

ГЛАВА 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ РОБОТОТЕХНИКИ.

7.1. Постановка задачи проектирования средств робототехники.

Проектирование технических систем – это процесс создания нового изделия в виде его проекта. Проект – это совокупность технических документов, по которым изделие может изготавливаться и эксплуатироваться. Процесс проектирования стандартизирован и состоит из следующих этапов: разработка технического задания, предварительное проектирование (разработка технического предложения), эскизный проект и технический проект (разработка полного комплекта технической документации на изделие). Первые два этапа – это НИР, остальные – ОКР. Процесс проектирования изделия не заканчивается техническим проектом, а продолжается в течении всего времени его производства и эксплуатации. В течении этого времени изделие окончательно «доводится», повышается его технический уровень путем корректировки технической документации.

Порядок и методы проектирования средств робототехники регламентируются комплексом нормативно-технических документов, которые включают ГОСТы (по классификации, терминологии и обозначениям, основным параметрам, ряду грузоподъемности) и методические указания (по техническим требованиям, методам испытаний и правилам приемки, по оценке экономической эффективности). Аналогичные документы имеются и по основным компонентам роботов – устройствам управления, приводам, захватным устройствам, а также по околороботной оснастке. При разработке технических требований к роботам и последующем анализе путей их реализации необходимо исследовать взаимодействие робота с другим работающим совместно технологическим оборудованием и объектами манипулирования с целью выявления возможностей за счет достаточно несущественных их изменений заметно облегчить требования к роботу и тем самым получить общую технико-экономическую выгоду для всей системы совместно работающих машин. Наибольший технико-экономический эффект при этом может быть достигнут, когда все это оборудование проектируется одновременно с роботом. Чаще всего это имеет место при проектировании роботов, выполняющих основные технологические операции.

Одновременно с той же целью необходимо исследовать возможности создания так называемой околороботной оснастки и других средств упорядочения и упрощения внешней среды робота. В качестве иллюстрации на рис.7.1 приведена качественная зависимость стоимости собственно робота и стоимости его вместе с такими средствами в функции от степени упорядоченья внешней среды. Как следует из этих графиков, существует некоторая оптимальная для каждой конкретной задачи степень упорядоченья внешней среды, при которой достигается минимальная суммарная стоимость робота и околороботной оснастки (устройства подачи и позиционирования объектов манипулирования, их маркировка и т.п.).

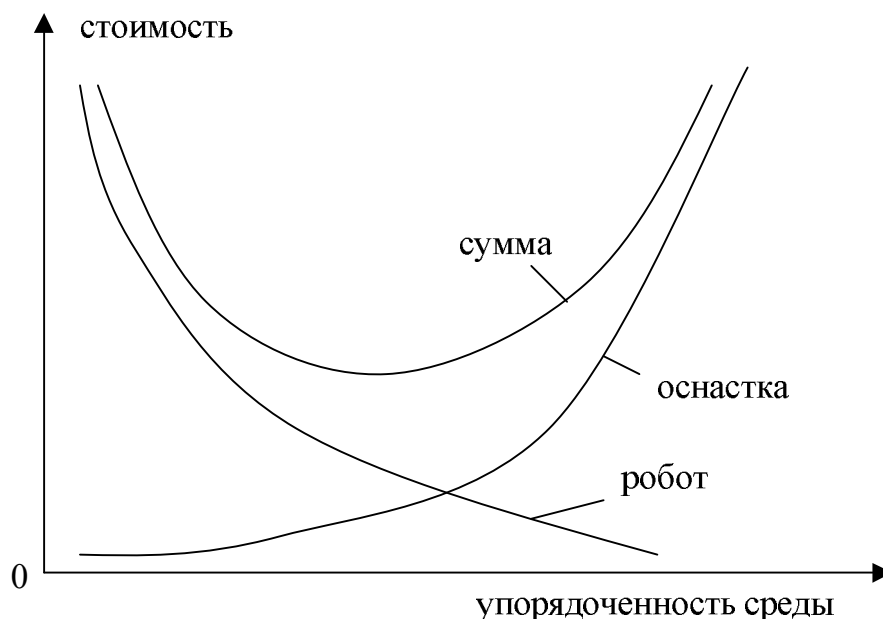


Рис.7.1. Стоимость робота и околороботной оснастки.

Только после такого рассмотрения взаимодействия робота с внешней средой и оптимизации технических требований к роботу и объектам этой среды следует переходить к проектированию собственно робота. Основным принцип здесь, как и при проектировании других технических систем, в применении принципа декомпозиции, т.е. в распараллеливании всей задачи на несколько более простых подзадач. Робот, как и другие средства робототехники, состоит из двух основных функциональных частей – исполнительных систем (манипуляторы и устройства передвижения) и устройства управления ими с сенсорикой. Последнее в свою очередь распадается на аппаратную и программную части. В соответствии с этим на первом этапе проектирования после составления функциональной схемы робота должно быть проведено его разбиение на три указанные части – механическую систему, аппаратуру управления и программное обеспечение, проектирование которых требует специалистов разного профиля. В основе решения этой задачи лежит разделение функций робота и технических требований к нему между этими тремя его взаимосвязанными частями. Эта задача неоднозначна и наиболее ответственна, поскольку ее решение в значительной степени предопределяет результат всей дальнейшей работы по созданию робота.

При распределении функций робота между названными тремя его частями прежде всего выделяют функции, которые полностью или в основном определяются одной из этих частей и соответственно приписываются им. (Например, грузоподъемность и геометрия рабочей зоны определяются механической системой, параметры энергопитания и диапазон температуры внешней среды существенны в основном для аппаратуры управления, язык программирования имеет значение только для программного обеспечения.)

Остальные функции необходимо оптимально распределить между частями робота на основании определенных критериев. При этом следует учитывать еще наличие взаимовлияний между некоторыми из этих функций, что дополнительно усложняет задачу и может привести к тому, что локальное улучшение характеристик одной из частей робота ухудшит эффективность робота в целом. Например, известная взаимосвязь точности и быстродействия не позволяет независимо распределять требования к каждому из этих параметров между частями робота.

7.2. Особенности проектирования роботов.

Основная особенность и сложность в проектировании роботов – это ограниченные возможности декомпозиции на автономно проектируемые части вследствие их взаимосвязанности при определении ряда основных характеристик робота и необходимости при этом системного подхода к роботу как к единому целому. Выше уже говорилось о таком системном подходе в связи с необходимостью рассмотрения робота совместно с объектами внешней среды.

При проектировании первых роботов сперва создавались их исполнительные устройства, а затем для них как заданных объектов управления проектировались устройства управления. Однако в дальнейшем по мере совершенствования роботов и стремлении достижения предельно высоких их параметров исполнительные устройства и устройства управления стали проектироваться совместно как единая система на основе общих критериев. Это позволяет обеспечить оптимальное распределение технических требований к роботу между этими его частями. Характерный пример – это задача минимизации массы манипуляторов. Большие возможности здесь дает переход от традиционного расчета механической части на жесткость с ограничением упругих деформаций звеньев к расчету только на прочность со снятием этих ограничений. Это позволяет примерно втрое уменьшить массу механической системы манипуляторов. Однако возникающая при этом гибкость конструкции и вызванная ею колебательность существенно осложняют задачу управления движением таких манипуляторов и соответственно технические требования к устройству управления.

Следствием такого системного подхода к проектированию роботов являются следующие принципы их создания:

1. Децентрализация управления вплоть до конструктивного встраивания устройств управления отдельными частями механической системы в эти части. Это позволяет удешевить всю систему в целом, повысить ее надежность и быстродействие за счет сокращения связей, распараллеливания и иерархического построения информационных процессов и процессов управления. Для таких систем разработаны различные варианты структур с сильными и со слабыми связями

- (распределенные системы), а также методы их проектирования.
2. Необходимость обеспечения значительно большей надежности управления, чем обычно считается приемлемым для других подобных типов объектов. Это вызвано тем, что в этих системах отказ управления, как правило, ведет к аварии всей системы.
 3. Широкое применение компьютерного моделирования без чего такие сложные системы, как правило, не могут быть созданы на современном научно-техническом уровне.

7.3. Методы проектирования средств робототехники.

В основе всех методов проектирования техники лежит унификация. Проектирование нового изделия – это всегда противоречивая задача для разработчика: с одной стороны существует естественное стремление использовать все последние достижения науки и техники в данной области, с другой – этому препятствуют ограничения по срокам, стоимости, материальным ресурсам и др., оговоренные обычно в технических требованиях к создаваемому изделию. Выход здесь один – это компромисс в виде оптимальной преемственности с ранее созданными подобными изделиями и их компонентами. Основным средством для этого и является, как известно, унификация и стандартизация. Иногда в техническом задании прямо оговаривается степень (процент) унификации. Как будет показано, проблема унификации для робототехники имеет особенно большое значение.

Сфера применения робототехники быстро расширяется, постепенно охватывая все новые области человеческой деятельности. Соответственно быстро растет номенклатура роботов. Уже сегодня количество требуемых типов роботов только общепромышленного применения измеряются сотнями. В связи с этим одной из важнейших задач робототехники являются комплексная унификация и стандартизация роботов и их компонентов.

По определению международной организации по стандартизации, *стандартизация* — это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области. Сюда, в частности, входит установление единиц величин, терминов и обозначений, требований к продукции, технологическим процессам, технике безопасности. К нормативно-техническим документам (НТД) по стандартизации относятся стандарты, методические указания, технические условия и т. п.

Унификация — это наиболее эффективный метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении числа объектов одинакового функционального назначения с целью повысить производительность труда и экономичность производства и эксплуатации, улучшить качество и обеспечить взаимозаменяемость.

В робототехнике унификация развивается по трем уровням: для

компонентов роботов, для собственно роботов и для роботизированных технологических комплексов. Хорошо отработанные и серийно выпускаемые унифицированные компоненты – по существу единственно возможная основа развития робототехники в условиях упомянутого выше быстрого роста номенклатуры роботов с учетом необходимости при этом оперативного создания, освоения производства и эксплуатации новых типов роботов и их модификаций.

Создание унифицированных функциональных компонентов роботов явилось первым этапом унификации в области робототехники. Ее следующим этапом стала унификация конструкции этих компонентов и программного обеспечения на основе *модульного принципа построения* [15]. Сущность этого принципа заключается в построении механических, аппаратных и программных частей робота из более мелких унифицированных частей — модулей, которые позволяют осуществлять различные компоновки из некоторого их набора. Система таких модулей строится по иерархическому принципу, когда более сложные модули состоят из более мелких модулей. Например, привод выполненный в виде модуля, является готовой конструктивной частью для сборки манипуляторов и устройств передвижения, приспособленной для соединения с модулями другого функционального назначения. При этом в свою очередь он состоит из ряда модулей, которые позволяют собирать различные модификации этого типа привода.

Модульный принцип построения роботов позволяет наиболее легко создавать их модификации и совершенно новые типы на базе одних и тех же конструктивных частей. При этом возникает возможность в каждом конкретном случае наиболее оптимально выбирать степень кинематической, аппаратной и программной избыточности, стоимость и распределение функции между роботом и работающим вместе с ним технологическим оборудованием (вплоть до конструктивного объединения отдельных модулей робота с этим оборудованием).

В связи с рассматриваемым модульным построением роботов возникает вопрос: существует ли какая-нибудь альтернатива этому принципу на сегодня или в перспективе? Таким принципом может представляться идея создания универсальных оцувствленных роботов. Собственно говоря, именно эта идея наиболее соответствует исходной идее робота как универсального заменителя человека. Техническая база для создания систем управления таких роботов уже имеется – это микропроцессоры, которые сами по себе представляют яркий пример реализации идеи универсального программно перестраиваемого устройства широкого применения. Однако в отличие от микроэлектроники в робототехнике в целом этот путь, по крайней мере сегодня, экономически невыгоден, поскольку стоимость роботов резко возрастает при увеличении их функциональных возможностей и грузоподъемности. Вместе с тем сейчас отчетливо прослеживается концепция перехода ко все более функционально сложным роботам с техническим зрением и интеллектуальным управлением. Саму идею модульного построения таких роботов можно трактовать как

экономически наиболее оптимальный путь создания функциональной избыточности, но не в отдельном роботе, а в рамках всего арсенала унифицированных частей – модулей. Таким образом, модульный принцип построения роботов можно рассматривать не как альтернативу сверхуниверсальным роботам, а, наоборот, как форму реализации этой идеи, но применительно не к отдельному роботу, а ко всему их множеству.

В целом модульный подход к построению роботов дает следующие преимущества:

- резко сокращаются (до нескольких месяцев) сроки создания, освоения производства и внедрения новых марок роботов, поскольку они собираются из хорошо отработанных серийных компонентов;
- возрастает технический уровень роботов, их надежность и снижается стоимость; последнее связано не только с удешевлением компонентов роботов при их серийном производстве, но и с уменьшением избыточности в конструкции и параметрах роботов благодаря тому, что появляется возможность для каждого конкретного варианта применения компоновать роботы из минимально необходимого числа простейших модулей;
- снижаются расходы на создание, производство, внедрение и эксплуатацию роботов, существенно упрощается их обслуживание; упрощается также задача модернизации технологических комплексов путем докомплектования входящих в них роботов новыми модулями и применения отдельных модулей в качестве самостоятельных технологических приспособлений (механические руки, кантователи, межоперационные транспортные устройства и т.д.);
- производство роботов сводится главным образом к их сборке из стандартных частей, что может быть организовано практически на любом машиностроительном производстве.

Особо большое значение для повышения технического уровня и эффективности применения роботов в технологических комплексах имеют модульные устройства управления. С их помощью удастся решать проблемы управления не только самими роботами, но и такими комплексами (участками, цехами) в целом. Это позволяет резко ускорить, упростить и удешевить создание и внедрение роботов в составе технологических комплексов, что в сущности и являются конечной целью применения роботов в промышленности. Впервые идея модульного построения роботов была сформулирована, обоснована и реализована в ЦНИИ РТК в 1980/82 годах. Здесь была создана первая система модулей для построения механической части роботов, их устройств управления и программного обеспечения [2]. На рис.7.2 и 7.3 показаны модули-приводы из этой системы, а на рис.7.4 – пример робота, собранного из этих модулей. Особенно большая эффективность применения этих модулей была продемонстрирована при срочном создании для обеспечения работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС

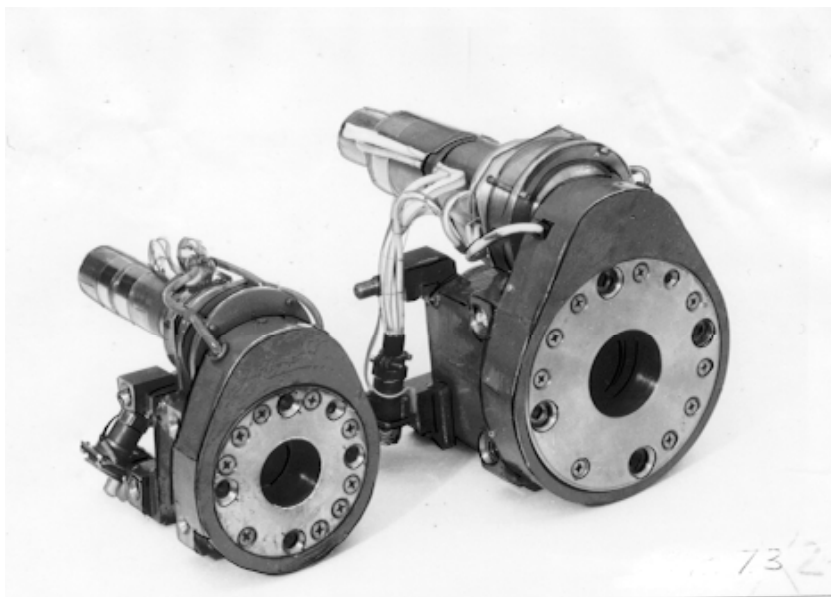


Рис.7.2. Электромеханические вращательные модули-приводы типа ПРЭМ.

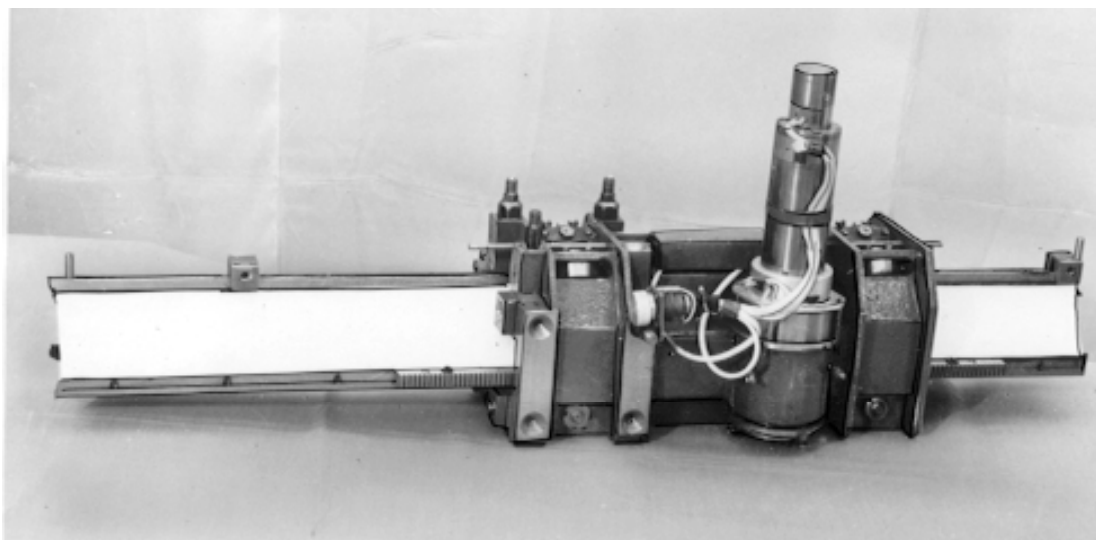


Рис.7.3. Электромеханический поступательный модуль-привод типа ПРЭМ.

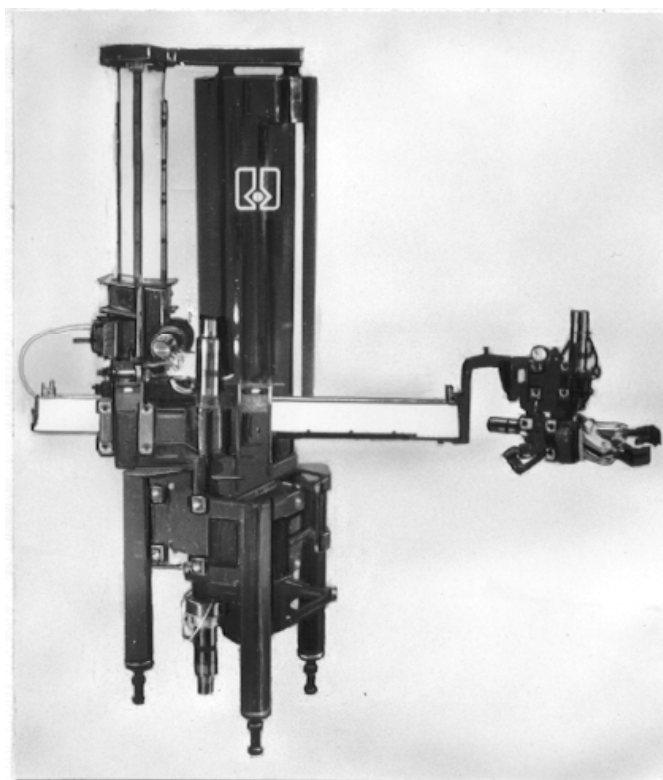


Рис.7.4. Модульный электромеханический промышленный робот ПРЭМ-5.

в 1986 году. За 2-3 месяца было разработано и поставлено на станцию более 15 различного назначения роботов, собранных из ранее отработанных унифицированных модулей. С их помощью было обследовано более 10 000 и очищено около 5000 кв.метров территории станции [2].

Сегодня модульный принцип построения роботов успешно используется всеми ведущими фирмами, производящими роботы, в том числе «Юнимейшен» и «Праб» (США), «Мицубиси» и «Фанук» (Япония), «Фольксваген» и «Бош» (Германия), «Сиаки» (Франция), «Оливетти» (Италия), «АСЕА» и «Электрлюкс» (Швеция).

Модульный принцип построения техники нашел применение и в ряде других отраслей промышленности – в судостроении, строительстве, приборостроении. Наряду с этим принципом существуют и другие принципы построения техники, тоже основанные на идее унификации – это принцип базового изделия и агрегатного построения. Первый принцип заключается в создании гаммы (семейства) изделий, повторяющих конструкцию первоначально обработанного базового изделия, но в других габаритах и грузоподъемностях. Принцип агрегатного построения заключается в создании различного назначения и компоновок изделий из унифицированных сборочных функциональных единиц – агрегатов. (Агрегатные станки, агрегатные системы в приборостроении и вычислительной технике.) Эти оба принципа построения технических систем нашли применение и в робототехнике и могут рассматриваться как частные случаи модульного принципа.