2k_2 \cos \varphi_3 & k_3 + k_2 \cos \varphi_3 \\ 0 & k_3 + k_2 \cos \varphi_3 & k_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \ddot{\varphi}_1 \\ \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{\varphi}_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -\left(\frac{1}{4} m_2 l_2^2 \sin(2\varphi_2) \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 - 2m_3 \left(l_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)\right) \left(l_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) (\varphi_2 + \varphi_3) (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3)\right)\right) \dot{\varphi}_1 \\ -k_2 \sin \varphi_3 (2\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3) \dot{\varphi}_3 + \frac{1}{4} m_2 l_2^2 \cos \varphi_2 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_1 + m_3 \left(l_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)\right) \left(l_2 \sin \varphi_2 + \frac{1}{2} l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)\right) \dot{\varphi}_1^2 \\ \frac{1}{2} m_3 l_3 \left(l_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)\right) \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \dot{\varphi}_1^2 - k_2 \sin \varphi_3 \dot{\varphi}_2 \dot{\varphi}_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} m_2 g l_2 \cos \varphi_2 + m_3 g \left(l_2 \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)\right) \\ \frac{1}{2} m_3 g l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{vmatrix},$$

где $k_1 = \frac{1}{4} m_2 l_2^2 + m_3 l_2^2$ $k_2 = \frac{1}{2} m_3 l_2 l_3$ $k_3 = \frac{1}{4} m_3 l_3^2$

3.2.5. Расчет манипулятора робота, работающий в смешенной системе координат

Таблица 3.11 – Технические характеристики робота TH 180

Длина звена	Общая	180 мм
	Звено 1	70 мм
	Звено 2	110 мм
Рабочая зона	Ось 1	$\pm 120^\circ$
	Ось 2	$\pm 140^\circ$
	Ось 3 (Z-ось)	120 мм
Максимальная скорость	Ось 1	533°/с
	Ось 2	480°/с
	Ось 3 (Z-ось)	8 мм/с
	Комбинированная	2.6 м/с
Стандартная повторяемость	Горизонтальная 100мм	0.35с
	Вертикальная 25мм	(с нагрузкой 1 кг)
Грузоподъемность	Мах грузоподъемность	2 кг
	Допустимый конечный момент инерции	0.01 кг/м2
Точность позиционирования	X,Y (горизонтальная)	± 0.01 мм
	Z (Вертикальная)	± 0.01 мм
Масса		9 кг



Рисунок 3.13 – Toshiba SCARA TH180

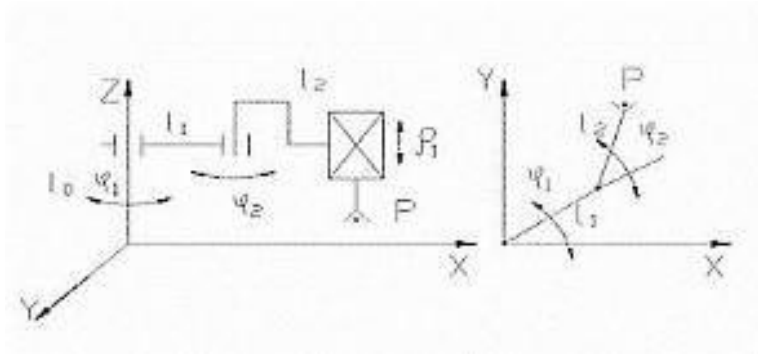


Рисунок 3.14 – Кинематическая схема ПР

$$z = l_0 - \rho_1, \quad x = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2),$$

$$y = l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2), \quad \rho_1 = z - l_0,$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + 2l_1l_2 \cos \varphi_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + 2l_1l_2 \sin \varphi_1 \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + l_2^2 =$$

$$= l_1^2 + l_2^2 + 2l_1l_2 \cos(\varphi_2)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{x^2 + y^2 + l_1^2 + l_2^2}{2l_1l_2}$$

$$x = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2),$$

$$x = \cos \varphi_1 (l_1 + l_2 \cos \varphi_2) - \sin \varphi_1 l_2 \sin \varphi_2$$

$$\cos \alpha = \frac{l_1 + l_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2 + 2l_1l_2 \cos \varphi_2}}$$

Пусть

Тогда $\cos(\varphi_1 + \alpha) = x$

Радиус-вектор точки полюса Р:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + 2l_1l_2 \cos \varphi_2 + \rho_1^2}$$

Модуль скорости точки полюса ПР:

$$V = \sqrt{l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_2^2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^2 + 2l_1l_2 \dot{\varphi}_1 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) \cos \varphi_2 + \dot{\rho}_1^2}$$

Ускорение точки полюса ПР:

$$W^2 = l_1^2 \dot{\varphi}_1^4 + l_1^2 \ddot{\varphi}_1^2 + l_2^2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^4 + l_2^2 (\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_2)^2 + 2l_1l_2 \cos \varphi_2 (\dot{\varphi}_1^2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^2 + \ddot{\varphi}_1 (\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_2)) +$$

$$+ 2l_1l_2 \sin \varphi_2 (\dot{\varphi}_1^2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) - \ddot{\varphi}_1 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^2) + \ddot{\rho}_1$$

Таблица 3.12 – Расчёт максимального ускорения звеньев

		Управляемые параметры		
		q_1	q_2	q_3
q_i	$q_{i \min}$	-1.047 рад	-1.222 рад	0.01 м
	$q_{i \max}$	1.047 рад	1.222 рад	0.13 м
$\dot{q}_{i \max}$		9.303 рад/с	8.378 рад/с	0.8 м/с
$K_{\text{тр}}$		0.8	0.7	0.9
$\ddot{q}_{i \max}$		25.82 рад/с ²	20.52 рад/с ²	5.93 м/с ²

Согласно имеющемуся изображению данного промышленного робота, будем считать, что звенья представляют собой цилиндры.

Число степеней свободы $n=4$. Имеется 1 ориентирующая степень подвижности.

$$m_{гр} = 2 \text{ кг,}$$

$$\Delta q = \pm 0.01 \text{ мм,}$$

$$M_{\Sigma} = 9 \text{ кг,}$$

$$m_{осн} = 3 \text{ кг,}$$

$$m_{сх.ор} = (1 + n_{ор})m_{гр} = (1 + 1)2 = 4 \text{ кг,}$$

$$m_3 = m_{сх.ор} + d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot K_3 = 4 + 7800 \cdot \pi \cdot 0.07 \cdot 0.03^2 \cdot 0.5 = 4.772 \text{ кг,}$$

$$m_2 = d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.11 \cdot 0.02^2 \cdot 0.5 = 0.539 \text{ кг,}$$

$$m_1 = d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot K_3 = 7800 \cdot \pi \cdot 0.12 \cdot 0.025^2 \cdot 0.5 = 0.919 \text{ кг,}$$

$$m_{теор} = m_{осн} + m_1 + m_2 + m_3 = 4.772 + 0.539 + 0.919 + 3 = 9.23 \text{ кг.}$$

Таблица 3.13 – Расчёт масс звеньев ПР-СмСК

№ звена	li, м	гб, м	Кз	РЭ, м	m, кг
1	0.07	0.03	0.5	0.023	0.919
2	0.11	0.02	0.5	0.014	0.539
3	0.12	0.025	0.5	0.04	4.772
Масса основания					3
$\sum m_i$					9.23

$$\varepsilon = \frac{9.23 - 9}{9} = 2.556 \%$$

Погрешность в пределах 5%.

Рассчитаем моменты инерции звеньев.

1-е звено.

$$J_{z1} = \frac{0.919 \cdot 0.023^2}{2} = 0.00024 \text{ кг*м}^2.$$

2-е звено.

$$J_{z2} = \frac{0.539 \cdot 0.014^2}{2} = 5.2822 \times 10^{-5} \text{ кг*м}^2.$$

3 звено.

$$J_{z3} = \frac{4.772 \cdot 0.04^2}{2} = 0.00382 \text{ кг*м}^2.$$

Уравнение динамики:

$$\begin{vmatrix} k_1 + 2k_3 \cos \varphi_2 & k_2 + k_3 \cos \varphi_2 & 0 \\ k_2 + k_3 \cos \varphi_2 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \ddot{\varphi}_1 \\ \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{\beta}_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -2k_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 - k_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2^2 \\ k_3 \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_1^2 \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ m_3 g \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ Q_3 \end{vmatrix}$$

где $k_1 = m_1 \frac{l_1^2}{4} + m_2 \frac{l_2^2}{4} + m_{23} l_1^2 + m_3 l_2^2$, $k_2 = m_2 \frac{l_2^2}{4} + m_3 l_2^2$, $k_3 = \frac{1}{2} m_2 l_1 l_2 + m_3 l_1 l_2$

3.3. Расчёт промышленного робота-манипулятора

Исходные данные на выполнение расчетно-графической работы

Схема

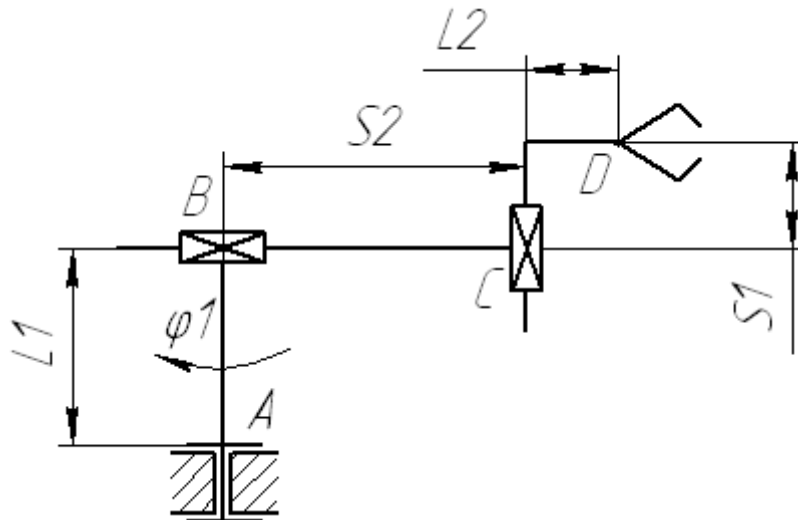


Рис.3.15

Задано

$$L_1 = 1,3 \text{ м}$$

$$L_2 = 0,6 \text{ м}$$

$$S_1 = 0,3 - 0,3 \sin ((\pi/24)t) \text{ м}$$

$$S_2 = 1 - 0,4 \cos ((\pi/24)t) \text{ м}$$

$$\varphi_1 = (\pi/8)t = 0,39t \text{ рад}$$

Определения подвижности манипулятора

Промышленный робот – автоматическая машина состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенное для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах [12].

Манипулятор – совокупность пространственного рычажного механизма и системы приводов, осуществляет под управлением программного автоматического устройства или человеко-оператора манипуляции которого аналогичны действиям руки человека.

Назначение и область применения:

Промышленный робот (ПР) предназначен для замены человека в процессе промышленного производства. При этом решается важная социальная задача – освобождение человека от работ связанных с

опасностями для здоровья или с тяжелым физическим трудом, а также от простых монотонных операций, потребует высокой квалификации.

Гибкие автоматизированные производства созданные на базе ПР позволяют решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции при мелкосерийном и штучном производстве.

Манипулятор ПР по своему функциональному назначению должен обеспечивать движение выходного звена, закрепленного в нем объекта, манипулирования в пространстве, по заданной траектории и с заданной ориентацией.

1. Структурная схема механизма робота-манипулятора в пространстве

Изображение механизма робота-манипулятора в пространстве строится под углом $\Phi=10^\circ$

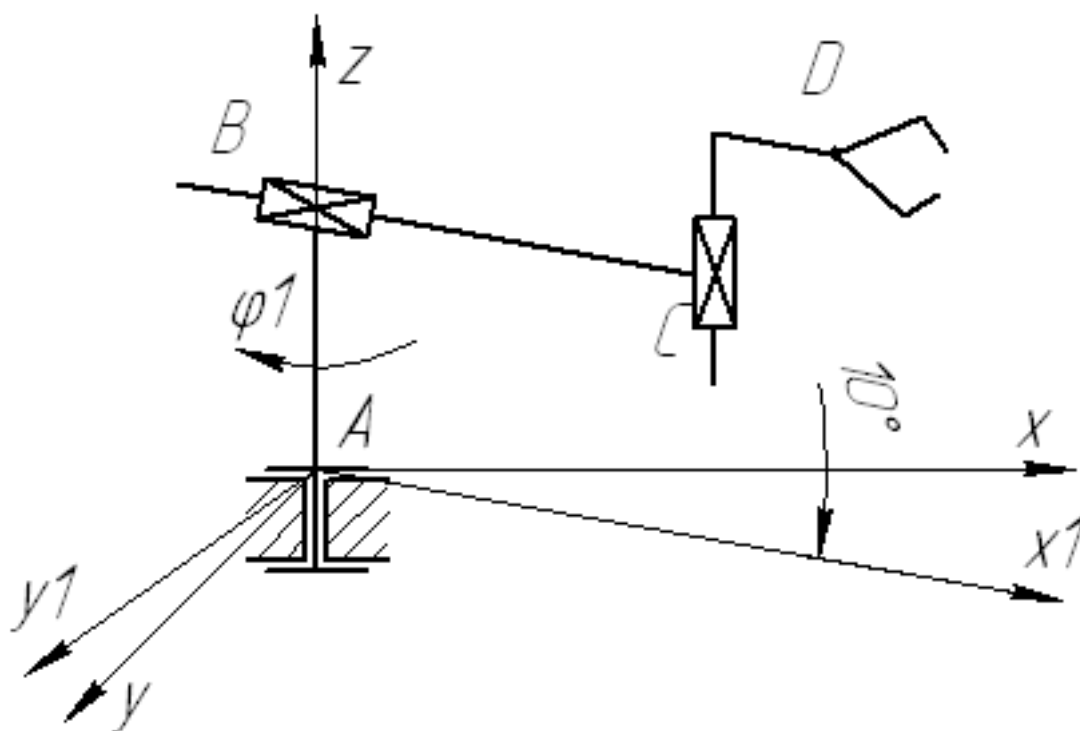


Рис.3.16

2. Структурный анализ механизма робота-манипулятора

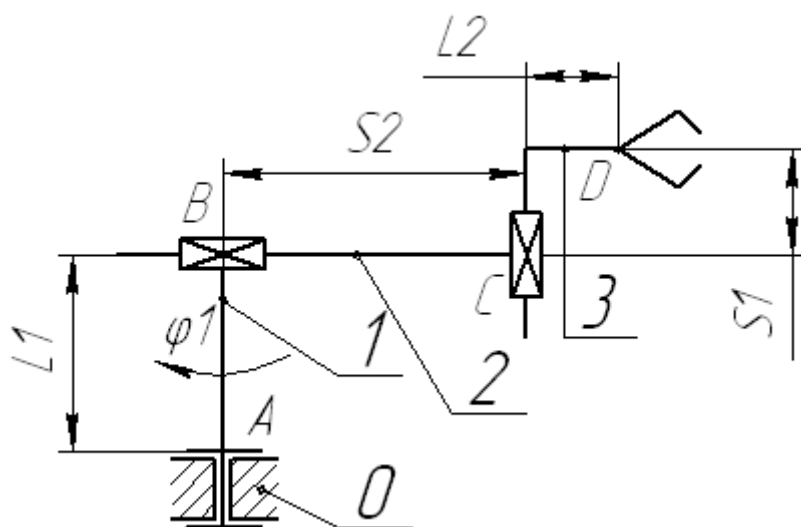


Рис.3.16

В этой системе звено 1 может вращаться относительно звена 0 – относительное угловое перемещение Φ . Звено 2 перемещается в горизонтальной плоскости относительно звена 1 – относительное линейное перемещение S_{21} . Звено 3 перемещается по вертикали относительно звена 2 – относительное линейное перемещение S_{32} .

3. Определение степени подвижности механизма робота-манипулятора

Характеристика кинематических пар:

A_{01} – вращательное, одноподвижное, 5 класса

B_{12} – поступательное, одноподвижное, 5 класса

C_{23} – поступательное, одноподвижное, 5 класса

Количество степеней свободы механизма определяется по формуле:

$$W = 6n - 5p_5 \quad [1.1 \text{ стр. } 55]$$

$$W = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3$$

4. Определение маневренности механизма робота-манипулятора

Маневренность манипулятора определяется как число степеней свободы механизма при неподвижном, фиксированном положении схвата.

Для данного механизма маневренность $m = 0$, поскольку к заданной точке рабочего объема E , в заданном направлении CE , схват может подойти только при одном единственном положении звеньев 1, 2

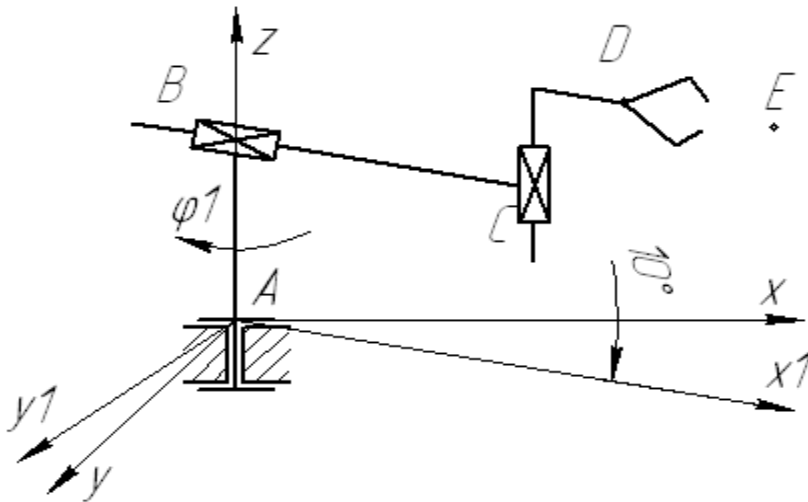


Рис.3.17

5. Уравнение движения точки D схвата в декартовых координатах

Уравнения составляются из схемы механизма в пространстве

$$\begin{cases} X_D = (S_2 + L_2) \cdot \cos \varphi_1 \\ Y_D = (S_2 + L_2) \cdot \sin \varphi_1 \text{ [1.2 стр.60]} \\ Z_D = S_1 - L_1 \end{cases}$$

Поскольку координаты точки D зависят от времени, то система примет следующий вид:

$$\begin{cases} X_D = (S_2(t) + L_2) \cdot \cos \varphi_1(t) \\ Y_D = (S_2(t) + L_2) \cdot \sin \varphi_1(t) \text{ [1.3 стр.60]} \\ Z_D = S_1(t) - L_1 \end{cases}$$

6. Анализ движения робота-манипулятора и определение время цикла его работы.

Поворот вокруг оси Z (изменение φ_1) осуществляется равномерно, так как первая производная от угла поворота постоянная величина

$$\varphi_1' = (0,39t)' = \text{const}$$

Полный оборот совершается за время $T_1 = 2\pi / (\pi/8) = 16$ с

Вертикальное движение (изменение S_1) циклично и осуществляется по закону синуса с периодом T_2 :

$$S_1 = 0,3 - 0,3 \sin ((\pi/24)t)$$

$$T_2 = (2\pi) / (\pi/24) = 48 \text{ (сек)}$$

Горизонтальное движение (изменение S_2) циклично и осуществляется

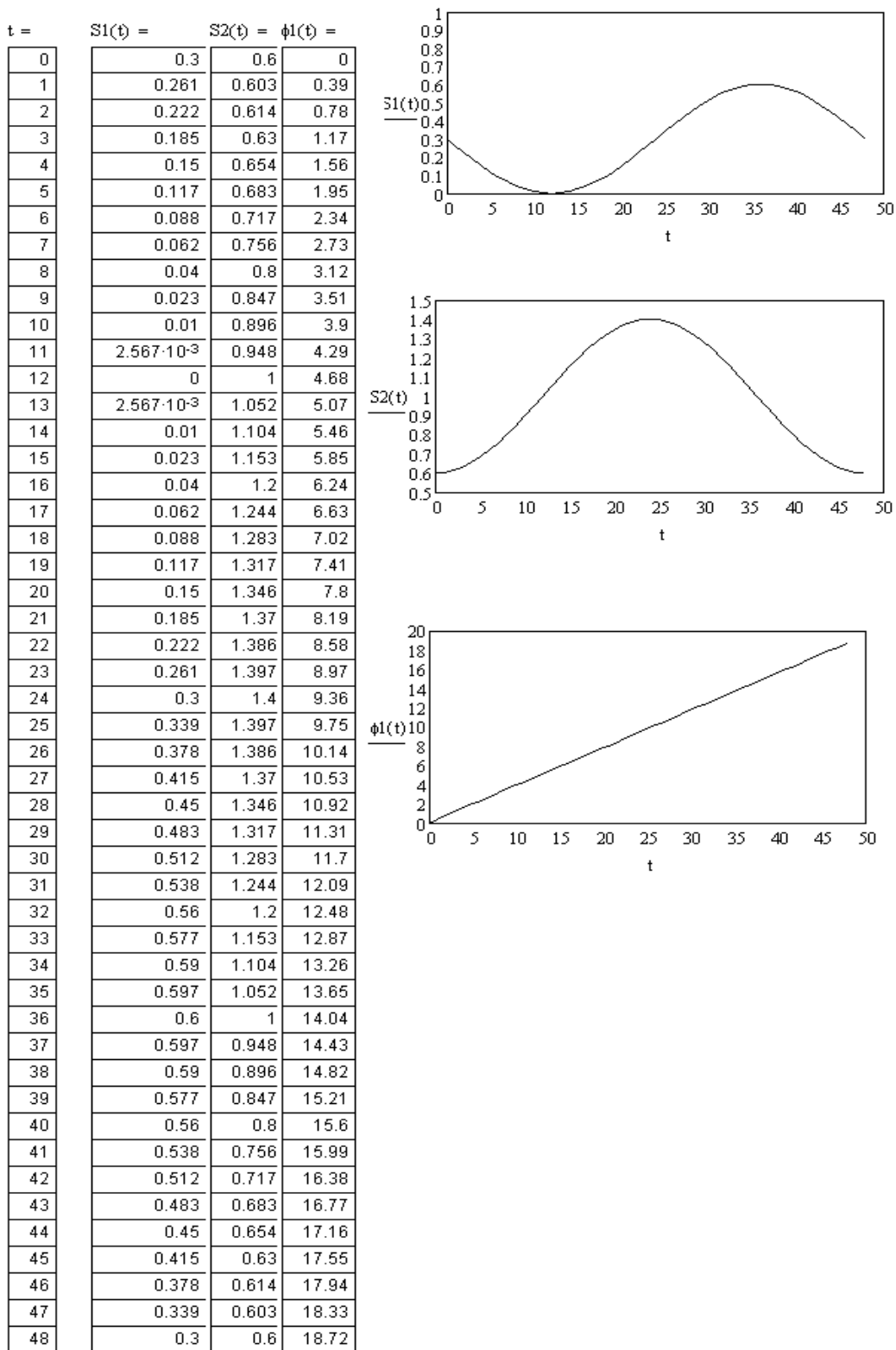


Рис.3.18

по закону косинуса с периодом T_3 :

$$S_2 = 1 - 0,4\cos((\pi/24)t)$$

$$T_3 = (2\pi)/(\pi/24) = 48 \text{ (сек)}$$

Общее время цикла T определяется как наименьшее общее кратное T_1 ,

$T_2, T_3:$

$$T = 48 \text{ сек}$$

Движение рассматриваемого производственного робота циклично и повторяется через каждые 48 секунды.

7. Определение скоростей и ускорений точки D

Скорость есть первая производная от каждого уравнения системы, определяющей положение точки D в пространстве в произвольный момент времени

$$V_{dx}(t) := \frac{d}{dt} X_d(t)$$

$$V_{dy}(t) := \frac{d}{dt} Y_d(t)$$

$$V_{dz}(t) := \frac{d}{dt} Z_d(t)$$

Общая скорость точки D определяется из уравнения

$$V_d(t) := \sqrt{V_{dx}(t)^2 + V_{dy}(t)^2 + V_{dz}(t)^2}$$

Ускорение есть вторая производная от каждого уравнения системы, определяющей положение точки D в пространстве в произвольный момент времени

$$a_{dx}(t) := \frac{d^2}{dt^2} X_d(t)$$

$$a_{dy}(t) := \frac{d^2}{dt^2} Y_d(t)$$

$$a_{dz}(t) := \frac{d^2}{dt^2} Z_d(t)$$

Общее ускорение точки D определяется из уравнения:

$$a_d(t) := \sqrt{a_{dx}(t)^2 + a_{dy}(t)^2 + a_{dz}(t)^2}$$

8. Расчёт и построение зависимостей перемещений, скорости, ускорения точки D от времени для одного цикла

Расчёт и построение зависимостей перемещений, скорости и ускорения точки D в зависимости от времени осуществляется в MathCAD, при этом используются уравнения, описанные в пункте 8 РГР.

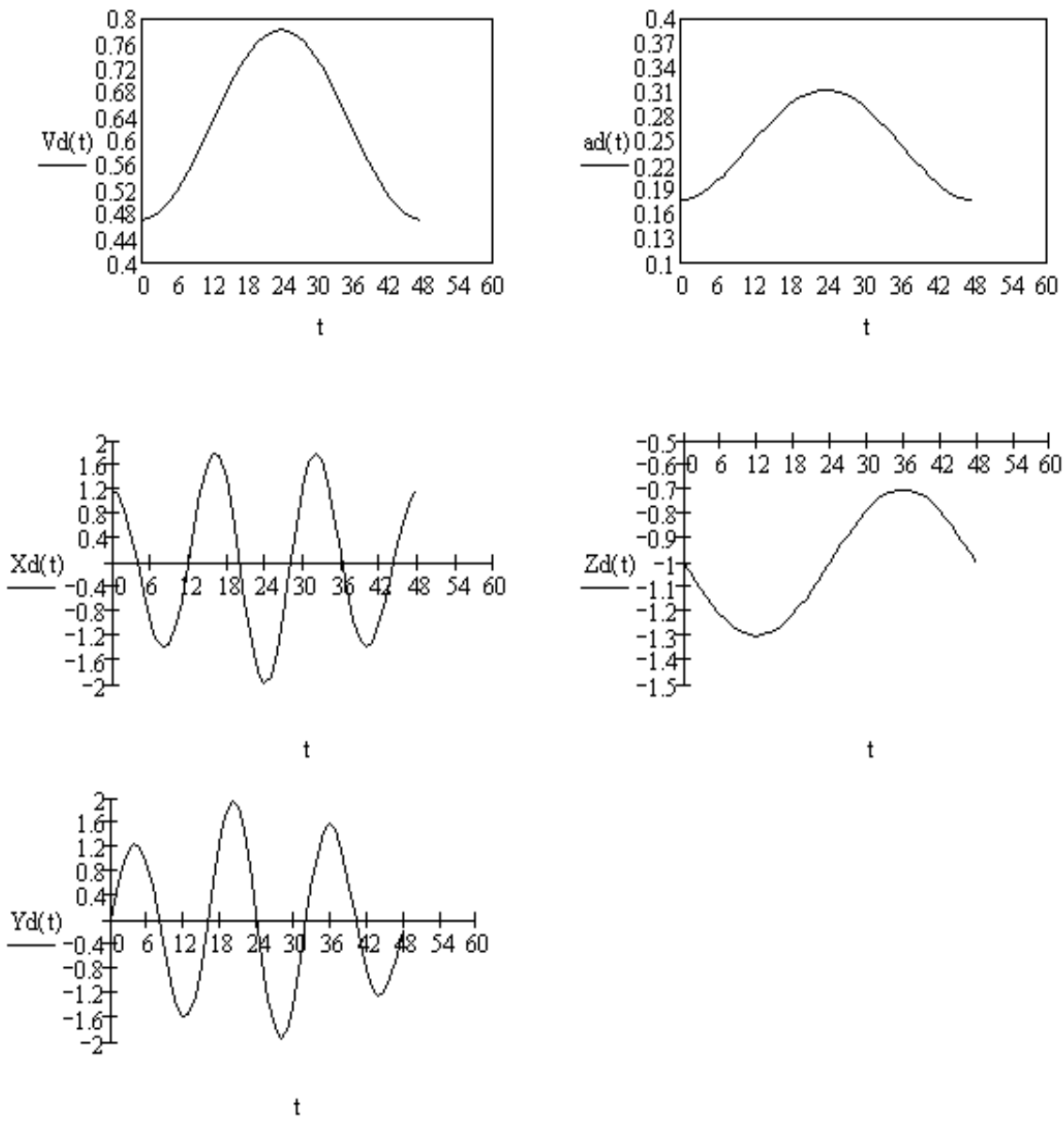


Рис.3.19

t =	Vd(t) =	ad(t) =
0	0.47	0.176
1	0.471	0.176
2	0.475	0.178
3	0.482	0.182
4	0.491	0.186
5	0.502	0.191
6	0.516	0.198
7	0.531	0.205
8	0.548	0.213
9	0.567	0.221
10	0.586	0.229
11	0.606	0.238
12	0.626	0.247
13	0.646	0.255
14	0.666	0.264
15	0.686	0.272
16	0.704	0.279
17	0.721	0.286
18	0.736	0.293
19	0.749	0.298
20	0.76	0.303
21	0.769	0.306
22	0.776	0.309
23	0.78	0.311
24	0.781	0.311
25	0.78	0.311
26	0.776	0.309
27	0.769	0.306
28	0.76	0.303
29	0.749	0.298
30	0.736	0.293
31	0.721	0.286
32	0.704	0.279
33	0.686	0.272
34	0.666	0.264
35	0.646	0.255
36	0.626	0.247
37	0.606	0.238
38	0.586	0.229
39	0.567	0.221
40	0.548	0.213
41	0.531	0.205
42	0.516	0.198
43	0.502	0.191
44	0.491	0.186
45	0.482	0.182
46	0.475	0.178
47	0.471	0.176
48	0.47	0.176

Рис.3.20

9. Определение и построение зоны обслуживания

$\varphi_{1\min}=0$	$\varphi_{1\max}=18,72$
$S_{2\min}=0,6$	$S_{2\max}=1,4$
$S_{1\min}=0$	$S_{1\max}=0,6$
$R_{\min}=S_{2\min}+L_2$	$R_{\min}=1,2$
$R_{\max}=S_{2\max}+L_2$	$R_{\max}=2$
$H_{\min}=L_1+S_{1\min}$	$H_{\min}=1,3$
$H_{\max}=L_1+S_{1\max}$	$H_{\max}=1,9$

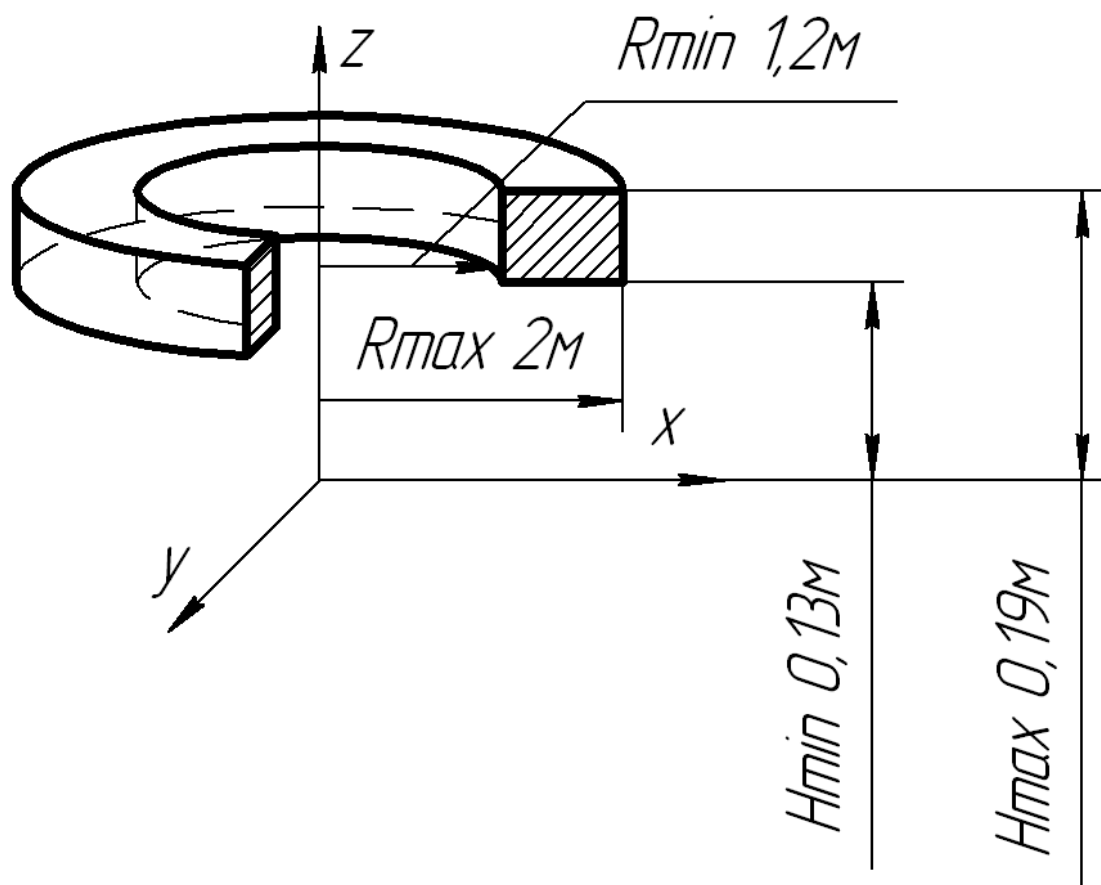


Рис.3.21

Выводы

Данный манипулятор предназначен для промышленного производства и имеет 3 кинематические пары и не является сложным как в эксплуатации, так и в изготовлении. Оборудование вокруг такого манипулятора должно располагаться с требуемой ориентацией.

Незамкнутая кинематическая цепь манипулятора позволяет схвату занимать различные положения в некотором объеме.

Исходя из максимальной скорости перемещения центра схвата, его можно отнести к высокоскоростным манипуляторам.

Область движения схвата по вертикали составляет 0,6м, а по горизонтали 0,8м и что является приемлемым для промышленного производства.

3.4. Расчет движения робота

Постановка задачи

Задана структура исполнительного механизма промышленного робота с двумя вращательными и одной поступательной региональными степенями свободы [13].

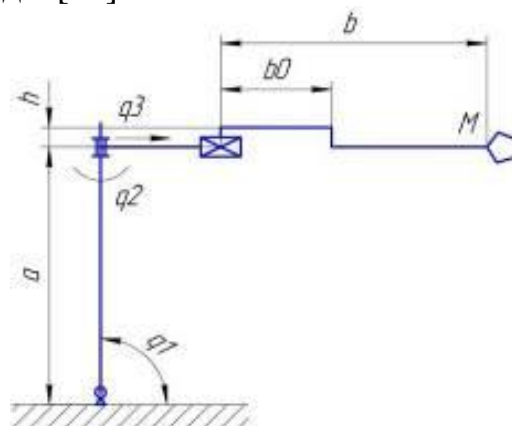


Рис.3.22

ВВП

Размеры робота:

$a = 0,6$ м;

$b = 0,7$ м;

	$\frac{\pi}{2}$	
	$\frac{\pi}{2}$	
		7

В рабочей зоне данного робота необходимо поместить транспортер и обеспечить движение рабочего органа робота по заданной траектории на этом транспортере:

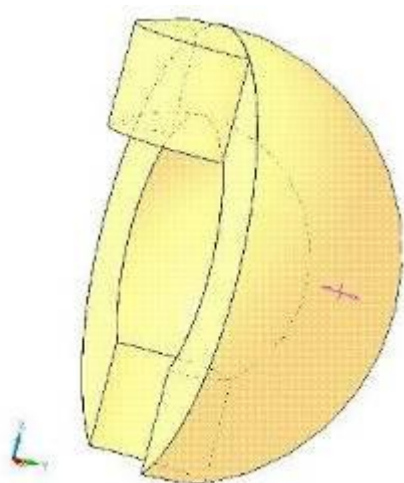


Рис.3.23

Заданная траектория

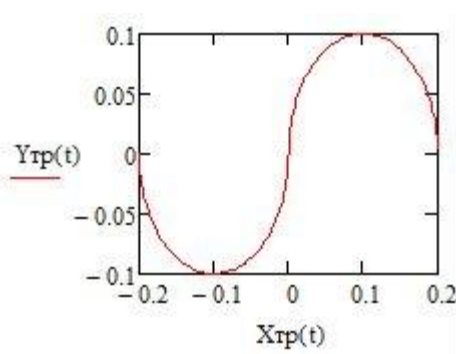


Рис.3.24

$\omega = 0,6$ рад/с, $z_{\text{ост}}=0$ м, $y_{\text{ост}}=1.2$, $x_{\text{ост}}=0$

В ходе работы необходимо решить обратную задачу кинематического анализа, задачу позиционирования, произвести кинестатический расчет механизма и проверить его результаты, а также выбрать двигатель и оценить динамические ошибки схвата по скорости.

Системы отсчета

Свяжем со звеньями локальные прямоугольные системы координат.

Для вращательных пар: ось z направим вдоль оси вращения, так, чтобы глядя с ее вершины, видеть вращение против часовой стрелки.

Для поступательной пары: ось x направим вдоль линии движения в сторону увеличения координаты.

Матрицы перехода

Если известны координаты точки в s -й системе координат, то для перехода к $(s-1)$ -й системе координат воспользуемся матрицами перехода.

Введем вектор положения: $R_A^{(s)} = \begin{pmatrix} \vec{r}_A^{(s)} \\ 1 \end{pmatrix}$. Тогда $R_A^{(s-1)} = H_{s-1,s} R_A^{(s)}$.

Матрицы перехода будем искать как произведение матрицы перехода из $(s-1)$ в s^* и матрицы перехода из s^* в s , где s^* – s -я система координат в начальном положении при $q_s=0$

$$H_{1x1} := \begin{pmatrix} \cos(q1) & -\sin(q1) & 0 & 0 \\ \sin(q1) & \cos(q1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad H_{01x} := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$H_{01} := H_{01x} H_{1x1} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ \cos(q1) & -\sin(q1) & 0 & 0 \\ \sin(q1) & \cos(q1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$H_{12x} := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad H_{2x2} := \begin{pmatrix} \cos(q2) & -\sin(q2) & 0 & 0 \\ \sin(q2) & \cos(q2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{H12} &:= \mathbf{H12xH2x2} \rightarrow \begin{pmatrix} \sin(q_2) & \cos(q_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a \\ \cos(q_2) & -\sin(q_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
\mathbf{H23x} &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{H3x3} := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & q_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
\mathbf{H23} &:= \mathbf{H23xH3x3} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & q_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
\mathbf{H0s}(t) &:= \mathbf{H0st1 \cdot Hst1st}(t) \rightarrow \begin{pmatrix} \cos(0.6t - 1.8) & -\sin(0.6t - 1.8) & 0 & 0 \\ \sin(0.6t - 1.8) & \cos(0.6t - 1.8) & 0 & 1.2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
\mathbf{A01}(t) &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \cos(q_1(t)) & -\sin(q_1(t)) & 0 \\ \sin(q_1(t)) & \cos(q_1(t)) & 0 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A12}(t) := \begin{pmatrix} \sin(q_2(t)) & \cos(q_2(t)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ \cos(q_2(t)) & -\sin(q_2(t)) & 0 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A23}(t) := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Обратная задача кинематического анализа

При решении обратной задачи кинематического анализа по известным координатам $x_M(t)$, $y_M(t)$, $z_M(t)$ необходимо определить законы $q_1(t)$, $q_2(t)$, $q_3(t)$.

На участке ВС работы с транспортером (время изменяется от $t_3 = 3$ до $t_4 = 4.257$ с) решаем траекторную задачу.

Траектория описывается следующими уравнениями:.

$$\begin{aligned}
\alpha(t) &:= v \cdot \frac{(t - t_3)}{\left(\frac{R}{2}\right)} \\
X_{\delta\delta}(t) &:= \begin{cases} -\frac{R}{2} - \frac{R}{2} \cos(\alpha(t)) & \text{if } t_3 \leq t \leq t_3 + \frac{(t_4 - t_3)}{2} \\ \frac{R}{2} + \frac{R}{2} \cos(\alpha(t)) & \text{otherwise} \end{cases} \quad Y_{\delta\delta}(t) := \frac{-R}{2} \cdot \sin(\alpha(t))
\end{aligned}$$

Для нахождения $q_1(t)$, $q_2(t)$, $q_3(t)$ определим вектор положения $R_M^{(0)}$

Вектор положения полюса М в 3-ей системе:

$$\mathbf{Rm3} := \begin{pmatrix} b \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Тогда $R_M^{(0)}$ определится следующим образом:

$$\mathbf{Rm0} := \mathbf{H01 \cdot H12 \cdot H23 \cdot Rm3} \rightarrow \begin{pmatrix} -b \cdot \sin(q_2) - q_3 \cdot \sin(q_2) \\ b \cdot \cos(q_1) \cdot \cos(q_2) - a \cdot \sin(q_1) + q_3 \cdot \cos(q_1) \cdot \cos(q_2) \\ a \cdot \cos(q_1) + b \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_1) + q_3 \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_1) \\ 1 \end{pmatrix}$$

В тоже время $R_M^{(0)} = \begin{pmatrix} x_M^{(0)} \\ y_M^{(0)} \\ z_M^{(0)} \\ 1 \end{pmatrix}$.

Приравнявая выражения, выразим q_1, q_2, q_3 через X_M^0, Y_M^0, Z_M^0

Она не имеет однозначного решения. Из всего множества решений системы, выбираем удовлетворяющие условиям, накладываемым на робота.

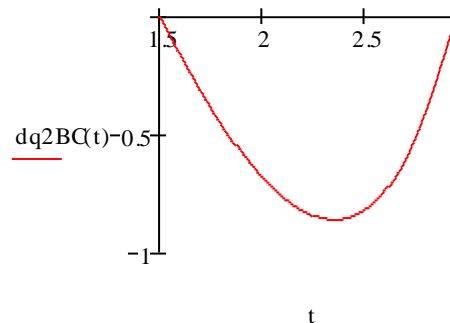
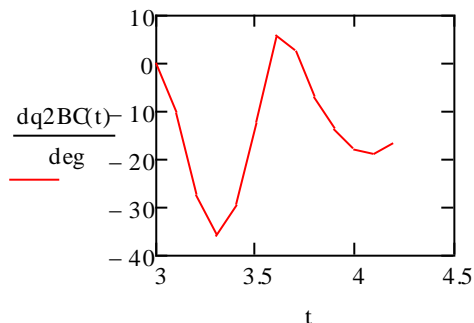
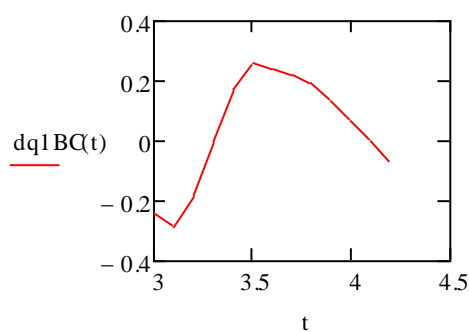
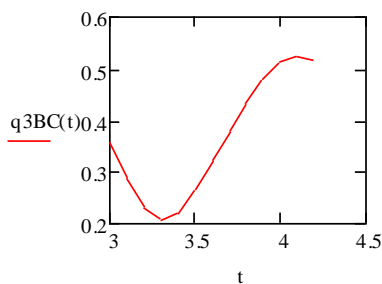
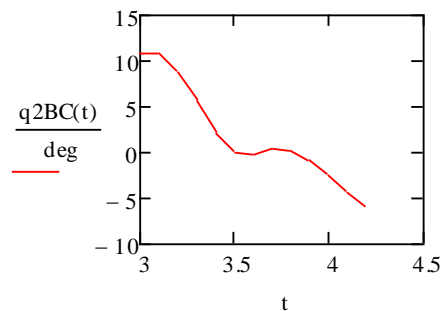
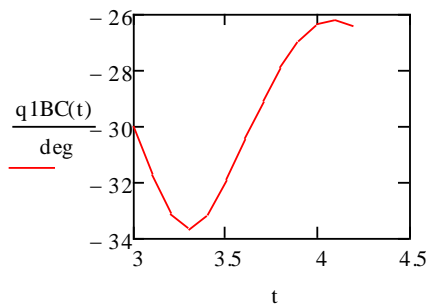
$$q_3 := \sqrt{Y_{m0}^2 + Z_{m0}^2 - a^2 + X_{m0}^2} - b$$

$$\cos q_2 := \frac{\sqrt{Y_{m0}^2 + Z_{m0}^2 - a^2}}{b + q_3}$$

$$\sin q_2 := \frac{-X_{m0}}{b + q_3}$$

$$a_1 := (b + q_3) \cdot \cos(q_2)$$

$$d := \sqrt{a_1^2 + a^2}$$



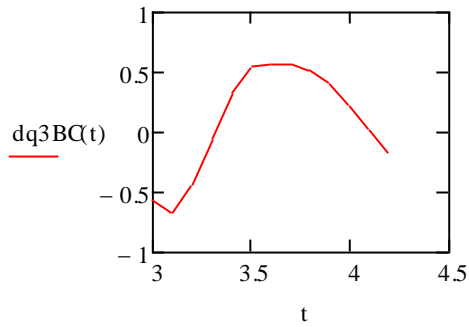


Рис.3.25

$$\cos \alpha 1 := \frac{a}{\sqrt{a^2 + (b + q3)^2 (\cos(q2))^2}}$$

$$\sin \alpha 1 := \frac{(b + q3) \cos(q2)}{\sqrt{a^2 + (b + q3)^2 (\cos(q2))^2}}$$

$$\alpha 1 := \text{angle}(\cos \alpha 1, \sin \alpha 1)$$

$$q1 := \alpha 1 - \text{acos}\left(\frac{Zm0}{d}\right)$$

$$q1 := \alpha 1 - \text{asin}\left(\frac{Ym0}{d}\right)$$

Решение задачи позиционирования

На участке АВ необходимо за время t_3 перевести полюс схвата М из начального положения M_0 в положение M_1 , т.е. известно $q_{iAB}(0)=0$, $q_{iAB}(t_3)=q_{iBC}(t_3)$, $dq_{iAB}(0)=0$, $dq_{iAB}(t_3)=dq_{iBC}(t_3)$, где $i=1,2,3$ [14].

Задан закон распределения ускорений на участке АВ:

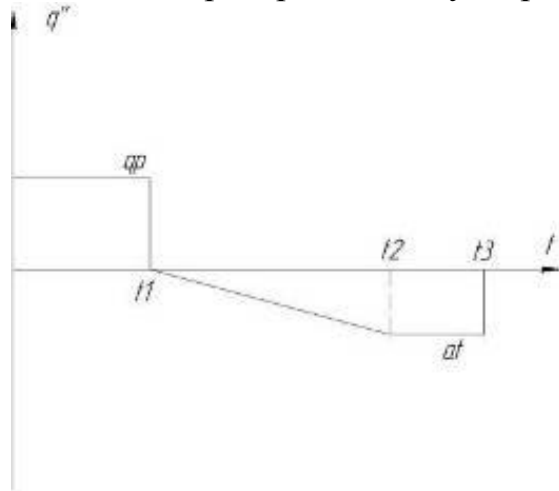


Рис.3.26

$$t1=0.5 \quad t2=2.5$$

$$d^2q_{1AB}(t) := ap \cdot \Phi(t) - ap \cdot \Phi(t - t1) + \frac{at}{t1 - t2} \cdot (t - t1) \cdot \Phi(t - t1) - \frac{at}{t1 - t2} \cdot (t - t2) \cdot \Phi(t - t2)$$

$$dq_{1AB}(t) := ap \cdot t \cdot \Phi(t) - ap \cdot (t - t1) \cdot \Phi(t - t1) + \frac{at}{t1 - t2} \cdot \frac{(t - t1)^2}{2} \cdot \Phi(t - t1) - \frac{at}{t1 - t2} \cdot \frac{(t - t2)^2}{2} \cdot \Phi(t - t2)$$

$$q1AB(t) := \text{ap1} \cdot \frac{t^2}{2} \cdot \Phi(t) - \text{ap1} \cdot \frac{(t-t1)^2}{2} \cdot \Phi(t-t1) + \frac{\text{at1}}{t1-t2} \cdot \frac{(t-t1)^3}{6} \cdot \Phi(t-t1) - \frac{\text{at1}}{t1-t2} \cdot \frac{(t-t2)^3}{6} \cdot \Phi(t-t2)$$

$$A1 := \begin{pmatrix} 0.5 & -1.5 \\ 1.375 & -1.29166666666666666666 \end{pmatrix}$$

$$B1 := \begin{pmatrix} dq1BCt3 \\ q1BCt3 \end{pmatrix}$$

$$X1 := A1^{-1} \cdot B1 = \begin{pmatrix} -0.335 \\ 0.049 \end{pmatrix}$$

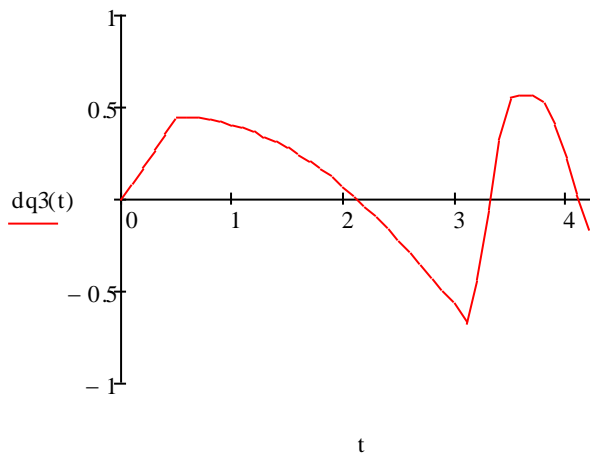
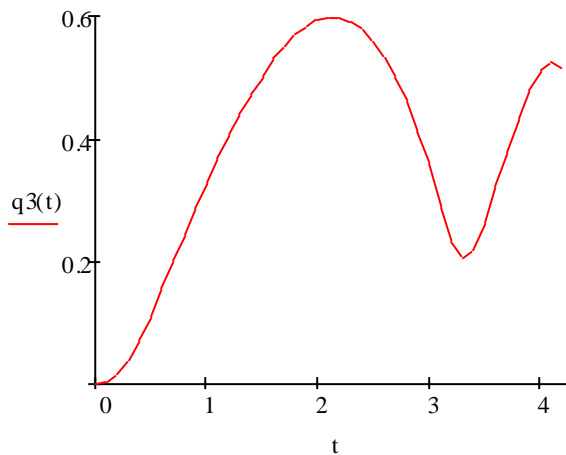
$$\text{ap1} := X1_0 = 0.085 \quad \text{at1} := X1_1 = -0.057$$

$$q2(t) := \begin{cases} q2AB(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t3 \\ q2BC(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$dq2(t) := \begin{cases} dq2AB(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t3 \\ dq2BC(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$d2q2(t) := \begin{cases} d2q2AB(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t3 \\ d2q2BC(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$d2q3(t) := \begin{cases} d2q3AB(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t3 \\ d2q3BC(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$



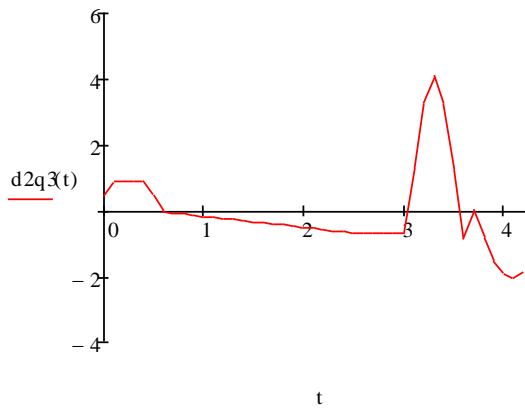


Рис.3.27

Траектория полюса схвата М имеет следующий вид:

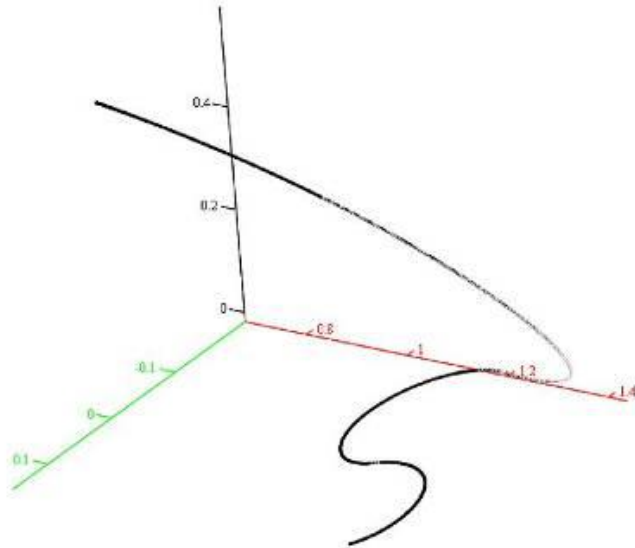


Рис.3.28

Нахождение угловых скоростей и ускорений

Относительные угловые скорости звеньев:

Абсолютная угловая скорость s-го звена

$$\bar{\Omega}_s = \sum_{k=1}^s \bar{\omega}_k = \bar{\Omega}_{s-1} + \bar{\omega}_s.$$

После проекции на оси s-й системы координат получим следующее выражение: $\Omega_s^{(s)} = A_{s-1,s}^T \Omega_{s-1}^{(s-1)} + \omega_s^{(s)}$.

$$\Omega_{22} := A_{12}^T \cdot \Omega_{11} + \omega_{22} \rightarrow \begin{pmatrix} dq1 \cdot \cos(q2) \\ -dq1 \cdot \sin(q2) \\ dq2 \end{pmatrix}$$

$$\Omega_{33} := A_{23}^T \cdot \Omega_{22} + \omega_{33} \rightarrow \begin{pmatrix} -dq1 \cdot \sin(q2) \\ dq2 \\ dq1 \cdot \cos(q2) \end{pmatrix}$$

Абсолютное угловое ускорение s-го звена

$$\bar{E}_s = \bar{E}_{s-1} + \bar{\Omega}_s \times \bar{\omega}_s + \bar{\varepsilon}_s.$$

Проецируя это векторное равенство на оси s-й системы координат, получим следующее выражение:

$$E_s^{(s)} = A_{s-1,s}^T E_{s-1}^{(s-1)} + \Omega_s^{(s)} \times \omega_s^{(s)} + \varepsilon_s^{(s)}.$$

$$E22 := A12^T \cdot E11 + \Omega22 \times \omega22 + \varepsilon22 \rightarrow \begin{pmatrix} d2q1 \cdot \cos(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \sin(q2) \\ -d2q1 \cdot \sin(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \cos(q2) \\ d2q2 \\ -d2q1 \cdot \sin(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \cos(q2) \\ d2q2 \\ d2q1 \cdot \cos(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \sin(q2) \end{pmatrix}$$

$$E33 := A23^T \cdot E22 + \Omega33 \times \omega33 + \varepsilon33 \rightarrow \begin{pmatrix} d2q1 \cdot \cos(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \sin(q2) \\ -d2q1 \cdot \sin(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \cos(q2) \\ d2q2 \\ -d2q1 \cdot \sin(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \cos(q2) \\ d2q2 \\ d2q1 \cdot \cos(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \sin(q2) \end{pmatrix}$$

Нахождение скоростей и ускорений отдельных точек звеньев

Скорость произвольной точки К: $\bar{v}_K = \bar{v}_O + \bar{\Omega} \times \bar{r}_K + \bar{v}_{rK}$, где \bar{v}_{rK} -

относительная скорость точки К: $\bar{v}_{rK} = \frac{d\bar{r}_K}{dt}$.

Для полюсов подвижных систем эта формула переписывается следующим образом:

$$\bar{v}_{Os} = \bar{v}_{Os-1} + \bar{\Omega}_{s-1} \times \bar{r}_{Os} + \bar{v}_{rOs}.$$

После проекции на оси s-й системы координат получим следующее выражение:

$$v_{Os}^{(s)} = A_{s-1,s}^T (v_{Os-1}^{(s-1)} + \Omega_{s-1}^{(s-1)} \times r_{Os}^{(s-1)} + v_{rOs}^{(s-1)}).$$

$$rO10 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad rO21 := \begin{pmatrix} 0 \\ \mathbf{a} \\ 0 \end{pmatrix} \quad rO32 := \begin{pmatrix} 0 \\ \mathbf{q3} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$rC11 := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{\mathbf{a}}{2} \\ 0 \end{pmatrix} \quad rC22 := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{\mathbf{12}}{2} \\ 0 \end{pmatrix} \quad rC33 := \begin{pmatrix} \mathbf{XC33} \\ \mathbf{YC33} \\ 0 \end{pmatrix} \quad RC33 := \begin{pmatrix} \mathbf{XC33} \\ \mathbf{YC33} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ускорение произвольной точки К:

$\bar{w}_K = \bar{w}_O + \bar{E} \times \bar{r}_K + \bar{\Omega} \times (\bar{\Omega} \times \bar{r}_K) + \bar{w}_{rK} + 2\bar{\Omega} \times \bar{v}_{rK}$. Первые три слагаемых – переносное ускорение, четвертое слагаемое – относительное ускорение, пятое – кориолисово ускорение точки К.

Для полюсов подвижных систем эта формула переписывается следующим образом:

$$\bar{w}_{Os} = \bar{w}_{Os-1} + \bar{E}_{s-1} \times \bar{r}_{Os} + \bar{\Omega}_{s-1} \times (\bar{\Omega}_{s-1} \times \bar{r}_{Os}) + \bar{w}_{rOs} + 2\bar{\Omega}_{s-1} \times \bar{v}_{rOs}.$$

После проекции на оси s-й системы координат получим следующее выражение:

$$w_{Os}^{(s)} = A_{s-1,s}^T (w_{Os-1}^{(s-1)} + E_{s-1}^{(s-1)} \times r_{Os}^{(s-1)} + \Omega_{s-1}^{(s-1)} \times (\Omega_{s-1}^{(s-1)} \times r_{Os}^{(s-1)}) + w_{rOs}^{(s-1)} + 2\Omega_{s-1}^{(s-1)} \times v_{rOs}^{(s-1)}).$$

$$wC11 \rightarrow \begin{pmatrix} -\frac{a \cdot d2q1}{2} \\ \frac{a \cdot dq1^2}{2} \\ 0 \end{pmatrix} wC22 \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{12 \cos(q2) \cdot \sin(q2) \cdot dq1^2}{2} - \frac{d2q2 \cdot l2}{2} - a \cdot d2q1 \cdot \sin(q2) \\ -\frac{12 \cdot dq1^2 \cdot \cos(q2)^2}{2} - \frac{12 \cdot dq2^2}{2} - a \cdot d2q1 \cdot \cos(q2) \\ \frac{12 \cdot (d2q1 \cdot \cos(q2) - dq1 \cdot dq2 \cdot \sin(q2))}{2} - a \cdot dq1^2 - \frac{dq1 \cdot dq2 \cdot l2 \cdot \sin(q2)}{2} \end{bmatrix}$$

Скорость и ускорение полюса схвата М

Для скорости и ускорения полюса схвата М справедливы следующие формулы:

$$\bar{v}_M = \bar{v}_{Os} + \bar{\Omega}_s \times \bar{r}_M,$$

$$\bar{w}_M = \bar{w}_{Os} + \bar{E}_s \times \bar{r}_M + \bar{\Omega}_s \times (\bar{\Omega}_s \times \bar{r}_M).$$

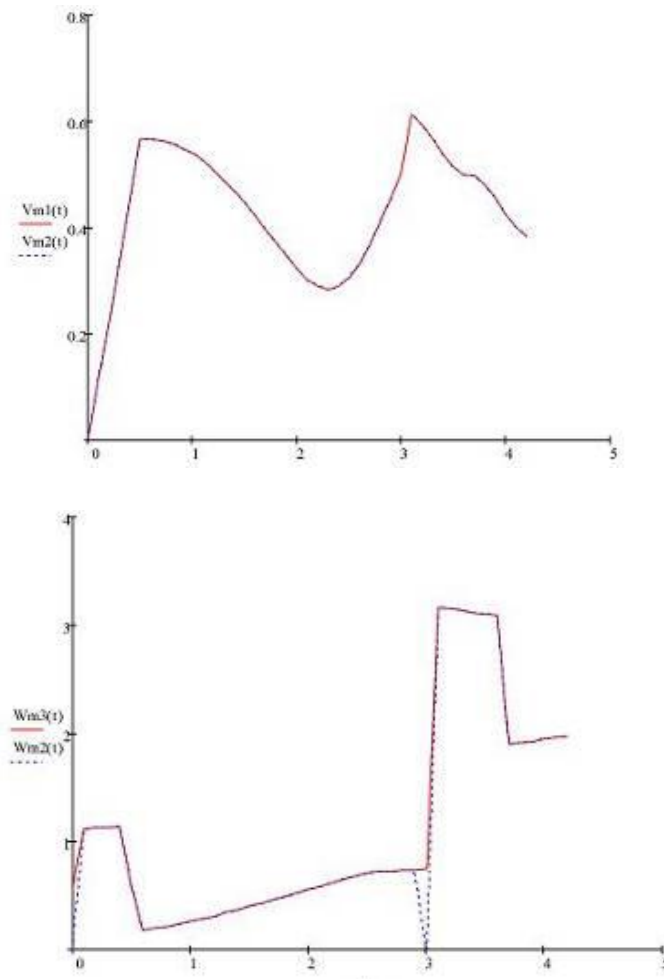


Рис.3.29

3.5. Кинестатический расчет механизма

Зная закон движения схвата робота, определим движущие усилия, что позволит нам в дальнейшем выбрать приводные двигатели и узнать параметры движения.

Уравнения кинестатики:

$$\begin{cases} \bar{\Phi}_k + \bar{P}_k^{(e)} + \bar{R}_k^{(e)} = 0 \\ \bar{M}_{Ok}(\bar{\Phi}) + \bar{M}_{Ok}(\bar{P}^{(e)}) + \bar{M}_{Ok}(\bar{R}^{(e)}) = 0 \end{cases}, \text{где } k = 1, 2, 3.$$

Силы инерции: $\bar{\Phi}_k = -m_k \bar{w}_{Ck}$.

Момент сил инерции k-го звена относительно точки O:

$$M_{Ok}(\bar{\Phi}) = M_{Ck}(\bar{\Phi}) - m_k \bar{r}_{Ck} \times \bar{w}_{Ok}.$$

Тензор инерции:

Выберем параметры звеньев робота (необходимо, чтобы выполнялось условие $m_1 > m_2 > m_3$):

$$\begin{aligned} l_2 &:= 0.1 \quad h := 0.05 & b_0 &:= 0.1 & \rho &:= 7800 \\ R_1 &:= 0.1a = 0.06 & m_1 &:= \rho \cdot \pi \cdot R_1^2 \cdot a = 52.93 \\ R_2 &:= 0.05l_2 = 0.04 & m_2 &:= \rho \cdot \pi \cdot R_2^2 \cdot l_2 = 31.366 \\ R_3 &:= 0.05b = 0.035 & m_3 &:= \rho \cdot \pi \cdot [R_3^2 \cdot h + R_3^2 \cdot b_0 + R_3^2 \cdot h + R_3^2 \cdot (b - b_0)] = 24.014 \\ J_{y31} &:= \frac{m_3 l_2 R_3^2}{2} & J_{x31} &:= \frac{1}{4} \cdot m_3 l_2 \left(R_3^2 + \frac{1}{3} \cdot h^2 \right) & J_{z31} &:= J_{x31} \\ J_{x32} &:= \frac{m_3 l_2 R_3^2}{2} & J_{y32} &:= \frac{1}{4} \cdot m_3 l_2 \left(R_3^2 + \frac{1}{3} \cdot b_0^2 \right) & J_{z32} &:= J_{y32} \\ J_{y33} &:= \frac{m_3 l_2 R_3^2}{2} & J_{x33} &:= \frac{1}{4} \cdot m_3 l_2 \left(R_3^2 + \frac{1}{3} \cdot h^2 \right) & J_{z33} &:= J_{x33} \\ J_{x34} &:= \frac{m_3 l_2 R_3^2}{2} & J_{y34} &:= \frac{1}{4} \cdot m_3 l_2 \left[R_3^2 + \frac{1}{3} \cdot (b - b_0)^2 \right] & J_{z34} &:= J_{y34} \\ J_{z3} &:= J_{z31} + J_{z32} + J_{z33} + J_{z34} \\ J_{y2} &:= m_2 \frac{R_2^2}{2} & J_{x2} &:= \frac{1}{4} \cdot m_2 \left(R_2^2 + \frac{1}{3} \cdot l_2^2 \right) & J_{z2} &:= J_{x2} \\ J_{y1} &:= m_1 \frac{R_1^2}{2} & J_{x1} &:= \frac{1}{4} \cdot m_1 \left(R_1^2 + \frac{1}{3} \cdot a^2 \right) & J_{z1} &:= J_{x1} \\ I_{c1} &:= \begin{pmatrix} J_{x1} & 0 & 0 \\ 0 & J_{y1} & 0 \\ 0 & 0 & J_{z1} \end{pmatrix} & I_{c2} &:= \begin{pmatrix} J_{x2} & 0 & 0 \\ 0 & J_{y2} & 0 \\ 0 & 0 & J_{z2} \end{pmatrix} & I_{c3} &:= \begin{pmatrix} J_{x3} & -J_{xy} & 0 \\ -J_{xy} & J_{y3} & 0 \\ 0 & 0 & J_{z3} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$PQ(t) := A0s(t) \cdot P0s(t)$$

$$P3(t) := A03(t)^T \cdot PQ(t)$$

Силовой расчет начнем с третьего звена.

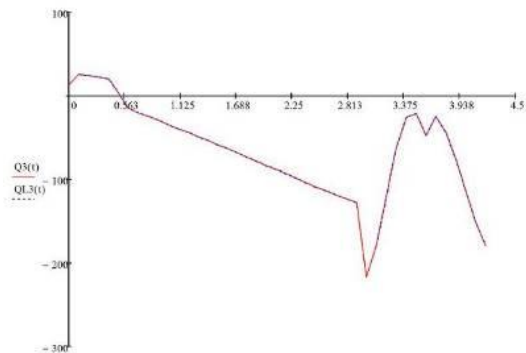


Рис.3.30

$$\sum M_{c3} = 0$$

$$C3M := \begin{pmatrix} b - XC33 \\ -YC33 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C3O3 := \begin{pmatrix} -XC33 \\ -YC33 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$Lc33(t) := -[Ic3 \cdot E33(t) + \Omega33(t) \times (Ic3 \cdot \Omega33(t))]$$

$$M233(t) := -Lc33(t) - C3M \times P3(t) - C3O3 \times R233(t)$$

2 звено:

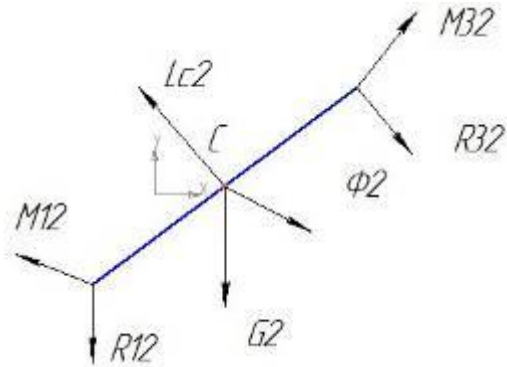


Рис.3.31

$$\bar{R}_{12}^{(2)} + \bar{\Phi}_2^{(2)} + \bar{G}_2^{(2)} + \bar{R}_{32}^{(2)} = 0$$

$$G20 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -m2g \end{pmatrix}$$

$$G2\lambda(t) := A02(t)^T \cdot G20$$

$$R32\lambda(t) := -A23(t) \cdot R233(t)$$

$$M32\lambda(t) := -A23(t) \cdot M233(t)$$

$$\sum M_{c2} = 0$$

$$C2O22 := \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{l2}{2} \\ 0 \end{pmatrix} \quad C2O3\lambda(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ q3(t) - \frac{l2}{2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$M1\lambda(t) := -M32\lambda(t) - Lc2\lambda(t) - C2O3\lambda(t) \times R3\lambda(t) - C2O2 \times R1\lambda(t)$$

$$Q2(t) := M1\lambda(t)_2$$

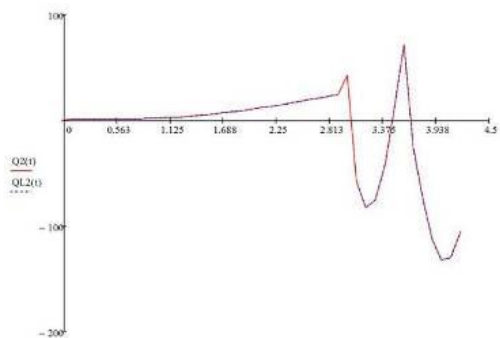


Рис.3.32
1 звено:

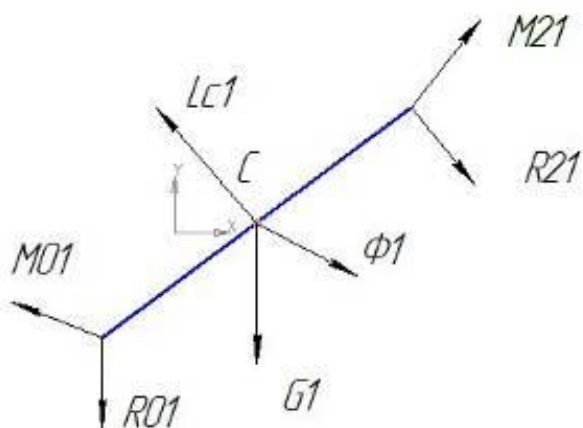


Рис.3.33

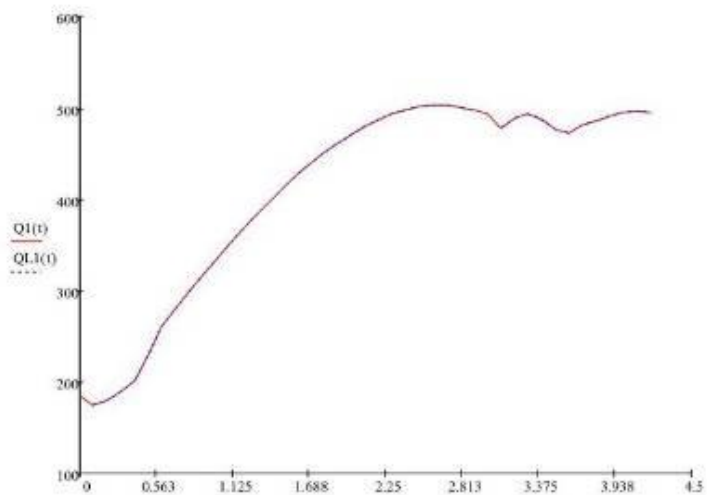


Рис.3.34

Выбор двигателя

Мгновенная мощность:

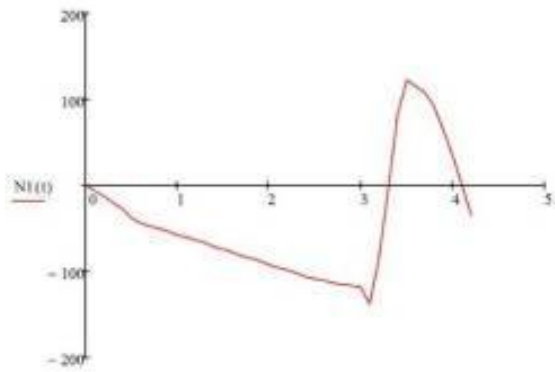
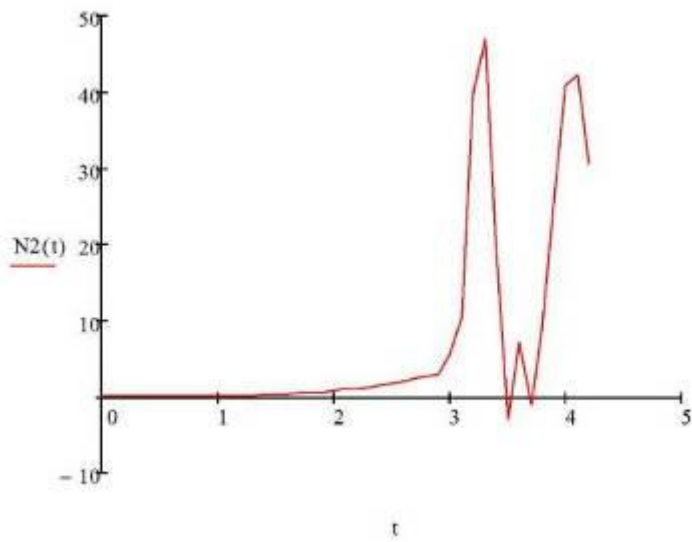
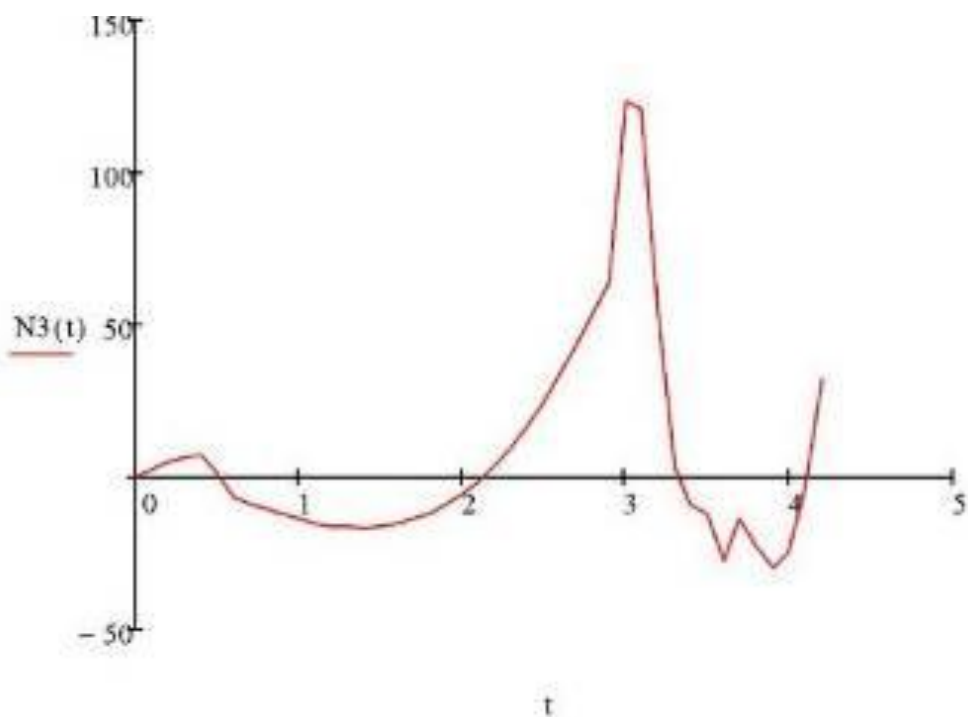


Рис.3.35



a.

$$N_3(t) := Q_3(t) \cdot dq_3(t)$$



б.

Рис.3.36

Необходимо выбрать двигатель с $N \geq N_s(t)_{\max} = 150 \text{ Вт}$.

Этому условию удовлетворяет двигатель постоянного тока серии ДК1-1,7 $M_{\text{ДН}} = 1,7 \text{ Нм}$, $P_{\text{НОМ}} = 170 \text{ кВт}$,

$\omega_{\text{НОМ}} = 100 \text{ с}^{-1}$, нагрузка по моменту $\gamma = 4,1$, $\omega_{\text{ХХ}} = 250 \text{ с}^{-1}$, $m = 12,7 \text{ кг}$.

Осуществим проверку: $Q_{\max} \leq [Q]$.

$$i = \frac{\omega_{\text{НОМ}}}{\dot{q}_{\max}}$$

$$i1 := \frac{\omega_{\text{ДН}}}{q1_{\max}} = 170,25 \quad i2 := \frac{\omega_{\text{ДН}}}{q2_{\max}} = 518,214 \quad i3 := \frac{\omega_{\text{ДН}}}{q3_{\max}} = 168,37$$

3.6. Определение динамических ошибок

При программном движении $\dot{q}_s(t) = \dot{q}_{\text{ИС}}(t)$.

Уравнение динамической характеристики двигателя выглядит следующим образом:

$$\tau \dot{M}_{\text{ДП}} + M_{\text{ДП}} = r u_{\text{П}} - s \dot{\phi}_{\text{П}}.$$

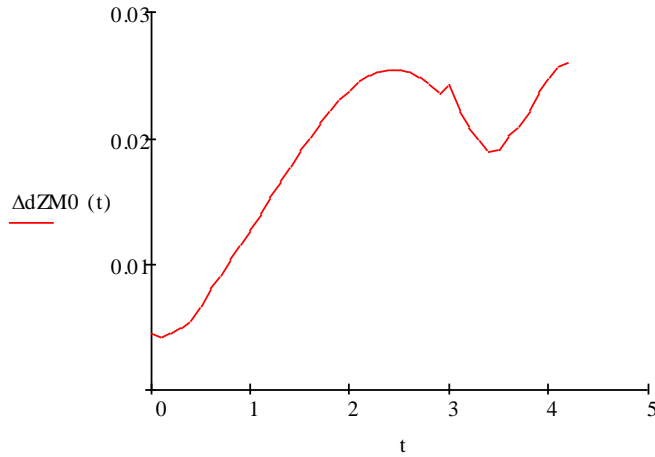
Для простоты реализации полагают, что двигатель обладает идеальной характеристикой, т.е. $\tau \dot{M}_{\text{ДП}} + M_{\text{ДП}} = r u_{\text{П}} - s \dot{\phi}_{\text{П}} = 0$. Из-за этого возникают динамические ошибки.

Управление

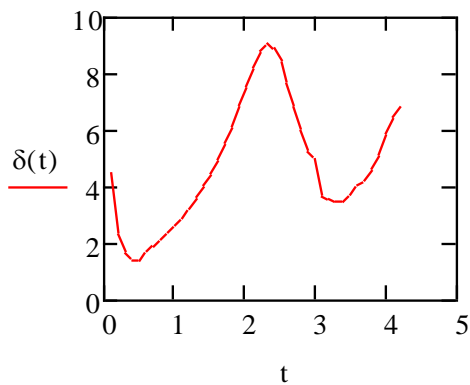
$$u_{\text{П}}(t) = \frac{s}{r} \dot{\phi}_{\text{П}}(t) = \frac{s}{r} i \dot{q}_{\text{П}}(t), \text{ где}$$

Найдем возникающую динамическую ошибку, подставив выражение для управления в уравнение динамической характеристики двигателя и представив $\dot{\phi}$ как сумму $\dot{\phi}_n$ и $\dot{\psi}$.

$$\text{Тогда } \dot{\psi} = -\frac{1}{s}(\tau\dot{M}_d + M_d), \Delta\dot{q} = -\frac{1}{i^2 s}(\tau\dot{Q} + Q).$$



а.



б.

Рис.3.37

Максимальная динамическая ошибка 9.053% значит управление является приемлемым.

4. ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Введение

Промышленная робототехника является одним из новых направлений автоматизации производственных процессов, начало развития, которого в нашей стране относится к последнему десятилетию. Комплексный подход к решению технико-экономических и социальных задач, связанных с внедрением их промышленных роботов (ПР), позволил высвободить около 2000 рабочих [15].

В процессе создания, производства и внедрения ПР приходилось сталкиваться с решением ряда сложных научно-технических проблем. Получен большой опыт по разработке робототехнических комплексов (РТК) и организации автоматизированного производства на базе ПР. Все эти вопросы, получившие отражение в предлагаемой книге, представляют, по нашему мнению, значительный интерес как для широкого круга специалистов, конструкторов и производственников различных отраслей, которые заняты в настоящее время работой по увеличению производства и широкому применению ПР во всех отраслях народного хозяйства, так и для всех специалистов, работающих в области автоматизации производственных процессов.

Современный этап научно-технической революции характеризуется комплексной автоматизацией производства на базе систем машин—автоматов. До недавних пор в основном применяли специализированные автоматы и автоматические линии, незаменимые в массовом производстве, но нерентабельные в условиях серийного и мелкосерийного производства из-за высокой стоимости, а также длительности разработки, внедрения и переналадки их на новую продукцию. Традиционное управляемое вручную оборудование обеспечивает достаточную гибкость производства, но требует применения квалифицированного труда рабочих и имеет низкую производительность.

За последние десятилетия автоматизация основных технологических операций (формообразование и изменение физических свойств деталей) достигла такого уровня, что вспомогательные операции, связанные с транспортировкой и складированием деталей, разгрузкой и загрузкой технологического оборудования, выполняемых вручную либо с помощью существующих средств механизации и автоматизации, являются тормозом как в повышении производительности труда, так и в дальнейшем совершенствовании технологии.

Обычными методами с помощью существующих технических средств невозможно автоматизировать сборочные, сварочные, окрасочные и многие другие операции.

Все это привело к острым противоречиям между совершенством промышленной техники и характером труда при ее использовании, потребностью в трудовых ресурсах и их фактическим наличием, требованиями интенсификации производственных процессов и ограниченными психофизиологическими возможностями человека. Эти причины социального, экономического и технического характера, ставшие основными сдерживающими факторами в развитии производства и дальнейшем повышении производительности труда, а также современные достижения в создании орудий производства, вычислительной техники и электроники привели к бурному развитию робототехники — отрасли, создавшей и производящей новую разновидность автоматических машин — промышленные роботы.

По замыслу разработчиков эти машины предназначены для замены человека на опасных для здоровья, физически тяжелых и утомительно однообразных ручных работах. Свое название они получили благодаря реализованной в них идеи моделирования двигательных, управляющих и, в некоторой степени, приспособительных функций рабочих, занятых на повторяющихся трудовых операциях по разгрузке-загрузке технологического оборудования, управлению работой этого оборудования, межоперационному перемещению и складированию деталей, а также на различных сборочных, сварочных, окрасочных и других операциях, выполняемых с применением переносных орудий труда.

Промышленные роботы (ПР) оказались тем недостающим звеном, появление которого позволило решать задачи комплексной автоматизации на более высоком уровне, объединяя средства производства предприятия в единый автоматизированный комплекс.

4.1. Основные сведения о робототехнике

Ближайшими по назначению прототипами для ПР послужили автооператоры и механические руки, уже давно применяющиеся в промышленности, но не удовлетворяющие производителей по причинам их узкой специализации, плохой переналаживаемости, небольшого числа выполняемых функций и ограниченной (массовым и крупносерийным производством) области применения.

Недостатки, присущие этим прототипам, в конструкциях ПР были в значительной степени устранены посредством увеличения их манипуляционных возможностей, снабжения собственной системой привода и системой программного управления.

Благодаря этому созданные устройства приобрели качественно новые свойства:

автономность в смысле невстроенности в технологическое оборудование и способность работать автоматически по заданной программе;

универсальность, т. е. способность перемещать в пространстве объекты различного типа по сложным пространственным траекториям, сопрягаемость с достаточно большим количеством типов технологического оборудования и хорошую переналаживаемость на различные сменяющиеся виды работ.

В настоящее время под роботом понимают автоматический манипулятор с программным управлением. В зависимости от участия человека в процессах управления роботами их подразделяют на биотехнические и автономные, или автоматические.

К биотехническим роботам относятся дистанционно управляемые копирующие роботы; экзоскелетоны; роботы, управляемые человеком с пульта управления; полуавтоматические роботы.

Дистанционно управляемые копирующие роботы снабжены задающим органом (например, манипулятором, полностью идентичным исполнитель-ному), средствами передачи сигналов прямой и обратной связи и средствами отображения информации для человека-оператора о среде, в которой функционирует робот.

Экзоскелетоны выполняются в виде антропоморфных конструкций, обычно «надеваемых» на руки, ноги или корпус человека. Они служат для воспроизведения движений человека с некоторыми необходимыми усилиями и имеют иногда несколько десятков степеней подвижности.

Роботы, управляемые человеком с пульта управления, снабжаются системой рукояток, клавиш или кнопок, связанных с исполнительными механизмами каналов управления по различным обобщенным координатам. На пульте управления устанавливают средства отображения информации о среде функционирования робота, поступающей к человеку по радиоканалу связи.

Полуавтоматический робот характерен сочетанием ручного и автоматического управления. Он снабжен супервизорным управлением для вмешательства человека в процесс автономного функционирования робота путем сообщения ему дополнительной информации с помощью указания цели, последовательности действий и т. п.

Роботы с автономным или автоматическим управлением обычно подразделяют на производственные и научно-исследовательские роботы, которые после создания и наладки в принципе могут функционировать без участия человека.

По областям применения производственные роботы подразделяют на промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, строительные, бытовые и т. п.

За короткий период развития роботов произошли большие изменения в элементной базе, структуре, функциях и характере их использования. Это привело к делению роботов на поколения.

Роботы первого поколения (программные роботы) имеют жесткую программу действий и характеризуются наличием элементарной обратной связи с окружающей средой, что вызывает определенные ограничения в их применении.

Роботы второго поколения (очувствленные роботы) обладают координацией движений с восприятием. Они пригодны для малоквалифицированного труда при изготовлении изделий. Программа движений робота требует для своей реализации управляющей ЭВМ.

Неотъемлемая часть роботов второго поколения — алгоритмическое и программное обеспечение, предназначенное для обработки сенсорной информации и выработки управляющих воздействий.

Роботы третьего поколения относятся к роботам с искусственным интеллектом. Они создают условия для полной замены человека в области квалифицированного труда, обладают способностью к обучению и адаптации в процессе решения производственных задач. Эти роботы способны понимать язык и вести диалог с человеком, формировать в себе модель внешней среды с той или иной степенью детализации, распознавать и анализировать сложные ситуации, формировать понятия, планировать поведение, строить программные движения исполнительской системы и осуществлять их надежную отработку.

Появление роботов различных поколений не означает, что они последовательно приходят на смену друг другу. В процессе развития совершенствуются функциональные возможности и технические характеристики роботов различных поколений.

К роботам первого поколения относят обычно промышленные роботы. По количеству внедренных ПР наша страна занимает одно из ведущих мест в мире.

Блок-схема ПР представляет собой сложную конструкцию (рис.1), включающую ряд систем: механическую, приводов управления, связи с оператором, информационную, а также операционное устройство.

Механическую систему выполняют, как правило, в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, укрепленного на неподвижном или подвижном основании; она обеспечивает перемещение рабочего органа с определенным грузом. Форма и габаритные размеры манипулятора определяются видом и особенностями технологического процесса, для которого он предназначен.

Созданные модели ПР представляют собой по существу многокоординатные манипуляторы с программным управлением, программируемые по первому циклу.

Их системы управления помимо основных функций по управлению движением рабочих органов манипулятора обеспечивают выдачу сигналов на обслуживаемое оборудование, прием сигналов от простейших датчиков внешней информации, работающих по принципу Да—Нет, и использование

этих сигналов в целях выбора той или иной подпрограммы работы из числа заданных оператором. Наличие внешнего контура управления существенно расширило области применения созданных ПР, так как позволило использовать их по отношению к автоматизированному процессу не только в качестве универсальных манипулирующих, но также и в качестве управляющих устройств. Наличие датчиков и соответствующих электронных схем внешней информации придало этим ПР принципиально новую способность адаптации к изменяющимся условиям работы.

Привод для каждой из координат ПР обеспечивает силовое воздействие на соответствующий механизм, осуществляющий задаваемое перемещение. Приводом служит автоматическая система, входным сигналом которой является детерминированное воздействие управляющей системы, а выходным сигналом — механическое перемещение.

Разработка типажа ПР, имеющего существенное значение для организации их производства, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ еще не закончена. В настоящее время наиболее разработан типаж ПР первого поколения. Так, например, в станкостроительной и инструментальной промышленности по структуре типаж этих ПР подразделяют на следующие группы и подгруппы: универсальные ПР, обслуживающие различное технологическое оборудование и выполняющие различные основные технологические операции; целевые ПР подъемно-транспортной группы (многоцелевые), обслуживающие различное технологическое оборудование, выполняющие транспортно-складские и специальные работы; целевые ПР производственной группы (многоцелевые) для выполнения различных технологических операций сварки, очистки и подготовки деталей, окраски и нанесения покрытий, разборки, контроля, измерения, отбраковки, разметки и сборки [16].

4.2. Основные задачи

Рассмотрим конкретные задачи, которые роботы решают в настоящее время на промышленных предприятиях. Их можно разделить на три основных категории:

- манипуляции заготовками и изделиями
- обработка с помощью различных инструментов
- сборка.

4.2.1 Манипуляции изделиями и заготовками

При разгрузочно-загрузочных и транспортных операциях робот заменяет пару человеческих рук. В его обязанности не входят особенно сложные процедуры. Он всего лишь многократно повторяет одну и ту же операцию в соответствии с заложенной в нем (роботе) программой. Рассмотрим типичные применения таких роботов.

Загрузочно-разгрузочные работы

Во многих отраслях машиностроительной промышленности используются установки для литья, резки иковки. В большинстве случаев последовательность выполняемых ими операций весьма проста. Вначале заготовки загружают в производственную установку, которая затем обрабатывает их строго определенным образом, и, наконец, готовые детали извлекают из нее. Загрузку и разгрузку, как правило, выполняют рабочие или в тех случаях, когда применимы средства жесткой автоматизации, специализированные механизмы, рассчитанные на операции только одного вида. Роботы могут здесь оказаться полезными, если характер таких загрузочно-разгрузочных операций время от времени меняется.

Например, в литейном производстве роботы используются как для дозированной разливки расплавленного алюминия, так и для извлечения из пресс-формы затвердевших отливок и охлаждения их. Такой подход обладает двумя преимуществами. Прежде всего роботы гарантируют более строгое соблюдение требований технологического процесса: действующим и соответствии с заданной программой, они всегда вводят в установку точно дозированное количество металла. Затем в строго определенные моменты времени они извлекают из нее отформованные детали. Благодаря точному соблюдению технологического процесса строго соблюдаются и характеристики изделий.

Второе преимущество данного подхода заключается в том, что значительно облегчается работа оператора. Извлечение раскаленного куска металла из пресс-формы одна из мало привлекательных работ, и желательно, чтобы ее выполнял робот. Таким образом роль человека сводится к контролю за протеканием процесса и управлению действиями робота с помощью компьютера.

Перенос изделий с одной производственной установки на другую

Во многих отраслях машиностроительной промышленности погрузочно-разгрузочные механизмы предназначены для перемещения изделий с одного производственного участка на другой. И при выполнении таких перемещений роботы играют немаловажную роль.

На заводе фирмы IBM в Пикипси (шт. Нью-Йорк), выпускающем компьютеры, роботы загружают магнитные диски в систему, где на них записывается необходимая информация. Программа, управляющая роботом, содержит инструкции относительно того, в какую из четырех установок для записи следует загружать тот или иной “пустой” диск. Кроме того, программа задает конкретный набор команд, который соответствующая установка должна занести на диск. Тот же робот осуществляет и два других этапа этого технологического процесса. Он извлекает диск из записывающей установки и помещает его в устройство, которое струей сжатого воздуха прижимает к поверхности диска

самосклеивающуюся метку. Затем робот вынимает диск с помощью захватного приспособления и упаковывает его конверт.

Подобный робот разработан и внедрен на английском автомобилестроительном заводе. Он передвигается на гусеницах между пятью производственными участками завода. Робот извлекает пластмассовую деталь автомобиля из установки для инжекторного пресования и последовательно переносит деталь на доводочные участки, где с нее снимаются облои и заусенцы. Далее робот помещает деталь на специализированный станок, который полирует ее. И наконец деталь перемещается с полировального станка на конвейер.

Упаковка

Практически все бытовые и промышленные товары необходимо упаковывать, и для роботов не представляет сложности поднимать готовые изделия и помещать в какую-либо тару.

На заводах одной из кондитерских фирм Англии специализированные роботы занимаются укладкой конфет в коробки. Эти машины весьма сложны и совершенны. Во-первых они обращаются с продукцией очень аккуратно: сжав шоколадное изделие, они могут нарушить его форму или раздавить его. Во-вторых, робот соблюдает высокую точность при укладке конфет в коробки, помещая их в определенные ячейки коробки.

Погрузка тяжелых предметов на конвейер или паллеты

Помимо упаковки миниатюрных изделий, а также промышленных и бытовых товаров роботы иногда выполняют и погрузку тяжелых предметов. По существу они здесь заменяют подъемно-транспортные машины, управляемые оператором-человеком.

4.2.2 Обработка деталей и заготовок

Хотя роботы, выполняющие обработку изделий с помощью различных инструментов и нашли пока менее широкое применение, чем аналогичное оборудование для транспортировки деталей и заготовок, они продемонстрировали свою эффективность при решении многих задач.

Сварка

Эта операция чаще всего выполняется с помощью роботов, предназначенных для манипулирования инструментом [17]. Роботы могут осуществлять два вида сварки: точечную контактную и дуговую. В обоих случаях робот удерживает сварочный пистолет, который пропускает ток через две соединяемые металлические детали.

В соответствии с управляющей программой сварочный пистолет может перемещаться практически не отклоняясь от заданной траектории. И если программа отлажена хорошо, сварочный пистолет прокладывает шов с очень высокой точностью.

Большинство роботов для точечной сварки применяется в автомобильной промышленности. При сборке автомобиля необходимо выполнить огромное количество операций точечной сварки, чтобы надлежащим образом соединить между собой различные детали кузова, например боковины, крышу и капот. На современных конвейерах эти детали вначале соединяются временно несколькими прихваточными сварными соединениями. Далее кузов перемещается по конвейеру мимо группы роботов, каждый из которых осуществляет сварку в строго определенных местах. Поскольку все кузова, монтируемые на одной производственной линии, для получения высококачественных соединений просто требуется, чтобы робот каждый раз повторял заданную последовательность перемещений.

При очевидных преимуществах такого использования роботов существует ряд и серьезных технических проблем. Запрограммировать робот весьма непросто. Необходимо не только задать точный маршрут движения манипулятора, но и подготовить инструкции, в соответствии с которыми регулируется напряжение и сила тока в каждой точке маршрута. А эти параметры могут меняться, например, в зависимости от толщины свариваемого материала или от того, какую форму имеет прокладываемый шов - прямую или криволинейную.

Также необходимо сконструировать фиксаторы, удерживающие детали в процессе сварки таким образом, чтобы сварка осуществлялась при высокой точности позиционирования. Когда сварочный пистолет держит человек, он способен учитывать незначительные смещения заготовки. Сварщик-человеку лишь слегка сместит инструмент, с тем чтобы выполнить шов в заданном месте.

Робот же не способен принимать подобные решения, если фиксаторы допускают перекося или смещение, то существует вероятность того, что сварные швы будут расположены с отклонением. Кроме того, фиксатор должен быть таким, чтобы манипулятор имел доступ к детали с разных сторон.

Следующая проблема касается допусков на изготавливаемые детали. Сварщик-человек принимает во внимание неизбежные отклонения в размерах, но роботу подобная коррекция не под силу. Таким образом, когда сварка осуществляется с помощью автоматики, допуски на детали, изготавливаемые на других участках предприятия, должны быть минимальными.

Характер воздействия, которое роботы оказывают на другие этапы производственного процесса (весьма вероятно, что оно приведет к тесной привязке всех технологических операций), называется "принципом домино" в робототехнике.

Обработка резаньем

Сверление

Как правило операцию сверления осуществляют на станке. При использовании робота в его захватном приспособлении закрепляется рабочий инструмент, который перемещается над поверхностью обрабатываемой детали, высверливая отверстия в нужных местах. Преимущество подобной процедуры проявляется в тех случаях, когда приходится работать с крупногабаритными и массивными деталями или проделывать большое число отверстий.

Операции сверления играют значительную роль в производстве самолетов:

они предшествуют клепке, при которой в отверстия вставляются миниатюрные зажимные детали, скрепляющие между собой два листа металла. В деталях самолетов необходимо проделывать сотни, а то и тысячи отверстий под заклепки, и вполне естественно, что такую операцию поручили роботу.

Английская компания изготавливает детали механизма бомбосбрасывания, предназначенного для истребителя "Торнадо". Механизм представляет собой цилиндрическую конструкцию длиной примерно 6 м, к которой требуется приклепать кожух из восьми металлических панелей. В кожухе необходимо просверлить около 3000 отверстий под заклепки. Проблема заключалась в том, как добиться, чтобы робот, оснащенный высокоскоростной сверлильной головкой, проделывал отверстия точно в заданных местах.

Инженеры пришли к выводу, что данную проблему можно решить следующим образом: рабочий просверливает ряд эталонных отверстий (примерно через метр друг от друга) вдоль панелей, которые размещаются надлежащим образом поверх цилиндрической конструкции. Манипулятор с закрепленным в его зажиме сенсорным зондом (а не сверлом) перемещается над поверхностью заготовки, посылая в память робота данные о местонахождении эталонных отверстий.

Затем робот рассчитывает точные координаты остальных отверстий, исходя из этих базовых точек. Затем робот, завершив операцию сверления, удаляет оставшиеся в отверстиях крошечные частицы металла специальным инструментом.

Бесконтактная обработка заготовок

Из-за малой жесткости и недостаточной твердости, роботы не могут проводить обработку твердых материалов резаньем. Поэтому инженеры изучают бесконтактные методы обработки материалов, подобных металлу или пластику.

Для этой цели, в частности, используется лазер. В рабочем органе робота закреплен прибор, который направляет высокоэнергетическое когерентное излучение лазера (для чего нередко используется волокну-

оптическая система передачи) на обрабатываемую заготовку. Лазер может с высокой точностью резать пластины из металла, в частности стали. Робот перемещает рабочий орган над обрабатываемым листовым материалом по траектории, определяемой программой. Программой же регулируется интенсивность светового луча в соответствии с толщиной нарезаемого материала.

Другой бесконтактный метод резанья основан на использовании струи жидкости. Такой подход впервые применила компания “Дженерал моторс”. На ее заводе в Адриане установлена система с 10 роботами, изготавливающая пластмассовые детали нефтеналивных цистерн. Восемь из десяти роботов направляют водяные струи под высоким давлением на перемещаемые конвейером пластмассовые листы. Эти струи прорезают в исходном материале ряд отверстий и щелей, а также удаляют лишние элементы пластмассовых прессованных деталей.

По утверждению представителей компании “Дженерал моторс”, подобная роботизированная система весьма экономична, поскольку исключает износ инструмента и позволяет повысить качество операций резанья. Поскольку система управляется программой, которая находится в памяти центрального компьютера, для контроля и обслуживания всех 10 роботов требуется только два оператора.

4.2.3 Нанесение различных составов на поверхность

На большинстве предприятий после таких операций, как резанье, производится обработка поверхности только что изготовленных деталей (чаще всего окраска). Это еще один тип производственных операций, которые способен выполнять робот если его оснастить пульверизатором. В память робота закладывается программа, обеспечивающая выполнение определенной, многократно повторяемой последовательности перемещений. Одновременно программа регулирует скорость разбрызгивания краски. В результате на поверхности окрашиваемой детали образуется равномерное покрытие, причем нередко робот обеспечивает более высокое качество окраски, чем человек, которому свойственна неточность движений. Среди других процедур обработки поверхности можно отметить напыление антикоррозийных жидкостей на листы металла для защиты их от химического или физического воздействия окружающей среды, а также нанесение клеевых составов на поверхность деталей подлежащих соединению. Автомобилестроительные компании исследовали возможность применения последней операции на этапе окончательной “подгонки” готовых узлов, в частности при монтаже таких элементов, как хромовые вкладыши на кузове автомобиля. При выполнении подобных операций робот помещают в оболочку, которая защищает его от попадания клея и других связующих веществ. Его также можно “обучить” тому, чтобы он время от времени

самостоятельно очищался, погружая захватное приспособление в очищающую жидкость.

4.2.4 Чистовая обработка

Самой “непопулярной” операцией в механообработке, которая к тому же труднее поддается автоматизации, является, пожалуй, удаление заусенцев, посторонних частиц и зачистка.

Такая чистовая обработка-весьма непростая процедура. Рабочий подносит обрабатываемую деталь к абразивному инструменту, который стачивает острые края и шероховатости на поверхности изделия. Данная процедура занимает важное место в технологическом процессе, однако выполнять ее вручную весьма непросто.

Возможности использования роботов для окончательной обработки изделий исследовались во многих странах. Основная трудность здесь состоит в том, что роботы не обладают естественной для человека способностью контролировать качество своей работы, робот не может менять последовательность своих действий, если он не снабжен соответствующими датчиками. Английская фирма, специализирующаяся на изготовлении соединительных элементов водопроводных труб, осуществила проект, который позволил оснастить робота простейшей системой машинного “зрения” в виде телевизионной камеры. Предположим, робот держит какую-то деталь, например латунный водопроводный кран; телекамера передает изображение крана в компьютер, который в свою очередь регулирует прижатие шлифовального ремня, стачивающего неровности на поверхности этой литой детали. Кроме того, компьютер управляет перемещением манипулятора робота. Таким образом, действия всех компонентов системы - телекамеры, основного манипулятора, регулирующего прижатие шлифовального ремня, - взаимно скоординированы.

4.2.5 Испытания и контроль

После того как изготовлена деталь или смонтировано несколько узлов, обычно проводится их испытание с целью выявления возможных дефектов. Тщательному контролю подвергаются линейные размеры деталей. Все измерительные операции являются частью повседневных задач, решаемых на всех предприятиях мира. Роботы способны облегчить их выполнение. Для этой цели роботы оснащаются миниатюрными оптическими датчиками; как правило, это светодиоды, объединенные с полупроводниковыми светочувствительными приборами. Облучая проверяемую поверхность лучом определенной частоты, подобный датчик принимает отраженное от поверхности излучение, имеющее ту же частоту. Робот, в соответствии с заложенной в нем программой, перемещает датчик от одной точки контролируемого изделия к другой. по результатам

измерения интервала времени между моментом испускания светового импульса и его приема после отражения рассчитывается форма проверяемой поверхности.

Все эти действия выполняет компьютер данной автоматизированной системы. Операции подобного рода позволяют избежать использование таких инструментов, как микрометры и штангенциркули. Подобные робототехнические средства впервые использовала компания “Дженерал моторс” для контроля формы и размеров автомобильных деталей. При использовании такой роботизированной системы отпадает необходимость в отправке изделий на специальные пункты контроля качества - соответствующие процедуры можно осуществлять непосредственно на конвейере, не прерывая производственного процесса.

4.2.6 Сборка

Большой объем работ на современных предприятиях приходится на сборочные операции, однако многие из них требуют особо мастерства и слишком сложны для машины. В связи с этим значительная часть сборки до сих пор выполняется вручную. Тем не менее ряд сборочных процессов уже автоматизирован; это относится главным образом к относительно простым и многократно повторяющимся операциям.

На примере фирмы IBM можно проследить, как проходили эксперименты по применению роботов в сборочных процессах. Эта крупнейшая фирма по производству компьютеров не только продает роботы, предназначенные для сборки, но и использует их на собственных предприятиях во многих странах.

На заводе этой компании в Гриноке (Шотландия) занимаются созданием “островков автоматизации” - комплексов, содержащих большое количество компьютеризированных механизмов, которыми производят сборку изделий при минимальном участии человека. По оценке специалистов фирмы IBM, в результате автоматизации ежегодный объем продукции предприятия вырос в 10 раз по сравнению с 1974 годом, тогда как число работающих на нем осталось практически неизменным.

Один из таких “островков” представляет собой производственную линию, на которой изготавливаются логические блоки с силовыми каскадами. Линия включает процессоры и источники питания для дисплеев, входящих в состав микрокомпьютеров. На линии производится сборка четырех компонентов: Двух частей пластмассового корпуса устройства, блока электрических цепей и пластмассовой платы со смонтированным на ней набором микросхем.

Для монтажа каждого блока требуются всего два винта, которые подаются в рабочие органы роботов специальными механизмами - питателями. Роботы сами вводят винты в соответствующие отверстия изделия. Для управления всей производственной линией достаточно пяти

человек. По данным фирмы IBM, для изготовления такого же количества устройств традиционными методами ручной сборки потребовалось бы вчетверо больше рабочих.

Проявляется тенденция к созданию связей , в рамках предприятия , между системами автоматической сборки подобных описанной выше. Например с помощью автоматических транспортных средств , которые перемещают изделия , находящихся на тех или иных стадиях готовности.

4.2.7 Монтаж печатных плат

Еще одна отрасль производства, где роботы-сборщики могли бы найти широкое применение монтаж электронных компонентов на печатных платах.

Некоторые из таких операций могут выполнять специализированные сборочные комплексы, однако, по существу , они представляют собой манипуляторы, рассчитанные на решение строго определенных задач; их нельзя запрограммировать таким образом , чтобы они выполняли какие-то другие операции или манипулировали нестандартными компонентами. Поэтому при использовании подобных установок предназначенных для узкоспециализированного монтажа комплекты компонентов стандартной формы загружаются в накопительные желоба многоячеечных магазинов, похожих на патронташ. Эти магазины перемещаются мимо механического захвата, который поочередно извлекает оттуда компоненты и устанавливает их в нужные места на плате.

5. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Объективной причиной возникновения и развития современной робототехники явилась историческая потребность производства в гибкой автоматизации с устранением человека из непосредственного участия в машинном производстве и недостаточность для этой цели традиционных средств автоматизации [18].

Поэтому задачей робототехники наряду с созданием собственно средств робототехники является разработка основанных на них систем и комплексов различного назначения. Системы и комплексы, автоматизированные с помощью роботов, принято называть роботизированными. Роботизированные системы, в которых роботы выполняют основные технологические операции, называются робототехническими.

Как уже отмечалось, наряду с внедрением в действующие производства роботы открывают широкие перспективы для создания принципиально новых технологических процессов, не связанных с весьма обременительными ограничениями, налагаемыми непосредственным участием в них человека. При этом имеются в виду как действительно очень ограниченные физические возможности человека (по грузоподъемности, быстродействию, точности, повторяемости и т. п.), так и требуемая для него комфортность условий труда (качество атмосферы, отсутствие вредных внешних воздействий и т. д.). Сегодня непосредственное участие человека в технологическом процессе зачастую является серьезным препятствием для дальнейшей интенсификации производства и создания соответствующих новых технологий.

Роботы получили наибольшее распространение в промышленности и, прежде всего, в машиностроении. Предназначенные для этой цели роботы называют промышленными роботами (ПР). Не менее широкие перспективы имеют роботы в горнодобывающей промышленности, металлургии и нефтяной промышленности (обслуживание бурильных установок, монтажные и ремонтные работы), в строительстве (монтажные, отделочные, транспортные работы), в легкой, пищевой, рыбной промышленности.

Наряду с использованием в промышленности роботы применяются и в других областях народного хозяйства и вообще человеческой деятельности: на транспорте (включая создание шагающих транспортных машин), в сельском хозяйстве, медицине (протезирование, хирургия — стерильная, дистанционная, обслуживание больных и инвалидов), в сфере обслуживания, для исследования и освоения океана и космоса и выполнения работ в других экстремальных условиях (стихийные бедствия, аварии, военные действия), в научных исследованиях.

Применение роботов не только приносит конкретный технико-экономический эффект, связанный с повышением производительности труда, сменности работы оборудования и качества продукции, но и является

важным средством решения социальных проблем, позволяя освобождать людей от тяжелого, опасного и монотонного труда.

Одним из основных направлений применения роботов, которое в значительной мере определяет и проблематику, и темпы развития современной робототехники в целом, является комплексная автоматизация производства, создание гибких автоматизированных производств, прежде всего, в машиностроении.

Роботы как универсальное гибкое средство для выполнения в первую очередь манипуляционных действий — важный компонент таких производств.

История гибкой автоматизации началась в 1955 г. с появления станков с ЧПУ. Именно такого типа автоматическое технологическое оборудование с быстросменяемыми программами работы является основой для создания гибких, т. е. быстро перестраиваемых на выпуск новой продукции, производств. Однако для реализации идеи гибкой автоматизации необходимо было выполнение еще ряда условий. Этим и объясняется то, что первые станки с ЧПУ распространялись очень медленно.

За первые 10 лет их доля в общем парке станков в технически передовых странах не достигла и 0,1%. Ситуация резко изменилась в 1970-е гг. с появлением следующего важнейшего компонента гибкой автоматизации — микропроцессорных систем управления, обеспечивших резкое снижение стоимости систем ЧПУ и повышение их надежности.

Роботы как еще один обязательный компонент гибкой автоматизации появились в промышленности, как уже было указано, несколько раньше.

В результате возникли все необходимые компоненты для развития гибких автоматизированных производств, а именно: технологическое оборудование с программным управлением, микропроцессоры как универсальное гибкое средство для обработки информации и роботы как универсальное гибкое средство для манипуляционных действий, требующихся как для выполнения ряда основных технологических операций (сборка, сварка, окраска и т. п.), так и многочисленных вспомогательных операций по обслуживанию различного технологического оборудования.

В машиностроении и приборостроении появились первые роботы и сосредоточено до 80% всего мирового парка роботов. Роботы, применяемые в промышленности, получили наименование промышленных роботов (ПР).

Они подразделяются на технологические, которые выполняют основные технологические операции, и вспомогательные, занятые на вспомогательных операциях по обслуживанию основного технологического оборудования.

Технологические комплексы с такими роботами называются роботизированными — роботизированными технологическими комплексами (РТК).

Термин "робототехнические системы" (РТС) означает технические системы любого назначения, в которых основные функции выполняют роботы.

Применения средств робототехники в промышленности с классификацией технологических комплексов разделяется по следующим признакам:

- тип производственного подразделения;
- по степени изменения производства, связанного с применением ПР;
- по виду технологического процесса;
- по типу и количеству используемого основного технологического оборудования;
- серийность и номенклатура продукции;
- по типу размещения технологического оборудования и ПР;
- по типу управления;
- по степени участия человека.

По типу производственного подразделения.

Классификационным признаком служит количество выполняемых технологических операций. Простейшим типом, который лежит в основе более крупных комплексов, является технологическая ячейка (ТЯ). В ней выполняется всего одна основная технологическая операция (помимо вспомогательных). При этом количество единиц технологического оборудования и ПР в составе ТЯ не регламентируется [19].

В частности, в ТЯ может совсем отсутствовать технологическое оборудование помимо ПР, когда основную операцию выполняет ПР, или, наоборот, могут отсутствовать самостоятельные ПР, когда последние объединены с основным технологическим оборудованием.

Следующим более крупным типом является технологический участок (ТУ).

На нем выполняется несколько технологических операций, которые объединены технологически оборудованием или организационно управлением. Эти операции могут быть одинаковыми или различными. Если различные операции технологически последовательно связаны, то такой участок представляет собой технологическую линию (ТЛ).

Технологический участок представляет собой совокупность ТЯ, но может и не иметь их. Например, участок может включать несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним ПР (неподвижным с размещением оборудования вокруг ПР или мобильным, перемещающимся вдоль ряда единиц оборудования).

Следующим типом комплекса является цех, состоящий из нескольких участков. Пределом развития роботизированного производства является комплексно роботизированное предприятие.

В состав участков и цехов помимо технологических ячеек обычно входят еще склады, транспорт (в том числе и на базе ПР) и системы контроля качества продукции.

Классификация технологических комплексов по степени изменения производства, связанного с применением ПР.

Такое изменение, очевидно, будет максимальным для создаваемых новых производств, основанных на новых технологиях, и минимальным для действующего производства, автоматизируемого на базе серийных ПР.

Классификация по виду технологического процесса.

Она не исчерпывается приведенным перечнем типовых для современного состояния областей применения ПР в машиностроении.

Классификация по типу и количеству используемого основного технологического оборудования.

Здесь определены два уже названных ранее основных варианта: ПР, выполняющие основные технологические операции (сборку, сварку, окраску и т. д.), или вспомогательные роботы, обслуживающие основное технологическое оборудование.

Серийность и номенклатура продукции.

Они определяются в данном случае объемом партий продукции, которые можно изготавливать без переналадки комплекса, а номенклатура — широтой перечня выпускаемых видов (типов) продукции. Оба эти показателя имеют существенное влияние на эффективность применения ПР. В частности, каждый технологический комплекс характеризуется предельными значениями этих параметров, вне рамок которых данный комплекс оказывается экономически невыгодным вплоть до целесообразности перехода от гибких комплексов к специальным автоматам (при большой серийной и узкой номенклатуре) или даже к использованию рабочих вместо ПР (в противоположном предельном случае единичного производства).

Классификация по типу размещения технологического оборудования и ПР.

Приведены основные (базовые) типы компоновок. При простой линейной компоновке оборудование располагается в один ряд (по линии), а при наиболее сложной объемной компоновке — на нескольких этажах (уровнях).

Классификация по типу управления.

Она включает рассмотренные ранее централизованный, децентрализованный и комбинированный способы управления. Централизованное управление осуществляется устройством группового управления, а децентрализованное реализуется с помощью местных устройств управления, связанных друг с другом для взаимной координации.

Классификация по степени участия человека.

Здесь указаны два случая участия человека в работе: когда человек непосредственно выполняет некоторые технологические операции (основные или вспомогательные) и когда он участвует в управлении комплексом.

По характеру выполняемых операций все РТС можно объединить в 2 группы: инспекционные и технологические. Инспекционные системы (разведчики) часто снабжаются манипуляторами и другими исполнительными устройствами. Последние предназначаются для расчистки проходов, взятия проб, поиска и взятия отдельных объектов, выполнения различных операций с органами управления основного технологического и другого оборудования и отдельных технологических операций с помощью сменного инструмента. Технологические РТС предназначены для выполнения различных технологических операций обычно с помощью сменных рабочих органов, включая укрепленные на шасси бульдозерные отвалы, грейферы, сварочные аппараты и т. п.

Основная тенденция развития рассматриваемой техники — создание автономных и телеуправляемых мобильных РТС с развитой сенсорикой, адаптивным и интеллектуальным управлением. Работы в этой области ведутся крупнейшими машиностроительными фирмами, включая "Дженерал Электрик", "Вестингауз", "Мартин Мариетта", "Катер-пиллер", "Дженерал Дайнамикс", "Сименс", "Мицубиси". Основной формой организации этих работ являются государственные (США, Япония, Франция, Англия) и международные программы и проекты.

Сборочные робототехнические комплексы

Этот тип робототехнических комплексов по своему значению является, пожалуй, наиболее важным. Сборочные операции в машиностроении составляют до 40% себестоимости изделий, а в приборостроении еще больше — до 50—60%. Вместе с этим степень автоматизации сборочных работ сегодня весьма низка в связи с ограниченными возможностями, которые имеют здесь традиционные средства автоматизации в виде специальных сборочных автоматов. Такие автоматы применимы главным образом в массовом производстве, в то время как, например, в машиностроении до 80% продукции относится к серийному и мелкосерийному производству. Поэтому создание гибких сборочных комплексов на базе ПР является одним из основных направлений в автоматизации сборочных операций.

Сварочные робототехнические комплексы.

Сварка — одна из областей широкого применения ПР. Из многочисленных видов сварки ПР получили основное применение на контактной точечной, дуговой, а также на электронно-лучевой сварке. Контактная точечная сварка осуществляется путем нагрева импульсным электрическим током. Рабочими органами ПР для выполнения такой операции являются сварочные клещи. Существуют сварочные ПР, у которых манипулятор заканчивается одним электродом, а вторым электродом служит само свариваемое изделие.

Робототехнические комплексы для нанесения покрытий.

Промышленные роботы нашли применение на операциях нанесения различных покрытий: лакокрасочных, защитных, упрочняющих, герметизирующих и т. п.

Операции эти для человека не только физически тяжелы, но и вредны. В большинстве случаев нанесение покрытий связано с применением взрыво- и пожароопасных веществ.

Поэтому используемые на таких операциях ПР должны иметь взрывобезопасное исполнение.

Применение промышленных роботов на вспомогательных операциях.

Одна из актуальных задач робототехники — замена рабочих, занятых на вспомогательных операциях. Хотя, как было отмечено ранее, стоимость автоматизации вспомогательных операций в 3—4 раза ниже, чем основных, степень их автоматизации почти вдвое ниже. В результате сегодня около половины рабочих, занятых в промышленности, работают на таких наименее престижных и не требующих высокой квалификации ручных операциях. Роботизированные технологические комплексы (РТК), в которых ПР используются на вспомогательных операциях по обслуживанию основного технологического оборудования, и сами такие ПР классифицируются по виду основного технологического процесса или реализующего его основного технологического оборудования. Основными по значению типами таких РТК являются РТК механообработки, штамповки, прессования пластмасс, горячей штамповки иковки, литья под давлением и внутрицехового транспорта.

Роботизированные технологические комплексы механообработки.

Одна из важных областей применения ПР на вспомогательных операциях — обслуживание металлорежущих станков. Здесь ПР выполняют наиболее типичную вспомогательную операцию загрузки-разгрузки оборудования, т. е. установки обрабатываемой детали и снятия ее по окончании обработки. Аналогичные операции осуществляют ПР и при обслуживании других видов технологического оборудования. Имеются еще и некоторые более специальные вспомогательные операции, выполняемые ПР, такие как смазка пресс-форм, погружение деталей в жидкость, межоперационная транспортировка, штабелирование и т. д.

Основным технологическим оборудованием в РТК механообработки являются станки токарные, сверлильные, фрезерные, зубообрабатывающие, шлифовальные и т. д.

На рисунке 5.1 показан цех механообработки, в котором автоматизированы все операции, включая транспортно-складские. Система управления включает ЭВМ, устройство беспроводной связи и пульт с речевым командным устройством.

Роботизированные технологические комплексы холодной штамповки

Еще одной областью широкого применения ПР является холодная листовая штамповка. Объясняется это большим травматизмом рабочих,

достигающим 30%, и монотонностью обслуживания прессов, а также простотой применения на этих операциях ПР. Промышленный робот используется здесь, как и в механообработке, прежде всего для выполнения операций загрузки-разгрузки: загрузка прессов исходным листовым материалом (подача листа в штамп) и разгрузка штампа (съем штамповки и укладка ее в магазин).

Роботизированные технологические комплексы литья под давлением

Процесс производства деталей методом литья под давлением заключается в заливке через горловину в машину литья под давлением определенной порции жидкого металла, взятого из печи, затем в удалении готовой отливки и подаче ее для обрубки литникового остатка. Кроме того, необходимо осуществлять смазку и обдув прессформ.

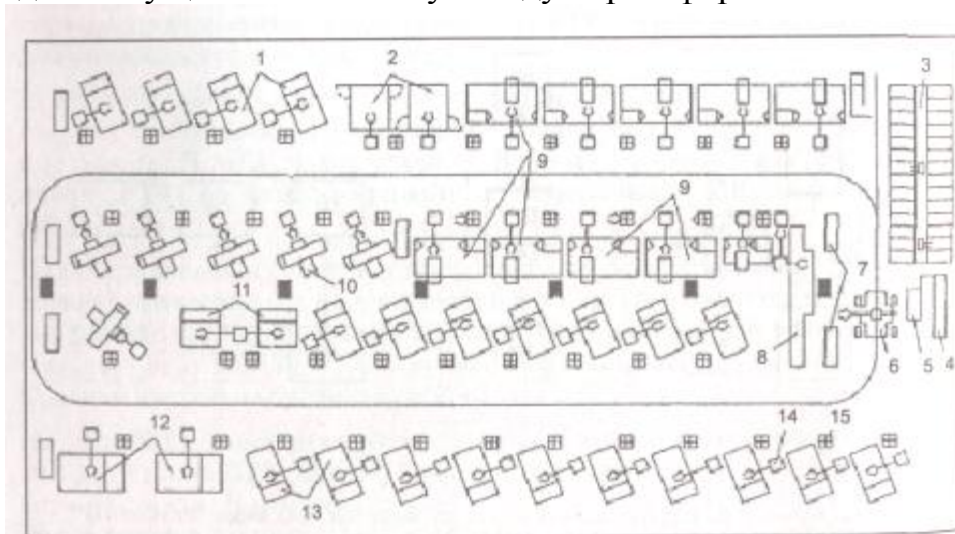


Рисунок 5.1. Роботизированный цех механообработки:

1, 2, 11, 12, 13 — токарные станки; 3 — склад; 4 — загрузочное устройство; 5 — разгрузочное устройство; 6 — напольный транспортный ПР; 7 — промежуточные склады; 8 — протяжной станок; 9 — шлифовальные станки; 10 — фрезерные станки; 14 — ПР; 15 — магазины

Эффективность применения ПР для обслуживания машин литья под давлением связана с тем, что при обслуживании их рабочим значительны потери металла из-за неточности его дозирования и разбрызгивания при разливке, а также простои оборудования и снижение производительности из-за большой утомляемости рабочего. При этом условия труда являются не только тяжелыми, но и вредными для здоровья.

Робототехника в немашиностроительных отраслях промышленности

Помимо машиностроения и приборостроения средства робототехники все более широкое применение получают в угольной и горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, строительстве, легкой и пищевой промышленности, на транспорте. Важность развития робототехники в этих областях очевидна уже из того факта, что здесь

используется большая часть трудовых ресурсов страны, а степень автоматизации ниже, чем в машиностроении.

Сегодня развитие применения средств робототехники в немашиностроительных отраслях происходит, прежде всего, путем использования опыта машиностроительных отраслей по применению роботов на тех же или аналогичных операциях - для обслуживания основного технологического оборудования, на погрузо-разгрузочных работах, при выполнении таких основных операций, как нанесение покрытий, сварка, сборочно-монтажные работы и т. п.

Экстремальная робототехника.

Одно из назначений робототехники — выполнение различного рода работ в экстремальных внешних условиях либо опасных и вредных для человека, либо вообще полностью исключающих его присутствие. Соответствующий раздел робототехники получил наименование "экстремальная робототехника".

Под экстремальными условиями понимаются как аварийные ситуации, включая стихийные бедствия, так и штатные экстремальные ситуации, определяемые технологией производства [20].

По мере интенсификации производства удельный вес и тех, и других неуклонно растет. Это относится, в частности, к атомной энергетике и промышленности, химической, металлургической, горнодобывающей отраслям промышленности, подводным работам, освоению космоса, военному делу.

Экстремальные условия определяются, прежде всего, внешними условиями работы (радиация, сильные электромагнитные поля, экстремальные значения температуры, давления и т. д.).

Помимо внешних условий экстремальные ситуации характеризуются и определенным перечнем специфических работ, подлежащих выполнению. Эти работы включают сотни различных технологических операций. Основным типом технических систем, требующихся для выполнения перечисленных операций, являются робототехнические системы (РТС), благодаря характерной для них многофункциональности и гибкости позволяющих оперативно выполнять различные технологические операции. Кроме них для выполнения отдельных типовых технологических операций требуется довольно широкая номенклатура специальных технологических систем, с которыми РТС должны взаимодействовать.

Примерами таких специальных технических систем могут служить строительные, строительно-дорожные, транспортные, погрузо-разгрузочные машины — экскаваторы, бульдозеры, краны и т.д., но в специальном исполнении, предназначенном для работы в экстремальных внешних условиях.

Решение проблемы создания РТС для экстремальных условий связано со следующими особенностями:

- сложность (экстремальность) внешних условий, зачастую находящихся на пределе возможностей современной техники;

-сложность, многообразие, нечеткость (изменчивость) подлежащих выполнению функций, приводящие к большой номенклатуре требуемых технических средств, как правило, при единичном характере потребностей в этой технике;

-межотраслевой характер проблемы, как с точки зрения потребителей, так и производителей требуемых технических средств.

С учетом этих особенностей в основу проектирования средств экстремальной робототехники должны быть положены следующие принципы.

Первый принцип — функциональная и конструктивная унификация технических средств на основе их модульного построения.

Второй принцип — согласованность требований к рассматриваемым техническим средствам и к их техническому окружению, с которым эти средства должны взаимодействовать, из условий максимума общей технико-экономической эффективности.

Важные дополнительные требования, которые следует предъявлять к объектам внешней среды для облегчения функционирования технических средств, предназначенных для работы в экстремальных условиях, направлены на обеспечение выполнения этими средствами следующих действий:

-передвижение, в том числе при наличии разрушений и препятствий;

-выполнение различных манипуляционных операций с органами управления технологическим оборудованием и контроля за ним;

-проведение демонтажных и ремонтных работ с этим оборудованием;

-расчистка и уборка разрушений, очистка от вредных веществ.

Подобные модульные роботы, были использованы на работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. На место работы эти роботы доставлялись с помощью вертолетов.

6. АДАПТИВНЫЕ СБОРОЧНЫЕ РТК.

6.1. ПР с адаптивным управлением

В том случае, когда требуется особо высокая точность взаимного положения собираемых элементов, сборочные ПР оснащают системами адаптивного управления. ПР с адаптивным управлением работает следующим образом: сначала производятся грубые и быстрые перемещения рук ПР по заданной программе, а затем точные перемещения соединяемых деталей с использованием обратной связи. При применении ПР с адаптивным управлением необходимость в строгом предварительном ориентировании деталей в значительной степени снижается. Такие ПР обеспечивают значительное повышение точности позиционирования устанавливаемых деталей, поскольку они могут получить информацию об окружающей их обстановке, переработать ее в блоке управления и соответственно отреагировать [21].

При этом используются различные устройства взаимного ориентирования, когда управление ПР осуществляется датчиками на основе полученной ими информации о силах и моментах, действующих в процессе соединения деталей.

В настоящее время широкое применение нашли устройства, в которых метод статического воздействия основан на показаниях датчиков, например тензодатчиков, индуктивных и др. Работа этих устройств в определенной мере напоминает сборку вручную ощупыванием, когда сенсорные элементы пальцев определяют величину и направление реакции, возникающей при сопряжении, вследствие чего появляется возможность устранить смещение и провести сборку. Такие ориентирующие устройства получили название ощупывающие.

Хорошо зарекомендовали себя также пневматические и фотоэлектрические устройства взаимного ориентирования. Разрабатываются и внедряются в производство телевизионные ориентирующие устройства, голографические, экстремальные.

6.2. Ориентирование ощупыванием

Одно из устройств такого принципа действия было разработано фирмой Hitachi (Япония). Устройство входит составной частью в сборочный манипулятор типа HI-T-HAND. При введении сопрягаемых деталей в контакт по торцам может возникнуть перекосящий вала, направленный в сторону отверстия. Чувствительные элементы, обычно тензодатчики, регистрируют этот перекосящий вала, выдавая на исполнительные механизмы сигналы на корректировку положения вала.

В подобных устройствах в качестве датчиков очувствления (датчиков обратной связи) можно использовать различные преобразователи. Например, пневматические струйные преобразователи, преобразователи типа сопло-заслонка. В последних модификациях манипуляторов в процессе ориентирования перемещаются обе сопрягаемые детали, что делает систему ориентирования более гибкой.

Определить возникшее угловое смещение можно также с помощью индуктивных преобразователей. Принцип действия их заключается в том, что одновременно измеряются два выходных параметра при перемещениях подвижной части преобразователя в двух направлениях. Этот преобразователь состоит фактически из двух перпендикулярно расположенных друг к другу индукционных преобразователей, имеющих один общий якорь. Якорь подвешен в центре шаровой оперы и имеет две степени свободы.

Для опознавания смещения деталей можно использовать также электроточные преобразователи.

6.3. Пневматические устройства

На рис. 6.1 показана конструкция устройства относительного ориентирования. Деталь 6 подводится снизу под захват, укрепленный с помощью плоских пластинчатых пружин 19 и 24 к мембранным приводам 22 и 14. Сверху на колонне 16 размещена консоль 1, несущая толкатель 2. Толкатель выводит валик 4 из лотка 3 и вводит его в захват между губками 7 и 5. Губки поворачиваются друг относительно друга на оси 8 и сжимаются пружиной 9.

Если валик 4, перемещаясь вниз, не попадает в отверстие детали 6, а упирается в ее торец, то толкатель 2 смещается относительно консоли вверх и открывает золотник (на рисунке не показан), который открывает подачу сжатого воздуха в распределитель 17. Последний связан с воздушной магистралью посредством штуцера 18.

Из верхней полости распределителя воздух поступает через входные сопла 29 в отсеки 23, а затем в полости мембранных приводов 22 и 14 по шлангам. Кроме того, из отсеков 23 воздух поступает в выходные отверстия 25-28, выполненные в губках 5 и 7. Соединения выполнены так, что выходные отверстия 26 и 28 связаны шлангами с полостями привода 14, а отверстия 25 и 27 - с полостями привода 22.

В зависимости от расположения валика 4 поступление воздуха через отверстия 25-28 будет различным и, следовательно, силы, действующие на мембраны приводов 14 и 22, также будут различными. Штоки 21 этих приводов, перемещаясь в результате разности давлений в их полостях, подводят валик к отверстию [22].

После центрирования валик под действием толкателя 2 входит в отверстие. Собранные детали отводятся после сборки вниз или вправо, губки

раскрываются, пропуская валик. При отводе собранных деталей вниз толкатель остается в крайнем нижнем положении, не давая валику выйти из отверстия. Когда детали удалены, консоль с толкателем уходит вверх, воздух из приводов стравливается. На место валика 4 по лотку 3 выходит новый валик, а на место детали 6 подается другая деталь. Цикл повторяется.

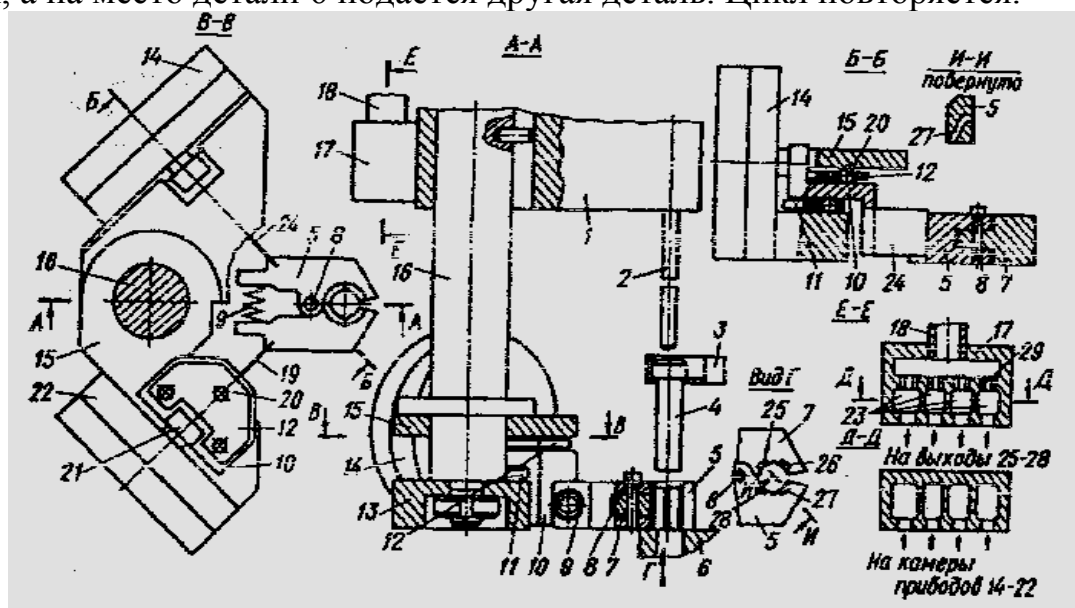


Рис. 6.1 - Пневматическое устройство относительного ориентирования

Данное устройство может первоначально устанавливать захват по центру отверстия. После этого толкатель вводит в захват валик, который сразу попадает в сопрягаемое отверстие. Если сборка по какой-либо причине не произошла, толкатель останавливается, сжав предохранительную пружину, расположенную в консоли. Переналадка устройства состоит в смене губок.

6.4. Фотоэлектрические устройства

В настоящее время разработаны разные по конструкции и принципу действия фотоэлектрические устройства относительного ориентирования, обеспечивающие сборку различных по размеру и по форме деталей. Они характеризуются высокой надежностью и точностью.

Простейшая принципиальная схема ориентирования изображена на рис. 6.2.a. Согласно схеме, световое пятно от источника 1 фокусируется оптической системой 2 на поверхности детали (втулки) 3 и после отражения направляется системой 4 на фотоэлемент 5. При смещении детали влево (вдоль оси X) в некоторый момент времени прекращается поступление света на фотоэлемент. Это вызывает срабатывание исполнительного приводного органа, перемещающего базу (на рисунке не показана), на которой находится втулка.

Использование аналогичной схемы, при которой деталь перемещается вдоль оси Y, позволяет расположить центр отверстия втулки в строго

заданном положении. Схема конструкции такого устройства представлена на рис. 6.2,б. В этой конструкции источник света 1 с оптической системой 2, а также элемент 5 с системой 4 размещены на кронштейнах захватов 6, удерживающих вал 7. Устройство определяет положение сопрягаемого с валом отверстия втулки 3 и через систему промежуточных преобразователей и двигателей выводит вал в положение, при котором возможно соединение деталей. Фокусировка светового луча на торце втулки производится с помощью этого же устройства и основывается на экстремальном методе контроля.

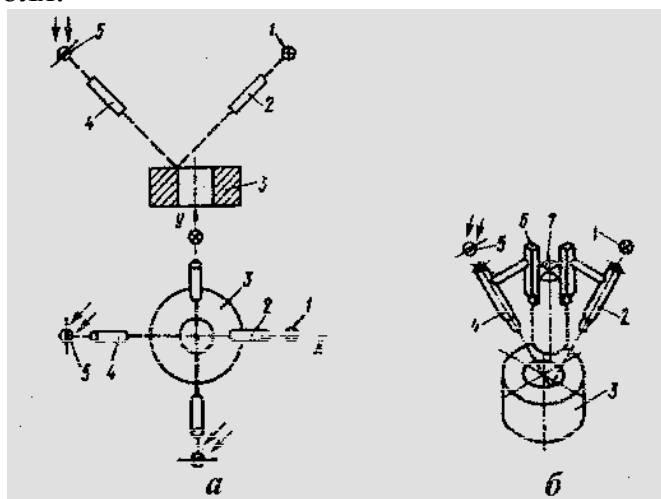


Рис. 6.2 - Ориентирование фотоэлектрическим методом: а – схема ориентирования; б – крепление ориентирующих органов к захвату

6.5. Акустические устройства

Определение относительного положения собираемых деталей с помощью акустических средств может осуществляться самыми разнообразными путями. В одном из таких устройств относительное положение деталей регистрируется и оценивается с помощью группы детекторов (микрофонов или акустических головок), включенных в систему управления положением деталей (рис. .3). На кронштейнах 3, прикрепленных к захвату 5, установлены на равных расстояниях от захвата микрофоны (акустические головки) 2 и 7, включенные в систему управления по дифференциальной схеме. Аналогичные микрофоны располагаются также в плоскости, перпендикулярной к плоскости чертежа и проходящей через ось захвата, в котором располагается валик 6. Привод 4 перемещает захват с валиком вниз по стрелке А, Он сообщает захвату осевые колебания с амплитудой 0,1 мм. В момент встречи валика с втулкой 1, например в точке О, возбуждается акустическая волна, которая при приведенном на рисунке относительном положении валика и втулки достигает головки 2 раньше, чем головки 7. Суммируемый в устройстве сравнения сигнал вырабатывает соответствующие команды, включающие исполнительные механизмы, устраняющие образовавшееся смещение.

Управляющий сигнал в устройстве сравнения определяется фазой сигналов в головках 2 и 7 и ее знаком. Аналогично действует система ориентирования и в направлении, перпендикулярном к рассмотренному. Причем исполнительные механизмы, устраняющие смещение, действуют до тех пор, пока сигнал в устройстве сравнения не станет равным нулю, что означает совмещение осей собираемых деталей поданной координате. Затем привод вертикальной подачи вводит валик в отверстие втулки.

Данное устройство может иметь в качестве чувствительных органов, опознающих смещение, пьезоэлектрические элементы, вмонтированные непосредственно в захват и расположенные накрест.

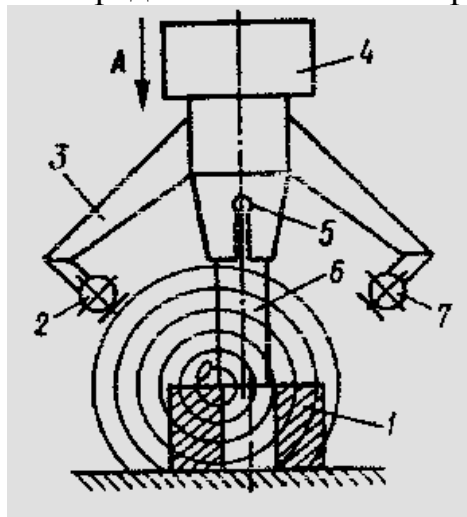


Рис. 6.3 - Схема акустического ориентирующего устройства.

6.6. Инфракрасные устройства

Устройства такого типа характеризуются высокой чувствительностью и простотой реализации. Схема устройства с приемником инфракрасного излучения представлена на рис. 6.4. Сопрягаемая с валом 2 деталь 3 располагается на сборочной позиции над приемником инфракрасного излучения, а вал 2 - в захвате головки 1, управляемой исполнительными механизмами ИМ, которые обеспечивают движения по четырем координатам: трем линейным X , Y и Z и одной угловой φ . Тепловое излучение от торца вала через линзу 5 попадает на приемник излучения 6, который через усилитель 7 связан с оптимизатором (экстремизатором) 8, управляющим исполнительными механизмами ИМ. Захваченный головкой 1 вал при перемещении на сборочную позицию перемещается над нагревателем 4, который, посылая кратковременные тепловые импульсы, нагревает торец на $5-10^\circ$ выше температуры окружающей среды. Затем вал размещается над позицией сборки.

Тепловое излучение вала фиксируется приемником 6, причем величина этого излучения зависит от относительного положения вала и отверстия в детали 3. При наличии смещения сопрягаемых поверхностей выходной

сигнал ниже, чем в ориентированном положении, т. е. характеристика регистрируемого приемником излучения имеет экстремальный характер.

Первоначально устройство ИМ φ ориентирует вал относительно отверстия по углу поворота φ , а после этого включаются приводы ИМХ, и ИМУ, ориентирующие вал по координатам Х и У. Процесс ориентирования по каждой из координат прекращается в тот момент, когда экстремизатор зафиксирует максимальную за данный цикл интенсивность излучения от торца вала. По окончании ориентирования исполнительный механизм НМЗ вводит вал в отверстие детали 3, и собранная сборочная единица удаляется. На этом цикл сборки заканчивается.

Поскольку в систему введен экстремизатор, изменение температуры излучающего торца никак не сказывается на точности измерений. Следует отметить, что выпускаемые промышленностью радиометры, предназначенные для дистанционного измерения интенсивности светового излучения разных объектов, могут быть использованы для целей относительного ориентирования. В состав радиометров входят такие элементы, как приемник, оптическая система, фокусирующая излучение детали на чувствительную площадку приемника, электронная схема, служащая для преобразования, усиления и измерения сигнала с выхода приемника.

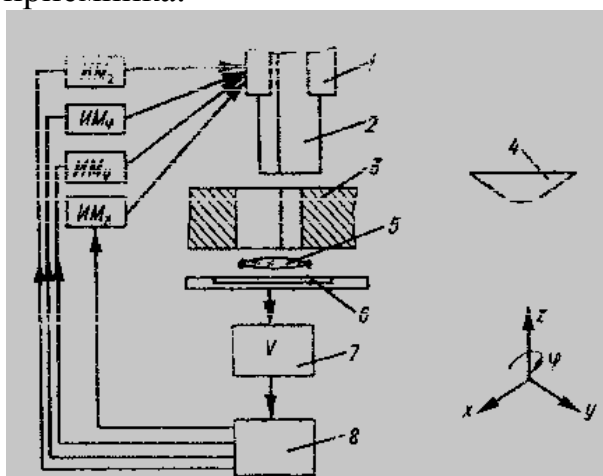


Рис. 6.4 - Схема инфракрасного устройства для ориентирования.

6.7. Телевизионные устройства

Как и ранее рассмотренные, телевизионные устройства относительного ориентирования относятся к группе бесконтактных устройств универсального действия. Схема одного из них приведена на рис. 6.5. Устройство используется для определения положения центра отверстия сопрягаемой с валом детали, выдачи соответствующих сигналов на исполнительные механизмы сборочной головки и корректировки ее положения.

Устройство содержит передающую телевизионную трубку 3, соединенную своим выходом через усилитель-формирователь 10 с

триггерами 2, 7 и 16. При подаче питания на устройство триггер 16 автоматически устанавливается в состояние «0». Напряжение низкого уровня с этого триггера размыкает ключ 11, и сигнал, поступающий на его вход с резистора R1, на выходе отсутствует. Таким образом, обеспечивается работа в режиме поиска. В этом режиме генераторы 4 и 5 вырабатывают отклоняющие токи симметричной треугольной формы с частотами близкими, но не равными по величине. Амплитуды этих токов подбираются таким образом, чтобы скорости движения сканирующего пятна относительно осей X и Y были одинаковыми. При этом пятно движется всегда под углом к осям X или Y, описывая крестообразный растр. Траектория 19 пятна представлена на рис. 6.5, б.

Работа генераторов 4 и 5 (рис. 6.5, а) основана на интегрировании напряжения, поступающего с триггеров-расширителей 2 и 7. Когда токи в отклоняющих катушках 8 и 9 достигают верхнего порогового уровня, срабатывают пороговые устройства 7 и 6, триггеры опрокидываются и отклоняющие токи начинают убывать. При достижении отклоняющими токами нижнего порогового уровня снова срабатывают пороговые устройства, и процесс повторяется.

В момент t_1 сканирующее пятно попадает на торец втулки 20 (рис. 6.5, б) и на выходе усилителя-формирователя возникает отрицательный импульс, опрокидывающий триггер 16 (рис.6.5, а) и переводящий его в состояние «1». Напряжение высокого уровня открывает ключ 11. Благодаря этому возникает взаимная связь между генераторами развертки 4 и 5, и устройство переходит в режим слежения.

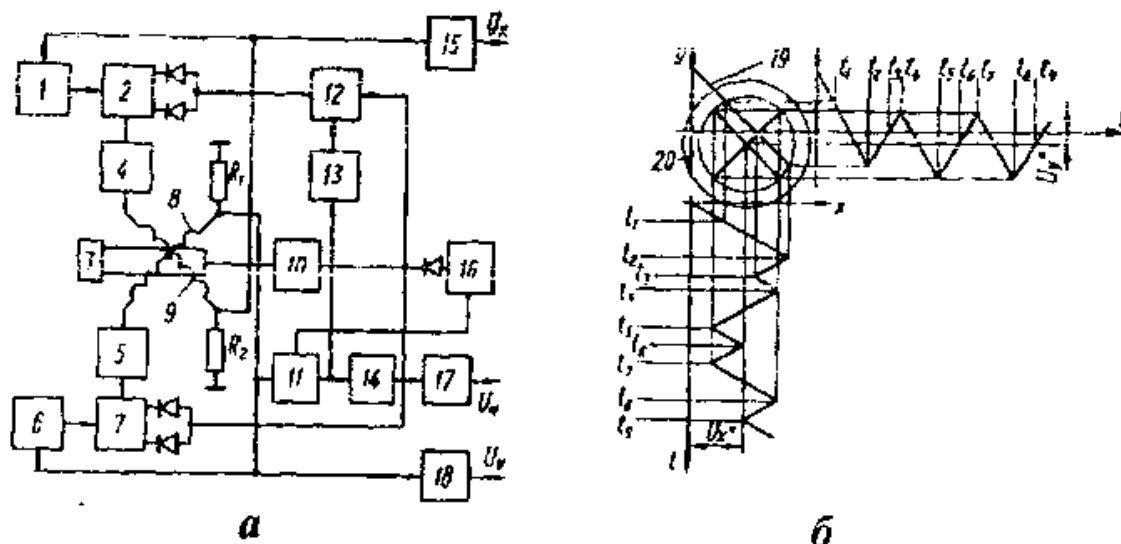


Рис. 6.5 - Телевизионное устройство для определения положения центра отверстия собираемой детали: а – схема устройства; б – траектория движения сканирующего пятна

Так как отрицательный импульс с усилителя-формирователя не воздействует на триггеры 2 и 7, сканирующее пятно продолжает свое движение внутри отверстия втулки в прежнем направлении. В момент t_2 (рис. 6.5, б), когда пятно начинает выходить из проекции, на выходе усилителя-формирователя отверстия создается положительный импульс, который опрокидывает триггеры.

В результате сканирующее пятно меняет направление своего движения на противоположное, т.е. на 180° . При этом на резисторах R1 и R2 (рис. 6.6, а) формируются напряжения треугольной формы U_{0x} и U_{0y} . Напряжение U_{0x} проходит через ключ 11 на схему сравнения 13, которая вырабатывает положительные импульсы в моменты t_3 , t_6 и t_9 , когда нарастающее напряжение U_{0y} проходит через свое среднее значение. Эти импульсы через смеситель 12 поступают на триггер 2 и опрокидывают его. Так как триггер 7 остается при этом в прежнем состоянии, то направление движения пятна в моменты t_3 , t_6 и t_9 меняется на 90° . В моменты же t_7 и t_8 оба триггера опрокидываются под действием положительных импульсов, поступающих с усилителя-формирователя, и направление движения пятна меняется на 180° .

Благодаря этому в установившемся режиме траектория 19 перемещения пятна будет представлять собой крест, центр которого лежит в центре отверстия втулки, а лучи упираются в края отверстия. Причем напряжения формы U_{0x} и U_{0y} , снимаемые с выходов фильтров низких частот 15 и 18, соответствуют координатам центра отверстий. Кроме того, перепад напряжений формы U_{0x} и U_{0y} пропорционален угловому размеру отверстия. Напряжение U_z , получающееся на выходе цепочки, состоящей из детектора 14 и фильтра нижних частот 17, характеризует угловой размер отверстия. Управляющие напряжения формы U_{0x} и U_{0y} через усилители подаются на исполнительные механизмы, выводящие головку с сопрягаемыми валиками в положение, определяемое этими сигналами.

6.8. Голографические устройства

Одними из наиболее универсальных и перспективных устройств относительного ориентирования являются голографические устройства, которые получают широкое распространение в различных механизмах, в том числе в устройствах для определения координат деталей. Подобная ориентирующая система дает подробную интегральную характеристику относительного расположения и обладает высокой точностью. Особенно целесообразно ее использование при комплексной сборке агрегатов, а также при сборке сборочных единиц, у которых положения сопрягаемых деталей пространственно разнесены. Существенной особенностью данного метода является то, что интерферограмма топографического изображения несет информацию о перемещениях ориентируемой детали по всем координатам.

Голография представляет собой процесс записи оптических сигналов, несущих информацию о наблюдаемых эффектах, и получения их плоских

или объемных изображений. Голографическая запись отличается тем, что в ней, кроме фиксации амплитуды световых лучей, фиксируются также и фазовые соотношения между этими лучами, одновременно осуществляется запись пространственной структуры световых волн. Для получения голографического изображения деталей необходим когерентный источник света, облучающий их. Такими источниками являются оптические квантовые генераторы.

Схема устройства, основанного на данном методе, приведена на рис 6.6, а. Вал 4 прямоугольного поперечного сечения находится в захвате 2, а сопрягаемая с ним деталь 5 - на координатном столике 6. Столик приводится в движение блоком исполнительных механизмов 7 по трем координатным осям, которые могут перемещать столик с деталью 5 вдоль двух координатных осей X и Y и поворачивать вокруг вертикальной оси Z по углу φ (рис. 6.6, б). В силу погрешностей базирования и позиционирования в сборочной системе накапливаются линейные и угловые относительные смещения сопрягаемых деталей, препятствующие сопряжению.

Первоначально при настройке деталь 5 исполнительными механизмами выводится в строго ориентированное положение, а вал располагается на таком удалении, чтобы можно было получить голограмму поверхности детали 5. Голограмма записывается на светочувствительной пленке, размещенной в кассете 10, которая находится перед экраном телевизионной передающей камеры 11.

Полученная голограмма является эталонной. После проявления она опять устанавливается в кассете на прежнее место.

Установка голограммы производится с использованием метода интерференции, для чего получают изображение реальной детали 5, облучая ее когерентным лучом и сравнивая его перед телевизионной камерой 11 с восстановленным по эталонной голограмме изображением. Если данные изображения не совпадают (это означает, что эталонная голограмма установлена неправильно, поскольку собираемые детали находятся в эталонном ориентированном положении), на входном экране камеры 11 появляется интерференционная картина, наложенная на изображение детали 5. Данная интерференционная картина преобразуется передающей камерой в электрические сигналы, которые в режиме настройки поступают только на телеэкран 12, где снова преобразуются в оптическую информацию (интерференционную картину). Наблюдая за изменением интерференционной картины на экране, выставляют эталонную голограмму в такое положение, при котором интерференционная картина исчезает, что соответствует точному совпадению изображений восстановленного с голограммы и реальной детали, находящейся в ориентированном положении.

На этом настройка ориентирующего устройства заканчивается, и телевизионный экран выключается. Собираемые детали, находившиеся в ориентированном положении, со сборочной позиции удаляются.

Рабочий режим начинается с подачи на сборочную позицию деталей 4 и 5, причем вал удерживается в захвате 2 неподвижно, а деталь 5 может перемещаться вместе со столом 6. В общем случае она располагается относительно вала с некоторым смещением. Для его выявления торец детали облучается когерентным потоком света из лазерного источника. При этом в плоскости эталонной голограммы, находящейся в кассете 10, возникает голограмма данной реальной детали. Поскольку она смещена, голограмма реальной детали и голограмма детали эталонного положения не совпадают.

Наложение этих голограмм образует интерференционную картину, которая появляется на изображении детали 5. Камера 11 преобразует оптическую информацию, содержащуюся в интерференционной картине, в сигналы, необходимые для работы ЭВМ 8.

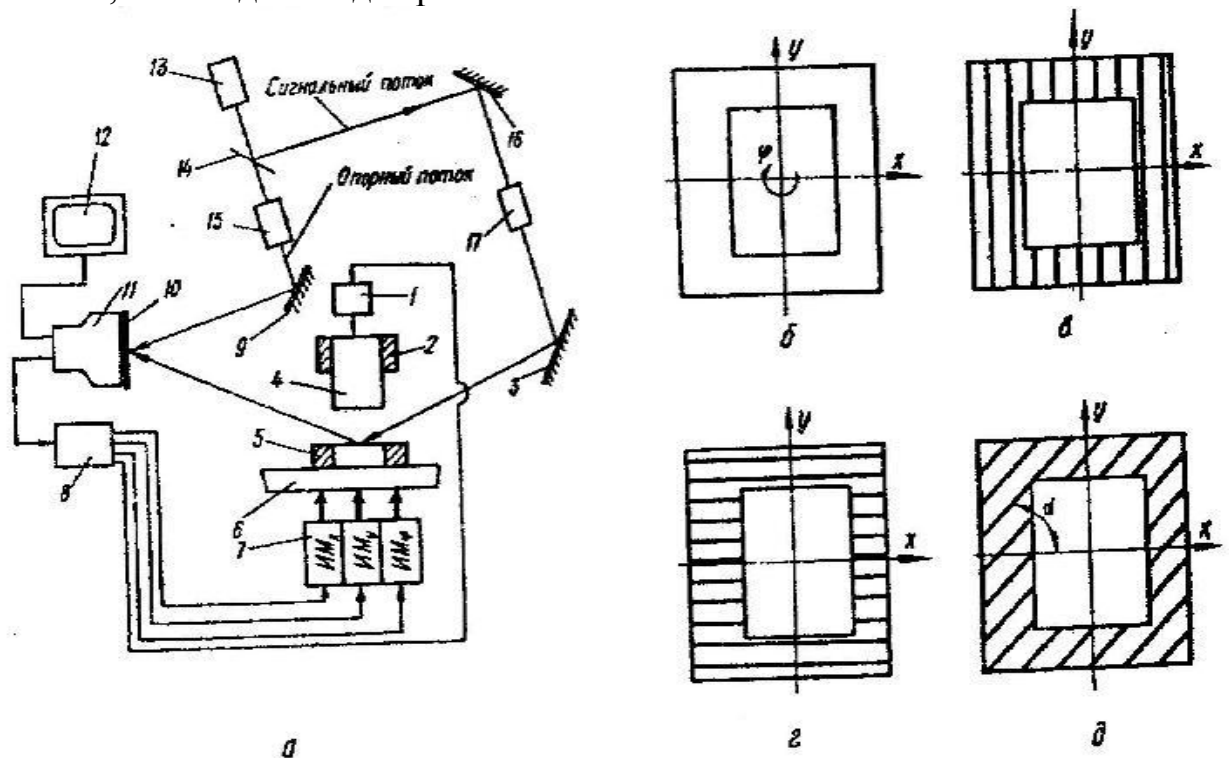


Рис. 6.6 - Относительное ориентирование деталей голографическим методом: а – схема устройства; б – деталь установлена правильно; в – деталь смещена вдоль оси X; г – деталь смещена вдоль оси Y; д – деталь смещена вдоль обеих координатных осей

Анализ интерференционной картины позволяет определить величину и направление смещения ориентируемой детали относительно ее эталонного положения, зафиксированного на голограмме.

При любой форме детали интерференционные картины имеют вид, показанный на рис. 6.6, в-д. На рис. 6.6, в показаны интерференционные линии (полосы) при смещениях только вдоль оси X, на рис. 6.6, г - только при смещениях вдоль оси Y, на рис. 6.6, д - при одновременных смещениях вдоль обеих координат X и Y. При смещениях вдоль осей X, Y и угловом

смещении φ интерференционные линии представляют собой более сложные кривые на изображении детали, например форму дуг.

Количественной мерой величины относительного смещения детали 5 от ее эталонного положения (помимо качественной — наличия интерференционных полос) является частота (густота) этих полос. При движении детали в направлении увеличения ее смещения частота полос возрастает.

Вывод ориентируемой детали в нужное положение осуществляется методом экстремального управления. Процесс ориентирования начинается с устранения углового смещения. Для этого ЭВМ запоминает интерференционную картину, соответствующую исходному положению детали (определяет частоту и кривизну полос). Далее ЭВМ осуществляет с помощью исполнительного механизма (ИМП) пробный угловой шаг, поворачивая деталь вокруг оси в случайном направлении, и анализирует интерференционную картину, получившуюся в конце пробного шага.

Если при этом кривизна и частота полос увеличились, следовательно, пробный шаг был сделан в неверном направлении, и ЭВМ посылает на ИМ команду сделать шаг в противоположном направлении. Если пробный шаг привел к уменьшению кривизны и частоты полос, то рабочий шаг ЭВМ делает в этом же направлении.

Помимо голографического интерференционного сравнения, можно проводить сравнение голограмм непосредственно в ЭВМ. Для этого эталонная голограмма не записывается на фотопластинке, а вводится в память ЭВМ, которая сравнивает голограммы действительных положений ориентируемых деталей с эталонной голограммой. Анализируя их, ЭВМ посредством исполнительных механизмов выводит деталь в положение, необходимое для последующего сопряжения.

Устройство позволяет без переналадок ориентировать и собирать детали разнообразных форм и размеров, причем детали могут быть выполнены из разных материалов, в том числе и прозрачных. Переналадка устройства заключается в замене одной эталонной голограммы на другую.

Устройства голографического типа могут быть построены не только по оптическому, но и по акустическому принципу. В устройствах относительного ориентирования могут быть также использованы средства СВЧ и цифровой голографии.

6.9. Самонастраивающиеся экстремальные устройства

С точки зрения технической кибернетики, собираемые детали можно рассматривать как некоторый объект, подлежащий управлению, причем регулируемые и регулируемыми величинами одновременно являются в данном объекте пространственные координаты одной из собираемых деталей при постоянных координатах другой или же координаты обеих деталей.

Одним из самых эффективных способов автоматизации сборки сложных по форме деталей является экстремальный способ относительного ориентирования. К преимуществам экстремального относительного ориентирования с самонастройкой следует отнести то, что датчики определения относительного положения деталей убираются с позиции сборки, поскольку ими являются сами собираемые детали, а к сборочной позиции примыкают только выходные элементы исполнительных механизмов. При этом вся схема управления выносится в сторону. Изменение размеров собираемых деталей или их формы не требует перенастройки, так как в каждой новой паре собираемых деталей устройство экстремального ориентирования осуществляет подбор новых значений координат, при которых смещения сопрягаемых поверхностей равны нулю. Такие устройства легко сопрягаются с ЭВМ. В данном случае ЭВМ, помимо задач контроля, выполняет автоматическое управление процессом относительного ориентирования деталей. Наконец, подобные устройства хорошо komponуются со сборочными манипуляторами.

При реализации этого способа изменение регулируемых координат собираемых деталей с помощью преобразователей, к которым относятся сами детали, преобразуются в соответствующие выходные параметры, имеющие однозначные экстремальные зависимости от относительного положения (от ошибок относительного ориентирования) деталей. Выходными параметрами, т. е. физическими носителями информации об относительном положении собираемых деталей, являются, как правило, электрическая емкость между их торцами или магнитные характеристики - магнитное сопротивление торцевого зазора, эффективная магнитная проницаемость либо пневматическое сопротивление стыка деталей. Причем экстремальные значения выходных параметров преобразователей соответствуют необходимому для последующей сборки относительному ориентированному положению собираемых деталей.

С каждой новой собираемой парой деталей 1 и 2 требуемые экстремальные значения дрейфуют как по линейным координатам X , Y , Z , так и по угловой (относительно вертикальной оси Z) координате φ . Это определяется погрешностями изготовления, базирования и позиционирования деталей. Устройство постоянно отыскивает экстремальные значения выбранного выходного параметра. Таким образом, осуществляется самонастройка (адаптация) на новое ориентированное положение.

В зависимости от типа носителя информации используется емкостный, индуктивный, индукционный, пневматический или иной экстремальный преобразователь относительного положения деталей, выходные параметры которого преобразуются затем в сигналы соответствующей природы, необходимой для последующей обработки в системе экстремального управления. Так, например, относительные изменения валкости,

образованной торцами собираемых деталей, преобразуются в напряжение переменного тока.

В подобных устройствах имеются экстремальные преобразователи относительного положения деталей в промежуточные параметры, имеющие экстремальные зависимости (ими могут быть, например, емкость, индукция, индуктивность) и последующие преобразователи, преобразующие изменения промежуточных параметров в сигналы удобного для дальнейшей обработки вида. Первыми экстремальными преобразователями являются непосредственно сами собираемые детали.

Сравнительная характеристика устройств

Наиболее универсальными являются экстремальные, топографические и телевизионные. Их использование наиболее целесообразно при сборке сложных сборочных единиц, состоящих из больших групп деталей, а также для сборки сложных соединений, например шлицевых. Оснащение ими исполнительных органов манипуляторов позволяет значительно повысить их гибкость и реагирующие способности, т.е. в конечном итоге надежность работы и приспособляемость к изменяющимся условиям.

Устройства, работающие по методу ощупывания, пневматические или фотоэлектрические не так универсальны, но проще. Акустические и инфракрасные устройства занимают промежуточное положение.

Следует иметь в виду, что выбор ориентирующего устройства определяется не только возможностями его переналадки, но и такими характеристиками, как точность и быстродействие. С данной точки зрения пневматические, голографические или экстремальные устройства позволяют достигнуть в ряде случаев точности ориентирования порядка 0,01 мм и выше (до 0,003 мм). Достаточно чувствительными являются также фотоэлектрические устройства.

В этом смысле акустические устройства несколько обособлены, поскольку в них оценивается направление и наличие смещения, а не его величина. Однако подобная информация позволяет также направленно устранять смещение. Дискретность таких устройств зависит только от частоты подачи акустических сигналов и скорости исполнительных органов.

Быстродействие большинства рассмотренных устройств весьма высокое и ограничивается в основном быстродействием срабатывания исполнительных органов. Несколько меньше оно у пневматических и акустических устройств, однако, вполне достаточно для большинства сборочных автоматов. При этом акустические устройства, как работающие в импульсном режиме, обладают очень малой зоной нечувствительности, что благоприятно сказывается на качестве работы ориентирующего устройства. Другие устройства из рассмотренных выше также могут работать в импульсном режиме, но требуют для этого дополнительных органов.

Инфракрасные устройства, как и экстремальные, характеризуются тем, что при окончании процесса ориентирования их исполнительные механизмы

совершают автоколебания с малой амплитудой относительно требуемого ориентированного положения, что облегчает соединение сопрягаемых деталей, так как устраняется трение.

Все рассмотренные устройства относительного ориентирования могут быть использованы при разработке адаптивных сборочных РТК.

6.10. Типовые РТК сборки

Экспериментальный сборочный РТК на базе ПР мод. РВ - 50Ф2 (рис. 6.7), созданный в ЭНИМСе, обеспечивает автоматическую сборку подшипниковой опоры комбайна. Собираемый узел состоит из корпуса, крышки, двух резиновых манжет, подшипника, картонной прокладки, трех болтов (с шайбами) [23].

Последовательность сборки следующая: установка базовой детали (корпуса) в технологическое приспособление; установка крышки в технологическое приспособление; запрессовка манжеты в крышку; запрессовка манжеты в корпус; установка подшипников в корпус; установка картонной прокладки на корпус; сборка крышки с корпусом; установка трех болтов (с шайбами), их наживление и завинчивание с требуемым усилием.

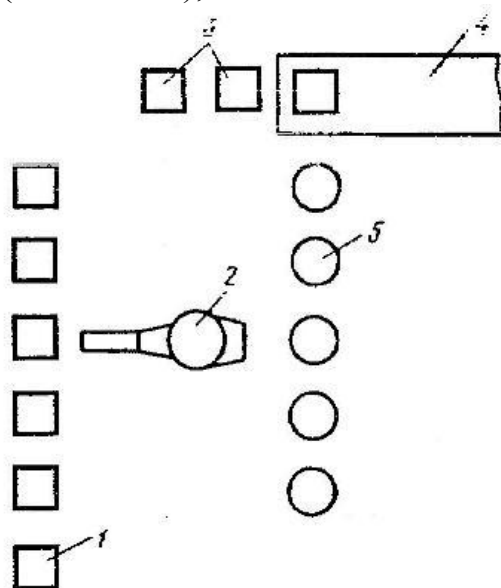


Рис. 6.7 - Экспериментальный РТК на базе ПР модели РВ - 50Ф2

В состав РТК входит следующее оборудование: ПР 2; магазины 5 сборочных инструментов, выполненные в виде пятипозиционных поворотных столов; рабочие сборочные позиции 3, обеспечивающие установку и фиксацию основных деталей (корпуса и крышки); конвейер 4, подающий корпус и крышку на рабочую позицию; питатели 1.

Различают конструкции, содержащие соответственно манжеты, подшипники, прокладки и болты (с шайбами).

Установка сменного сборочного инструмента на руке ПР, а также передача его на хранение в требуемые ячейки поворотного стола осуществляются автоматически. Для крепления инструментов на руке ПР применена конструкция типа «байонет».

Процесс взятия из питателей деталей (кроме болтов с шайбами) однотипный: соответствующий сборочный инструмент осуществляет сканирование питателей сверху вниз и захватывает верхнюю деталь из стопы, для чего все захватные устройства и инструменты оснащены пневматическими струйными датчиками. Последние установлены таким образом, чтобы при подходе к верхней детали формировался сигнал на прекращение движения и захват детали.

Технологический процесс сборки включает в себя две группы операций:

1) загрузочно-установочные - установка корпуса и крышки в соответствующие сборочные приспособления (операции 1 и 2) и загрузка выходного магазина-накопителя собранными узлами;

2) сборочные - запрессовка резиновых манжет в корпус и крышку (операции 3 и 4); запрессовка подшипника в корпус (операция 5), установка картонной прокладки на корпус (операция 6); установка крышки на корпус (операция 7); установка, наживление и завинчивание трех болтов с шайбами (операция 8).

Операции 1, 2 и 3, 4 выполняются попарно с помощью одного комплекта сборочного инструмента, и поэтому при переходе с одной операции на другую не требуется замена инструмента. Во всех других случаях при переходе с одной сборочной операции на другую необходима автоматическая смена сборочного инструмента.

В состав набора сборочных инструментов входят: широкодиапазонный пневматический захват для установки корпуса и крышки; запрессовщик резиновых манжет; запрессовщик подшипников качения в сборе; пневматический вакуумный захват для подачи картонных прокладок; гайковерт с пневматическим приводом.

Инструменты - запрессовщики резиновых манжет и подшипников, а также гайковерт позволяют в определенных пределах компенсировать погрешности позиционирования сопрягаемых деталей.

Последовательность работы ПР при реализации операций 1 - 8 следующая: взятие из магазина требуемого сборочного инструмента; захват требуемой детали, выполнение технологической операции (запрессовка, установка и т. п.); установка обратно в магазин сборочного инструмента (при выполнении операций 1, 2 и 3, 4 этого не требуется).

Специальные датчики на сменных сборочных инструментах контролируют наличие деталей в соответствующих магазинах и наличие детали в инструменте в процессе ее транспортирования.

Особый интерес представляет выполнение операции установки, наживления и завинчивания трех винтов (с шайбами) с требуемым усилием. В конструкции гайковерта, осуществляющего эту операцию, предусмотрен струйный датчик перемещений. С его помощью обеспечиваются контроль попадания переносимого болта в резьбовые отверстия крышки и корпуса изделия; синхронизация скорости поступательного движения ПР при завинчивании болтов и частоты вращения гайковерта; контроль качества сборки резьбового соединения. Гайковерт имеет насадку с постоянным магнитом, которая может пассивно перемещаться вдоль оси гайковерта под действием внешних возмущений. Определенная, исходно выбранная величина этого перемещения регистрируется струйным датчиком. Если болт попадает в резьбовое отверстие, то при поступательном движении вниз не происходит перемещения насадки относительно гайковерта. В противном случае насадка начинает перемещаться, что и регистрируется струйным датчиком, сигнал которого показывает, что оси болта и резьбового отверстия не совпали. Синхронизация скорости поступательного движения ПР и частоты вращения гайковерта осуществляется при остановке насадки, т. е. при совпадении осей болта и резьбового отверстия.

Кинематическая схема сборочного РТК на базе ПР мод. РВ-50Ф2 показана на рис. 6.8.

РТК на базе ПМР. На базе рассмотренных ранее промышленных минироботов (ПМР) разработано ряд РТК. Один из них, РТК для сборки

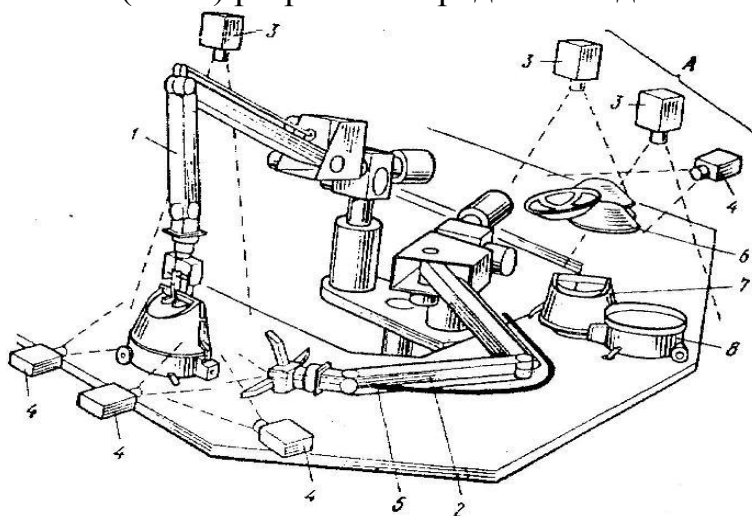


Рис. 6.7. Кинематическая схема сборочного РТК на базе ПР мод. РП-50Ф2: 1 – правая рука для выполнения операций, требующих значительных затрат мощности; 2 – левая рука (вспомогательная); 3 – вертикально расположенные телекамеры; 4 – горизонтально расположенные телекамеры; 5 – телекамера на захвате ПР; 6 – фильтр пылесоса, 7 – моторный блок; 8 – камера для пыли

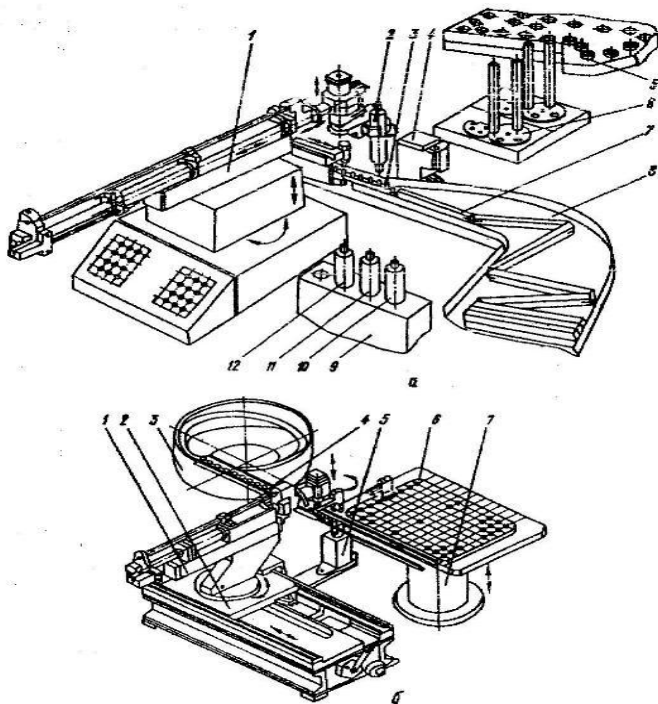


Рис. 6.8. Компоновка РТК: а – для сборки клапанов; б – для укладки заготовок постоянных магнитов в кассеты

клапанов, изображен на рис.6.8, а. При разработке РТК использован ряд оригинальных решений, в том числе автоматическая смена захватов, семь степеней подвижности, горизонтальный самоукладывающийся магазин спутников и ряд других.

Работа комплекса заключается в следующем. Робот 1 типа ПМР-0,5-254-КПВ в автоматическом режиме производит в определенной последовательности захват ориентированных деталей из соответствующих устройств-накопителей (пружин 3, прокладок 4, клапанов 5, крышек 6), для чего осуществляется автоматическая смена захватов (цангового 2, вакуумного 12 и клещевого 11) в кисти робота в зависимости от обслуживаемого класса деталей. В магазине 9 установлены также инструменты и сборочное приспособление 10, на котором производится сопряжение собираемых деталей. Пружины 3 подаются самоукладывающимся магазином спутников 7 по направляющим 8. На базе робота пмр-0,5-254 кс, работающего в прямоугольной системе координат, разработан комплекс для укладки заготовок постоянных магнитов в кассеты (рис. 6.8, б).

Первичное ориентирование заготовок магнитов 4 и подача их в зону обслуживания робота 1 осуществляется в вибробункере 3. Выход лотка вибробункера снабжен отсекателем 5 для поштучной выдачи деталей. Настройка робота 1 заключается в привязке координат расположения платформы 2 робота (угол поворота), установке вибробункера 3 и стойки 7, а также в подъеме кассеты б. Привод поворота кисти робота применяется в качестве привода установочного движения, используемого при настройке

системы. В дальнейшем используются только возвратно-поступательные перемещения по трем координатам. После захвата крайней со стороны отсекаателя 5 заготовки захват перемещается к дальнему гнезду первого ряда кассеты б и за счет технологического вертикального (вниз) перемещения захват устанавливает заготовку в гнездо кассеты. Одновременно отсекаатель принимает очередную заготовку и подает ее на позицию захвата. Эта заготовка укладывается в предпоследнее гнездо ряда. Когда заполнится весь ряд, каретка горизонтального перемещения робота смещается на один шаг, соответствующий переходу на обслуживание очередного ряда кассеты. После заполнения кассеты комплекс автоматически останавливается для смены кассеты.

7. НАНО-РОБОТЫ

В ближайшие несколько десятилетий в производственной, биологической и медицинской сферах должна произойти революция. Причем довольно необычная, по современным обывательским меркам. Мы очень глубоко проникли в технологии. Ведь даже если говорить о сегодняшней ситуации - мы не видим, как течет электрический ток, но уже описали это явление множеством законов. Теперь ученые проникли гораздо глубже и добрались до нано-мира (одна миллионная доля миллиметра). При этом точно также как применяется слово "робот" практически ко всему, что делается в современной технике, так и понятие "нанотехнологии" весьма размывчато.

Нано-роботы

Умы многих ученых мира заняты проектированием нано-роботов - устройств, которые смогут производить действия на атомном и молекулярном уровнях. Это дает очень большие перспективы [2].

Например, если будет изобретен робот-конструктор, способный на атомном уровне контролировать молекулы и производить новые материалы (например, делать воду или кислород), то мы сможем поставить любой производственный процесс на нано-уровень.

Нано-роботы-конструкторы интересны и для других сфер народного хозяйства, так как смогут производить продукты питания, топливо и прочие необходимые атрибуты для жизнедеятельности человека. Не стоит забывать и о том, что нано-роботы смогут и самовоспроизводиться, точно также, как и сейчас - у нас машины собирают другие машины. При этом человек пока не видит в этом опасности.

С точки зрения медицины, в большинстве случаев говорят о нано-роботах - дестракторах (уничтожителях). Если запустить таковых в человеческое тело и запрограммировать определенным способом, то можно без труда выделять и уничтожать вирусы и другие ненужные элементы. Таким образом, появляются мысли о том, что человек может стать бессмертным. Вообще, при слове "нанотехнологии" у многих ученых съезжает крыша:).

Нано-роботы-уничтожители интересны для экологов, которые видят за внедрением этих технологий возможности устранения неприятных последствий жизнедеятельности человека. Вот что нам могут дать нано-технологии. А так ли все это на самом деле?

Теория "разумной" среды обитания

В принципе, это то, что вытекает из вышеописанного. С помощью нано-роботов человек сможет настроить окружающую среду максимально комфортно для своего существования. Она будет предназначена только для его обслуживания. При этом управлением большинством таких нано-роботов будет заниматься какой-либо аналог компьютера. И здесь есть три точки зрения:

Это будет новый тип разума, а человек отойдет на второй план. Хотя, такая точка зрения достаточно спорна. Не так давно всемирным разумом называли интернет, хотя он стал ни чем иным как большим хранилищем данных.

Так как нано-роботы смогут самовоспроизводиться, то это может повлечь за собой ряд проблем, особенно если произойдут сбои в программах.

Разработав такую глобальную систему, человек сможет более эффективно покорять космос и завоевывать новые пространства. Представьте себе вариант, когда на какую-либо планету "высаживаются" миллиарды запрограммированных нано-роботов. Одни отвечают за строительство, другие - за промышленность, а третьи - за адаптацию атмосферы.

Что самое интересное, третий вариант развития очень редко предусматривался даже в сфере научной фантастики.

Что же есть в реальности?

Пока мы видим очень много разговоров и демонстраций компьютерной графики, изображающих атомы и молекулы ДНК. По ожиданиям ученых и научной прессы первые нано-роботы должны появиться до 2010 года. Резонный вопрос: что же есть сейчас?

Возьмем продукцию корпорации Nanomuscle. Нано-мускулы действительно являются альтернативой микро-электродвигателям. Они дешевле, мощнее и удобнее в использовании. За основу действия таких "мускул" взят принцип "эффекта памяти формы". Если некую металлическую деталь деформировать, а потом ее нагреть, то она вернется в исходную форму, которая была до деформации. Это и называют "памятью". Чаще всего за металлический сплав используют никель-титан. Изначально его деформируют и внедряют в устройство. При пропускании по сплаву электрического тока или нагревании, сплав исправляет форму. Таким образом, закладывая различные типы деформаций, можно сообщать такой детали разные типы движения. Получается некоторый момент программирования. И название "мускулы" подходит более чем, поскольку они на подобие биологических, запрограммированы на определенный тип движения или выполнение только одной операции. У "нано-мускул" есть одна главная проблема - со временем деталь изнашивается. В некоторых случаях она рассчитана на 1000 движений и не больше. Сейчас задачей ученых является - довести это количество хотя бы до миллиона. Поэтому ищутся новые материалы, а также пути к улучшению титано-никелевого сплава.

Если сравнить стоимость такой детали со стоимостью микроэлектродвигателя, то мы получаем, что нано-мускулы в десятки, а то и сотни раз дешевле, при этом не требуется сложного технологического процесса для их производства.

На данный момент корпорация Nanomuscle предлагает несколько различных типов и моделей двигателей, самое востребованное применение

которых - производство игрушек. Но, как мне кажется, мы скоро сможем увидеть активное внедрение оных и обычную робототехнику, ведь производство любого робота может подешеветь в несколько раз.

Для того, чтобы ближе понять нынешнее состояние микро-технологий, а также задуматься о будущих возможностях нано-технологий, рекомендую найти информацию по нынешнему состоянию производства компьютерных процессоров, которое стоит на пике индустрии.

Что мы не можем увидеть.

Странно, конечно об этом так говорить... Мы никогда и не увидим нано-робота:) Разве что, вооруженным глазом:).

Хотя можем увидеть одного из них и не вооруженным - NanoWalker размером с монету. Разработанный в лаборатории биотехнологий Массачусетского Института Технологий (MIT Research Labs), сейчас он очень популярен в сети. Хотя имеет место множество иллюстраций, я бы воздержался говорить о том, что такое изобретение действительно реально, поскольку заявлено, что, на борту у него инфракрасный датчик и передвигается NanoWalker автономно, для работы с нано технологиями у него на борту есть еще и микроскоп, и система позиционирования (для того, чтобы быстро находить молекулы), а так как он создан и для медицинских целей, то на его борту есть много других датчиков. Представляете какой прорыв был в медицине в 2002 году? Этот же ученый, вернее его лаборатория Сильвина Мартеля (Sylvain Martel) занимается еще рядом, не побоюсь этого слова, поповых проектов, в том числе The I-Grain Project (персональный компьютер размером с зерно) и чипом-имплантантом для мозга.

Другой вариант более реален - под руководством Нэдриана Симана (Nadrian C. Seeman) в Нью-Йоркском Университете проводятся исследования в области реализации программируемого механизма на базе синтетических молекул ДНК. Существенных результатов пока в этой области не достигнуто, но цель поставлена правильная - необходимо создать управляемые и независимые от других молекулы, способные выполнять определенные функции. Пока же ситуация не подконтрольна - на запрограммированные молекулы внешние среды воздействуют также как и на обычные. То есть само понятие нано-робота от нас пока далеко.

В завершение.

Вокруг темы "нано-технологии" стоит очень много так называемого научного "шоу-бизнеса". При этом тему настолько популяризировали, что даже появилось целое течение против нано-технологий. При этом ни одной реальной реализации, кроме титано-никелиевых сплавов (TiNi) нет. То есть, хочешь быть популярным - поговори о нано-технологиях. По более реальным оценкам ученых, эти технологии смогут быть нам доступны только в следующем веке.

8. ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОДУЛИ (ГПМ)

8.1 Общее представление о гибких производственных модулях

Гибкие производственные модули (ГПМ), объединяя в своем составе совокупность технических систем и устройств, функционально необходимых для выполнения сложных технологических операций, являются ГПС нижнего структурного уровня [24].

В состав ГПМ для механической обработки входят одна или две единицы основного технологического оборудования с устройствами ЧПУ и вспомогательное оборудование для смены заготовок и инструмента (накопитель, автооператор или ПР), удаления стружки, контроля качества обработки, контроля и подналадки технологического процесса. ГПМ, предназначенный для автономной работы, в автоматическом режиме выполняет многократно заданные циклы обработки, имеет возможность встраиваться в ГПС более высокого уровня.

В зависимости от конкретных целей производства применяются различные по составу оборудования и его расположению ГПМ. Типовые компоновки ГПМ, в состав которых входит один станок.

8.2 ГПМ на базе токарного станка с передним расположением работа

Робот, имеющий схват, закрепляется на передней части токарного станка. Рядом со станком расположен накопитель, в гнезда которого оператор устанавливает заготовки (ось детали вертикальна). При включении станка робот захватывает из гнезда накопителя заготовку и переносит ее в патрон шпинделя. После зажима заготовки кулачками патрона и отвода рабочего органа робота в позицию ожидания производится обработка заготовки по программе. По завершении обработки снова включается в работу робот, его рабочий орган вводится в зону обработки, схват захватывает деталь; разжимается патрон, деталь выводится из патрона, транспортируется к накопителю и устанавливается в свободное гнездо. Схват разжимается, рабочий орган отводится в позицию ожидания, а накопитель перемещается на шаг. Затем цикл повторяется.

При использовании робота с двумя схватами цикл перемещения заготовки следующий.

В позиции I дверца рабочей камеры станка открывается и схват А перемещается для удаления обработанной детали. В позиции II деталь выводится из патрона, схваты А и В поворачиваются на 180° для смены положений. В позиции III заготовка схватом В помещается в патрон: схват А перемещает деталь из зоны обработки; дверца камеры закрывается и начинается обработка детали. В позиции IV схват А помещает деталь на позицию «а» накопителя; схват В захватывает следующую заготовку на позиции «в», накопитель перемещается на следующую позицию и цикл

повторяется. В результате при использовании робота с двумя захватными устройствами сокращается вспомогательное время и повышается производительность работы модуля.

8.3 ГПМ на базе токарного патронного станка высокой точности (ТПК-125-ВА)

Модуль предназначен для патронной обработки высокоточных деталей из сталей и цветных сплавов: расточки и обточки цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьб, подрезки торцов, проточки канавок и др.

Станок обладает высокой стабильностью положения режущего инструмента при его автоматической смене, обеспечиваемой специальной конструкцией револьверной головки.

Установка и смена деталей автоматизированы с помощью пневматического робота.

За один установ модуль может производить предварительную и финишную обработку большого количества поверхностей.

Компенсация износа инструмента осуществляется с помощью системы электронной коррекции.

8.4 ГПМ на базе токарного станка 16К20Ф3

Этот модуль построен, и предназначен для обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения. Он включает в себя токарный станок 16К20Ф3 с ЧПУ, робот для автоматической загрузки и тактовый стол, выполняющий одновременно функции накопителя и транспортера деталей.

8.5. Основные технические характеристики модуля 16К20Ф3

Наибольший диаметр изделий, мм:

- устанавливаемых над станиной.....500
- обрабатываемых над суппортом215

Наибольшая длина обрабатываемых

- изделий, мм.....900

Наибольший диаметр прутка, проходящего

- через отверстие шпинделя, мм.....53

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹(22,4

Подача, мм/об:

- продольная.....0,01...20
- поперечная.....0,005...10

Скорость быстрых ходов, мм/мин:

- продольных.....7500
- поперечных.....5000

Шаг нарезаемой резьбы, мм.....0,01...40,95

Мощность электродвигателя главного

- привода, кВт.....11

Габаритные размеры станка (с роботом

<input type="checkbox"/> и тактовым столом), мм.....	5270x2355x1600
Масса станка, кг.....	4500
Количество одновременно управляемых координат:	
<input type="checkbox"/> станка.....	2
<input type="checkbox"/> робота.....	1
Наибольшее программируемое	
<input type="checkbox"/> перемещение, мм.....	9999,999
Система отсчета	Абсолютная и в приращениях
Ввод данных.....	С клавиатуры или перфоленты
Грузоподъемность робота, кг:	
<input type="checkbox"/> суммарная.....	10
<input type="checkbox"/> одной руки.....	5
Число степеней подвижности	
<input type="checkbox"/> робота (без захвата).....	6
Число рук робота.....	1
Число захватов руки робота.....	2
Число программируемых координат робота.....	6
Наибольший вылет руки робота, мм.....	630
Масса робота, кг.....	110

8.6 ГПМ на базе токарного станка с фронтальным (передним) расположением рабочего органа робота

Этот модуль предназначен для обработки в патроне сравнительно коротких заготовок. При обработке деталей типа валов и необходимости захвата заготовки одновременно двумя схватами применяют модули на базе токарного станка с верхним порталным расположением робота.

Подобный модуль разработан Владимирским станкостроительным заводом на базе токарного многооперационного станка. Над станком располагаются двухрельсовые направляющие, по которым перемещается каретка, несущая два рабочих органа с схватами. Заготовки валов помещаются в тару на столе. Специальные подставки стола предназначены для размещения коротких заготовок, обрабатываемых в патроне. Цикл работы модуля аналогичен рассмотренному ранее. Верхнее расположение робота позволяет надежно транспортировать длинные детали типа валов, улучшить обзор рабочей зоны в процессе загрузки-разгрузки, связать тару с автоматизированным складом цеха. При обработке коротких заготовок один рабочий орган робота служит для забора заготовки из тары (устройства загрузки-разгрузки) и загрузки в патрон шпинделя станка. После обработки одной стороны рабочий орган извлекает заготовку, разворачивает ее на 180° и ставит ее вторым концом в патрон шпинделя; второй рабочий орган робота служит для извлечения из патрона шпинделя готовой детали и ее доставки в тару.

8.7 ГПМ на базе станка типа «обрабатывающий центр»

Этот модуль представлен состоит из накопителя (магазин) спутников цепной конструкции совершает потактовые односторонние перемещения от привода. С помощью механизма подачи спутник из магазина передается на трехпозиционное челночное устройство, обеспечивающее автоматическую смену спутников на станке. Когда стол находится в рабочем положении (позиция В) и ведется обработка очередной заготовки, челночное устройство смещается вправо. Спутник с заготовкой из магазина перемещается сначала на позицию А, а затем, при возврате челночного устройства в исходное положение, — на позицию Б. После завершения обработки детали на станке стол перемещается на позицию А, спутник с обработанной деталью перемещается на позицию Г. На стол устанавливается следующий спутник с заготовкой (с позиции Б). После возврата стола в рабочее положение спутник с обработанной деталью с позиции Г последовательно переходит на позицию А, а затем возвращается в магазин. Такая схема обеспечивает согласованность работы станка и магазина спутников при изготовлении деталей с различным машинным временем их обработки.

По аналогичной схеме работают ГПК на базе обрабатывающих центров ИР-500, которые входят в состав автоматизированного станочного комплекса АСК-20, разработанного Ивановским станкостроительным производственным объединением.

В ГПК для обработки корпусных деталей наряду с обрабатывающими центрами используются сверлильно-расточные и фрезерные станки с ЧПУ. Так, в составе ГПК для объемной обработки сложных деталей применяется специализированный вертикально-фрезерный станок МА655А3 с ЧПУ. Он предназначен для обработки (фрезерования плоскостей и пазов, сверления, зенкерования, развертывания и предварительного растачивания отверстий) деталей сложной криволинейной формы - типа дисков, плит, а также корпусных деталей из сталей, титановых и других легких сплавов. Станок оснащен устройством для автоматической смены инструмента.

9. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Накопительные и питательные устройства весьма разнообразны. Это могут быть устройства в виде лотков (рис. 9.1, а, б, г), где упорядоченная поштучная подача деталей роботу осуществляется под действием их собственного веса, или в виде бункеров (рис. 9.1, в) с подачей деталей путем вращения дна, на котором расположены детали [19].

В другом случае путем пошагового вращения поддона (рис. 9.2, а, г) детали фиксируются каждый раз в определенном положении для взятия их роботом или же сама рука робота имеет пошаговое программное перемещение (рис. 9.2, б, в) при неподвижном поддоне.

Аналогично, те же действия могут осуществляться путем поступательного пошагового перемещения в прямоугольных координатах (рис. 9.3), где детали расположены упорядоченно в кассетах (палетах).

Накопительные устройства могут иметь вид магазинов с вертикально расположенными стопками деталей (рис. 9.4). Деталь подается роботу поштучно снизу при помощи шибера устройства (рис. 9.4, а) или вертикально движущегося съемного устройства (рис. 9.4, б). Манипулятор берет деталь и пошагово перемещается сверху вниз (рис. 9.4, в); или же деталь подается манипулятору путем пошаговой подачи самого магазина (рис. 9.4, г) либо стопки деталей внутри магазина (рис. 9.4, д).

Для полного обеспечения станков деталями на заданное время работы магазины могут иметь несколько стопок деталей (рис. 9.5, а, б), а поддоны иногда делают многоуровневыми (рис. 9.5, в, г), т.е. имеющими ряд горизонтальных плоскостей с деталями. Такие накопительные устройства именуется контейнерами.

Накопители могут выполняться также в виде цепных механизмов с расположенными в каждом звене цепи деталями (рис. 9.5, а, в). Здесь детали поштучно подаются роботу путем пошагового перемещения цепи. Такие цепи могут образовывать многоярусные контейнеры (рис. 9.6, б).

В накопительных устройствах может быть организована циркуляция поддонов (кассет или палет), как показано на рис. 9.6, д и рис. 9.6, г с поочередным их пополнением по мере освобождения.

Транспортные устройства

Промежуточное транспортирование деталей внутри роботизированного технологического комплекса осуществляется с помощью простых роликов или пошаговых транспортеров или тактовых столов, имеющих строго фиксированные шаги перемещения, реализуемые специальными механизмами. Применяются также линейные электродвигатели. Транспортирующие устройства могут работать как в прямоугольных координатах, так и в полярных (в виде дисков) или же по пространственным траекториям (в частности, спиралевидным). Заготовки можно устанавливать

непосредственно на пластины тактового стола (рис. 9.7) либо на специальных приспособлениях (спутниках), которые крепятся на пластинах.

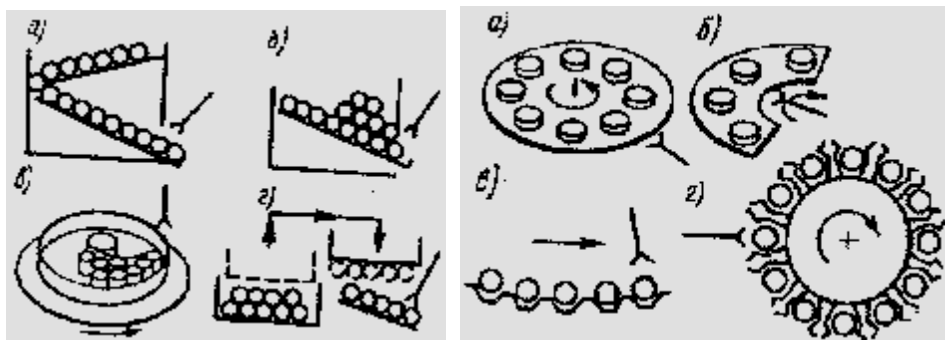


Рис. 9.1 – Схема лотков и бункера Рис. 9.2 – Схема поддонов с пошаговым вращением их или манипулятора

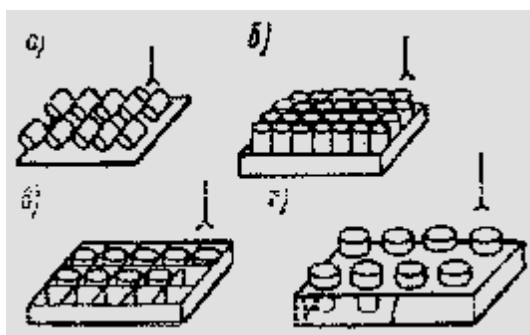


Рис. 9.3 – Схемы кассет (палет)

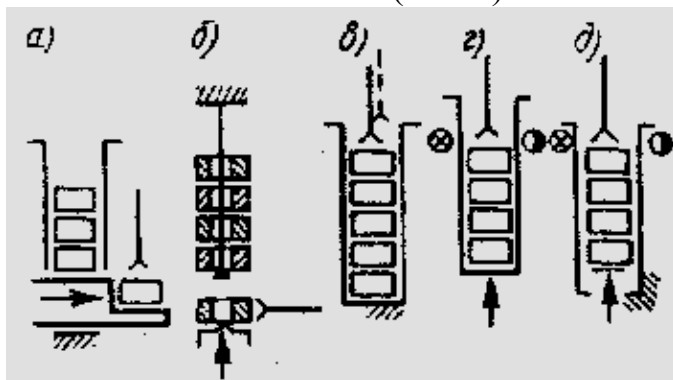


Рис. 9.4 – Схемы накопительных магазинов

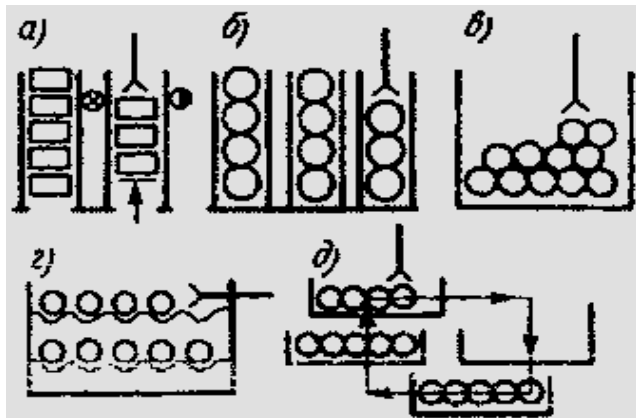


Рис. 9.5 – Схемы многорядных механизмов

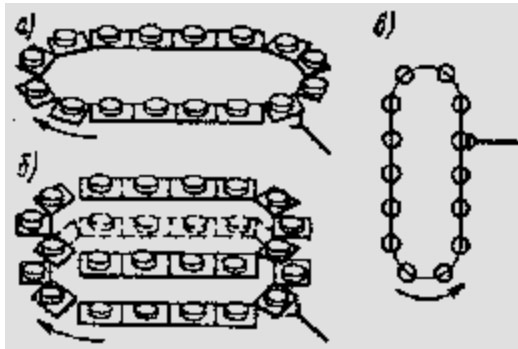


Рис. 9.6 – Схемы цепных накопительных магазинов

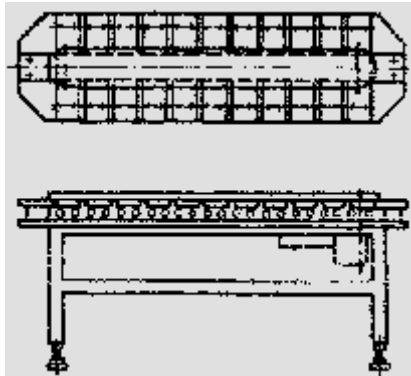


Рис. 9.7 – Схема тактового стола

Конвейером называют машину для непрерывного транспортирования изделий. Отличительной особенностью многих конструкций конвейеров, наряду с выполнением функций по перемещению заготовок, является возможность образования небольших межоперационных заделов, обеспечивающих независимую работу сложных станков в составе автоматических линий. Имеются конструкции конвейеров, которые при транспортировании производят распределение заготовок на несколько потоков.

Транспортные средства бывают стационарные, т.е. неподвижно установленные на полу цеха, и подвижные. К первому виду относят различные конвейеры, ко второму – различные тележки (электрокары, самоходные тележки, работающие по автоматическому циклу, и др.)

По способу транспортирования конвейеры делят на непрерывного и прерывистого (дискретного) действия.

Конвейеры непрерывного действия. Наиболее распространены ленточные (рис. 9.7, а) и цепные (рис. 9.7, б) конвейеры. Грузонесущим и тяговым органом для перемещения заготовок в таких конвейерах служит лента (обычно металлическая) или втулочно-роликовая цепь, которые натянуты на барабаны или звездочки, смонтированные в корпусе. Для предотвращения их провисания предусмотрены направляющие планки.

Роликовые конвейеры состоят из роликов, укрепленных на осях в корпусе 5 (рис. 9.7, в). Роликам сообщается вращение от привода через замкнутую цепь и звездочки, закрепленные на осях роликов. Перемещение

заготовок или приспособлений-спутников происходит под действием сил трения, возникающих между образующей роликов и заготовками, что позволяет подавать их с подпором. Ролики посажены на оси с небольшим натягом через фрикционные втулки, запрессованные в ролики, что позволяет им проскальзывать в момент нахождения под остановленными заготовками.

Конвейер-распределитель состоит из корпуса, внутри которого на звездочках натянута замкнутая цепь с консольно укрепленными (через шаг) пальцами, перемещающими детали (кольца, фланцы) по направляющей (рис. 9.7 г). Заготовки подаются в конвейер через механизм приема (с отсекателем), а выдаются через механизмы выдачи. Такой конвейер применяют для распределения катящихся заготовок между параллельно действующими станками.

Двухвалковые конвейеры используют для перемещения с подпором цилиндрических заготовок (рис. 9.8, д), например, колец, втулок, дисков. При перемещении заготовки вращаются, что позволяет применить указанные конвейеры для загрузки – выгрузки бесцентровых круглошлифовальных станков. Валковые конвейеры имеют разные исполнения в зависимости от формы валков. Наиболее распространенной конструкцией является конвейер с коническими валками, с углом конуса при вершине до 2° . Вращение двум валкам, укрепленным в корпусе, сообщается от привода через цепную передачу и звездочек, установленные на осях валков.

Винтовые конвейеры используют для перемещения заготовок поперек и вдоль оси. В первом случае (рис. 9.7, е) спирали винтов, находящихся в корыте, расположены так, чтобы заготовка лежала между ними без перекоса. Винтам сообщается синхронное вращение от привода через цепную передачу и звездочки. Для перемещения заготовок вдоль оси винты установлены таким образом, чтобы выступы одного винта свободно входили бы во впадины другого. В этом случае заготовка перемещается по наружной поверхности спиралей между винтами.

Вибрационные конвейеры используют в тех случаях, когда затруднительно перемещать заготовки другими способами (например, из-за их сцепляемости). Основным недостатком указанных конвейеров является возможность вибрации соседних металлорежущих станков. Конвейер состоит из лотка (рис. 9.7, ж), пружин и основания. Лоток получает движение от электромагнитного вибратора 4 (или от эксцентрикового механизма) с упругим звеном 5.

Пневматический полусамотечный конвейер (рис. 9.7, з). Перемещение заготовок в корпусе конвейера, расположенного наклонно под углом, меньшим угла трения, осуществляется сжатым воздухом (давление 0,01...0,02 МПа), подаваемым через отверстия 5 или 2, просверленные под углом на опорной, а иногда и на боковых поверхностях. Заготовки двигаются в корпусе под действием струй сжатого воздуха, образующих воздушную прослойку толщиной 0,01.. 0,02 мм между заготовками и поверхностью.

Лотковые самотечные конвейеры предназначены для гравитационного перемещения заготовок качением по роликам или скольжением по наклонной (в большей части прямой) поверхности длиной 2..5 м и более (рис. 9.7, и, к). Угол наклона конвейеров устанавливается в зависимости от способа перемещения заготовок, их массы и материала. При перемещении деталей качением $\alpha = 5..10^\circ$ (рис. 9.7, и), а при скатывании по роликам $\alpha = 3..5^\circ$ (рис. 9.7, к). Для каждой конкретной заготовки и способа ее перемещения производится подбор угла наклона конвейера с учетом допустимой скорости соударения деталей, при которой на поверхности их (при ударах) не образуются дефекты в виде забоин, вмятин и пр.

Конвейер для перемещения заготовок качением состоит из опорной и двух боковых стенок (рис. 9.7, и). Для предотвращения самопроизвольного выпадания заготовок (особенно при большом угле наклона) предусмотрена предохранительная полоса. В конвейерах для перемещения заготовок по свободно, вращающимся роликам (рис. 9.7, к) последние устанавливают на осях, укрепленных в боковых стенках, которые между собой жестко соединяют стяжками. В качестве ролика используют шарикоподшипник или два шарикоподшипника, запрессованные во втулку. Для уменьшения скорости перемещения заготовок в лотковых конвейерах, применяют амортизаторы, свисающие ремни, а также разные конструкции спусков.

Конвейеры прерывистого действия. Шаговые конвейеры наиболее распространены и бывают двух типов: с убирающимися собачками (рис. 9.8, а) или поворачивающимися захватными устройствами (рис. 9.8, б). У первого типа конвейеров заготовки (спутники) перемещают по направляющим захваты в виде подпружиненных храповых собачек, укрепленных на осях в штанге, совершающей возвратно-поступательное движение с помощью гидравлического цилиндра. При движении штанги вперед собачки упираются в заготовки и перемещают их на шаг. При обратном ходе собачки утапливаются в штангу и проходят под заготовки, не передвигая ее. Основным недостатком конвейера является засорение стружкой храповых собачек.

У второго типа конвейеров (см. рис. 9.8, б) заготовки перемещают по направляющим захватные устройства в виде флажков, укрепленных неподвижно на круглой штанге, совершающей последовательно возвратно-поступательное и вращательное движения с помощью гидравлических цилиндров 5 и 7 и рычага. При движении штанги вперед флажки упираются в заготовки и перемещают их на шаг. Затем штанга поворачивается на угол (при котором флажки не задевают детали) и возвращаются в исходное положение. Далее флажки опускаются, и цикл повторяется. Вероятность засорения стружкой флажков в этом конвейере меньше.

Переключающие планочные конвейеры обычно применяют для перемещения заготовок, для которых не допускается повреждение обработанной поверхности при скольжении по направляющим (рис. 9.8, в).

Заготовки движутся по направляющим последовательным переключением посредством планки, совершающей движение от вращающихся эксцентриков по сложному циклу – подъем, движение вперед, опускание, движение назад.

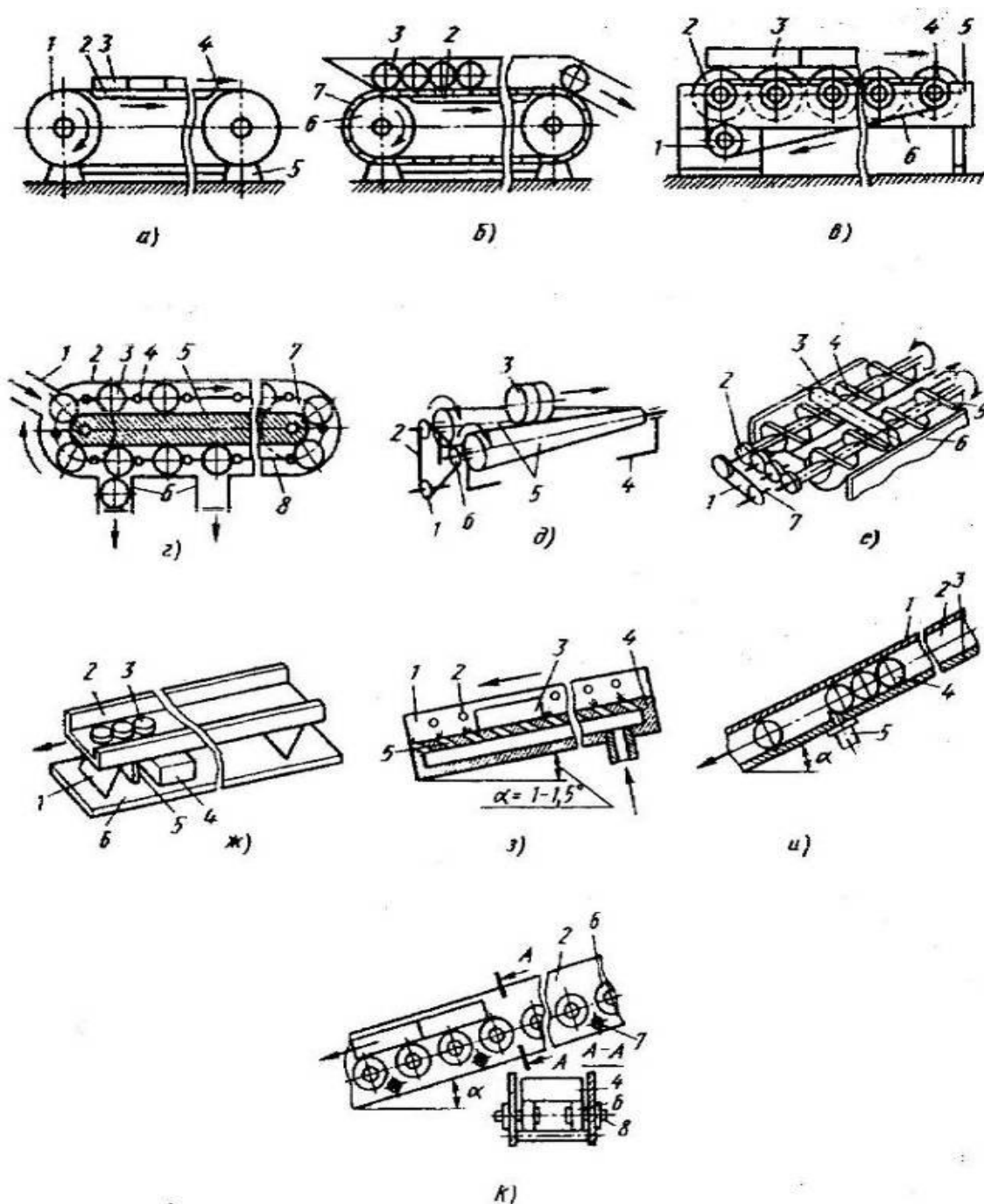


Рис. 9.8 – Конвейеры непрерывного действия

Пилообразные конвейеры применяют для перемещения заготовок типа вал поперек оси. Конвейер одинарного действия (рис. 9.9) состоит из двух неподвижных пилообразных реек, между которыми размещены две подвижные рейки, перемещаемые вверх – вниз от кулачкового (кривошипного) механизма. В результате этого движения подвижные рейки

перебрасывают заготовки через вершины неподвижных реек. Для увеличения, производительности в конвейерах двойного действия (рис. 9.9, д) подвижные рейки смещены относительно неподвижных на пол шага. Принцип работы конвейера аналогичен предыдущему. Детали скатываются по наклонной части реек под действием силы тяжести.

Гребенчатые конвейеры предназначены для перемещения заготовок с заплечиками, типа шатун, (рис. 9.9, е) и имеют две направляющие, между которыми размещена гребенка, совершающая движение вверх – вниз (с амплитудой 8...10 мм) с помощью приводного механизма. В процессе перемещения шатун заплечиками большой головки опирается на гладкие направляющие, а нижней частью малой головки – на зубцы гребенки при наклоне шатуна на угол $6 \dots 10^\circ$ от вертикальной плоскости по ходу движения. При подъеме гребенки шатун смещается большой головкой по направляющим в сторону наклона, а при опускании гребенки он смещается малой головкой в ту же сторону; в результате шатуны перемещаются вперед.

Шаговый конвейер-накопитель с управляемыми собачками. Помимо перемещения деталей, выполняет функцию их накопления. Он включает две направляющие, по которым движутся детали (рис. 9.9, ж) с помощью двойной штанги с собачками (действующими от гидроцилиндра), размещаемой между направляющими. На одной из направляющих на осях 4 установлены поворотные рычаги контроля наличия заготовки. При отсутствии заготовки короткий конец рычага поднимается, а длинный опускается.

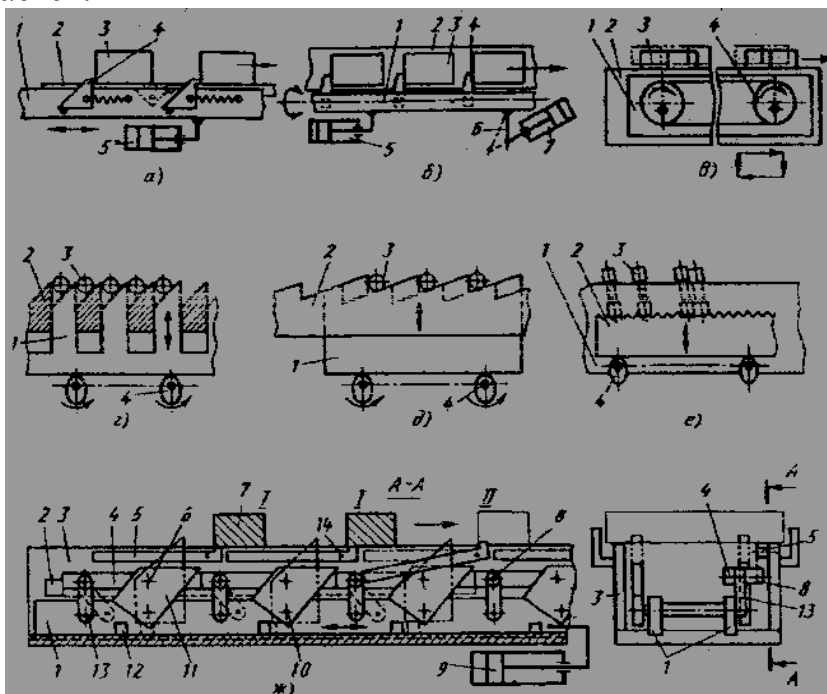


Рис. 9.9 – Конвейеры прерывистого действия

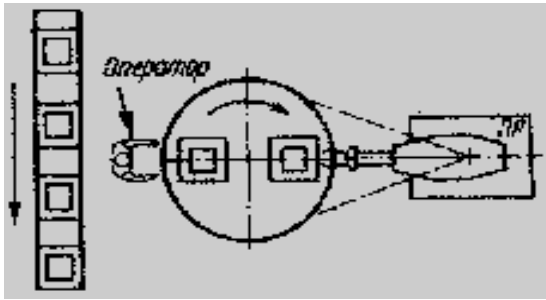


Рис. 9.10 – Схема сварочного комплекса с поворотным столом

Другие вспомогательные устройства

В сварочных робототехнических комплексах в качестве вспомогательного оборудования используются поворотные столы (рис. 9.10). Пока робот сваривает одно изделие, оператор устанавливает на другой стороне стола новое изделие для сварки, которое подается ему на движущемся транспорте. Такой способ ручной установки в дальнейшем может быть заменен автоматизированной системой, связывающей рабочие позиции с транспортными устройствами, которые подают и убирают изделия из зоны сварки.

Некоторые объекты специфического вспомогательного оборудования требуется устраивать при роботизации сборочных операций. Здесь применяются механизмы подачи, накопители, направляющие, установочные приспособления и различные специальные устройства для операций крепежа, пайки, склейки и др. Наконец, к вспомогательному оборудованию относятся и различные средства техники безопасности на роботизированных технологических комплексах. Чаще всего применяется сеточное ограждение. Применяются также системы защиты с фотоэлементами.

10. РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ (РТК) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Введение

При механической обработке деталей с помощью промышленных роботов автоматизируют:

- установку заготовок в рабочую зону станка и (при необходимости) контроль правильности их базирования;
- снятие готовых деталей со станка и размещение их в таре (накопитель);
- передачу деталей от станка к станку;
- кантование деталей (заготовок) в процессе обработки;
- контроль размеров деталей;
- очистку базовых поверхностей деталей и приспособлений;
- смену инструментов.

Опыт эксплуатации промышленных роботов показывает, что наиболее целесообразной формой роботизации в условиях серийного производства является создание роботизированных технологических комплексов (РТК), на базе которых в перспективе могут быть созданы роботизированные участки, цехи и заводы[25-28].

10.1. Робототехнологический комплекс

10.1.1 Понятие «робототехнологический комплекс»

Робототехнологический комплекс (РТК) — это автономно действующая совокупность технологических средств производства, обеспечивающая полностью автоматический цикл работы внутри комплекса и его связь с входными и выходными потоками остального производства и включающая в себя единицу или группу технологического полуавтоматического оборудования (например, металлорежущие станки), взаимодействующего с этим оборудованием промышленных роботов, вспомогательное оборудование [29-30].

На базе одних и тех же моделей станков могут создаваться РТК различных компоновок, комплектуемые промышленными роботами, обладающими различными технологическими и техническими возможностями.

10.1.2 Виды робототехнологических комплексов

Наибольшее распространение получили РТК следующих компоновок: одностаночные, состоящие из одного станка, обслуживаемого подвесным (расположенным над станком), напольным (расположенным рядом со станком) или встроенным в станке промышленными роботами;

многостаночные РТК линейной или линейно-параллельной компоновки, обслуживаемые подвесными промышленных роботов;
многостаночные РТК круговой компоновки, обслуживаемые напольными промышленных роботов.

10.1.3 Многостаночные робототехнологические комплексы

Многостаночные РТК линейной и линейно-параллельной компоновки, обслуживаемые подвесными промышленных роботов, имеют следующие достоинства:

занимают меньшую (по сравнению с РТК круговой компоновки) производственную площадь;

обеспечивают возможность переналадки и ремонта оборудования без остановки работы всего РТК;

обеспечивают возможность визуального наблюдения за работой оборудования;

обеспечивают безопасные условия работы обслуживающего персонала;

обеспечивают возможность обслуживания одним промышленных роботов трех или более станков.

10.1.4 Достоинства РТК одностаночного и РТК круговой компоновки

Достоинством РТК круговой компоновки, обслуживаемого напольным промышленных роботов, является то, что промышленных роботов этого типа характеризуется малой материалоемкостью и простотой обслуживания.

Основное достоинство одностаночного РТК со встроенным в станок промышленным роботом — минимальная (по сравнению с РТК других компоновок) производственная площадь, требующаяся для размещения комплекса.

10.1.5. Типовые схемы компоновки роботизированных комплексов для сборочных и сварочных операций

Роботизированные комплексы применяют для автоматизации операций на всех видах сборочных работ: для сборки комплектов под механическую обработку или сварку, при узловой сборке и окончательной сборке изделия, а также при раскладке или разборке деталей в таре и на столах-спутниках

При автоматизации сварочных операций ПР могут использоваться как в качестве основного, так и вспомогательного технологического оборудования роботизированных комплексов В первом случае ПР непосредственно выполняет сварку, для чего он оснащается рабочим инструментом, сварочными клещами или горелкой с электродами Во втором случае ПР обслуживает стационарные сварочные машины, обеспечивая сборку и установку в рабочую зону машины свариваемых деталей, а также снятие готовых изделий [28].

РТУ для предварительной сборки и автоматической сварки узлов опор ЛЭП (массой до 15 кг) построен на базе трех параллельно работающих сварочных ПР мод 109А напольного типа и обслуживающего их ПР типа “Универсал-15М”.

Сборочный и сварочный комплексы типа " Универсал - 15М" и ПР 109А

Схема планировки

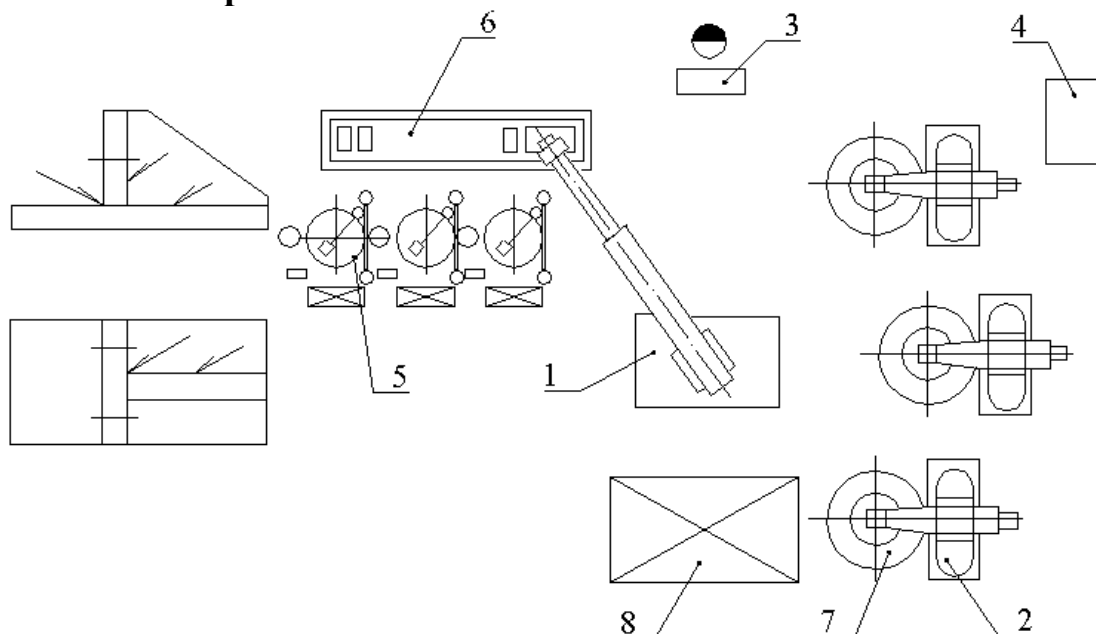


Рис .10.1. ПР мод. "Универсал 15М"; 2 - сварочный ПР мод. 109А (3 шт.); № - пульт управления; 4 - устройство управления; 5 - позиция предварительной сборки (3 шт.); 6 - конвейер (6 шт.); 7 - стол - кантователь (3 шт.); 8 - склад - стеллаж изделий.

Данный роботизированный сварочный комплекс используется в крупносерийном производстве однотипных изделий. Предварительная сборка узлов осуществляется на специализированных стендах вручную. Собранные и механически закрепленные на приспособлениях-спутниках узлы устанавливаются на конвейер накопитель, откуда ПР мод “Универсал-15М” переносит их на один из трех столов-кантователей, являющийся в этот момент свободным. Каждый из трех РТК, состоящий из стола кантователя и сварочную ПР напольного типа мод. 109А, выполняет необходимые операции дуговой сварки швов, предусмотренные его управляющей программой. После выполнения сварки обслуживающий ПР мод “Универсал-15М” переставляет сваренный узел вместе с приспособлением-спутником на склад-стеллаж готовых изделий [31].

Роботизированный комплекс мод РСК 02 предназначен для автоматизации технологического процесса групповой сборки узлов электроаппаратов, состоящих из комплексов типа вала—втулки (массой до 0,2 кг).

Сборочный РТК мод. РСК - 02

Схема планировки

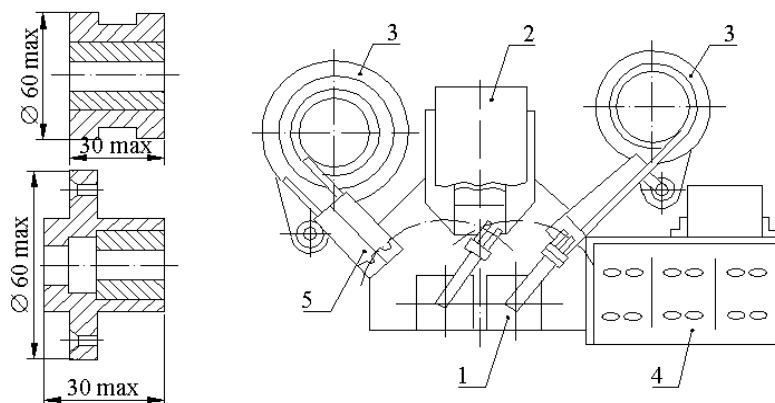


Рис. 10.2. 1 - автоматический манипулятор мод. РСК 02.12 (2 шт.); 2 - пневмопресс мод. РСК 02.11; 3 - вибробункер мод. ВПУ - 250А (2 шт.); 4 - устройство управления манипулятором; 5 - конвейер отводящий (вибrolоток).

Собираемые детали из вибробункеров поштучно выдаются в ориентированном виде на позиции выгрузки Автоматические манипуляторы в составе комплекса последовательно транспортируют детали в сборочное приспособление, находящееся на пневматическом прессе, с помощью которого производится соединение деталей. После выполнения сборки комплекты переносятся манипулятором на позицию загрузки отводящего конвейера (вибrolотка).

Роботизированный комплекс для автоматизации технологической операции сварки рамы с кожухом стиральной машины выполнен на базе подвесного устройства для точечной сварки мод. КРН80.21.125 и ПР напольного типа мод. PR-32.

РТК на базе машины точечной сварки КРН 80.21.125 и ПР PR - 32

Схема планировки

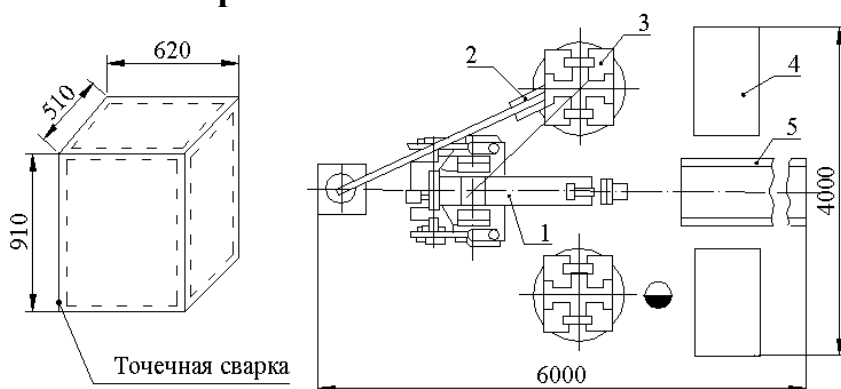


Рис. 10.3. 1 - ПР мод. PR - 32 напольного типа; 2 - подвесное устройство для точечной сварки мод. КРН 80.21.125; 3 - поворотный - позиционирующий стол (2 шт.); 4 - стол - спутник (2 шт.); 5 - отводящий конвейер тактового типа.

Технологическую операцию точечной сварки ПР выполняет с помощью клещей подвешенного сварочного устройства, которые автоматически крепятся к кисти руки манипулятора ПР попеременно производит сварочные операции на каждом из двух поворотных столов с закрепленными на них деталями.

Установка свариваемых деталей на позиционирующие столы осуществляется в приспособлениях-спутниках, на которых детали транспортируются к данному РТК. После выполнения операции сваренные изделия вручную снимаются со столов и переносятся на отводящий конвейер.

Роботизированный комплекс мод. АТМ-039 предназначен для автоматизации процесса гибки и точечной сварки металлических корпусов из листового материала В исходном положении ПР напольного типа мод. РБ-110 находится перед устройством, которое выполняет гибки раскроя листа, придавая ему коробчатую форму После завершения операции гибки ПР захватывает изделие и переносит его к аппарату точечной сварки, который автоматически выполняет сварной шов на каждом ребре коробки, состоящий из восьми точек с шагом 50 мм. Шаговую подачу изделия, а также его поворот в процессе сварки всех швов робот осуществляет в соответствии с управляющей программой. Сваренную коробку ПР затем переносит на стеллаж-накопитель готовых изделий.

РТК для точечной сварки из листовых заготовок деталей типа корпусов АТМ - 039

Схема планировки

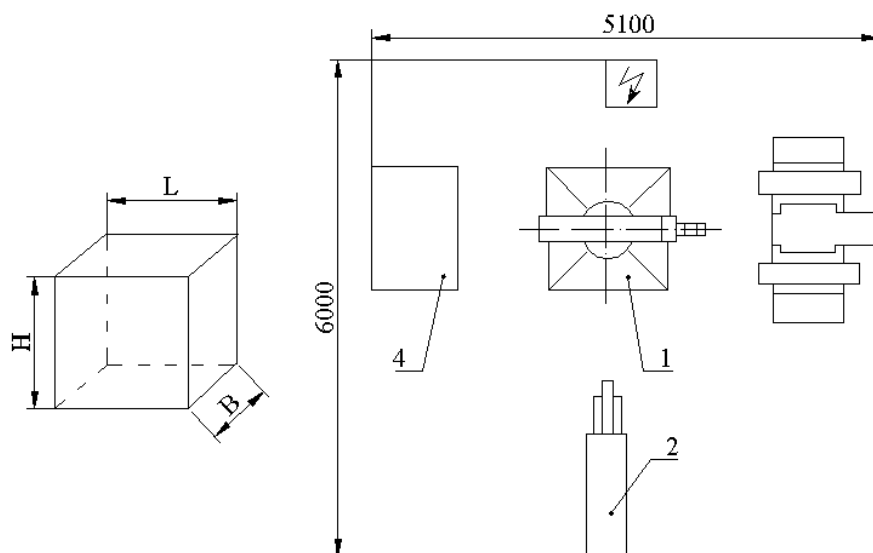


Рис.10.4. 1 - ПР мод. РБ - 110; 2 - автомат точечной сварки; 3 - устройство гибки; 4 - накопитель изделий после сварки (стеллаж).

Разновидностью сборочных процессов являются операции укладки деталей в ориентированном виде в тару или на столы-спутники при их

транспортировании на технологический участок или автоматическую линию для последующей обработки.

РТК мод АТМ-049 предназначен для автоматизации процесса укладки деталей типа валов (массой до 37 кг) в тару.

РТК для установки деталей типа валов в ориентированном виде в тару, на столы - спутники АТМ - 049

Схема планировки

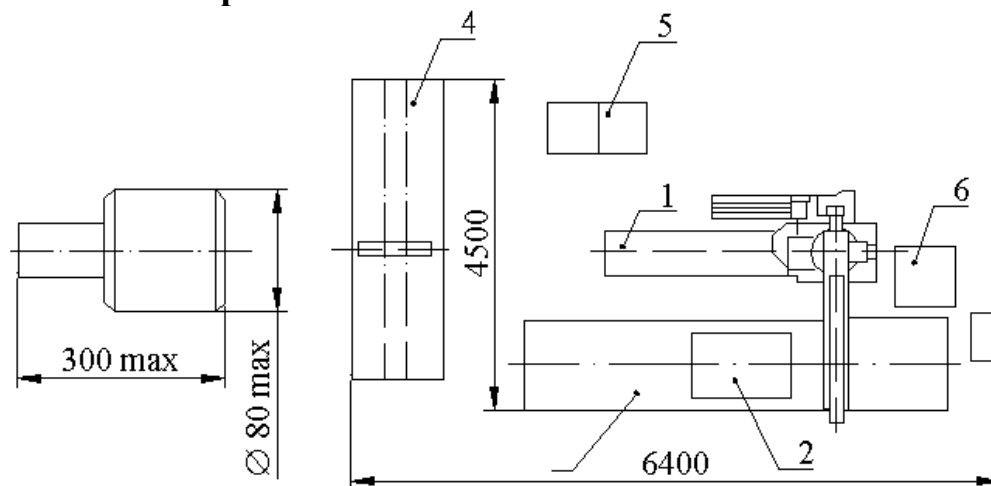


Рис.10.5. 1 - ПР мод. РБ - 232Т; 2 - тара деталей; 3 - роликовый конвейер; 4 - конвейер падающий роликовый; 5 - устройство управления; 6 - пульт управления ПР.

В составе комплекса имеется ПР, который снимает деталь с подающего роликового конвейера и укладывает ее определённым образом в тару, установленную на конвейере-накопителе. После этого конвейер перемещается на один шаг, а ПР возвращается к подающему конвейеру за очередной деталью.

Планировка зоны РТК должна проводиться в зависимости от типа используемого технологического оборудования, его компоновки, формы, размеров и расположения рабочих зон, уровня автоматизации оборудования, надежности его работы и степени информационного обеспечения, а также от компоновки и структурно-кинематической схемы ПР с учетом действующих норм технологического проектирования соответствующего производства.

При организации РТК, участков, линий необходимо предусматривать максимальную механизацию и комплексную автоматизацию основных и вспомогательных технологических операций и видов работ, связанных с воздействием на работающих опасных и вредных факторов, оставляя за операторами функции управления и контроля.

Обслуживание ковочных агрегатов с программным управлением (гидравлического пресса, ковочного автоматического манипулятора) для автоматизацииковки деталей с вытянутой осью (круглого, квадратного и прямоугольного сечений) массой 0,4—2,0 т.

10.2. Промышленные роботы в роботизированных технологических комплексах (РТК) механообработки

Общая характеристика промышленных роботов для обслуживания металлорежущих станков [31].

Промышленные роботы по конструктивному исполнению подразделяются на подвесные, устанавливаемые на портале; напольные, устанавливаемые на полу цеха; встраиваемые, устанавливаемые непосредственно на обслуживаемом оборудовании (например, на станке).

Подвесные роботы, применяемые для обслуживания металлорежущих станков, как правило, работают в прямоугольной системе координат, т.е. имеют два основных движения – вдоль оси (осей) портала (движение каретки) и в направлении, перпендикулярном оси портала (выдвижение руки по вертикали или под углом к вертикали); в цилиндрической полярной системе координат, т.е. имеют три основных движения – вдоль вертикальной оси портала, поворот руки вокруг горизонтальной оси (качание руки) и выдвижение руки; в цилиндрической угловой системе координат, т.е. имеют три основных движения – вдоль оси портала и качание каждого из звеньев шарнирной руки.

Подвесные промышленные роботы бывают различных исполнений. Кроме основных движений, определяющих систему координат, подвесной робот может выполнять следующие ориентирующие движения: вращение кисти с захватным устройством вокруг оси руки; поворот кисти вокруг оси (одной или двух), перпендикулярной оси руки.

Напольные роботы, применяемые для обслуживания станков, работают, как правило, в цилиндрической системе координат, т.е. имеют три основных движения – подъем руки, поворот руки вокруг вертикальной оси и радиальное выдвижение руки в горизонтальной плоскости. Они выполняют движения, характерные для подвесных роботов, и, кроме того, сдвиг захватного устройства.

Промышленные роботы, встраиваемые в станки, могут иметь компоновку, аналогичную подвесным промышленным роботам, работающим в плоской прямоугольной и полярной цилиндрической системах координат (с тем отличием, что монорельс, по которому движется каретка, крепится непосредственно на станке), а также компоновку, предусматривающую крепление робота спереди к станку и обеспечивающую возможность поворота руки вокруг вертикальной и горизонтальной осей.

Промышленные роботы типа М40П

Роботы выпускаются в двух модификациях: М40.П. 05.02 и М40.П. 05.03.

Промышленный робот с ЧПУ модели М40.П. 05.02 (Рис. 10.6) предназначен для выполнения операций загрузки-разгрузки металлорежущих станков и другого оборудования. Устройство с ЧПУ позиционного типа позволяет осуществлять различные циклы работы. Промышленный робот

может обслуживать группу станков. Наибольшая масса загружаемых деталей 40 кг. Он может быть оснащен двухместными захватными устройствами. Число степеней подвижности пять (без учета движения губок), в том числе три – управляемые от ЧПУ. Имеются устройства для автоматического закрепления и замены рабочего органа в головке робота [30].

Промышленный робот модели М40.П. 05.03 не имеет механизма привода качания головки. Число степеней подвижности – четыре (без учета движения губок захвата), в том числе три – управляемые от ЧПУ.

Промышленный робот имеет порталную конструкцию. Каретка перемещается по монорельсу и приводится в действие электрогидравлическим шаговым двигателем, который через редуктор и зубчатое колесо соединен с рейкой.

На каретке закреплен корпус ползуна, по которому перемещается на опорах качания ползун. На конце ползуна, на его оси закреплена рука в виде двуплечего рычага. Рука совершает качательные движения вокруг этой оси с помощью линейного электрогидравлического привода, размещенного на кронштейне, закрепленном на корпусе. На конце руки закреплена головка, в которой устанавливается захватное устройство. Внутри головки размещаются привод поворота шпинделя, в котором устанавливается захватное устройство, и привод перемещения его губок.

Опорная система разбита на ряд небольших узлов, что позволяет создавать различные модификации робота, отличающиеся друг от друга общей длиной (одно-, двух- и трехпролетные).

Захватные устройства и другие механизмы устанавливаемые в шпинделе, оснащены хвостовиком, опорным фланцем, имеющим клиновое гнездо под ролик фиксатора, а также центрирующим фланцем для базирования устройства в магазине. На опорном фланце может закрепляться кронштейн с элементами пневмо- и электроразъемов. Через хвостовик проходит тяга, передающая движение захватному устройству.

Промышленные роботы типа М20Ц

Роботы типа М20Ц (рис.10.7) построены на агрегатной основе и предназначены для выполнения операций загрузки-разгрузки металлорежущих станков и другого оборудования, в том числе с ЧПУ.

Роботы выпускаются восьми модификаций, отличающихся компоновкой обслуживаемого оборудования, характером (серийность) производства, в котором это оборудование используется, а также числом рук (одна или две), наличием движения наклона руки и кантователя. Все движения исполнительных элементов роботов могут осуществляться в любой последовательности и независимо друг от друга. Очередность их выполнения устанавливается кнопочным набором программы на пульте системы управления промышленного робота. Максимальная масса загружаемой детали 10 кг. Типовые детали: фланцы 40 – 200 мм и высотой до 100 мм; валы 20 – 60 мм и длиной свыше 150 мм.

Для работы с деталями типа фланцев применяют роботы с двумя руками и одноместными захватными устройствами для работы с деталями типа валов – роботы с одной рукой и двухместным захватным устройством. Промышленный робот приспособлен для работы с накопителем при укладке фланцев стопками переменной высоты.

Промышленные роботы восьми модификаций имеют порталную конструкцию. Каретка 1 перемещается по монорельсу 2. Привод каретки осуществляется от электродвигателя 4 через зубчатый редуктор 5. Выходной вал редуктора несет реечную шестерню, которая зацепляется с зубчатой рейкой 3. С другим концом вала связан электромагнитный тормоз 6.

На каретке закреплены (в зависимости от исполнения может и отсутствовать) одна или две одинаковые поворотные плиты, к которым крепятся корпуса выдвижных рук (также одинаковых). На основании поворотной плиты шарнирно закреплен пневматический цилиндр, при срабатывании которого плита вместе с рукой отклоняется от вертикали.

Рука перемещается в корпусе на роликах. В нижней части руки установлен шпиндель, в котором закрепляется захватное устройство.

Мостовые и порталные электромеханические агрегатно-модульные промышленные роботы

Мостовые и порталные электромеханические агрегатно-модульные роботы предназначены для автоматизации обслуживания, включая элементы переналадки, металлорежущего оборудования, входящего в гибкие производственные модули и роботизированные технологические комплексы, в условиях мелкосерийного и серийного многономенклатурного производства. Они могут применяться и для других технологических операций, например для переналадки штабелирования [32].

Модификации мостовых и порталных промышленных роботов отличаются друг от друга: количеством рук (одно- и двурукие); степенями подвижности кисти (1, 2, 3); наличием устройств автоматической смены захватов; длиной ходов переносных степеней подвижности. Модификации промышленных роботов образуются набором унифицированных единиц (модулей и узлов), к которым относятся: эстакада, мост и др.

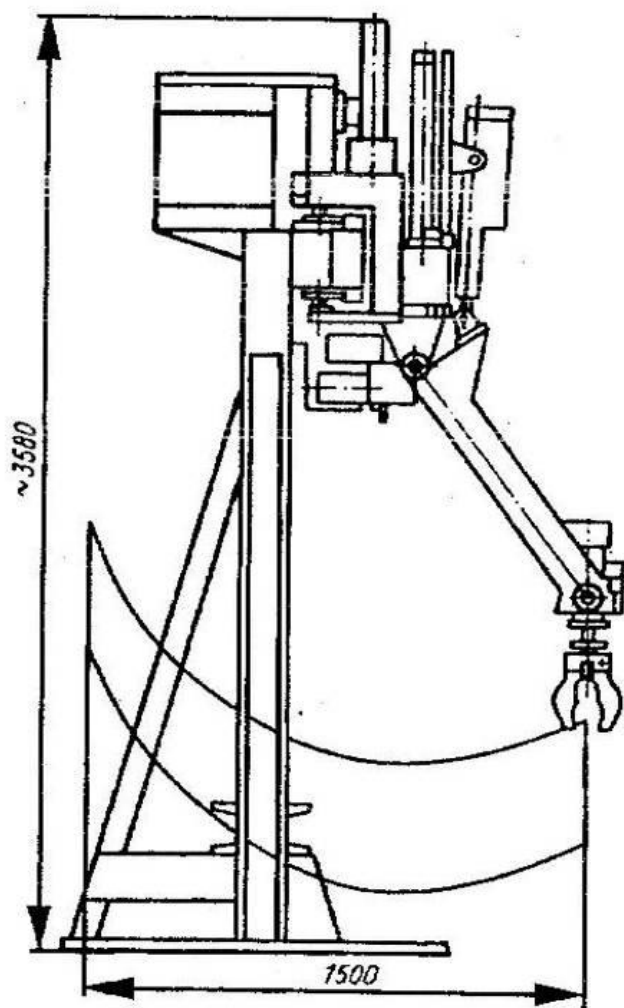


Рис. 10.6 – Промышленный робот М40.П. 05.03

Модули этих промышленных роботов, в свою очередь, образованы набором унифицированных агрегатных узлов: колонны, балки с направляющими, каретки, руки, кисти, механизм смены захватов и т.д. Мостовой электромеханический агрегатно-модульный промышленный робот представлен на рис.10. 8. На колоннах 1, закрепленных на полу, установлены два ряда балок 2 с направляющими продольного перемещения, зубчатыми рейками, целью энергоподвода и т.д.

По направляющим движутся две каретки, соединенные между собой траверсой 3, на которой установлены направляющий поперечного

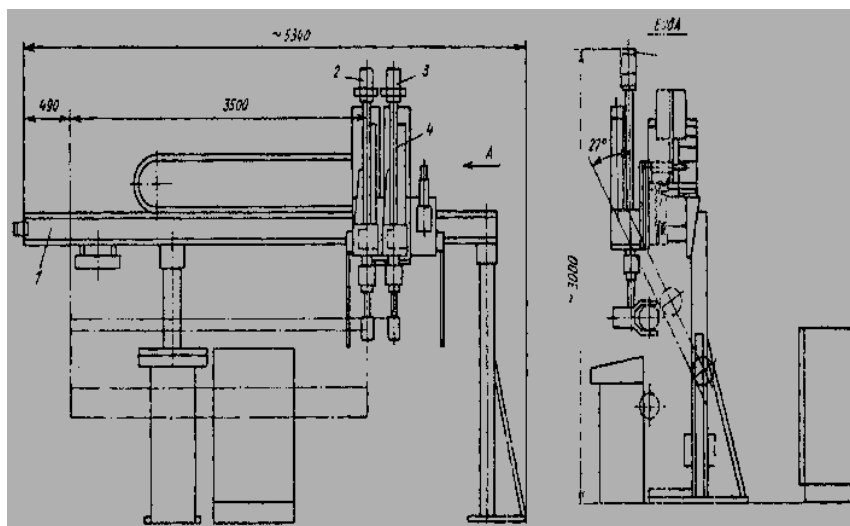


Рис. 10.7 – промышленный робот М20Ц.1 – монорельс, 2,3 – руки, 4 – каретка

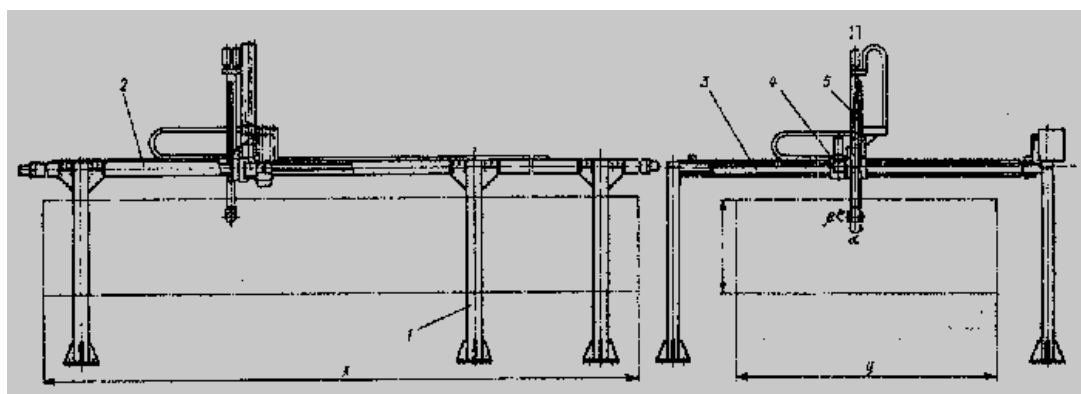


Рис. 10.8 – Мостовой промышленный робот

перемещения со своими зубчатыми рейками, приводом, цепью энергоподвода и т.д.

По направляющим траверсы перемещается каретка 4 с закрепленной на ней рукой 5 с реечным механизмом вертикального перемещения, приводом каретки и цепью энергоподвода. К нижней части руки крепится кисть, приводы которой закреплены на верхнем фланце руки. На выходном фланце кисти смонтирован механизм автоматической смены захватов со всеми коммуникационными розетками.

Промышленные роботы данных моделей сконструированы по агрегатно-модульному принципу, в результате чего возможно создание модификаций роботов с требуемыми функциональными возможностями и оптимальным уровнем автоматизации.

Применение высокоэффективных электроприводов с транзисторными преобразователями в сочетании с позиционно-контурной системой управления обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики промышленных роботов, а также надежность работы при применении их в автоматизированных производственных системах.

Промышленный робот модели М10П.62.01

Промышленный робот с числовым программным управлением модели М10П.62.01 предназначен для автоматизации загрузки-выгрузки деталей и смены инструмента на металлорежущих станках с ЧПУ.

Промышленный робот устанавливается на станок, образуя с ним комплекс (станок – промышленный робот), который может являться базой для создания гибких производственных модулей, предназначенных для продолжительной работы без участия оператора. Управление роботом и станком осуществляется от автономной системы управления.

Координаты перемещений захвата робота приведены на рис. 10.9. На основании робота установлен электродвигатель постоянного тока со встроенным датчиком обратной связи. Через приводной ремень вращение передается на червячный вал и червячное колесо. Червячный вал установлен в конических роликовых подшипниках, а червячное колесо – в шариковом сдвоенном радиально-упорном подшипнике и шариковом радиальном подшипнике.

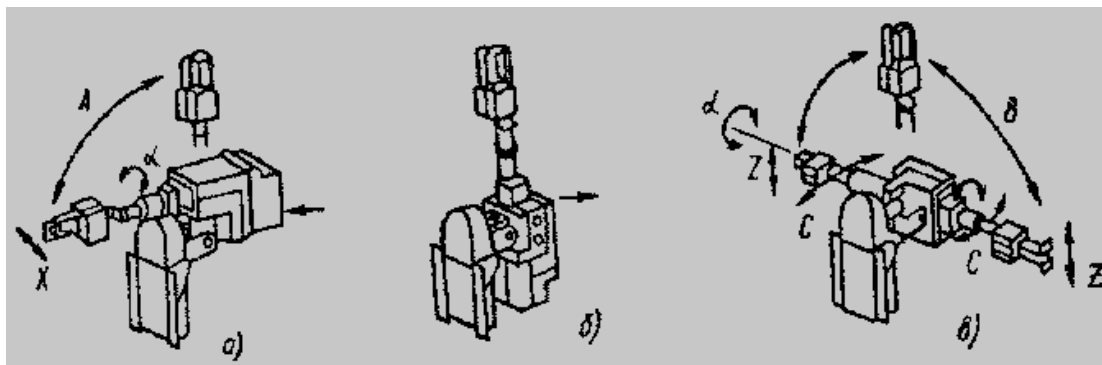


Рис. 10.9. Координаты перемещения захвата робота мод М10П62.01: а – движение руки вперед и вниз; б – центральное положение; в-движение руки вниз и в сторону

Типовые схемы компоновок РТК механообработки

При создании РТК используют станки с ЧПУ или станки-полуавтоматы, у которых машинное время составляет 3–15 мин и более. Как правило, технологический цикл обработки изделий на металлорежущих станках осуществляется группой станков, обеспечивающих выполнение этого цикла. В связи с этим при создании РТК типа «станок – ПР» целесообразно использовать ПР для обслуживания группы однотипных либо разнотипных станков. Число станков, включаемых в РТК, зависит от конструктивного исполнения ПР (размеров его рабочей зоны), а также от машинного времени станков, включаемых в состав РТК. При малом машинном времени (3 мин) обслуживание ПР нескольких станков приводит к простоям технологического оборудования, поэтому в данном случае, а также в условиях крупносерийного производства целесообразно использование однопозиционных РТК на базе ПР с цикловым программным управлением, предназначенных для обслуживания одного станка.

Компоновки РТК зависят от конструкции и кинематической схемы ПР, определяющих размеры и форму его рабочей зоны.

На базе одних и тех же моделей станков можно создавать РТК различных компоновок, комплектуемые ПР с различными техническими и технологическими возможностями. В основном используют три вида компоновок РТК: 1) однопозиционный РТК, состоящий из одного станка, обслуживаемого одним ПР (напольным, порталным или встроенным в станок); 2) многопозиционный РТК круговой компоновки, состоящий из двух-трех станков, обслуживаемых ПР напольного типа; 3) многопозиционный РТК линейной и линейно-параллельной компоновок, состоящий из двух и более станков, обслуживаемых порталным ПР.

При одинаковом составе оборудования, производственной программе и номенклатуре обрабатываемых деталей, линейные компоновки по сравнению с круговыми имеют следующие преимущества: требуемая для размещения РТК производственная площадь в 1,4 раза меньше; большие удобство и безопасность обслуживания (переналадка и ремонт оборудования не требуют остановки всего РТК, более благоприятные условия для визуального наблюдения за работой оборудования); увеличивается число обслуживаемых станков (до 5–6 против 2–3 при круговой компоновке); сокращается время передачи заготовки от станка к станку.

Комплексы типа РТК – 1 создаются на базе ПР, работающих в плоской прямоугольной системе координат, из одного или двух однотипных станков с применением линейной компоновки. Комплексы должны комплектоваться вспомогательным оборудованием для автоматической подачи ориентированной заготовки на загрузочную позицию (тактовыми столами, шаговыми транспортерами, приводными магазинами – накопителями), расположенными в плоскости работы ПР.

Комплексы типа РТК- 2 создаются на базе порталных ПР, работающих в ангулярной цилиндрической системе координат, из однотипных и разнотипных станков в количестве от двух до шести единиц технологического оборудования с использованием линейной и линейно-параллельной компоновки. Комплексы оснащаются входными, выходными и промежуточными (между станками) накопителями. Поскольку ПР могут брать заготовки из разных точек и укладывать изделия в тару, возможно использование вспомогательного оборудования, не имеющего приводных механизмов.

Комплексы типа РТК- 3 формируются на базе ПР, работающих в цилиндрической системе координат, из одного станка с горизонтальной осью шпинделя и ПР. В качестве вспомогательного устройства используется сменная тара, обеспечивающая хранение деталей в ориентированном виде с заданным шагом расположения.

Комплексы типов РТК-4 и РТК- 5 строятся на основе ПР, работающих в цилиндрической и сферической системах координат. Комплексы имеют

преимущественно круговую либо линейно – параллельную двухрядную компоновку и могут состоять из одной – трех единиц технологического оборудования.

10.3. Роботизированные комплексы (РТК), предназначенные для технологического процесса сборки

Характеристики и структура РТК сборки

Промышленные роботы применяют для автоматизации операций при выполнении всех видов сборочных работ. На операциях сборки под дальнейшую механическую обработку ПР используют: для подачи, ориентации и соединения деталей в один комплект, их взаимного закрепления, установки и снятия комплекта при обслуживании обрабатывающего оборудования [33].

При узловой сборке ПР применяют: для поиска и распознавания деталей, их транспортирования, ориентации и подачи на сборочную позицию, для контроля размеров, правильности и качества взаимного соединения и закрепления деталей, для транспортирования и укладки (а если потребуется - и упаковки) собранного узла.

Сборка под сварку может рассматриваться как операция узловой сборки и как операция, предваряющая механическую обработку.

При общей, окончательной сборке изделия ПР используют: для транспортирования, взаимной ориентации и установки узлов, иногда для их соединения, а также для транспортирования готовых изделий.

ПР могут применяться и на операциях разборки изделий.

К основным сборочным операциям, которые могут быть выполнены с помощью ПР, оснащенных соответствующими инструментами и приспособлениями, относятся следующие:

- надеть - вставить;
- наложить - вложить;
- раздвинуть - развернуть;
- установить - снять;
- запрессовать;
- свинтить - развинтить;
- склеить;
- склепать; - сжать - разжать.

Для выполнения основных операций требуется реализация ряда вспомогательных операций, к которым относятся транспортирование, ориентирование, измерение и т.п.

При автоматизации сборки с помощью ПР выдвигается ряд общих требований: детали по качеству изготовления должны соответствовать техническим условиям чертежа, быть чистыми, не иметь забоин, вмятин; конструкция деталей должна исключать возможность их сцепления друг с

другом при выходе из подающего устройства (магазина); в соединяемых деталях должны быть предусмотрены фаски, конусы, проточки. Не рекомендуется также сборка деталей из легкодеформируемых, хрупких и не обеспечивающих сохранения определенной геометрической формы материалов; перед поступлением на сборочную позицию необходимо предусмотреть контроль деталей на их соответствие техническим условиям.

К изделиям (сборочным единицам), собираемым с помощью ПР, предъявляются следующие требования: расчлененность на законченные, взаимозаменяемые сборочные единицы; минимальное число соединяемых поверхностей и видов соединений, доступность мест соединений сборочных единиц для контроля качества соединения; отсутствие необходимости в дополнительной обработке, пригонке и регулировке в процессе сборки; возможность осуществления последовательной сборки, характеризуемой наличием базовой детали, с которой последовательно сопрягаются присоединяемые детали. Тип и конфигурация базовой детали определяют конструкцию базировочного приспособления и схему базирования. Условия собираемости, выбор базовых поверхностей при захвате и монтаже присоединяемой детали, а также последовательность сборки зависят от пространственного расположения поверхностей сопряжения. Основным признаком классификации типовых сборочных единиц и комплектов является деление их на комплекты типов "вал" (с охватываемой базовой деталью) и "корпус" (с охватывающей базовой деталью).

В комплекте типа "вал" базовой деталью является вал или другая подобная деталь, на которую устанавливаются подшипники, зубчатые колеса, втулки, пружинные стопорные кольца, уплотнительные манжеты. В комплекте типа "корпус" базовыми деталями являются корпус, фланец, стакан и другие элементы конструкции, в которые вкладываются присоединяемые детали.

Промышленные роботы, обслуживающие сборочные РТК, должны обеспечивать всю совокупность перемещений, необходимых для нормального протекания сборки. Характер и вид этих перемещений зависят от требований, предъявляемых к процессу сборки, номенклатуры и программы выпуска, частоты сменяемости собираемых изделий и габаритов технологического оборудования.

Специфика сборки, в процессе которой необходимо компенсировать погрешности позиционирования, захвата и установки деталей, обуславливает определенные требования к сборочным ПР.

Взаимные основные движения сопрягаемых деталей (как правило, это прямолинейные перемещения) должны осуществляться ПР в цилиндрической системе координат.

Размеры рабочей зоны ПР должны быть достаточными для размещения: вспомогательных устройств, приспособлений и оснастки, необходимых для реализации технологического процесса сборки; магазинов

с инструментами и захватными устройствами; подающих устройств; накопителей собираемых деталей; средств контроля качества сборки.

ПР должен иметь не менее трех степеней подвижности, а также возможность увеличить их число до 8 в результате дополнительных движений исполнительного органа ПР или сборочного инструмента.

Система управления ПР должна обеспечивать возможность его работы со значительным числом вспомогательных механизмов (тактовые столы, транспортеры, устройства поштучной выдачи заготовок и т.д.).

Промышленные роботы, последовательно выполняющие несколько различных операций и переходов, должны иметь устройство, автоматически заменяющее захват и инструмент и подключающее их к силовой и измерительной сетям (пневматическим или электрическим).

При необходимости выполнения в процессе сборки операций механической обработки (сверление, развертывание и др.) исполнительный орган ПР должен обеспечить работу режущего инструмента с требуемыми скоростью и усилием подачи; если это невозможно, то в состав РТК следует включить соответствующее металлорежущее оборудование.

Следует отметить, что в промышленной робототехнике четко обозначились два направления создания переналаживаемых систем робототехнологических сборочных комплексов (РТСК). Первое связано с использованием ПР, работающих в условиях упорядоченной среды. В этом случае основное внимание при создании РТК уделяется выбору методов подготовки среды и разработке средств, реализующих их. Такое решение позволяет резко повысить надежность функционирования, снизить стоимость и упростить управление собственно ПР. На производстве при эксплуатации таких РТК не требуется специальной подготовки персонала, удешевляется организация их сервисного обслуживания. Кроме того, упомянутое направление создания РТК обладает определенными преимуществами еще и потому, что на производстве во многих отраслях накоплен значительный опыт применения типовых переналаживаемых средств упорядочения среды (деталей, соединений, технологической оснастки и т.д.), которые используются при автоматизации процессов загрузки и разгрузки технологического оборудования (например, бункерные загрузочно-ориентирующие устройства).

Второе направление связано с использованием ПР, обладающих широкими технологическими и функциональными возможностями, намного превосходящими требуемый для обслуживания конкретного процесса уровень. Такие роботы, используемые при создании переналаживаемых РТК, успешно взаимодействуют с неупорядоченной средой за счет наличия в их составе элементов очувствления и логико-управляющих систем, позволяющих приспособляться к изменяющимся условиям работы. Часто необходимо выявить минимально необходимые (целесообразные) структурные связи, объем памяти и уровень адаптации у робота и технически

достижимый уровень организации обслуживаемой среды с целью создания эффективных условий для взаимодействия элементов системы "робот - объект - среда". Это, безусловно, требует изменения компоновки и конструктивного исполнения технологического оборудования, режимов технологических процессов, условий и организации производства.

В общем случае состав и структура РТСК могут быть представлены схемой, изображенной на рис.10.10.

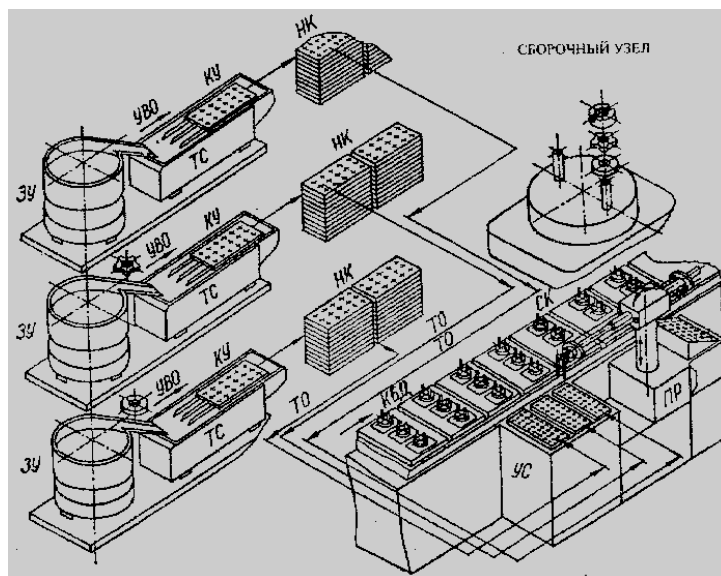


Рис.10.10 - Структурная схема компоновки РТСК.

В качестве объекта рассматривается корпус электроизмерительного щитового прибора, на токовыводящие элементы которого надеваются комплекты деталей - обыкновенная и пружинная шайбы, а также цилиндрическая гайка со шлицем. В комплект входят: загрузочные (питающие) устройства ЗУ для номенклатуры комплектующих изделие деталей; устройства, выполняющие функции первичного ориентирования УПО; транспортные системы ТС и элементы создания однослойного потока деталей; устройства вторичного ориентирования УВО и фиксирования положения деталей в пространстве, например, кассетирующие устройства КУ, накопители кассет НК с упорядоченными деталями; транспортные органы ТО для подачи упорядоченных в кассетах деталей в зону обслуживания сборочного робота (создание упорядоченной среды УС); сборочный (обслуживающий) ПР; конвейер базовых деталей КБД и сборочная позиция.

Технологические устройства сборочных РТК

Автоматизированная роботизированная сборка накладывает специфические требования на технологические устройства. Эти требования определяются двумя основными схемами построения РТСК. В первой схеме робот выполняет функции захвата деталей, в некоторых случаях -

базирование при сборке и удаление собранного узла. В таких комплексах операцию сборки осуществляет стационарное технологическое устройство. Во второй схеме промышленный робот непосредственно выполняет операции комплектования и сборки деталей [34-37].

Тип технологических устройств для автоматической сборки узлов изделий определяется главным образом видом соединения, для которого они предназначены. Различают технологические устройства для сборки разъемных и неразъемных соединений.

Детали при сборке соединяют следующими способами: стапелированием (укладкой) с большими и малыми зазорами; пластической деформацией (с натягом); упругой деформацией (с предварительным упругим деформированием одной из сопрягаемых деталей); склеиванием; свариванием; по резьбе.

Для выполнения указанных соединений с помощью ПР необходимы различные сборочные инструменты, приспособления и оборудование, к которым предъявляются следующие основные требования:

1) обеспечение надежного захватывания детали, ее транспортирования на сборочную позицию, а также установки в приспособление или сопряжения с базовой деталью;

2) унификация хвостовиков, поясков и других элементов, инструмента, служащих для его установки в исполнительном органе ПР;

3) возможность встраивания в инструмент датчиков, контролирующих наличие детали, процесс сборки, размеры собираемых деталей, их относительное расположение, качество сборки и другие параметры;

4) унификация мест подключения к измерительным и силовым пневмо- и электросетям (для сменного инструмента);

5) обеспечение захватными элементами инструмента заданной точности базирования детали;

6) оснащённость инструмента устройством автопоиска или элементами, способствующими самоустановке присоединяемой детали под действием сил, возникающих при сборке;

7) отсутствие деформаций детали в результате действия на нее усилий, возникающих при сборке, захватывании и фиксации (если это не требуется по условиям технологического процесса);

8) возможность легкой переналадки инструмента (в широком диапазоне размеров) при изменении номенклатуры собираемых деталей;

9) оснащённость блокировочными устройствами, предотвращающими поломку инструмента;

10) возможность расширения технологических возможностей инструмента;

11) захватные устройства сборочного инструмента по возможности должны быть автономными (т.е. выполненными отдельно от инструмента) и совмещенными с инструментом.

Отдельно можно отметить, что к технологическим устройствам, работающим в составе РТСК, построенным по первой схеме, предъявляются требования: применение единого источника энергии, возможность управления от общей системы, а также эти устройства должны обладать достаточной универсальностью и быстро перенастраиваться с одного типоразмера на другой. К технологическим устройствам, работающим в составе РТСК, построенным по второй схеме, предъявляются требования единства источника энергии робота и технологического устройства и возможности работы от единой системы управления. Так как технологическое устройство крепится на конец руки манипулятора, к нему предъявляются требования снижения массы, а следовательно, и размеров для уменьшения инерционных нагрузок в приводах роботов. Технологические сборочные устройства должны иметь высокую производительность, обладать достаточной универсальностью и надежностью в работе.

Автономные захватные устройства обеспечивают соединение деталей, изменение их положения, а также перенос деталей и собранного изделия. Захватные устройства, совмещенные с инструментом, применяют для выполнения основных сборочных операций. Одной из таких операций, наиболее часто встречающейся в машиностроительном производстве, является соединение деталей по цилиндрическим поверхностям (например, при установке подшипников, валов, вкладышей и манжет в корпус). При этом требуется высокая точность взаимного расположения сопрягаемых поверхностей и траекторий их перемещения или возможность компенсации таких погрешностей. Компенсацию осуществляют двумя способами:

- 1) активным (с применением датчиков, измеряющих, усилия и моменты, возникающие при сопряжении деталей, и выдающих команды на дополнительные перемещения исполнительных узлов ПР и загрузочного устройства);

- 2) пассивным (с применением кинематических элементов и приспособлений, устанавливаемых обычно непосредственно на сборочном загрузочном устройстве или на инструменте и обеспечивающих автопоиск сопрягаемых поверхностей; при этом для реализации автопоиска на сопрягаемых деталях необходимо иметь соответствующие вспомогательные поверхности - фаски, скосы и т.п.).

Установка плоских прокладок из листового материала производится с помощью электромагнитных или вакуумных захватных устройств. Вакуумные захватные устройства обеспечивают большую точность установки и могут работать с прокладками из любого материала.

Широкое распространение получили различные конструкции устройств для автоматической сборки резьбовых соединений. Эти устройства имеют ряд преимуществ, которые особенно важны для роботизированной сборки. К ним можно отнести универсальность, многообразие готовых конструкторских решений, небольшие габаритные размеры.

В резьбовом соединении следует различать детали, в которых стержень имеет наружную нарезку резьбы (болт, винт, шпилька), и детали, имеющие резьбовые отверстия (гайка, любая деталь с резьбовым или рядом резьбовых отверстий). Разделение деталей в резьбовом соединении на два вида диктуют различные методы подачи, базирования и фиксации в процессе сборки.

Осуществление сборки резьбовых соединений требует выполнения двух движений: поступательного и вращательного. При проектировании средств автоматизации существенное значение имеет выбор прогрессивного способа сборки, который определяется методами базирования и относительного ориентирования собираемых деталей, методами воздействия на объекты сборки (на резьбовые детали).

Существуют два основных метода относительного ориентирования собираемых деталей: в первом используется базирование по неподвижным базам, во втором - одну из собираемых деталей или обе сразу базируют в подвижных базах.

10.4. Робототехника в медицине

В эпоху бурного развития науки и техники появляется множество различных нововведений в самых различных областях. Прилавки супермаркетов заполняются экзотической пищей, в торговых комплексах появляются одежды из новейших материалов, а в гипермаркетах электроники и того дальше, невозможно угнаться за развитием новых изобретений. Все привычное старое стремительно сменяется на необыкновенное, новое, к которому так не просто привыкнуть. Но если бы не было прогресса, то люди не познали бы множества загадок, которые еще не раскрыты, и природа тщательно скрывает их от нас. Несмотря на все это, благодаря высокой профессиональности современных ученых физиков, безостановочно ведутся разработки в различных сферах [2].

Простой человек вряд ли озадачивался вопросом что же нового можно внести в этот и без того безгранично цивилизованный и прогрессивный мир. Для примера можно рассмотреть наш мир, каким он был даже одну сотню лет назад. Не было не телевизоров, не компьютеров, не бытовой техник, без которой современному человеку в быту просто не обойтись даже 10 лет назад, когда сотовые телефоны только –только вышли в свет и были громоздкими и очень малофункциональными, что касается и компьютерной техники. Наука движет мир вперед, и в любых областях жизнедеятельности человека нужны какие – либо нововведения. В данном пример хотелось бы выбрать как определенный аспект – область медицины, а точнее ее технического потенциала.

Медицина так же не стоит на месте, появляются новее сложнейшие аппараты, для жизнеобеспечения человека, примером тому могут стать множество аппаратов, например аппарат для искусственной вентиляции легких, либо аппарат искусственной почки и т.п. Появились миниатюрные

измерители сахара в крови, электронные измерители пульса и давления, этот список можно дополнить неоднократно. Конкретнее хочется остановиться на примере внедрения робототехники в медицинскую отрасль. Различные роботы создаются человеком примерно с конца 20 –ого века, за пройденное время они были значительно улучшены и модернизированы. На данный момент существуют роботы – помощники, военные разработки роботов, космические, бытовые и конечно медицинские. Далее стоит подробнее разобрать какие виды роботов и для какого применения существуют на данный момент времени.

Виды медицинских роботов

Один из наиболее известных и прославленных достижений последнего времени стал робот по названию «Да Винчи», который, как можно догадаться был назван в честь великого инженера, художника и ученого Леонардо Да Винчи. Новинка позволяет хирургам выполнять самые сложные операции, не касаясь пациента и с минимальным повреждением его тканей. Робот, который может применяться в кардиологии, гинекологии, урологии и общей хирургии, был продемонстрирован медицинским центром и отделением хирургии университета штата Аризона.

Во время операции с “да Винчи” хирург находится за пару метров от операционного стола за компьютером, на мониторе которого представлено трехмерное изображение оперируемого органа. Врач управляет тонкими хирургическими инструментами, проникающими в тело пациента сквозь небольшие отверстия. Такие инструменты с дистанционным управлением можно использовать для точных операций на небольших и труднодоступных участках тела.

Доказательством необычайных возможностей “да Винчи” стал первый в мире полностью эндоскопический байпас, выполненный совсем недавно в Колумбийском Пресвитерианском медицинском центре в Нью-Йорке. Уникальную операцию провели директор центра по роботизированной кардиохирургии Майкл Аргензиано, и заведующий отделом кардиоторакальной хирургии доктор Крейг Смит. При этом они использовали всего лишь три небольших отверстия — два для манипуляторов и одно — для видеокамеры. Понять, что это значит, может только человек, хоть раз наблюдавший “традиционную” операцию на открытом сердце.

Действия бригады, “открывающей” грудную клетку пациента, производят на новичка (по журналистскому заданию мне как-то пришлось побывать в этой роли) неизгладимое впечатление. До сих пор помню мурашки по всему телу от жуткого визга разрезающей грудину дисковой пилы и огромную рану, в которой деловито сновали руки в окровавленных резиновых перчатках.

В Соединенных Штатах байпас или аортокоронарное шунтирование является самой распространенной операцией на открытом сердце. Ежегодно эту процедуру проходят здесь 375 тысяч человек. Широкое внедрение “да Винчи” могло бы значительно облегчить их судьбу, помогая пациентам быстрее поправляться после операции и раньше выписываться из госпиталей.

Главный хирург аризонского центра, где испытывают “да Винчи”, доктор Алан Гамильтон вообще уверен в том, что роботостроение произведет революцию в хирургии. Пока что эта революция только начинается, а вот в... кино “да Винчи” уже произвел изрядный фурор. Хирургический робот сыграл роль в последнем кинофильме сериала о Джеймсе Бонде “Умри в другой день” (Die Another Day).

В начале фильма крупным планом показываются три механические руки, шарящие по телу захваченного врагами агента 007. “Хирурги и шпионы похожи друг на друга, поскольку они стремятся выполнить свои задачи без излишней суеты и с использованием новейших технологий, — сказал представитель лондонского Имперского колледжа, где трудится сейчас “да Винчи”. — Фильмы о Джеймсе Бонде всегда восхищали меня демонстрацией невиданных технических новинок. Но я никогда не думал, что когда-нибудь отдел, который я возглавляю, будет сотрудничать с производителями бондианы”.

“Да Винчи” — лишь один из примеров развития новой отрасли в медицине.

Другие роботы применяются в самых различных операциях, вплоть до хирургии головного мозга. Пока что эти устройства достаточно громоздки, но врачи надеются на появление и миниатюрных помощников. Прошлым летом, например, отдел энергетики американской Национальной лаборатории Sandia в Альбукерке уже построил самый маленький в мире робот высотой в один сантиметр. А британская корпорация Nanotechnology Development разрабатывает крошку Fractal Surgeon, который будет самостоятельно собираться из еще меньших блоков внутри человеческого тела, проводить там необходимые действия и саморазбираться.

Теперь же робота оснастили самыми продвинутыми “глазами” в мире (о чём свидетельствует пресс-релиз компании). Трёхмерное зрение было у него и раньше, а вот высокой чёткости добились только сейчас.

Новая версия позволяет следить за операцией сразу двум хирургам. Один из них может как ассистировать, так и учиться мастерству у старших коллег. На рабочем дисплее может быть отображена не только картинка с камер, но и два дополнительных параметра, например данные ультразвука и ЭКГ.



Рис. 10.11

Многорукий da Vinci позволяет оперировать с большой точностью, а значит, и с минимальным вмешательством в организм пациента. В результате восстановление после операции происходит быстрее, чем обычно (фото 2009 Intuitive Surgical)

Еще одна интересная новость. Сотрудники Университета Вандербильта (США) выступили с концепцией новой автоматической когнитивной системы TriageBot. Машины будут собирать медицинскую информацию, осуществлять основные диагностические измерения и в конечном итоге ставить предварительные диагнозы, пока люди занимаются более неотложными проблемами. В результате пациенты будут меньше ждать, а специалисты вздохнут свободнее и существенно снизят количество ошибок. «Последние достижения в области дизайна гуманоидных роботов, сенсорных технологий и архитектуры когнитивного контроля сделали такую систему возможной», — подчёркивает соавтор проекта Митч Уилкс. В США около 40% пациентов отделений экстренной помощи поступают туда в состоянии, опасном для жизни. Врачам приходится уделять им первоочередное внимание.

Роботы могли бы заняться остальными 60%. Если проект окажется успешным, через пять лет возле стойки регистрации появятся электронные терминалы, подобные тем, что установлены в аэропортах, а также специальные «умные» стулья и мобильные роботы. При поступлении пациент должен прежде всего зарегистрироваться. В предлагаемой системе сопровождающее лицо сможет внести все необходимые данные через терминал с сенсорным экраном. Возможны голосовые подсказки. При этом автомат сможет распознавать наличие критической информации (например, острая боль в груди) и информировать о ней врача, чтобы пациентом занялись как можно скорее. В противном случае больного направят в зал ожидания. План более подробной диагностики пациента разрабатывается в соответствии с этими первоначальными сведениями.

В предлагаемой системе простейшие процедуры можно проделать уже в приёмной, на специальном стуле, который измерит кровяное давление, пульс, насыщение крови кислородом, частоту дыхания, высоту и вес. Кроме того, мобильные помощники будут периодически проверять состояние пациентов в зале ожидания, уделяя особое внимание артериальному

давлению, частоте пульса и, возможно, интенсивности болевых ощущений. В случае обнаружения критических изменений робот обязан проинформировать человеческий персонал. Последний элемент системы TriageBot — это администратор, который следит за машинами, обеспечивает связь с больничной базой данных и служит посредником между автоматикой и медиками. Планируется провести ряд исследований, в ходе которых будет определён точный набор функций роботов и их внешний вид. Параллельно разрабатываются прототипы.

Для более точных и удобных расчетов ученые создали чудного робота —фармацевта. Электронно-механическое чудо, работающее в большом подвале Пресвитерианской больницы в городе Альбукерке, штат Нью-Мексико, зовут Розы. “Родитель” этого мощного механического агрегата, перемещающегося по четырехметровому рельсу в темной застекленной комнате, — новое подразделение корпорации Intel — Intel Community Solutions, использующее достижения фирмы для решения социальных задач.

Задача Розы, — приготовление и распределение лекарств сотен наименований. Работает он круглосуточно, практически не делает перерывов и при этом совершенно не ошибается. За два с половиной года службы в больничной аптеке не было ни одного случая, когда бы пациенту отправили не то лекарство. Коэффициент точности работы Розы — 99,7 процентов, а это значит, что сортировка и дозировка прописанных препаратов никогда не отличается от тех, что указаны в рецептах врачей.

Более того, Розы помог своевременно обнаружить множество ошибок. Розы никогда не отправит больному лекарство с истекшим сроком годности. Залогом его точности являются заложенные в электронный мозг машины государственные стандарты контроля качества. Между тем, согласно данным Национального института здоровья в Вашингтоне из-за ошибок с лекарствами в стране ежегодно умирают около 50 тысяч человек. Но приготовление и распределение лекарств — не единственная проблема, которую в Пресвитерианской больнице решили с помощью Розы. До его появления было очень сложно следить за отпуском наркотических средств: сотрудники тратили уйму времени, пересчитывая таблетки, чтобы ни одна из них не осталась неучтенной. Сегодня от этой рутинной работы их освободил робот Розы.

Но и это еще не все. Механической “рукой” скользящий по рельсу Розы собирает висящие вдоль стен маленькие пакетики с таблетками, на каждый из которых нанесен уникальный бар-код. Затем он вкладывает их в герметические конверты и отправляет пациентам.

На свет так же появились два робота помощника — это робот нянька, который ухаживает за больными людьми, в частности страдающими от болезни Альцгеймера, и робот физиотерапевт, позволяющий быстрее адаптироваться людям перенесшим инсульт.

Недавно американские пациенты с болезнью Альцгеймера получили помощника, который облегчает им общение с врачами и родственниками. Оборудованный камерой, экраном и всем необходимым для беспроводной связи через Интернет, робот Companion позволяет врачу контактировать с пациентом, который находится в специализированной клинике. Робот также используется для обучения персонала, помощи пациентам, имеющим проблемы с передвижением, общения пациентов с детьми. Как ни странно, пациенты, обычно неохотно принимающие все новое, отнеслись к механическому собеседнику совсем неплохо: показывали на него, смеялись, даже пытались заговаривать с ним.

По мнению исполнительного директора создавшей машину компании InTouch Health Юлина Ванга, применение роботов при уходе за престарелыми людьми может снять остроту проблемы старения нации. В условиях, когда уже к 2010 году число пенсионеров в стране возрастет до 40, а к 2030 — до 70 миллионов, это очень важно. Пока же фирма собирается сдавать своих роботов в аренду домам престарелых. В будущем компания планирует создание роботов, которые смогут приводить в движение инвалидную коляску.

Настоящий шаг в будущее сделали инженеры из Массачусетского технологического института, заменившие врача-физиотерапевта роботом. Как известно, люди, перенесшие инсульт, надолго забывают о своей привычной жизни. В течение многих месяцев и даже лет они вновь учатся ходить, держать ложку в руках, совершать те обыденные действия, о которых раньше даже не задумывались. Теперь им могут помочь не только врачи, но и роботы.

Речь идет о сеансах физиотерапии, необходимых для восстановления координации движений рук. Сейчас пациенты обычно занимаются с врачами, которые показывают им соответствующие упражнения. В отделения реабилитации Бостонского городского госпиталя, где проводятся испытания новой установки, выздоравливающему от инсульта предлагается с помощью джойстика перемещать на экране по заданной траектории небольшой курсор. Если же человек не может этого сделать, управляемый компьютером джойстик с помощью встроенных электромоторов сам переместит его руку в необходимое положение.

Врачи остались довольны работой новинки. В отличие от человека, робот может совершать одни и те же движения тысячи раз в день и при этом не уставать. Что касается самих врачей, то им не стоит бояться безработицы: просто вместо того, чтобы часами сидеть с больными, они смогут разрабатывать новые, более эффективные программы тренировок.

Так как медицина является довольно обширной областью науки, не обошлось здесь и без вмешательства современных нанотехнологий. Вот что можно отметить в этом разделе.

Беспорядочно мельтешащие под микроскопом бактерии внезапно замирают на месте. Затем, будто сговорившись, начинают выстраиваться в ровную линию. Микробы за считанные секунды занимают свои места в колонне, и тут в движение приходит весь строй - бактерии как по команде синхронно поворачиваются налево.

Движениями микробов действительно управляют. Этим занимается сидящий за пультом ученый - профессор Политехнической школы Монреаля Сильван Мартель. Созданная канадским ученым установка контролирует перемещение бактерий с помощью магнитного поля с точностью до тысячных долей миллиметра. Недавно исследователь показал свой прибор в действии. 5000 бактерий согласованно передвигали в капле воды микроскопические полимерные блоки и сложили из них миниатюрное строение.

Это только начало испытаний. В ближайшем будущем такую «рабочую силу» можно будет применить с большей пользой - в медицине. Уже много лет в лабораториях по всему миру пытаются создать МИКРОРОБОТОВ, которые смогли бы выполнять различные операции внутри организма пациентов. Дальше простейших прототипов у инженеров дело пока не пошло. Теперь ученые получили возможность пойти обходным путем - на смену сложным и неэффективным устройствам приходят микроорганизмы.

Возведенное бактериями строение можно разглядеть только под микроскопом. Оно напоминает египетскую пирамиду. Сходство не случайно. «Пирамиды - один из первых шагов человека к созданию действительно сложных конструкций, - рассказывает Сильван Мартель. - Мы подумали, что будет символично, если микроорганизмы выполнят именно такое задание». Настоящие пирамиды сооружали многие годы. Бактерии управились с моделью за 15 минут. Это, несмотря на то, что строительные блоки были куда крупнее самих «рабочих».

Микроорганизмы работали сообща. Под микроскопом 5000 бактерий выглядели как сплошное темное облако. Вот этот рой нависает над одним из «кирпичей». В следующую секунду микробы начинают медленно, но верно толкать блок на заданное в чертеже место. «Мы пока только обкатываем технологию, - говорит Мартель. - В принципе, все то же самое можно делать значительно быстрее».

Секрет успеха - в выдающихся способностях этих микроорганизмов. Канадские ученые используют в работе бактерии *Magnetospirillum magnetotacticum*. «Оказалось, это настоящие рекорсмены, - объясняет Мартель. - Они движутся на порядок быстрее других бактерий». Кроме того, эти микроорганизмы чувствительны к магнитным полям - они в больших количествах накапливают в себе соединения железа. Ученые пока не очень хорошо понимают, зачем это нужно самим микробам. Зато теперь понятно, как такую особенность может использовать человек. С помощью магнитного поля Мартель заставляет бактерии разворачиваться в нужную сторону.

Дальше они двигаются самостоятельно - у них есть специальные жгутики, работающие, как гребные винты кораблей.

Они могут перемещаться не только в капле воды под микроскопом. Канадский ученый ввел бактерии в кровь лабораторных крыс и с помощью магнитного поля заставил микробов маневрировать в сосудах. Оказалось, бактерии способны двигаться даже против течения. Правда, преодолевать поток им удавалось только в небольших капиллярах, где кровь циркулировала медленно. В крупных артериях «пловцов» безнадежно сносило - скорость жидкости там достигала нескольких десятков сантиметров в секунду. Размножаться в крови эти микробы не способны, поэтому на здоровье грызунов их присутствие не повлияло. Микроорганизмы некоторое время двигались по сосудам, а затем погибли.

Эффективности бактериальных двигателей позавидует любой инженер. «Главная проблема, о которую разбиваются попытки создать медицинских МИКРОРОБОТОВ, - их габариты, - рассуждает Владимир Лобаскин, физик из Университетского колледжа Дублина. - Требования к размеру этих устройств таковы, что для них очень не просто создать достаточно мощный мотор». Сам Лобаскин занимается теоретическими расчетами эффективности как раз таких вот микроскопических двигателей. «Технические характеристики» бактерий Мартеля произвели на физика большое впечатление: «Это практически готовая система для решения медицинских задач».

Похоже, разработчикам настоящих МИКРОРОБОТОВ на это действительно нечем ответить. Один из самых последних прототипов был создан несколько лет назад в швейцарском Институте робототехники и интеллектуальных систем. Он представляет собой крошечную металлическую спираль, которую можно разглядеть только под очень мощным микроскопом. Попав в переменное магнитное поле, она начинает вращаться и работать, как пропеллер. Направлением движения этого устройства тоже можно управлять с помощью магнитов.

Со временем разработчики рассчитывают использовать его для доставки лекарств в различные ткани человеческого организма. Пока получается не очень хорошо. Эти изделия примерно в десять раз медленнее «живых роботов», с которыми работают в Канаде. О маневрах в кровеносных сосудах говорить даже не приходится. В этом нет ничего удивительного, уверен Мартель. За миллионы лет эволюция хорошо поработала над бактериями. Быстро создать такое же совершенное искусственное устройство будет очень не просто.

Именно поэтому биотехнологи из корейского Национального университета Чуннам попробовали совместить в своей работе два противоположных подхода. Созданный ими прототип медицинского МИКРОРОБОТА построен из синтетического полимера и клеток сердечной мышцы человека - кардиомиоцитов. Клетки натянуты на гибкий

пластиковый каркас на специальных ножках. Сокращаясь, клетки приводят в движение всю конструкцию, и устройство начинает перебирать ногами. Разработчики предполагают, что в будущем подобные роботы смогут путешествовать по кровеносным сосудам человека, цепляясь за стенки. Функционировать такие изделия смогут очень долго - «клеточный двигатель» использует в качестве топлива растворенную в крови глюкозу.

«Всего несколько лет назад разговоры о роботах, доставляющих лекарства в определенные точки организма, казались фантазиями, - говорит Алексей Снежко, физик из Аргоннской национальной лаборатории (США). - Теперь понятно, что в самое ближайшее время их начнут испытывать на людях».

Как это будет выглядеть, понятно уже сейчас. В одном из последних опытов Сильван Мартель и его коллеги ввели бактерии в организм больной раком крысы. А затем поместили ее в медицинский томограф. Эти приборы используют сильные магнитные поля для построения трехмерных карт организма пациента. После небольшой переделки установка превратилась в командный пункт для микробов. С ее помощью ученые провели бактерии по кровеносной системе грызуна прямо в район опухоли. Микроорганизмы доставили к пораженной области учебный груз - флуоресцирующее вещество. Вскоре Мартель планирует повторить эксперимент. На этот раз бактерии будут нести противоопухолевый препарат.

Так же нанотехнологи продемонстрировали довольно впечатляющие образцы электронной кожи. Электронная кожа впервые ощутила прикосновения бабочки

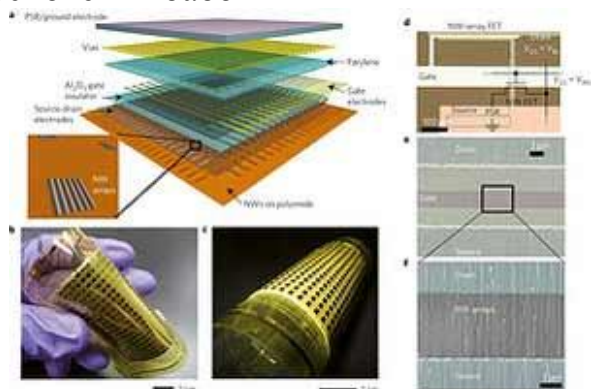


Рис. 10.12

Решётка из тончайших полупроводниковых нитей, совмещённая с электродами и меняющей в ответ на давление проводимость резиной типа PSR (вверху) превращена калифорнийскими умельцами в "лоскут кожи" (внизу) (иллюстрации Kuniharu Takei et al./Nature Materials).

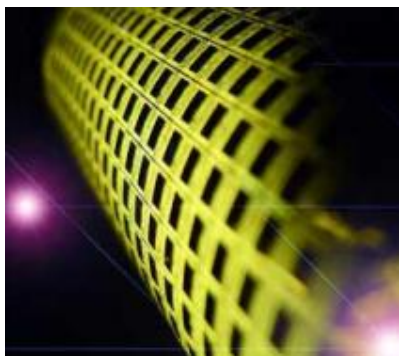


Рис. 10.13

На этом рисунке кожи робота каждый чёрный квадратик соответствует одному "пикселю", элементарной точке, отвечающей за осязание (иллюстрация Ali Javey and Kuniharu Takei, UC Berkeley). Чувствительность кожи авторы рекламируют красочной фантазией: робот с таким манипулятором смог бы запросто обращаться с куриным яйцом, не уронив его и не раздавив (иллюстрация Ali Javey, Kuniharu Takei/UC Berkeley).



Рис. 10.14

Ещё одна иллюстрация чувствительности стэнфордского сенсора: он регистрирует прикосновения перуанской бабочки *Chorinea faunus* (фото L.A. Cicero/Stanford University).

Уже немало копий сломано вокруг проблемы создания робототехнического аналога самого крупного органа человека. Главный вопрос – как воспроизвести невероятную чувствительность кожного покрова, который может ощутить дуновение ветерка от пролетевшего насекомого? Недавно две исследовательские группы из Калифорнии одновременно объявили о своих впечатляющих ответах [2].

Первая команда, из Калифорнийского университета в Беркли, выбрала в качестве ключевого элемента для своей искусственной кожи нанопроводки. Как сообщают учёные в пресс-релизе, они вырастили крошечные германиевые и кремниевые нити на специальном барабане, а затем прокатили этим валиком по подложке – клейкой полиимидной плёнке.

В итоге учёные получили эластичный материал, в структуру которого были включены нанопроводки, играющие роль транзисторов.

Поверх них исследователи нанесли изолирующий слой с периодическим рисунком из тонких отверстий, а ещё выше – чувствительную к прикосновению резину (PSR). Между резиной и нанопроводками при

помощи фотолитографии навели проводящие мостики (для этого и понадобились отверстия в слое изолятора) и, наконец, сдобрили бутерброд тонкой алюминиевой плёнкой – финальным электродом. (Подробности авторы системы представили в статье в Nature Materials). Такой эластичный набор способен определять и точно локализовать участки, к которым прикладывается давление. Имя эта кожа получила банальное и предсказуемое — e-skin. Новая технология позволяет использовать в качестве подложки множество материалов, от пластика до резины, а также включать в её состав молекулы различных веществ, например, антибиотиков (что может оказаться весьма важным). На опытном куске e-skin размером 7 x 7 сантиметров уместилась матрица 19 x 18 пикселей. В каждом из которых содержались сотни наноштырей. Такая система оказалась способна регистрировать давление от 0 до 15 килопаскалей. Примерно такие уровни нагрузки испытывает человеческая кожа при печатании на клавиатуре или удерживании на весу небольшого объекта.



Рис . 10.15. Али Джавей (Ali Javey), глава проекта e-skin в Беркли (фото UC Berkeley).

Учёные указывают на вполне определённое преимущество своей разработки перед аналогами. Большинство проектов такого рода полагается на гибкие органические материалы, которым для работы требуется высокое напряжение.

Синтетическая кожа из Беркли — первая, изготовленная на основе монокристаллических неорганических полупроводников. Она функционирует при напряжении всего в 5 вольт. Но что ещё интереснее — опыт показал, что e-skin выдерживает до 2000 изгибаний с радиусом 2,5 миллиметра без потери чувствительности.

В качестве очевидной области применения в будущем такой кожи можно предположить чувствительные манипуляторы, способные оперировать хрупкими предметами.

Сверхаккуратную кибернетическую руку можно дополнительно оснастить датчиками тепла, радиоактивности, химических веществ, покрыть тонким слоем лекарств и использовать на "пальцах" роботов-хирургов или спасателей.

В последнем случае (при работе роботов с людьми) очень важным с точки зрения безопасности окажется тот факт, что электронная кожа из Беркли, как и человеческая, ощущает прикосновение почти мгновенно (в течение миллисекунд). В теории она может полностью покрывать манипулятор робота или даже всю машину.

Вторая разработка, родом из Стэнфордского университета, использует другой подход. Как сообщают учёные в пресс-релизе, они поместили между двумя электродами слой высокоэластичной формованной резины.

Такая плёнка накапливает электрические заряды подобно конденсатору. Давление сжимает резину – а это, в свою очередь, изменяет число электрических зарядов, которые способен хранить сэндвич, что и определяет электроника благодаря набору электродов.

Описанный процесс позволяет обнаружить легчайшее прикосновение, что учёные доказали на опыте. Они использовали в качестве "тестера" мух. В ходе эксперимента квадратная матрица со стороной в семь сантиметров и в миллиметр толщиной чувствовала посадку насекомых, весящих всего 20 миллиграммов, и реагировала на их касания с высокой скоростью.

Под микроскопом матрица похожа на поле, усеянное остроконечными пирамидками. В таком материале пирамидок этих может быть от сотен тысяч до 25 миллионов на квадратный сантиметр, в зависимости от требуемого пространственного разрешения.

Такой приём (вместо применения сплошного слоя резины) был необходим, поскольку монолитный материал, как выяснилось, терял свои свойства при сдавливании – точность регистрации зарядов падала. А свободное пространство вокруг микроскопических пирамид позволяет им легко деформироваться и восстанавливать исходную форму после снятия нагрузки.

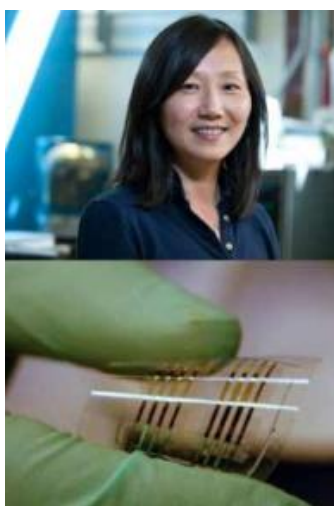


Рис. 10.16. Вверху: профессор Чжэнань Бао (Zhenan Bao) – лидер стэнфордского проекта. Внизу: такая простая полимерная плёнка с алюминиевыми проводниками послужила отправной точкой в построении

новой кожи (фото L.A. Cicero/Stanford University, Stefan C. B. Mannsfeld et al./Nature Materials).

Гибкость и прочность стэнфордской электронной кожи оказались очень высоки. Её нельзя растягивать, но вполне можно сгибать, обернув ею, например, руку робота.

Авторы электронной кожи из Стэнфорда, чья статья также вышла в Nature Materials, отмечают, что достоинства их технологии — дешевизна и широкий диапазон давлений, который способен измерять подобный бутерброд.

А потому в качестве сфер приложения своей разработки учёные видят опять же хирургических роботов. Но не только. Искусственная кожа могла бы стать основой электронных бинтов, — рассуждают американские исследователи, — способных подавать сигнал при слишком слабом или опасно сильном натяжении. А ещё подобные сенсоры могли бы точно фиксировать степень сжатия руками рулевого колеса, вовремя предупреждая водителя, что он засыпает.

Обе команды утверждают, что ещё продолжают развивать данное направление экспериментов. Так что роботы будущего, по всей видимости, всё же получат кожу, приближённую по возможностям к человеческой. И пусть внешне она будет заметно отличаться от нашей – её чувствительность придаст новый смысл понятию робот-андроид.

Сенсационное заявление дала компания по производству видеокарт для компьютеров. Не успели написать о первой хирургической операции, проведенной исключительно «руками» роботов, как NVIDIA приготовила другую «бомбу» из мира медицины. На калифорнийской конференции GTC 2010 производитель графических чипов озвучил весьма смелую идею – проводить операцию на сердце... без остановки сердца и вскрытия грудной клетки!

Робот-хирург будет производить операцию с помощью манипуляторов, подведенных к сердцу через небольшие отверстия в груди пациента. Технология визуализации «на лету» оцифровывает бьющееся сердце, демонстрируя хирургу трехмерную модель, по которой он может ориентироваться точно так же, как если бы смотрел на сердце через вскрытую грудную клетку. Основная сложность заключается в том, что сердце совершает большое количество движений за короткое время – но, по словам разработчиков, мощности современных вычислительных систем на базе графических процессоров NVIDIA хватит, чтобы визуализировать орган, синхронизируя движения инструментов робота с биением сердца. За счет этого создается эффект неподвижности – хирургу без разницы, «стоит» сердце или работает, ведь манипуляторы робота совершают аналогичные движения, компенсируя биение!

Пока вся информация об этой невероятной технологии состоит из коротенькой видеодемонстрации, но мы будем с нетерпением ожидать новых

сведений от NVIDIA. Кто бы мог подумать, что совершить революцию в хирургии задумала компания-производитель видеокарт...

А Японские умельцы не перестают удивлять приятными новинками. Новый робот-медвежонок носит людей на руках

Японский институт физических и химических исследований (BMC RIKEN) и компания Tokai Rubber Industries (TRI) вчера [26.08.09] представили "медвежеподобного" робота, предназначенного для оказания помощи медсёстрам в больницах. Новая машина буквально носит пациентов на руках.

RIBA (Robot for Interactive Body Assistance) — это усовершенствованная версия андроида RI-MAN.

<...> По сравнению с предшественником RIBA серьёзно продвинулся вперёд.



Рис. 10.17. Японцы остановились на "благоприятном имидже плюшевого медвежонка", посчитав, что человекоподобный робот будет только пугать пациентов (фото RIKEN, Tokai Rubber Industries)

Как и RI-MAN, новичок способен аккуратно поднимать человека с кровати или инвалидного кресла, переносить его на руках, например в туалет, а потом доставлять обратно и так же бережно укладывать в постель или усаживать в коляску. Но если RI-MAN носил лишь зафиксированных в определённом положении кукол весом 18,5 кг, RIBA уже транспортирует живых людей массой до 61 кило.

Рост "медведя" 140 сантиметров (RI-MAN — 158 см), и весит он вместе с аккумуляторами 180 килограммов (предшественник — 100 кг). RIBA распознаёт лица и голоса, выполняет голосовые команды, ориентируется по собранным видео- и аудиоданным, которые обрабатывает в 15 быстрее, чем RI-MAN, и "гибко" реагирует на малейшие изменения в окружающей среде.

Руки нового робота имеют семь степеней свободы, голова — одну (позже будет три), в талии две степени. Корпус покрыт разработанным TRI новым мягким материалом наподобие полиуретановой пены. Двигатели работают довольно тихо (53,4 дБ), а всенаправленные колёса позволяют машине маневрировать в ограниченном пространстве.

Ну и само собой без протезирования в медицине никуда. Поэтому и здесь есть свои ученые и инженеры безустально разрабатывающие новые

устройства. А именно Лаборатория прикладной физики им. Д. Хопкинса преподнесла новый сюрприз. В ходе совместной реализации проекта DARPA и Лаборатория прикладной физики им. Д. Хопкинса (Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, APL) подготовили к началу тестирования с участием людей очередное поколение протеза руки, названное Modular Prosthetic Limb (MPL). По задумке разработчиков, искусственная конечность будет полностью управляться мозгом посредством вживленных в него сенсоров и даже обеспечивать тактильные ощущения за счет посылки электрических импульсов с внешних сенсоров в соответствующий участок коры головного мозга. В прошлом месяце APL заявила о заключении контракта на 34,5 млн долл. с DARPA, что должно позволить исследователям провести тестирование своей разработки на пяти особах в течение следующих двух лет.



Рис. 10.18.

Ожидается, что третья фаза тестирования – испытания с участием людей – позволит внести усовершенствования как в систему управления нейропротезом, так и в алгоритм генерации сигналов обратной связи. MPL, прошедший стадию многолетнего прототипирования, поддерживает 22 разновидности движений, независимое управление каждым пальцем и весит столько же, сколько и настоящая человеческая рука (около 4 килограммов). Исследователи планируют начать тестирование, оснатив протезом парализованного пациента. Реализованные до сих пор нейропротезы были рассчитаны на замену ампутированным конечностям, в то время как MPL позволяет охватить большее количество случаев, включая недуги, связанные с нарушениями нормальной деятельности спинного мозга, поскольку сигналы управления «снимаются» непосредственно с головного мозга.

В ходе совершенствования разработки исследователям предстоит решить еще немало количество затруднений и сложностей, как уже известных, так и тех, которые, несомненно, будут выявлены в процессе тестирования. Среди подобных проблем – малый срок жизни существующих на сегодняшний день нейроинтерфейсов. Внедренные в жидкие ткани организма кремниевые чипы достаточно интенсивно разрушаются, выходят

из строя и нуждаются в замене приблизительно каждые два года. Ранее в этом году DARPA анонсировала программу Histology for Interface Stability Over Time, задачей которой названо увеличение срока службы нейроимплантатов до 70 лет. Хотя основными партнерами по разработке значатся APL и DARPA, к процессу исследований привлекается также множество других учреждений. Так, например, Питсбургский университет уже выполнил работы по вживлению обезьянам имплантатов, позволяющих контролировать руки робота, Калифорнийский технологический институт поможет в разработке дизайна интерфейса мозг-компьютер, а Университет Чикаго поучаствует в реализации системы тактильных датчиков.

Постепенно будут внедрены и роботы помощники, задачей которых будет непосредственная помощь врачам, данные модели уже используются в некоторых клиниках зарубежной медицины. Yūgīna, робот от японской компании Japan Logic Machine, который способен переносить лежащих пациентов на манер больничной каталки, только гораздо более плавно.



Рис. 10.19.

Что еще интереснее, Yūgīna может трансформироваться в инвалидное кресло, управляемое с тачскрина, контроллера или голосом. Робот достаточно ловок, чтобы перемещаться в узких коридорах, что делает его действительно неплохим помощником для настоящих врачей. Отдельно стоит упомянуть видеодемонстрацию, которую обязательно стоит смотреть с включенным звуком. Чем руководствовались режиссеры ролика, сопровождая видеоряд такой зловещей музыкой, мы не узнаем никогда – однако сочетание «доброта робота» и совершенно неуместной звуковой дорожки точно обеспечит вам порцию здорового смеха.

Приятной новостью стало изобретение роботизированных инвалидных кресел, с помощью специальных датчиков этим креслом управлять гораздо удобнее, однако новинка требует неких доработок, которые в ближайшем будущем и будут осуществлены.

Одним из самых приятных дней в жизни собаководов можно считать такой, когда четвероногий любимец полностью освоит следование за хозяином и будет сопровождать его всегда и везде, не требуя постоянного одергивания поводком. А благодаря стараниям команды ученых из Университета Сайтамы (Saitama University) подобную концепцию теперь можно применять и к... инвалидным креслам.



Рис. 10.20.

Роботизированное кресло несет на борту камеру и датчик определения расстояния, с помощью чего система отслеживает положение плеч человека, идущего рядом с креслом. За счет этих устройств кресло «понимает», в каком направлении двигается человек, соответственно повторяя его путь. Для сидящего в кресле такой способ перемещения получается более приятным, поскольку инвалидное кресло движется плавно, а не толкается вперед спутником.

Робо-кресло способно также огибать препятствия, правда, до определенной степени. Идея, несомненно, хороша, однако требует некоторой доработки. Представьте такую ситуацию: человек сидит в кресле, а помощник в это время с кем-то оживленно беседует и жестикулирует (соответственно, совершая движения туловищем, плечами и руками). Неужели кресло будет все время «елозить» из стороны в сторону, повторяя движения плеч помощника? Создателям определенно есть над чем поработать.

Заключение

Значение роботов – помощников для человека.

Роботы помощники играют огромную роль в современной медицине. Эта отрасль еще достаточно молода и находится на начальном этапе развития, но, несмотря на это некоторые разработки введены уже во всем мире, они успешно функционируют и приносят незаменимую помощь сотрудникам медицинских учреждений. Главная проблема по моему мнению, что если в развитых странах с устойчивой положительной экономикой эти нововведения будут введены сразу после официальной массовой роботизации, то в развивающихся странах они поступят гораздо позже, а в странах третьего мира эти разработки весьма запоздятся и в ближайшем будущем там точно не будет этих уникальных разработок. Дело в том, что вся эта продукция очень дорогостоящая и для ее покупки нужны будут немалые финансирование, которые далеко не всем странам по плечу. Поэтому в будущем нужно поставить вопрос о снижении стоимости данной аппаратуры в пределах разумного, при помощи определенных конференций и заседаний глав правительств.

11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РТК

11.1. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА РЕМОНТА КРЫШЕК

Введение

Значительная роль при повышении технического уровня производства отводится комплексной автоматизации и механизации производственных процессов. Ставятся задачи резкого повышения уровня комплексной автоматизации при ремонте подвижного состава [38].

Острая потребность разработки и внедрения средств автоматизации, особенно при ремонте и техническом обслуживании вагонов, обусловлена сравнительно высоким еще уровнем ручного труда и необходимостью повышения производительности труда.

Под автоматизацией производства понимается комплексная конструкторско-технологическая задача создания новой техники, принципиально отличной от технического арсенала средств неавтоматизированного производства, обеспечивающей сокращение трудовых затрат, улучшение условий производства, повышение объема выпуска и качества.

Экономические задачи автоматизации связаны с проведением комплексного технико-экономического анализа совокупности производственных процессов и оценкой технического уровня производства, выбором на основе этого анализа объекта автоматизации, рационального варианта автоматизации и расчетом экономической эффективности.

Важной задачей автоматизации процессов изготовления вагонов является разработка и применение гибких производственных систем, позволяющих повысить уровень автоматизации, производительность технологического оборудования и осуществлять быстрый переход на производство более эффективных и прогрессивных конструкций вагонов.

Производственные процессы вагоноремонтных предприятий характеризуются необходимостью подготовки вагонов и их частей к ремонту, наличием различного рода разборочных, ремонтных, ремонтно-сборочных, монтажных и окрасочных работ, протекающих в многочисленных организационных и технологических сочетаниях.

Создание и применение промышленных роботов (ПР) позволило осуществить дальнейшее развитие автоматизации – роботизацию производственных процессов. Основная значимость роботов заключается в возможности объединения различного рода технологического оборудования в гибкие производственные системы.

Ниже приводим несколько примеров по проектированию промышленных роботов для выполнения конкретных технологических операций.

Целью данной работы является роботизация линии по ремонту крышек разгрузочных люков полувагонов.

1. Анализ и рационализация процесса ремонта крышек разгрузочных люков полувагонов

Рассмотрим один из вариантов комплексно-механизированной линии для ремонта крышек разгрузочных люков полувагонов. Оборудование и приспособления данной линии размещены в порядке технологической и последовательности операций ремонта крышек связаны между собой транспортными устройствами, работающими в едином ритме [38].

Эта линия включает в себя следующие механизмы и оборудование: загрузочный конвейер для подачи ремонтируемых крышек к моечной машине; наклонный разгрузочный конвейер для выдачи отремонтированных крышек; моечную машину проходного типа; цепной технологический конвейер б, транспортирующий крышки по позициям линии; кантователи, смонтированные в отдельные секции конвейера; гидравлический пресс для правки крышек люков; монорельс; стенд для обрезки ремонтируемых крышек; стол для постановки и приварки деталей; сварочные полуавтоматы, устанавливаемые в сварочных постах линии; гидравлический пресс для окончательной плавки, радиально-сверлильный станок, электрогорн для нагрева заклепок и клепальная установка для клепки петель крышек. Кроме этих станков и приспособлений, имеются еще другие средства механизации процесса. Отремонтированную крышку укладывают в комплектовочные тележки.

Загрузочный конвейер состоит из металлической опорной станины, роликов и тяговой цепи, приводимой в движение электродвигателем через приводную станцию.

На конвейере транспортирующие ролики, расположены на равном расстоянии друг от друга; расстояние между центрами роликов принимаются так, чтобы ремонтируемое изделие всегда лежало не менее чем на двух роликах.

Технологический конвейер представляет собой вертикально-замкнутую пластинчатую цепь, размещенную по оси конвейера, передвигающую крышки по направляющим боковым угольником опорной металлоконструкции, расположенной на уровне рабочих мест. Тяговый орган конвейера приводится в действие от пульта управления, оснащенного командоаппаратом. От пульта управления подается звуковой оповестительный сигнал об очередной передвижке ремонтируемых крышек по позициям механизированной линии.

Пресс для правки крышек люков представляет собой четырехцилиндровый пневматический агрегат, все цилиндры которого двустороннего действия и работают параллельно и одновременно. Крышку люка укладывают на стол пресса головкой и плоскостью стола, затем поворотом ручки трехходового крана сжатый воздух впускается в цилиндры, которые передают системе траверс необходимое усилие.

Позиции ремонтно-сварочных работ оборудованы сварочными агрегатами для ручной и полуавтоматической сварки, а также зонтами вытяжной вентиляции и заградительными щитами, ограждающими окружающее пространство от действия электросварочной дуги. На позиции, где производится приклепка петель к крышкам, установлены сверлильный станок, пневматическая клепальная скоба, консольный кран и поворотный рольганг, обеспечивающий изменение положения ремонтируемых крышек.

В окрасочно-сушильной камере имеется свой подвесной конвейер. По монорельсу непрерывно перемещаются подвешенные на бесконечной цепи крышки со скоростью 0,8-0,6 м/мин. В окрасочно-сушильной камере установлены краскораспылители чашечного типа и механизм с пневматическим приводом для придания краскораспылителям колебательных движений. В целях безопасности двери камеры заблокированы, включение установки возможно только при закрытых дверях. В терморadiационной сушильной камере установлены трубчатые элементы, поддерживающие температуру воздуха в рабочей зоне камеры в пределах 90-110⁰С и обеспечивающие сушку крышки люка в течение 10-12 мин.

Окрасочная камера оборудована естественной вытяжной вентиляцией, а сушильная камера – принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рециркуляцией воздуха. В проемах при поступлении и выходе крышек люков устроены воздушные тепловые завесы.

2. Основная функциональная задача применения промышленного робота

Основная функциональная задача применения промышленного робота (ПР) в технологическом процессе роботизированной линии по ремонту крышек разгрузочных люков полувагонов заключается во взятии крышки ПР с загрузочного конвейера и установки ее в моечную машину.

3. Структура и планировка робототехнического комплекса

Промышленный робот в комплексе с одной единицей основного технологического оборудования образует роботизированную позицию. Робот в комплексе с несколькими единицами основного технологического оборудования образует роботизированный участок. Разработка рациональной структуры и планировки робототехнического комплекса имеет свою специфику, по сравнению с разработкой планировки рабочего места человека [39].

Для человека, в зависимости от технических условий и стенами механизации производственных процессов, проектирование рабочего места производится с учетом антропометрических показателей. Размеры активных зон и оборудования зависит от досягаемости рук при определенной рабочей зоне.

Как правило, промышленный робот по своим программируемым перемещениям и габаритам превосходит зону, занимаемую человеком. Это обусловлено тем, что размещение промышленного робота в робототехническом комплексе должно предусматривать обслуживание робота наладчиком, демонтажа и монтажа робота, наличие зоны для естественного охлаждения.

Самые разнообразные робототехнические комплексы создают в механических цехах. Схемы робототехнических комплексов включают следующие группы оборудования: транспортное оборудование, основное технологическое оборудование, промышленный робот, оборудование системы контроля, системы управления. Планировка робототехнического комплекса должна предусматривать наличие свободных зон подхода к оборудованию.

Структура РТК по ремонту крышек разгрузочных люков полувагонов.

Загрузочный конвейер (ЗК) - > Моечная машина (ММ) - > Технологический конвейер (ТК) - > Кантователи (К) - > Гидравлический пресс (ГП1) - > Монорельс (М) - > Стенд для обрезки крышек (СО) - > Стол для постановки и приварки деталей (СПП) - > Гидравлический пресс (ГП2) - > Сварочный пост (СП) - > Электрогорн (ЭГ) - > Клепальная установка (КУ) - > Разгрузочный конвейер (РК) - > Комплекточная тележка (КТ). Рис.11.1.

4. Сравнение конкурентоспособных промышленных роботов и выбор базового ПР

Перечень конкурентоспособных роботов определяется их назначением с учетом выполнения ограничения:

$$1,25Q \leq QL \leq 10Q,$$

где QL – необходимая грузоподъемность, $QL=60$ кг;

Q – масса объекта манипулирования, $Q=48$ кг.

Запас грузоподъемности $(1,25 \div 10)Q$ необходим для надежной работы ПР, а также для реализации возможности замены объекта манипулирования. При отсутствии ПР, удовлетворяющий запас по грузоподъемности увеличивают свыше 10.

Необходимая грузоподъемность базовой модели «Универсал-60» находится в пределах:

$$60 \leq QL \leq 350, \text{ что удовлетворяет условию.}$$

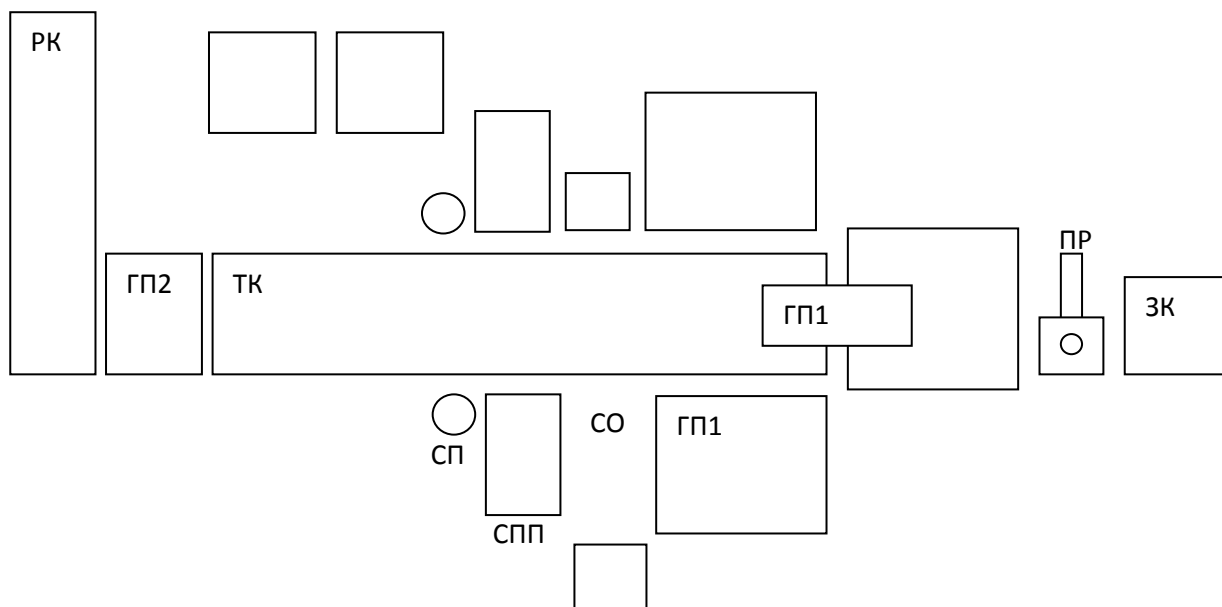


Рисунок 11.1 – Схема РТК по ремонту крышек разгрузочных люков полувагонов.

Таблица 11.1 – Возможные конкуренты выбранному роботу.

п/п	Наименование модели ПР	Технические характеристики				
		Грузоподъемность, кг	Число степеней свободы	Тип привода	масса, кг	Страна-изготовитель
	М 40.48.01	40	3	Пневматический	00	Россия
	М 80.48.02	80	3	Пневматический	00	Россия
	Универсал-60	60	6	Электрогидравлический	340	Россия
	ТРГ-1-250	250	2	Электрогидравлический	50	Россия

Принимаем модель ПР «Универсал-60».

5. Циклограмма роботизированного участка

Таблица 11.2

6. Расчет параметров линии с роликовым конвейером

№ п/п	Наименование операции	Время, мин	Время, мин														
1.	Установка крышки в моечную машину ПР	0,15															
2.	Технологический конвейер	0,5															
3.	Кантователи	0,35															
4.	Гидравлический пресс для правки крышек	5															
5.	Стенд для обрезки ремонтируемых крышек	4															
6.	Постановка и приварка деталей	3,5															
7.	Сварочные работы	3															
8.	Гидравлический пресс для окончательной правки	4,5															
9.	Радиально-сверильный станок	4															
10.	Электрогон для нагрева заклепок	3															
11.	Клепальная установка для клепки петель	1,5															
12.	Разгрузочный конвейер	0,5															

Скорость приводного роликового конвейера определяется так [40]:

$$V_k = \frac{L_{тр} \cdot P_k}{3600}, \text{ м/с,}$$

где $L_{тр}$ – длина конвейера, м;

P_k – производительность механизированной линии, шт/ч.

$$V_k = \frac{20 \cdot 20}{3600} = 0,111 \text{ м/с.}$$

Продолжительность движения изделия по конвейеру:

$$T = \frac{L_{тр}}{0,1v_k}, \text{ с.}$$

$$T = \frac{20}{0,1 \cdot 0,111} \cong 1800 \text{ с} = 30 \text{ мин.}$$

Интервал времени между изделиями при равномерном поступлении их на конвейер:

$$t = \frac{3600}{N_u}, \text{ с,}$$

Где N_u – количество изделий пропускаемых конвейером в час, шт.

$$t = \frac{3600}{20} = 180 \text{ с.}$$

7. Техничко-экономическое обоснование создания РТК

Производительность линии по ремонту разгрузочных крышек люков полувагонов увеличивается за счет замены двух рабочих мест промышленными роботами, выполняющих такие же операции (установка крышек в моечную машину). В результате установки ПР на линию увеличивается объем ремонта, который также необходимо согласовывать с другими ремонтными позициями.

Экономический анализ процесса внедрения новой техники (в данном случае, промышленного робота) делится на три этапа:

– с момента принятия решения о разработке элементов новой техники и оканчивая освоением и пуском в эксплуатацию (этот этап содержит выбор, проектирование, изготовление, приобретение, монтаж, наладку и пуск объектов новой техники);

– с начала эксплуатации элемента новой техники, т.е. когда новая техника начинает давать экономический эффект, и до момента, когда все расходы на внедрение новой техники будут возмещены за счет полученной

экономии. Продолжительность этого этапа равна окупаемости затрат на новую технику;

– с момента, когда все затраты на внедрение новой техники полностью окупились и до конца периода эксплуатации (до списания с баланса предприятия).

Также при оценке экономической эффективности от внедрения новой техники необходимо учитывать фактор времени, особенно если производятся существенные изменения в организации и автоматизации ремонтного производства.

Заключение

В работе спроектирована роботизированная линия по ремонту крышек разгрузочных люков полувагонов, приведена РТК, проведено сравнение конкурентно-способных моделей ПР и осуществлен выбор базового промышленного робота, составлена циклограмма технологического процесса ремонта, выполнен расчет роликового конвейера, а также, приводится технико-экономическое обоснование создания данного РТК.

11.2. РАЗРАБОТКА РТК - РТК для многоцелевого станка ОЦФ–1М

1. Задание

РТК для многоцелевого станка ОЦФ–1М.

Подобрать вспомогательное оборудование (промышленный робот) к основному оборудованию [41].

Скомпоновать РТК эскизно (А4, масштаб).

Сформулировать требования к РТК и определить его технические характеристики.

Составить алгоритм функционирования РТК в виде блок-схемы.

На основании алгоритма разработать циклограмму работы РТК.

2. Введение

Автоматизация производства есть процесс в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполняемые человеком, передаются автоматическим управляющим устройствам.

В настоящее время основным направлением автоматизации производства является создание таких высокоинтенсивных технологических процессов, автоматизация которых с участием людей будет неэффективной, а иногда невозможной вообще, т.к. в ряде случаев только полная автоматизация гарантирует получение очень высокой производительности и высокого качества продукции, более экономичное использование физического труда, материалов и энергии, сокращение периода времени от возникновения потребности в изделии до получения готовой продукции,

возможность расширения производства без увеличения трудовых ресурсов, позволяет полностью исключить или существенно снизить отрицательное воздействие производственного процесса на человека, поскольку человек заменяется автоматами различного служебного назначения, которые могут работать в тяжелых, вредных и опасных для здоровья человека условиях.

Эти причины социального, экономического и технического характера, ставшие основными сдерживающими факторами в развитии производства и дальнейшем повышении производительности труда, а также современные достижения в создании орудий производства, вычислительной техники и электроники привели к бурному развитию робототехники – отрасли, создавшей и производящей новую разновидность автоматических машин – промышленные роботы.

Промышленные роботы (ПР) оказались тем недостающим звеном, появление которого позволило решать задачи комплексной автоматизации на более высоком уровне, объединяя средства производства предприятия в единый автоматизированный комплекс.

3. Технологические возможности станка

Станок многоцелевой сверлильно-фрезерно-расточной с УЧПУ предназначен для обработки корпусных деталей из черных и цветных металлов. Он имеет устройство автоматической смены инструмента и обрабатываемых деталей, вертикально-продольно подвижный шпиндель и поперечно-подвижный поворотный стол с вертикальным расположением рабочей поверхности. На столе можно производить сверление, зенкерование, растачивание точных отверстий, связанных координатами, фрезерование по контуру с линейной, круговой и винтовой интерполяцией, нарезание резьбы метчиками, круговое фрезерование и обточку деталей с помощью вращающегося стола. Указанный стол позволяет обрабатывать соосные отверстия с двух сторон при его повороте на 180°.

Основные технические данные и характеристики станка приведены в таблице 11.1, а УЧПУ в таблице 11.2 [42].

4. Устройство станка

Общий вид станка [43]

Общий вид станка представлен на рис.11.2. На основании закреплена колонна, по которому передвигается шпиндельная бабка, которая имеет вертикальное (Z) и продольное (Y) перемещение. Поворотный стол имеет вращательное движение вокруг оси X поперечное движение (X). На верхней плоскости колонны закреплено устройство автоматической смены инструмента. По специальному заказу к станку прилагается устройство автоматической смены палетт, на котором крепится обрабатываемая деталь.

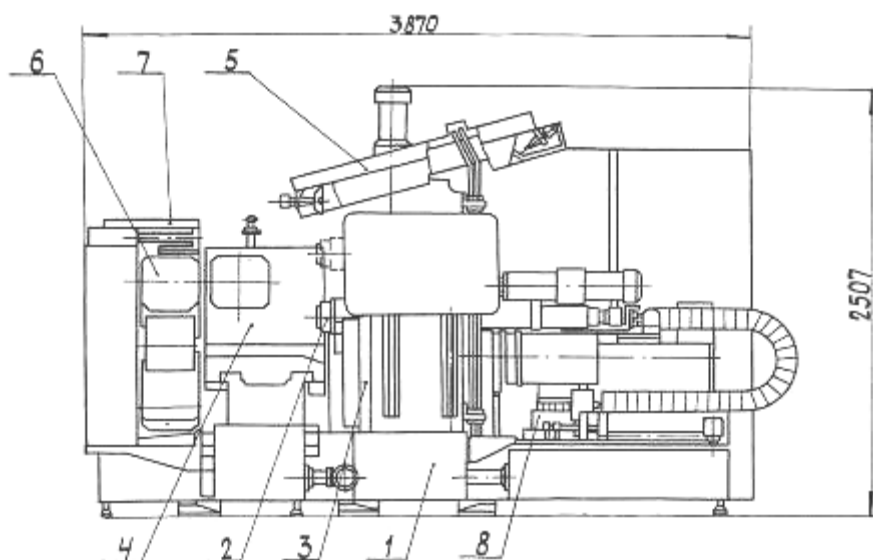


Рис.1

Рис.11.2.

Кинематическая схема станка

Кинематическая схема станка (рис.11.3. Привод вращения шпинделя осуществляется от регулируемого привода М1 через зубчатоременную передачу 1,2 и двухступенчатую передачу (блок 3,6), которая осуществляет два диапазона работы шпинделя при работе с постоянной мощностью. Диаграмма мощности привода М1 приведена на рис.3. При правом положении блока 3,6 колесо 5 зацепляется с колесом 4 и осуществляется ускоренное вращение шпинделя прямо от шкива 2.

Инструментальный магазин приводится во вращение от регулируемого привода М2 через зубчатые колеса 13 и 12. С помощью этого привода осуществляется выбор необходимого инструмента.

Привод вращения стола осуществляется от регулируемого привода М3 и имеет две цепи.

Кинематическая цепь для токарных работ включается передвиганием блока 16. вниз до зацепления с колесом 17, а блок 31,32 устанавливается в верхнее положение.

Цепь кругового вращения стола включается при зацеплении блока 16 с колесом 28 и колеса 31 с колесом 32. Кинематическая цепь стола после колеса 18 раздваивается на две параллельные ветви косозубых передач, которые предназначены для выборки зазоров в кинематической цепи с целью увеличения точности деления стола. Характеристики элементов кинематической цепи представлены в таблице 11. 3.

Конструктивные особенности основных узлов станка

Конструктивная схема шпинделя и устройства зажима инструмента представлена на рис 11.4.

Передняя опора шпинделя 1 в виде "триплекса" 3 воспринимает радиальную и осевую нагрузку, а задняя опора в виде плавающего

"дуплекса" воспринимает только радиальную нагрузку. Зазор в подшипниках регулируется при сборке подбором колец 4,5,10 с помощью гайки 13. Опоры шпинделя размещены в съемном стакане 16, шпиндель приводится во вращение шестерней 12.

Инструмент закрепляется в переходной оправке 2 и притягивается к фрезерному конусу шпинделя с помощью устройства, состоящего из шарикового замка-захвата, механизмов зажима и разжима инструмента.

Шариковый замок состоит из трех шариков 6, расположенных в тяге 7. В верхнем положении этой тяги шарики благодаря втулке 8 захватывают головку инструментальной оправки 2. При этом должны соблюдаться следующие геометрические соотношения, (в мм)

$$D_2 = D_1 + 2 \cdot \left(\frac{d}{2} - 2 \right); D_3 = D_1 + 2d; D_4 = D_2 + 2d + 1.$$

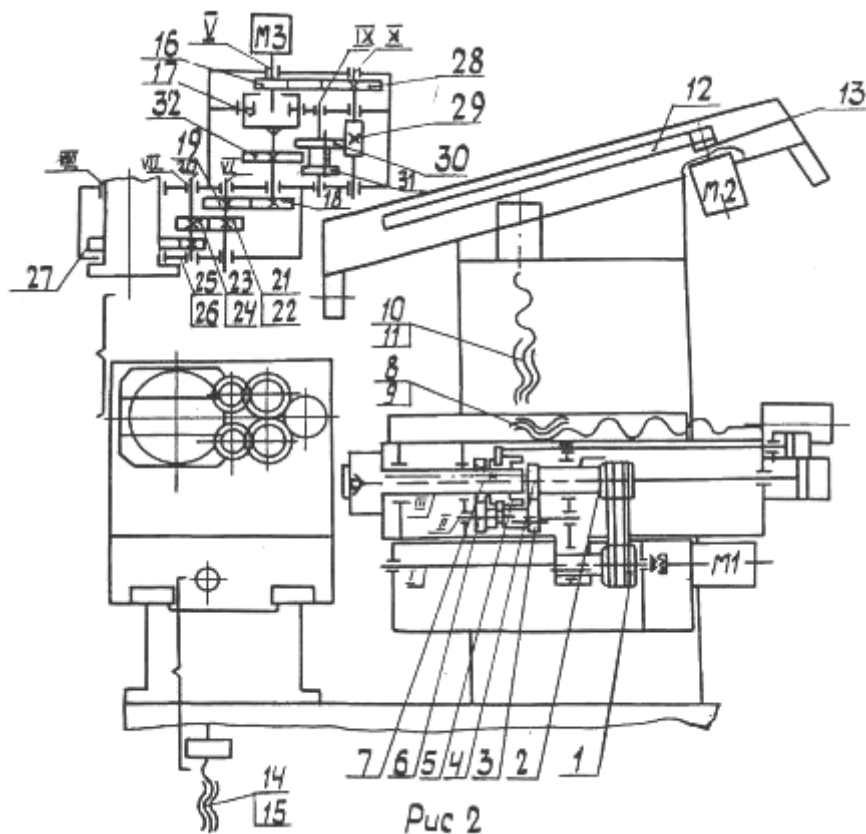


Рис.11.3.

Величины D_1 и d рассчитываются из условия прочности элементов зажима. При этом наименьший ход штока 7 вниз при разжиме равно $H = d + 2$. Зажим инструмента осуществляется с помощью тарельчатых пружин 9, усилие которых регулируется при сборке с помощью гайки 11. Такая

конструкция зажима является замкнутой внутри системой и ее усилие не передается на опоры шпинделя.

Разжим инструмента осуществляется с помощью штока поршня 14 и гидроцилиндра 15.

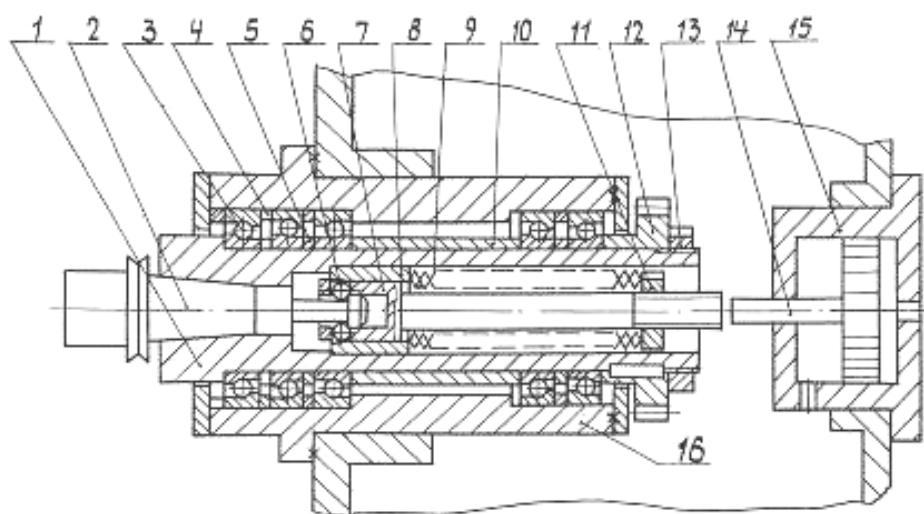


Рис. 4

Рис.11.4.

Автоматическая смена инструмента.

Автоматическая смена инструмента (рис.11.5) производится с помощью наклонного магазина, в котором инструмент 1 крепится с помощью специальных державок 2 к магазину 7, который может вращаться вокруг корпуса 10 с помощью двигателя 8 и шестерни 9. Корпус магазина 10 с помощью кронштейнов 12 и 14 имеет возможность вращения вокруг оси 13 и опирается на опору 11.

Смена инструмента происходит в следующем порядке без использования манипулятора.

Шпиндельная бабка 4 имея возможность движения вдоль оси шпинделя 3(Пг) и вертикального перемещения салазок 5 относительно колонны 6 (ПВ) приводится в верхнее положение. При этом пустым гнездом державки 2 захватывает инструмент в шпинделе. Далее, шпиндельная бабка 4 движется влево, оставляя инструмент в державке. После этого происходит поворот магазина с подводом под шпиндель следующего по программе инструмента. После поворота магазина шпиндельная бабка движется вправо, захватывая своим шпинделем, новый инструмент и уходит вниз в зону обработки. Использованный инструмент возвращается в свое гнездо.

5. Управление станком

Пульт управления

Станок имеет три пульта управления:

Пульт УЧЛУ.

Пульт станка

Пульт устройства смены столов-спутников

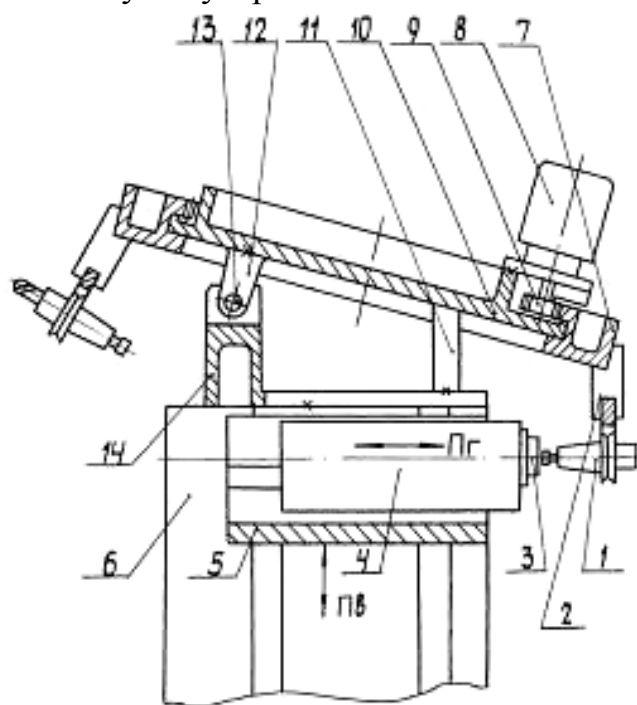


Рис. 5

Рис.11.5.

Режим работы станка

Режим работы станка выбирается на пульте УЧПУ. Режимы работы станка приведены в таблице 11.3.

Таблица 11.3

Режимы	Назначение
Автомат	Отработка управляющих программ (УП) при автоматической работе
Ручной ввод информации (РВИ)	Предварительный набор управляющих команд, параметров, значений коррекций, компенсаций и переменных
Ручная работа	Привязка к системе координат, управление с пульта станка, ускоренные перемещения по каждой оси, толчковая подача
Редактор	Просмотр и редактирование УП
Ввод (вывод УП)	Ввод, вывод УП на перфоленту, перемотка УП на начало, сравнение, сравнение копий
Тест	ввод тестов с перфоленты в память УЧПУ, определение коэффициента управления приводами, подач

Па станочном пульте расположены режимные и под режимные органы управления, значения некоторых из них приведены в таблице 11.4.

Таблица 11.4

режим	подрежим	№ органа упр. на схеме
выкл. пульта	—	4
накопитель	—	6
инструмент		8
	зажим	7
	разжим	27
Магазин инструмент		12
	фиксация	7
	расфиксация	27
	Разрешение работы привода	
	запрет работы	
СОЖ	привода	14
	Автоматич.	5
	ручной	26
	включить	3
	выключить	25
смыв стружки		16
	автомат	5
	ручной	26
	включить	3
	выключить	25

6. Порядок работы на станке

После проведения работ по наладке и настройке станка, необходимо:

Определить (предварительно на специальных приборах вне станка или на станке) длину инструмента от торца шпинделя и расстояние от центра стола до обрабатываемой поверхности. Вычислить значение коррекции длины каждого инструмента, и ввести их в УЧПУ в режиме "РВИ".

Определить координаты привязки детали к координатам станка ("нуля" детали к "нулю" станка), проверить их на станке с помощью измерительных приборов и ввести их значения в УЧПУ в режиме "ручная работа".

Ввести в память УЧПУ управляющую программу от пульта в режиме "РВИ" или из перфоленты в режиме "ввод".

Произвести просмотр и редактирование УД в режиме "редактор".

Произвести проверку работы станка по программе на холостом ходу при по кадровой отработке без обрабатываемой детали в ручном режиме.

Пробная обработка детали [44].

7. Вспомогательное оборудование

Одно из основных преимуществ ПР – возможность быстрой переналадки для выполнения задач, различающихся последовательностью и характером манипуляционных действий. Поэтому применение ПР наиболее эффективно в условиях частой смены объектов производства, а также для автоматизации ручного низко квалифицированного труда. Промышленные роботы дают возможность автоматизировать не только основные, но и вспомогательные операции, чем и объясняется постоянно растущий интерес к ним.

Вспомогательные (подъемно-транспортные) роботы (ВТР) выполняют действия типа взять – перенести – положить. Их применяют при обслуживании основного технологического оборудования для автоматизации вспомогательных операций установки-снятия заготовок, деталей, инструмента и оснастки, очистки баз деталей и оборудования, питания конвейеров, а также на транспортно-складских и других операциях.

Одной из основных причин разработок и внедрения роботов является, конечно, экономия средств. По сравнению с традиционными средствами автоматизации ПР обеспечивают большую гибкость технических и организационных решений, снижение сроков комплектации и пуска в производство автоматизированных систем.

Основные предпосылки расширения применения ПР следующие: повышение качества продукции и объемов ее выпуска благодаря снижению времени выполнения операций и обеспечению постоянного режима «без усталости», росту коэффициента сменности работы оборудования, интенсификации существующих и стимулированию создания новых высокоскоростных процессов и оборудования;

изменение условий труда работающих путем освобождения от неквалифицированного, монотонного, тяжелого и вредного труда, улучшения условий безопасности, снижения потерь рабочего времени от производственного травматизма и профессионально-технических заболеваний;

экономия и высвобождение рабочей силы для решения народнохозяйственных задач.

Учитывая основные технические характеристики предложенного для модернизации станка ОЦФ-1М выбираем в качестве вспомогательного оборудования промышленный робот РБ-232 (см. рис.11.6).

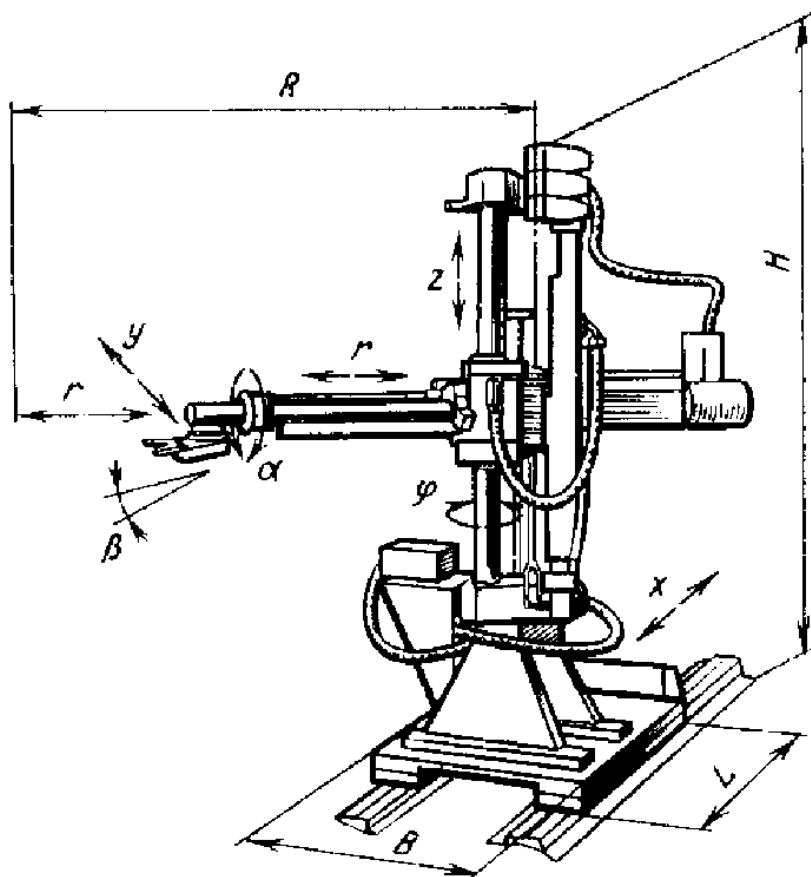


Рис. 11.6.

8. Требования, предъявляемые к РТК

Основное оборудование должно обеспечивать:

Автоматический цикл обработки детали;

Автоматизированную фиксацию и зажим детали в рабочей зоне станка;

Удаление стружки из зоны обработки;

Возможность очистки оборудования от стружки и грязи;

Обеспечение формы расположения рабочей зоны позволяющих обслуживать их с помощью промышленного робота;

9. Алгоритм функционирования РТК

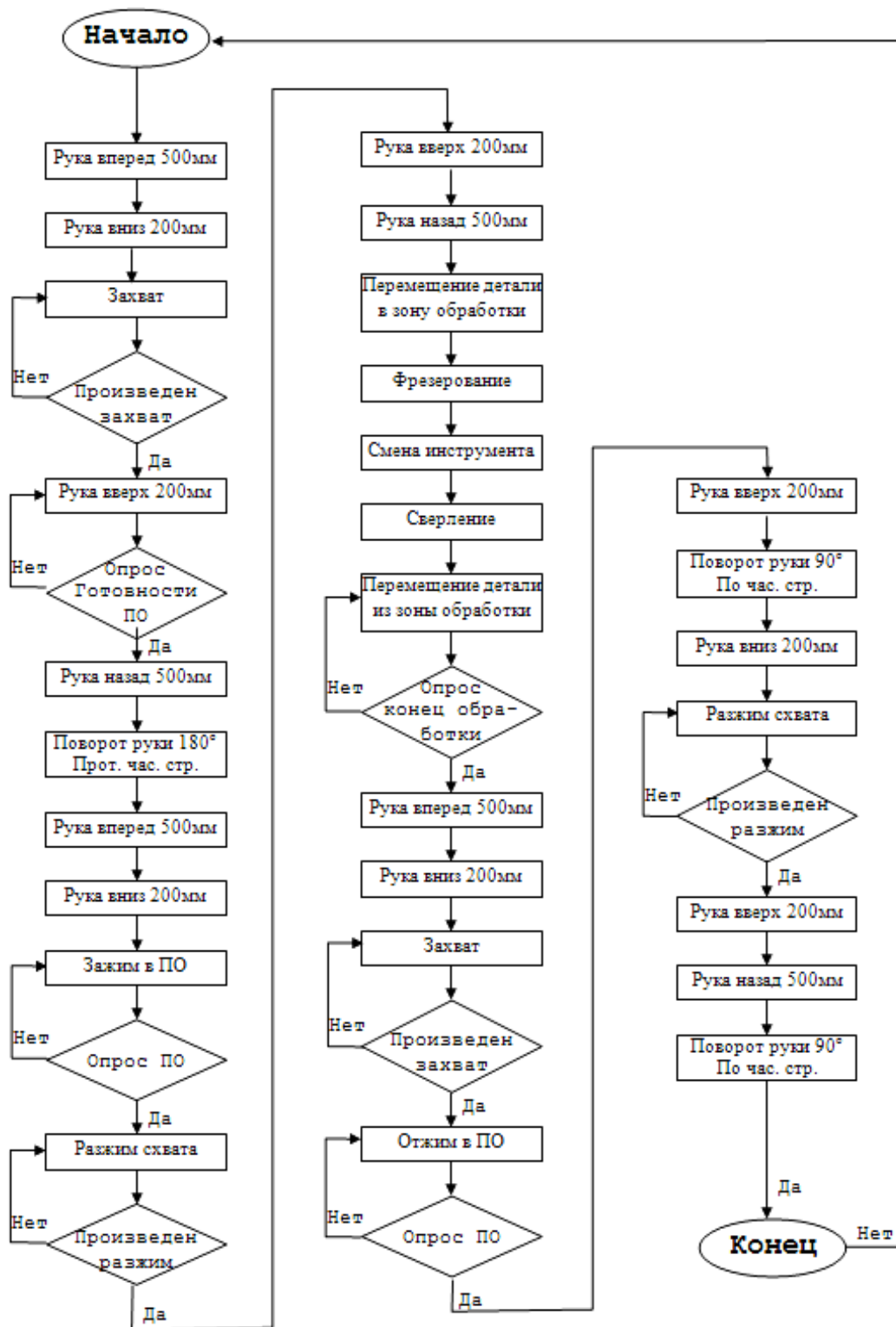


Рис.11.7.

Автоматизированное ограждение рабочей зоны.

Из технических характеристик ОЦФ-1М, вспомогательное оборудование должно обеспечивать:

Габаритные размеры вспомогательных устройств должны позволить их стыковку с основным оборудованием;

Устройства должны иметь датчики контроля положения рабочих органов и др. параметров;

Рабочие органы должны обеспечивать надежный захват, детали (заготовки) её рациональное перемещение и точность позиционирования в пространстве.

Учитывать возможность сопряжения с цеховыми транспортными устройствами, задействованными в технологическом цикле обработки детали (заготовки).

10. Расчет времени на выполнение отдельных операций РТК

Исходя из табличных данных (таблица 11.5) определим:

Рука вперед (назад)

$$r = \frac{914-1525}{0.76} = \frac{611}{0.76} = 804(\text{мм/с}) \quad ; \text{ при } r = 500; \quad t = \frac{500}{804} = 0.622(\text{с})$$

Рука вверх (вниз)

$$z = \frac{914-1525}{0.76} = \frac{611}{0.76} = 804(\text{мм/с}) \quad ; \text{ при } r = 500; \quad t = \frac{200}{804} = 0.249(\text{с})$$

Поворот руки

$$\varphi = \frac{300}{60} = 5(^{\circ}/\text{с}) \quad ; \text{ при } \varphi = 180; \quad t = \frac{180}{5} = 3(\text{с})$$
$$\text{при } \varphi = 90; \quad t = \frac{90}{5} = 1.5(\text{с})$$

Условное время обработки детали основным оборудованием

Фрезерование $t_f = 5(\text{с})$

Сверление $t_{св} = 2(\text{с})$

Общее время цикла:

$$T = 0,622 + 0,249 + 0,6 + 0,249 + 0,622 + 3 + 0,622 + 0,249 + 0,6 + 0,6 + 0,249 + 0,622 + 1 + 0,622 + 1 + 0,622 + 0,249 + 0,6 + 0,6 + 0,249 + 1,5 + 0,249 + 0,6 + 0,249 + 0,622 + 1,5 = 56,324(\text{с});$$

Следовательно за 4-х часовую смену:

$$\text{Количество циклов} = 4 * 3600 / 56,324 = 255,663$$

$$\text{Т.е количество завершенных циклов} = 255$$

А за 8-и часовую смену:

$$\text{Количество циклов} = 8 * 3600 / 56,324 = 511,327$$

$$\text{Т.е количество завершенных циклов} = 511$$

11. Основные технические данные и характеристики станка

Таблица 11.5

Наименование параметров	Данные
1. Наибольшие габариты обрабатываемой детали, мм	300x300x300
2. Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	150
3. Конус для крепления инструмента в шпинделе по ГОСТ 15945-82	40
4. Величина перемещений подвижных узлов X,Y,Z, мм	400x360x400
5. Дискретность перемещений по X,Y,Z, мм поворота стола, град.	0,001 0,001
6. Наибольшие параметры обработки, диаметры растачивания, сверления, торцевой фрезы, мм	125x20x125
7. Диапазон частот вращения шпинделя об/мин	20 ÷ 5000
стола в ток. режиме, об/мин	10 ÷ 250
стола во фрез, режиме, град/мин	18 ÷ 3600
8. Наибольший крутящий момент на шпинделе, н.м.	200
9. Наибольший крутящий момент на столе, н.м.	340
10. Пределы рабочих подач, мм/мин	1 ÷ 3200
11. Количество инструментов	36
12. Время смены инструментов от стружки до стружки, с, не более	14
13. Точность позиционирования, мкм	20
14. Точность поворота, угл. с	25

Техническая характеристика УЧПУ АС262I-II

Таблица 11.6.

Наименование параметров	Данные
1. Система кодирования	ISO – 7
2. Способ ввода программ	с ленты или ручной
3. Количество программируемых координат	4
4. Линейная интерполяция	одновременно по 4 координат
5. Круговая интерполяция	по двум любым координатам
6. Винтовая интерполяция	по трем координатам
7. Смещение "0" отсчета по всем координатам	Программируемое
8. Наличие коррекции программы	по длине и радиусу инструмента, по величине подачи, по частоте вращения шпинделя
9. Датчики импульсные, фотоэлектрические	Линейный
вращения стола	Круговой
10. Объем памяти программы обработки	24 Кбайт
Электроавтоматики	32 Кбайт

Характеристика элементов кинематической схемы.

Таблица 11.7.

Z1	Z2	Z3			Z6	Z7	t8	t9
3	0	8	32	32	2	8	0	0
10	11	12	Z13	t14	15	16	17	18
0	0	70	15	10	0	0	0	4
19	20	21	Z22	Z23	24	25	26	27
4	4	8(л)	28(пр)	28(пр)	8(л)	4	4	9

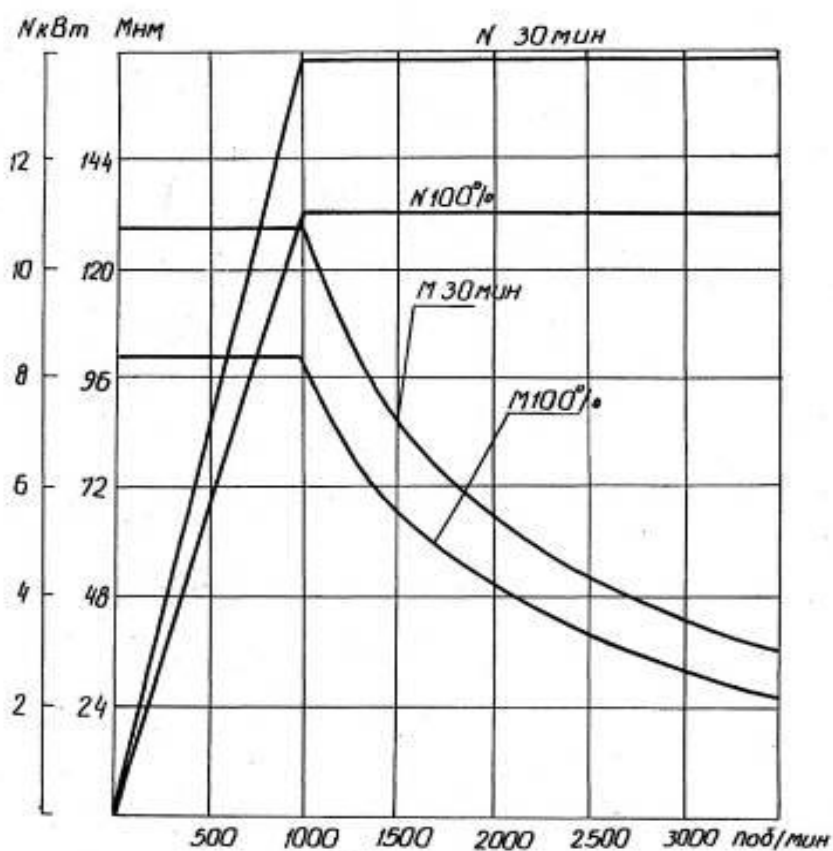


Рис.3

Диаграмма момента вращения и мощности привода шпинделя с двухзонным регулированием мод. МР132 М.

Рис.11.8.

Таблица 11.8

Страна изготовитель	Модель робота	Грузоподъемность, кг	Число степеней подвижности	Число программируемых	Привод основных движений	Система	Способ программирования	Объем памяти системы (число команд)	Погрешность позиционирования,	Наибольший вылет руки, R, мм
НРБ	РБ-232	110	7	7	Г	п-к	Обучение	430–5000	1,2	1930

Таблица 11.9

Линейные перемещения, мм Скорость, м/с				Угловые перемещения, ° Угловая скорость, °/с			Габаритные размеры, мм			Масса, кг
г	X	Z				H	L	B		
914 – 1525 0,76	1220 – 6095 0,45	914– 1525 0,76		00	00	80	3404	1116	1116	810
				0	5	5				

12. Выводы

Использование РТК значительно уменьшает время изготовления детали, увеличивает производительность, за счет сокращения основного и вспомогательного времени на обработку.

Применение РТК обеспечивает высокое качество продукции, более экономичное использование физического труда, материалов и энергии, сокращение периода времени от возникновения потребности в изделии до получения готовой продукции, возможность расширения производства без увеличения трудовых ресурсов, позволяет полностью исключить или существенно снизить отрицательное воздействие производственного процесса на человека, поскольку человек заменяется автоматами различного служебного назначения, которые могут работать в тяжелых, вредных и опасных для здоровья человека условиях.

11.3. Разработка робототехнического комплекса токарной обработки вставки, пальца и оси сателлита

Разработан технологический процесс изготовления детали с выбором заготовок [45]. Выбран промышленный робот, транспортер-накопитель и захватное устройство для обслуживания токарных операций технологического процесса. Произведен расчет захватного устройства и циклограмм работы оборудования, входящего в робототехнический комплекс. Выполнена компоновка средств автоматизации загрузки.

Расчетно-пояснительная записка на стр.	
Графическая часть – чертежа А1.	
Чертеж детали.	0,125
Наладки токарной обработки.	0,5
Сборочный чертеж транспортера-накопителя.	1
Сборочный чертеж захватного устройства.	
Общий вид РТК.	1

Введение

Машиностроение – одна из важнейших отраслей, дающих человеку блага жизни и обеспечивающих технически другие отрасли. Для повышения уровня благ главной задачей должно стать всемерное повышение эффективности производства, но это не может быть осуществимо без комплексной автоматизации и механизации. Вот поэтому так много внимания уделяется переходу от создания и внедрения отдельных производственных машин и технологического оборудования к разработке, производству и массовому применению высокоэффективных комплексов автоматических машин и оборудования. При этом особую важность приобрели автоматизация и механизация не только основных, но и вспомогательных, транспортных и складских операций с помощью легко переналаживаемых технических средств, к которым относятся промышленные роботы.

Промышленные роботы, обеспечивая автоматизацию отдельных процессов и операций, связывают их в системы автоматически работающих производственных машин-автоматов, достаточно эффективных как в массовом, так и в мелкосерийном производствах.

Применение промышленных роботов улучшает использование производственных фондов, повышая рентабельность и фондоотдачу производства.

Важной особенностью промышленных роботов является не только высокая степень универсальности большинства из них, но и способность быстро переналаживаться на выполнение новых операций или иной работы, что особенно важно в условиях современного гибкого производства, для которого характерны большая номенклатура и частая смена выпускаемых изделий.

Поэтому целью данного курсового проектирования является овладение навыками выбора и расчета средств автоматизации и механизации технологических процессов.

1. Выбор заготовок

Выбор заготовок для будущих деталей является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса и всего связанного с этим. От выбора заготовок зависят качество и стоимость операций

технологического процесса, выбранная оснастка и инструмент, а также средства обслуживания операции.

В нашем случае, учитывая среднесерийный тип производства, среднюю сложность изготовления деталей, незначительность переходов цилиндрических шеек, оптимальным видом заготовок для всех деталей, участвующих в курсовом проектировании, являются заготовки из проката обычной точности.

Данные по характеристикам прутков в табл.62[45]

Вставка – пруток $\varnothing 60_{1,1}^{0,5}$.

Палец – пруток $\varnothing 60_{1,1}^{0,5}$.

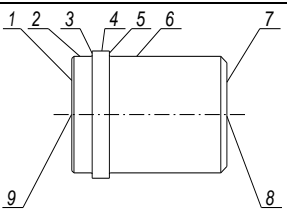
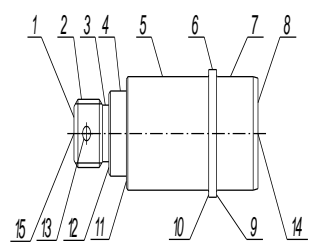
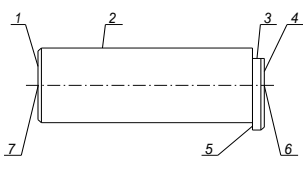
Ось спутника – пруток $\varnothing 45_{0,7}^{0,4}$.

2. Разработка технологического процесса изготовления деталей

На основе выбранных заготовок разработаем для каждой детали технологический процесс. Технологические процессы будем разрабатывать укрупнено.

Технологические процессы изготовления деталей.

Таблица 11.10

	Схема	Технологический переход	Обрабатываемые поверхности
Вставка		00– заготовительная (прокат)	отрезка
		10 – фрезерно-центровальная	8,9
		20 – токарная	1,2,3,5,6,7
		30 – термообработка	1,2,3,4,5,6,7,8,9
Палец		00– заготовительная (прокат)	отрезка
		10 – фрезерно-центровальная	1,8,14,15
		20 – токарная	2,3,4,5,7,9,10,11,12
		30 – сверлильная	13
		40 – резьбонарезная	2
		45 – термообработка	2,3,4,5,7,9,10,11,12,13
		50 круглошлифовальная	5,7
Ось спутника		00– заготовительная (прокат)	отрезка
		10 – фрезерно-центровальная	1,4,6,7
		20 – токарная	2,5,6
		25 – термообработка	2,3,5,6
		30 – круглошлифовальная	2,6
		40 – фрезерная	3

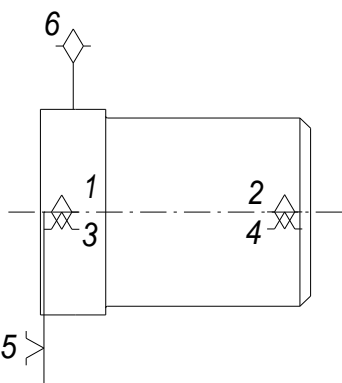
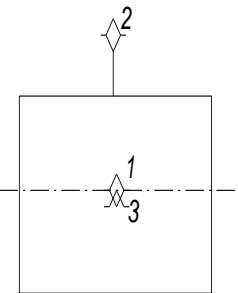
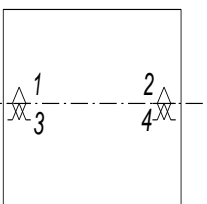
Для разработки технологических процессов изготовления деталей будем руководствоваться рекомендациями [45], [46], [47]. Данные по разработке технологических процессов занесем в таблицу 11.10.

3. Разработка теоретических схем базирования, крепления заготовок на станке, в захватном устройстве и на транспортере-накопителе

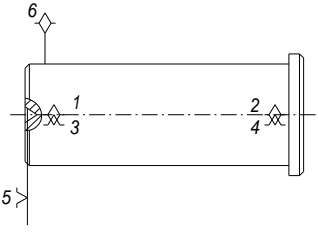
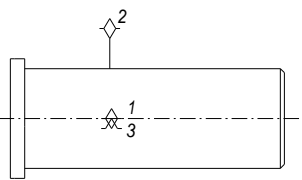
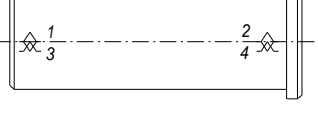
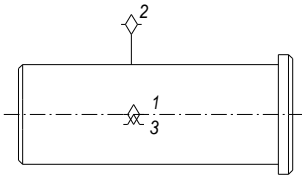
Разработаем теоретические схемы базирования, крепления заготовок на станке, в захватном устройстве и на транспортере-накопителе. Будем руководствоваться принципами постоянства и единства технологических и измерительных баз, а также совмещение технологических баз с конструкторскими. Для разработки теоретических схем базирования, крепления заготовок на станке, в захватном устройстве и на транспортере-накопителе будем пользоваться рекомендациями [48], [49]. Данные по разработке теоретических схем базирования, крепления заготовок занесем в таблицу 11.11.

Теоретические схемы базирования, крепления заготовок на станке, в захватном устройстве и на транспортере-накопителе.

Таблица 11.11

Деталь	Теоретическая схема базирования	Теоретическая схема базирования в захватном устройстве	Теоретическая схема базирования на транспортере-накопителе
	I установ	На I установ	На станок
Вставка			
	II установ	На II установ	Со станка

		На транспорт	
Палец	I установ	На I установ	На станок
	II установ	На II установ	Со станка
		На транспорт	
	I установ	На I установ	На станок

	II установ	На II установ	Со станка
Ось сателлита			
		На транспорт	
			

4. Разработка наладок при обработке заготовок на токарном оборудовании

На основе разработанных технологических процессов и теоретических схем базирования заготовок на станке разработаем наладки при обработке заготовок (см. приложение). При разработке наладок будем руководствоваться рекомендациями [45], [50].

Учитывая конструктивные параметры и технические требования обрабатываемых деталей, и теоретические схемы базирования, из таблиц [50] выберем тип станка и тип токарного трехкулачкового механизированного патрона. В нашем случае для токарной операции подходят полуавтомат токарный патронно-центральной с ЧПУ модели 1725РФ3 и патрон токарного механизированного типа ПЗКП-315.Ф8.95. Выбранный нами станок обеспечивает требуемые режимы резания и точность обработки. Патрон типа ПЗКП-315.Ф8.95 обеспечивает центрирование заготовок самоустанавливающимися кулачками и дополнительно самоустановку кулачков по заготовке при обработке ее в центрах. Зажим и разжим заготовок в патроне производится от гидравлического привода, устанавливаемого на заднем конце шпинделя станка. Также выбранный нами патрон оснащен плавающими центрами.

На наладке покажем вид в плане и вид сбоку детали в патроне на станке, захватное устройство относительно детали, а также реализацию теоретической схемы базирования и закрепления на токарном станке с обозначением опорных центров, прижимов патрона и губок захватного устройства. Проставим основные размеры детали и размеры, определяющие координатное положение губок захватного устройства. Инструмент,

резцовые блоки и суппорты на схеме наладки не показываем. Также приведем на схеме наладки циклы координатного перемещения детали при установке и смене деталей на станке с помощью захватного устройства.

5. Расчет и проектирование транспортера-накопителя и разработка наладок размещения на нем заготовок

На основе конструктивных параметров обрабатываемых деталей, техпроцесса их обработки и выбранного токарного станка с ЧПУ по материалам [45] выберем модель и типоразмер тактового транспортера-накопителя. Обрабатываемые детали практически одного типоразмера и их длины лежат в пределах 76...133 мм, а масса не превышает 1,4кг. Поэтому целесообразно выбрать пластины с размерами 150×225 с грузоподъемностью 10 кг. Учитывая такт обработки деталей и возможность непрерывной работы транспортера-накопителя без смены на нем деталей оператором в течение одного часа, выбираем транспортер-накопитель с 24 пластинами. На основе этих данных выбираем модель тактового транспортера-накопителя – СТ 150. Технические характеристики занесем в таблицу 11.12.

Технические характеристики транспортера-накопителя.

Таблица 11.12

Модель тактового транспортера-накопителя	Габаритные размеры транспортера-накопителя			Число пластин	Грузоподъемность одной пластины, кг	Размеры пластины	
	L					A×B	l×b
СТ 150	2250	50	50	24	10	150×225	150×150

Разработаем базирующие и установочные регулируемые и нерегулируемые элементы на пластине для размещения и базирования заготовок и деталей. Учитывая серийность производства и возможность быстрой переналадки на изготовление других деталей, будем использовать в качестве установочного нерегулируемого элемента базовую плиту, по T-образным пазам которой будут перемещаться базирующие призмы. Привод, перемещающий призмы – механический – винт-гайка. Такое приспособление обеспечивает размещение обработанных деталей и их заготовок, а также возможность предварительной регулировки и переналадки. Вид транспортера накопителя и его составляющих представлен на чертежах (см. приложение).

6. Выбор промышленного робота для использования в РТК токарной операции

В данной курсовой работе мы принимаем, что автоматизация операции загрузки и смены обрабатываемых деталей в условиях серийного производства обеспечивается с применением промышленного робота в

составе РТК. На основе анализа технологического процесса, конструктивных параметров деталей, разработанных схем наладок выберем промышленный робот. В нашем случае будет удобным использовать промышленный робот СМ160Ф2.05.01 [45]. Данный робот обладает всеми нужными для автоматизации операций в нашем проектировании параметрами и функциями. Выбранный нами робот обладает пятью степенями свободы, что позволяет осуществлять захват заготовки в любом месте максимально приближенным к центру тяжести заготовки (см. пункт 7), т.е. является широко применимым, что позволяет использовать его в среднесерийном производстве с нередкой сменой ассортимента выпускаемых деталей. Данный робот имеет возможность обслуживать несколько станков, что приемлемо для серийного производства, где штучное время немалое, и оно будет обеспечивать возможность многостаночного обслуживания роботом. Грузоподъемность робота позволяет перемещать детали до 160 кг. Наличие двух рук робота дает возможность сократить время обслуживания практически в два раза. Также робот обладает достаточно высокой точностью позиционирования, большим диапазоном и высокой скоростью перемещений, как угловых, так и линейных. Технические характеристики робота занесем в таблицу 11.13.

Технические характеристики робота СМ160Ф2.05.01.

Таблица 11.13

Техническая характеристика	Численное значение
Грузоподъемность суммарная/ на одну руку, кг	320/160
Число рук/ захватов на руку	2/1
Число степеней подвижности	5
Тип привода	Гидравлический
Система управления	Позиционная
Число программируемых координат	3
Способ программирования перемещений	Обучение
Погрешность позиционирования, мм	±0,5
Наибольший вылет руки, мм	1800
Линейные перемещения/ скорость перемещений мм, мм/с: Горизонтальные Вертикальные	8900/0,8 970/0,3
Угловые перемещения/ скорость перемещений, ...°, °/с	60/15
Масса, кг	6500

7. Расчет захватного устройства и разработка конструкции его размещения на руке промышленного робота

Для разработки чертежа захватного устройства необходимо произвести расчет захватного устройства. Вследствие того, что заготовки до и после обработки на станке имеют разные массу и конфигурацию, расчет необходимо производить для каждого этапа обработки, что является трудоемким и длительным процессом. Поэтому в данном случае мы произведем расчет для заготовок, которые еще не прошли токарную обработку (которые загружают с транспортера накопителя), но все неточности и погрешности мы учтем при введении коэффициента, учитывающего увеличение нагрузки Кд.

Расчет захватного устройства произведем в четыре этапа, используя данные [45], [51].

Произведем расчет и реакций в губках.

Определим точку центра тяжести для каждой заготовки по формуле:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (11.1)$$

где c_i – точка центра тяжести простой фигуры,

m_i – масса простой фигуры,

n – количество простых фигур, на которые разбита заготовка.

Данные занесем в таблицу 11.13.

Определим точки приложения сил и реакции в губках для каждой детали (Рис.11.8): точки приложения сил и реакции в губках

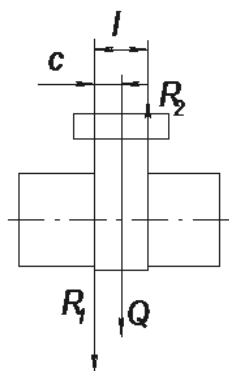


Рис.11.8.

Рассчитаем нагрузки и реакции в губках по формулам:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{l-c}{l} Q \\ R_2 &= \frac{c}{l} Q \end{aligned}, \quad (11.2)$$

где l – ширина губок,

c – расстояние от центра тяжести заготовки до ближайшей реакции,

Q – вес заготовки (mg).

Данные занесем в таблицу 11.14.

Рассчитаем силы воздействия губок на деталь.

Составим схему сил, действующих на деталь (Рис.11.9)

Схема действующих на деталь сил

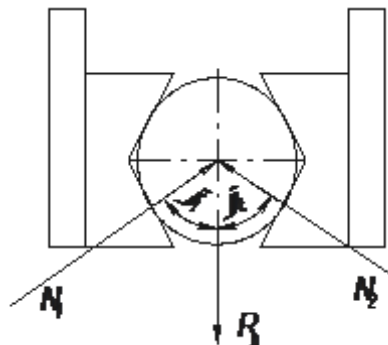


Рис.11.9.

Рассчитаем силы воздействия губок на деталь по формуле:

$$N_i = R_n \frac{\sin \varphi_i - k_{TP} \cos \varphi_i}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - k_{TP} \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}, \quad (11.3)$$

где φ_i – угол между проекцией на плоскость и силой N_i ,

$k_{TP}=0,14$ – коэффициент трения между губками и заготовкой.

Данные занесем в таблицу 11.13.

Рассчитаем усилия привода.

Определим моменты и силы привода захватного устройства (Рис.11.10).

Схема захватного устройства

$$P\eta = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k M_k \cdot tg(\beta + \rho), \quad (11.4)$$

где $\eta=0,95$ – КПД,

$\beta=8^\circ$ – угол клина,

$\rho=1^\circ 10'$ – приведенный угол трения на подшипниках качения,

k – количество губок захватного устройства,

M_k – момент сил на губке,

$$M_k = N_i \cdot \cos 30^\circ \cdot \sqrt{a_i^2 + c_i^2}, \quad (11.5)$$

где $a_i=$, $c_i=$, – конструктивные параметры захватного устройства.

Для исключения потери жесткости крепления детали в захватном устройстве от влияния динамических нагрузок усилие на приводе увеличим, умножая на коэффициент $K_d=4$. Данные занесем в таблицу 11.14.

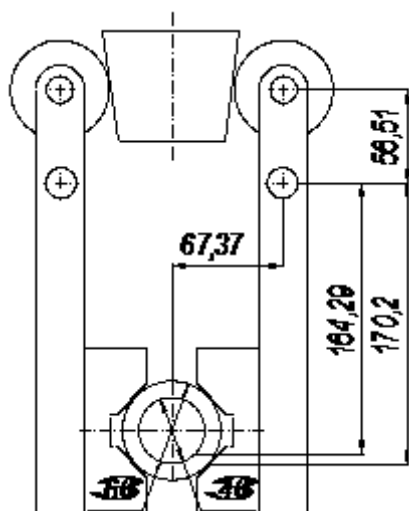


Рис.11.10.

Определим конструктивные параметры привода и захватного устройства в целом. В зависимости от сил зажима детали губками и силы привода, полученных в результате расчетов, назначаем конструктивные параметры захватного устройства с приводом. Определим диаметр поршня и диаметр штока. Данные занесем в таблицу 11.14.

Крепление захватного устройства к руке робота будет происходить посредством резьбового соединения М24.

Таблица 11.14

Параметры захватного устройства

	Вставка	Палец	Ось сателлита
Точка центра тяжести	38,25	58	66,5
Вес заготовки	1,3	1,06	2,0
Реакции в губках	6,5	5,8	10
Сила воздействия губок	5,2	4,6	8,0
Момент сил на губке	825	708	1269
Сила привода	60	72	92
Диаметр поршня	40	40	40
Диаметр штока	20	20	20

8. Компоновка средств автоматизации загрузки и транспортной системы совместно с используемым токарным оборудованием

На основе полученных результатов проделанной работы, используя [50], [51], подготавливаем общий вид робототехнического комплекса.

На чертеже общего вида покажем вид в плане РТК, а также дополнительно виды и сечения для пояснения чертежа (см. приложение). Также на чертеже общего вида показываем циклограмму последовательности выполнения перемещений захватного устройства в процессе загрузки, разгрузки и транспортирования заготовок.

Транспортер-накопитель размещаем перед станком слева так, чтоб ось заготовки, находившейся на транспортере-накопителе и ожидавшей обработки, была параллельна оси обрабатываемой заготовки. Промышленный робот размещаем перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки. Это дает нам следующие преимущества. Благодаря такой компоновке, занимаемая площадь оборудованием уменьшается (компактное расположение), а также увеличивается количество технологического оборудования, которое может обслужить промышленный робот, если оно будет компоноваться аналогично. Вследствие параллельности осей обрабатываемой и ожидающей обработки заготовок, исключаются лишние движения, которые необходимо совершить роботу, чтоб придать вновь обрабатываемой заготовки требуемое положение в пространстве. А это упрощает программу робота и ее изготовление. Также при такой компоновке обеспечиваются условия соблюдения техники безопасности, удобства обслуживания и эксплуатации оборудования, т.е. доступность оператора и наладчика узлов станка и средств автоматизации загрузки в период наладки и обслуживания оборудования. Данное компоновочное исполнение средств автоматизации загрузки в РТК удовлетворяет требованиям выполнения операций, каждой установки и каждого технологического перехода в отдельности в соответствии с технологическим процессом обработки детали.

9. Разработка циклограмм работы оборудования, входящего в РТК

Разработаем циклограмму работы оборудования, входящего в РТК, принимая последовательность выполнения основных и вспомогательных операций в цикле обработки деталей (см. таблицу 11.15). Для определения времени протекания этапа цикла будем использовать следующую формулу:

$$t=S/V, \quad (11.16)$$

где S – путь, который проходит определенный элемент,

V – скорость прохождения данного пути.

Перед началом обработки деталей в автоматическом цикле на станке токарь вручную устанавливает заготовку в патрон и включает его систему ЧПУ, обработанную деталь забирает захватом II, вторую заготовку в захват I токарь устанавливает вручную.

При последующем движении робота по порталу от стола к станку после его остановки и автоматический цикл в описанной последовательности повторяется

Данная циклограмма соответствует токарной обработке любой детали, участвующей в курсовом проектировании.

Заключение

Мы в нашем курсовом проектировании разработали технологический маршрут обработки деталей вставка, палец и ось сателлита. Подобрали станок и оснастку для осуществления токарных операций данного маршрута,

а также осуществили выбор и расчет средств автоматизации данных операций: выбрали промышленный робот, тактовый транспортер-накопитель, рассчитали захват и разработали циклограмму работы оборудования, входящего в состав РТК, для обеспечения его автоматической работы. Цели, поставленные в начале курсового проектирования, считаем достигнутыми.

Таблица 11.15.

Циклограмма работы оборудования

Вид движения	Время, с
Транспортирование заготовки в захвате II в зону обработки	1,62
Опускание захвата I робота	2,33
Зажатие обработанной заготовки губками захвата I и ее раскрепление	3,07
Поднятие захвата I робота	2,33
Поворот захвата I робота с обработанной заготовкой на 180°	2,0
Опускание захвата I робота	2,33
Установка и закрепление заготовки на станке	3,67
Разжатие губок захватного устройства I	1,15
Обработка детали	t
Опускание захвата I робота	2,33
Зажатие обработанной заготовки губками захвата I и ее раскрепление	3,07
Поднятие захвата I робота	2,33
Горизонтальное перемещение руки для совмещения оси необработанной заготовки в захвате II с осью патрона	2,0
Опускание захвата II робота	2,33
Установка и закрепление заготовки на станке	3,67
Поднятие захвата II робота	2,33
Обработка детали	t
Опускание захвата II робота	2,33
Зажатие обработанной заготовки губками захвата II и ее раскрепление	3,07
Поднятие захвата II робота	2,33
Поворот захвата II робота с обработанной заготовкой на 180°	2,0
Опускание захвата II робота	2,33
Установка и закрепление заготовки на станке	3,67
Разжатие губок захватного устройства II	1,15
Обработка детали. Одновременно с этим происходит перемещение робота к транспортеру-накопителю, установка обработанной заготовки на транспортер-накопитель, перемещение тактового стола на шаг и захват роботом очередной заготовки.	t
Общее время цикла	53,44+2tшт

11.4. Разработка робототехнического комплекса токарной обработки

Введение

коло 80% продукции машиностроения выпускается в условиях единичного и серийного производства, производительность которых уступает массовому. Кроме того, основная задача современного производства в машиностроении – повышение эффективности механообрабатывающих производств на предприятии с широкой и постоянно обновляемой номенклатурой выпускаемой продукции. Для достижения этих целей требуется создание производственных систем механообработки повышенной гибкости с высокими технологическими показателями работы.

Цель данной работы – решение инженерных задач по изучению и разработке средств автоматизации машиностроения; углубление и закрепления полученных знаний при изучении промышленных роботов и робототехнических комплексов.

1. Выбор заготовок

Выбор метода получения заготовки.

1.1.1 Заготовку детали 1 «упор» 938.01.03.028 можно получить штамповкой или из проката. Эффективнее и экономически выгоднее будет принять заготовку из проката – круг ГОСТ 2590-71/45-б-2 ГОСТ 1050-74. На рис. 1.1 показана конструкции заготовки [52].

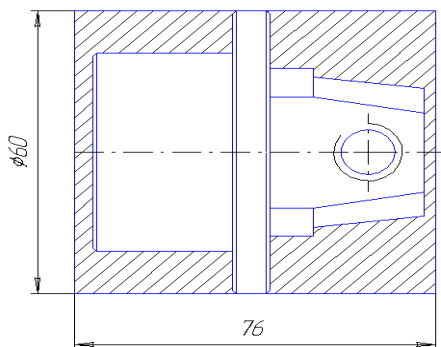


Рис. 11.11. Заготовка детали «упор»

1.1.2 Заготовку детали 2 «хвостовик» 766.36.70.15 можно получить штамповкой или из проката. Эффективнее и экономически выгоднее будет принять заготовку из проката – круг ГОСТ 2590-71/В Ст3 по 5 I ГОСТ 535-71. На рис. 11.12 показана конструкция заготовки.

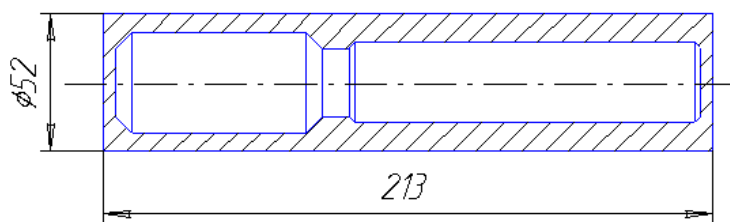


Рис. 11.12 Заготовка детали «хвостовик»

1.1.3 Заготовку детали 3 «бобышка» 766.12.42.02 можно получить штамповкой или из проката. Эффективнее и экономически выгоднее будет принять заготовку из проката – круг В60 ГОСТ 2590-71/В Ст3 по 5 I ГОСТ 535-71. На рис. 11.13 показана конструкция заготовки.

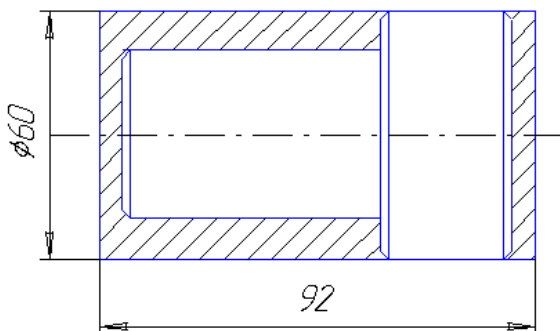


Рис. 11.13 Заготовка детали «хвостовик»

2. Разработка технологического процесса обработки деталей Классификация поверхностей деталей.

Упор Таблица 11.16

	Вид поверхности	№ поверхности
	ОКБ	1
	ВКБ	9
	ИП	2, 8,
	С	3, 4, 5, 6, 7

Хвостовик Таблица 11.17

	Вид поверхности	№ поверхности
	ОКБ	1
	ВКБ	7
	ИП	3, 6
	С	2, 4, 5

Бобышка Таблица 11.18

	Вид поверхности	№ поверхности
	ОКБ	1
	ВКБ	4
	ИП	3
	С	2, 5, 6,

Требования к обрабатываемым поверхностям. Таблица 11.19

Упор	№ поверхности	T	Rz
	1	14	20
	2	14	20
	3	14	40
	4	14	80
	5	14	40
	6	14	40
	7	14	40
	8	11	20
	9	14	40
Хвостовик	1	14	80
	2	14	40
	3	12	40
	4	14	40
	5	14	40
	6	8	10
	7	14	80
Бобышка	1	14	80
	2	14	40
	3	12	40
	4	14	80
	5	14	80
	6	14	80

Технологический процесс токарной обработки деталей. Таблица 11.20

№ дет.	Оборудование или исполнительные узлы	Операция	Переход	Установ.	№ пов.
	Полуавтомат токарный патронно-центральной с ЧПУ модели TЗC32N1 Патрон РИКХ-315	Токарная 015	Точить Ø60 до Ø44 на длину 34мм за 6 проходов, подрезать торец на Ø60 в размер 34мм.	1 установ	2, 3
			Точить Ø60 до Ø40 за 8 проходов на длине 34мм; точить конус под углом 15°	2 установ	4, 5, 6, 7, 9

			на длине 26мм; подрезать торец Ø60 в размер 34мм.		
			Точить Ø55 до Ø42 на длину 124мм за 4 прохода, точить канавку Ø39,8, точить фаску на Ø55 шириной 15мм.	1 установ	4, 5, 6
			Точить фаску 45° на Ø50; точить Ø55 до 50 на длине 71мм за 2 прохода.	2 установ	2, 3
			Точить фаску 45° на Ø60;	1 установ	7
			Точить Ø60 до Ø50 за 3 прохода на длине 60мм; подрезать торец Ø60 в размер 60мм. Точить фаску 45° на Ø50;	2 установ	2, 3, 4

Маршрут обработки деталей.

Упор Таблица 11.21

№ операции	Наименование операции	Оборудование
005	Заготовительная	Отрезной станок
010	Центровально-подрезная	Центровально-подрезной станок
015	Токарная	Токарный полуавтомат
020	Фрезерная	Горизонтально-фрезерный станок
025	Сверлильная	Сверлильный станок

Хвостовик Таблица 11.22

№ операции	Наименование операции	Оборудование
005	Заготовительная	Отрезной станок
010	Центровально-подрезная	Центровально-подрезной станок
015	Токарная	Токарный полуавтомат

Бобышка Таблица 11.23

№ операции	Наименование операции	Оборудование
005	Заготовительная	Отрезной станок
010	Центровально-подрезная	Центровально-подрезной станок
015	Токарная	Токарный полуавтомат

3. Разработка теоретических схем базирования крепления заготовок на станке, в захватном устройстве и на транспортере накопителе

Разработаем теоретические схемы базирования, крепления заготовок на токарном стане с ЧПУ, в захватном устройстве при транспортировке и загрузке, на приспособлениях транспортера-накопителя деталей.

4. Разработка наладок при обработке заготовок на токарном оборудовании

При разработки наладки на токарном оборудовании необходимо точно определиться с выбором станка и приспособления на основании выше изложенного получим:

По [53,стр.12] выбираем модель токарного станка с учетом конструктивных параметров и технических требований обрабатываемых деталей.

Принимаем станок-полуавтомат с оперативной системой управления – TZC32N1.

Так же производим выбор токарного трехкулачкового механизированного патрона с учетом:

- модели станка с ЧПУ: TZC32N1;
- конструктивных параметров обрабатываемых деталей и их заготовок ($d_{\max} = 60\text{мм}, d_{\min} = 40\text{мм}$);

По [53, с.15] выбираем патрон: РИКХ-315.

Данный патрон обеспечивает самоустановку кулачков по заготовке при ее обработке в центрах, а также центрирование заготовки при обработке в патроне. Патрон оснащен плавающим центром. Зажим и разжим детали в

патроне производится от гидравлического привода, установленного на заднем конце шпинделя станка. При обработке в центрах производится дополнительный поджим центром задней бабки, действующей также от гидропривода.

Чертеж наладки представлен на листе А2.

5. Расчет и проектирование транспортера-накопителя и разработка наладок размещения на нем заготовок

На основе конструктивных параметров обрабатываемых деталей, технологического процесса их обработки и выбранного станка с ЧПУ выбираем модель и типа размер тактового транспортера-накопителя.

Тактовый транспортер-накопитель предназначен для хранения запасов заготовок и подачи их в зону захвата загрузочным устройством. На транспортере-накопителе расположены перемещаемые пластины-тележки для размещения заготовок и обработанных деталей в приспособлениях.

Так как самая тяжелая заготовка имеет массу 3,3 кг, выбираем модель тактового транспортера-накопителя СТ 150.

Основные характеристики тактового транспортера-накопителя СТ 150:

габаритные размеры транспортера L*В*Н: 2250*650*800 мм;

грузоподъемность одной пластины: 10 кг;

размеры пластин А*Б: 150*225 мм;

размеры пластин l*b: 150*150 мм.

- число пластин 24

Во время смены детали на транспортере-накопителе пластины неподвижны и точность позиционирования определена точностью шагового перемещения пластины.

Разработаем базирующие и установочные регулируемые и нерегулируемые элементы на пластине для размещения и базирования заготовок и деталей. Базирующие и установочные элементы являются элементами установочного приспособления и крепятся на пластине. Базирующие и установочные элементы должны обеспечивать размещение на них обработанных деталей и их заготовок с возможностью предварительной регулировки и переналадки.

Чертеж транспортера накопителя представлен на листе А1.

6. Выбор промышленного робота для использования в РТК токарной обработки

Автоматизация загрузки и смены обрабатываемых деталей осуществляется с помощью промышленного робота модели «Универсал-60.01».

Основное назначение – для разгрузки-загрузки основного и вспомогательного технологического оборудования.

Технические характеристики промышленного робота:

Номинальная грузоподъемность, кг 60

Число степеней подвижности 6

Число рук/захватов на руку 1/1

Тип привода Электрогидравлический

Устройство управления Позиционное ПУР-2М

Число программируемых координат 6

Средство программирования перемещений Обучение

Погрешность позиционирования, мм ± 3

Максимальный радиус обслуживания R, мм 2044

Масса, кг 2340

Линейное перемещение, мм

x (со скоростью 0,4 м/с) 1000

y (со скоростью 0,08 м/с) 400

Угловые перемещения, °:

φ (со скоростью 45°/с) 340

θ (со скоростью 10°/с) 40

α (со скоростью 90°/с) 360

β (со скоростью 70°/с) 190

Страна изготовитель СССР

7. Расчет захватного устройства и разработка конструкции его размещения на руке промышленного робота

Расчет реакции в губках

Расчет производится для самой тяжелой детали, т.е. для «Хвостовика» (766.36.70.15). Диапазон размеров деталей (заготовок) захватываемых губками: $d=40\dots 60$ мм. Определяем точки приложения реакций в губках для детали.

Масса заготовки: $m=3.3$ кг; вес заготовки:

$$P=m \cdot g,$$

где g - ускорение свободного падения, m/c^2 ; $g = 9.8 m/c^2$.

$$\text{Тогда: } P=3,3 \cdot 9,8=32,3 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка с учетом коэффициента запаса $k=3$:

$$Q=k \cdot P=3 \cdot 32,3=96,9 \text{ Н}$$

Реакции в губках:

$$R_1 = \frac{l-c}{l} \cdot Q; R_2 = \frac{c}{l} \cdot Q,$$

где $l=80$ мм – расстояние между губками; $c=40$ мм – расстояние до центра масс детали.

Подставляем значения, получаем:

$$R_1 = \frac{80-40}{80} * 96.9 = 48.5H; R_2 = \frac{40}{80} * 48.5 = 48.5H$$

Определение сил воздействия губок на деталь.

Составляем схемы сил рис. 4.1, действующих на деталь, и определяем силы зажима:

$$N_1 = N_2 = R_i * \frac{\sin 30^\circ - k_{mp} * \cos 30^\circ}{\sin 60^\circ - 2 * k_{mp} * \cos 60^\circ},$$

где $R_i (R_1, R_2)$ - реакция на губках захватного устройства,
 $k_{mp} = 0,13$ - коэффициент трения.

Подставляем значения, получаем:

На первой паре губок:

$$N_1 = 48,5 * \frac{\sin 30^\circ - 0,13 * \cos 30^\circ}{\sin 60^\circ - 2 * 0,13 * \cos 60^\circ} = 25,5H;$$

На второй паре губок:

$$N_2 = 45,8 * \frac{\sin 30^\circ - 0,15 * \cos 30^\circ}{\sin 60^\circ - 2 * 0,13 * \cos 60^\circ} = 25,5H$$

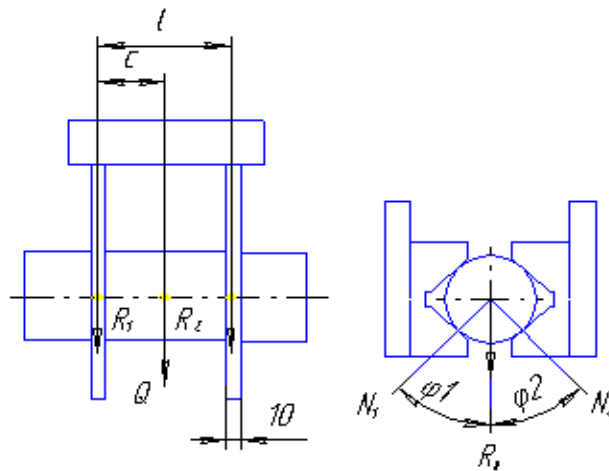


Рис. 11.14. Действие сил

Определение конструктивных параметров привода и захватного устройства в целом

Рассчитаем усилие, которое должен развивать силовой привод для надежного закрепления детали, согласно схемы изображенной на рис. 11.15.

Вычислим требуемое усилие по формуле:

$$Q = \frac{n * N * \cos 30^\circ * A}{B}$$

где n – число пар губок в захватном устройстве n=2;

N – наибольшая нормальная сила необходимая для удержания заготовки $N=N_1=25,5H$;

A и B – плечи захватного механизма $A=95$ мм, $B=20$ мм.

$$Q = \frac{2 * 25,5 * \cos 30^\circ * 95}{20} = 209,8H$$

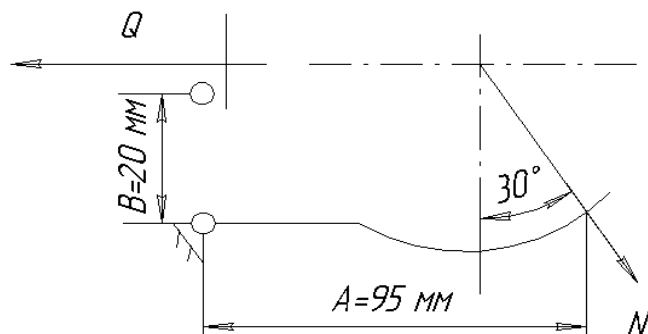


Рис. 11.15. Кинематическая схема зажимного устройства

В качестве привода принимаем пневмоцилиндр одностороннего действия с рабочим давлением $p=0,4$ МПа.

Диаметр поршня цилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{p_a * \pi}}$$

где p_a - давление сжатого воздуха, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 209,8}{0,4 * \pi}} = 25,8 \text{ мм.}$$

Тогда:

Принимаем стандартное значение (с запасом): $D=35$ мм.

Компоуем захватное устройство и пневмоцилиндр, конструктивно определяем ход поршня и другие параметры.

Диаметр штока принимаем конструктивно $D=15$ мм.

Чертеж захватного устройства представлен на листе А1.

8. Компонование средств автоматизации загрузки и транспортной системы совместно с используемым токарным оборудованием

На основании предыдущих расчетов подготавливаем общий вид РТК. Для этого определяем взаимно-координатное расположение средств автоматизации загрузки в робототехническом комплексе.

Разрабатываются схемы компоновки в 2-х видах (сверху и сбоку), где показывается траектория движения захватного устройства относительно исходного положения. В исходном положении показываются опорные точки станка, промышленного робота, транспортера-накопителя и захватного устройства. Так как применяется один и тот же РТК, то разрабатываем одну схему, например для детали «хвостовик» (766.36.70.15).

На схеме принимаем следующие обозначения:

- Ост – ноль станка;
- Опр – ноль промышленного робота;
- Озу – ноль захватного устройства.
- Отр – ноль транспортера-накопителя;

Чертеж схемы движения захватного устройства представлена на листе А2.

9. Разработка циклограммы работы оборудования, входящего в РТК

Разрабатываем циклограмму последовательности выполнения перемещений захватным устройством в процессе загрузки, разгрузки и транспортирования деталей в аналитическом виде.

Для этого задаем начальное положение механизмов:
деталь обработана, но не снята.

Для описания формулы циклограммы принимаем следующие обозначения интервалов затрат времени на выполнение движения узлами РТК:

tx_1 - поворот руки промышленного робота ПР с захватным устройством ЗУ на угол θ_1 вниз

tx_2 - выдвижение руки с ЗУ вперед;

tx_3 - захват детали ЗУ;

t_1 - разжим кулачков патрона;

t_2 - отвод заднего центра;

tx_4 - ПР перемещается вправо (вынимается деталь из патрона);

tx_5 - рука ПР с ЗУ поднимается на угол θ_1 вверх;

tx_6 - поворот руки ПР с ЗУ в горизонтальной плоскости на угол 90° вправо;

tx_7 - рука ПР с ЗУ опускается на угол θ_2 вниз;

tx_8 - разжим ЗУ;

tx_9 - отвод руки с ЗУ назад;

t_3 - подвод тележки транспортера-накопителя с заготовкой и отвод тележки транспортера накопителя с обработанной деталью;

Деталь не обработана.

tx_{10} - выдвижение руки с ЗУ вперед;

tx_{11} - захват заготовки ЗУ;

tx_{12} - рука ПР с ЗУ поднимается на угол θ_2 вверх;

tx_{13} - поворот руки ПР с ЗУ в горизонтальной плоскости на угол 90° влево;

tx_{14} - рука ПР с ЗУ опускается на угол θ_1 вниз;

tx_{15} - ПР перемещается влево (вставляется деталь в патрон);

t_4 - зажим кулачков патрона;

- t_5 - подвод заднего центра;
 tx_{16} - разжим ЗУ;
 tx_{17} - отвод руки с ЗУ назад;
 tx_{18} - рука ПР с ЗУ поднимается на угол θ_1 вверх;
 $\sum tp_1$ - обработка заготовки в положении установка 1;
 tx_{19} - рука ПР с ЗУ опускается на угол θ_1 вниз;
 tx_{20} - выдвижение руки с ЗУ вперед;
 tx_{21} - захват обработанной детали;
 t_6 - разжим кулачков патрона;
 t_7 - отвод заднего центра;
 tx_{22} - ПР перемещается вправо (вынимается полудеталь из патрона);
 tx_{23} - ЗУ поворачивается вокруг своей оси на угол 180° ;
 tx_{24} - ПР перемещается влево (вставляется деталь в патрон);
 t_8 - зажим кулачков патрона;
 t_9 - подвод заднего центра;
 tx_{25} - разжим ЗУ;
 tx_{26} - отвод руки с ЗУ назад;
 tx_{27} - рука ПР с ЗУ поднимается на угол θ_1 вверх;
 $\sum tp_2$ - обработка заготовки в положении установка 2.

Формула циклограммы в аналитическом виде:

Фц=

$$\begin{aligned}
 & tx_1 \otimes tx_2 \otimes tx_3 (t_1 \oplus t_2) \otimes tx_4 \otimes tx_5 \otimes tx_6 \otimes tx_7 \otimes tx_8 \otimes tx_8 \otimes tx_9 \otimes t_3 \otimes tx_{10} \otimes tx_{11} \otimes tx_{12} \\
 & \otimes tx_{13} \otimes tx_{14} \otimes tx_{15} \otimes (t_4 \otimes t_5) \otimes tx_{16} \otimes tx_{17} \otimes tx_{18} \otimes \sum tp_1 \otimes tx_{19} \otimes tx_{20} \otimes tx_{21} \otimes (t_6 \oplus t_7) \\
 & \otimes tx_{22} \otimes tx_{23} \otimes tx_{24} \otimes (t_8 \oplus t_9) \otimes tx_{25} \otimes tx_{26} \otimes tx_{27} \otimes \sum tp_2
 \end{aligned}$$

Заключение

В данной курсовой работе было выполнено следующее:
 подобраны элементы РТК для обработки трех деталей типа вал в условиях средне серийного производства;
 спроектировано захватное устройство;
 разработаны наладки захватного устройства при установке деталей на станке с ЧПУ и на транспорте-накопителе;
 разработаны чертежи общего вида РТК и составлена циклограмма обработки деталей.

Список использованной литературы

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416 с.: ил.
2. Материалы с сайта <http://chemworld.narod.ru>
3. ГОСТ 25686-85 Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения.
4. Силовой расчет, уравнивание, проектирование механизмов и механика манипуляторов: Учебное пособие для студентов смешанной формы обучения / И.Н.Чернышева, А.К.Мусатов, Н.А.Глухов и др.; Под ред. А.К.Мусатова. - М.: Изд-во МГТУ, 1990. - 80с., ил.
5. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3-х кн. / под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. - М.: Высш.шк., 1988.
6. Р.Пол "Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота - манипулятора" - М.: Наука, 1976.
7. Динамика машин и управление машинами.// Под ред. Г.В.Крейнина. М.: Машиностроение, 1988.
8. Коловский М.З., Слоущ А.В. Основы динамики промышленных роботов. М.: Наука, 1988.
9. Кочетков А.В., Челпанов И.Б., Бржозовский Б.М. Динамика промышленных роботов. Саратов: СГТУ, 1999.
10. Пеньков В.Б. Механика манипуляционных систем. Тула: изд. ТПИ, 1990.
11. Петров Б.А. Манипуляторы. М.: Машиностроение, 1984.
12. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы. М.: Наука, 1989.
13. Подураев. Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: Учеб. пособие- М.: Машиностроение., 2006.- 256 с.
14. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для машиностроит. Спец. Вузов.-4-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш шк., 1985.-416.
15. Попов Е.П., Письменный Г.В. Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. для вузов по спец. "Робототехнические системы и комплексы" – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с., ил.
16. Фу К., Гансалес Ф., Лик К. Робототехника: Перевод с англ. – М. Мир; 1989. – 624., ил.
17. Бабич А.В., Баранов А.Г., Калабин И.В. и др. Промышленная робототехника: Под редакцией Шифрина Я.А. – М.: Машиностроение, 1982 – 415 с., ил.
18. Р. Асфаль. Роботы и автоматизация производства. Перевод с английского М.Ю. Евстегнеева, Б.И. Копылова, канд. техн. наук А.С. Чубукова. Москва. «Машиностроение». 1989.
19. Шурков В.Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.

20. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. Пособие для вузов/Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1989. - 192 с.
21. Волкович Л.И. и др. Комплексная автоматизация производства.- М.: Машиностроение, 1983, - 2269 с., ил.
22. Гибкое автоматизированное производство. /В.Д.Азбель и др.- Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1983, - 376 с.
23. Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для машиностр. специальности, М.: Машиностроение, 1990.
24. Роботизированные технологические комплексы/ Г.И. Костюк, О.О. Баранов, И.Г. Левченко, В.А. Фадеев – Учеб. Пособие. – Харьков. Нац. аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. – 214с.
25. Н.П. Меткин, М.С. Лапин, С.А. Клейменов, В.М.Критский. Гибкие производственные системы. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 309с.
26. Гибкие производственные комплексы /под.ред. П.Н.Белянина. – М.: Машиностроение, 1984. – 384с.
27. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами /под.ред. Н.М.Макарова, – М.: Радио и связь, 1981, ч.3 – 156с.
28. Широков А.Г. Склады в ГПС. – М.: Машиностроение, 1988. – 216с.
29. Автоматизированная подготовка программ для станков с ЧПУ, (Справочник)/ Р.Э. Сафраган, Г.Б. Евгеньев, А.Л. Дерябин и др.; Под общей ред. Р.Э. Сафрагана. – К.: Техника, 1986. – 191 с.
30. Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. Программирование обработки на станках с ЧПУ. Справочник, – Л.: Машиностроение, 1990. – 592 с.
31. Роботизированные технологические комплексы/ Г.И. Костюк, О.О. Баранов, И.Г. Левченко, В.А. Фадеев – Учеб. Пособие. – Харьков. Нац. аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. – 214 с.
32. Н.П. Меткин, М.С. Лапин, С.А. Клейменов, В.М. Критский. Гибкие производственные системы. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 309с.
33. Гибкие производственные комплексы / под. ред. П.Н. Белянина. - М.: Машиностроение, 1984. - 384с.
34. Гибкое автоматическое производство / под. ред. С.А. Майорова. - М.: Машиностроение, 1985. - 456с.
35. Иванов А.А. ГПС в приборостроении. - М.: Машиностроение, 1988. - 282с.
36. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами / под. ред. Н.М. Макарова, - М.: Радио и связь, 1981, ч.3 - 156с.
37. Широков А.Г. Склады в ГПС. - М.: Машиностроение, 1988. - 216с.
38. М.М. Болотин, Л.Л. Осинский. Автоматизация производственных процессов при изготовлении и ремонте вагонов: Учебник для ВУЗов ж.-д. Тр. – М.: Транспорт, 1989. – 206 с.

39. А.М. Ножевников. Поточно-конвейерные линии ремонта вагонов. – М.: - Транспорт, 1980. – 136 с.
40. А.В. Охотников, В.В. Шаповалов. Применение робототехники для автоматизации производственных процессов (Справочный материал в 3-х частях). – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1984.
41. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. Под общей ред. А.А. Панова. М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
42. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. М.: Машиностроение, 1988. - 392 с.
43. Промышленные роботы в машиностроении. Альбом схем и чертежей. Под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1987. - 140 с.
44. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 .
45. Косилова А.Г. и др. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. – М. Машиностроение, 1985 – 656 с.
46. Михайлов А.В. План изготовления детали: Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов. – Тольятти: ТолПИ, 1994. – 22с.
47. Автоматизированные комплексы механической обработки валов с использованием промышленных роботов./Методические рекомендации НПО ЭНИМС. – М.: НИИНМАШ, 1983. 64 с.
48. Михайлов А.В. Базирование и технологические базы: Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов. – Тольятти: ТолПИ, 1994. – 30с.
49. Локтев С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. 320 с.
50. Средства автоматизации загрузки и разгрузки деталей робототехнического комплекса для токарной обработки: Метод. указания/ Сост. Царев А.М. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
51. Проектирование и разработка промышленных роботов/ С.С. Аншин, А.В. Бабич, А.Г. Баранов и др.; Под общ. ред. Я.А. Шифрина, П.Н. Беянина. – М.: Машиностроение, 1989. – 272с.: ил.
52. Горбацевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Высш. Школа, 1975, 288с.
53. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с. ил.

Баубеков С.Д.

МЕХАНИКА РОБОТОВ И МАНИПУЛЯТОРОВ

Теория и практика

Учебник

Для технических специальностей ВУЗов

Редактор

Техн.редактор

Корректор

Художественный редактор

Бейсенбекова А.

Нурбаева А.

Шаханова А.

Бакыткызы Инжу

Подписано в печать 04.04.2014 г. Формат бумаги 60х90/16. Офсетная бумага.
Усл.печ.лист 11,87. Тираж 1000 экз. Заказ №125. Цена договорная.

Отпечатано в типографии ТОО «Тисс-Жанару»,
080000, г.Тараз, ул.Казыбек би.138