Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

(ВлГУ)

Кафедра “Автотранспортная и техносферная безопасность”

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ по дисциплине «Автоматизация производственных процессов»

Составитель:

П.С. Сабуров

Владимир 2014

УДК 621:658.52.011056

ББК 34.4я7÷ 32.965

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры «Мехатроника и электронные системы автомобилей» Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

(ВлГУ)

Веселов О.В.

Конспект лекций по дисциплине «Автоматизация производственных процессов»/ Сост. П.С. Сабуров., Владим. гос. ун-т., Владимир, 2014. – с. 131.

Подготовлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Автоматизация производственных процессов», содержит материал для подготовки к экзамену.

Предназначены для инженерно−технических специальностей Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Ил. 62. Библиогр. 5 назв.

УДК 621:658.52.011056

ББК 34.4я7÷ 32.965

© Владимирский государственный университет

имени А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ)

**Аннотация**

Данное учебное пособие предназначено для студентов III курса, обучающихся по дисциплине “Автоматизация производственных процессов”, может быть применено в качестве лекционного курса и для самостоятельной работы. В пособии изложены основные понятия и определения автоматизации производственных процессов, тенденции развития производства, экономические особенности автоматизации, различные устройства автоматизации и др.

**1 ВВЕДЕНИЕ. РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Данная научная дисциплина возникла в нашем государстве в двадцатых годах прошлого века в связи с быстрым ростом отечественного машиностроения [1]. Ее развитию способствовал широкий круг советских ученых и инженеров и новаторов производства. Возникновение ее базировалось на трудах П.Л. Чебышева, И.А. Тиме и других ученых, а также в советское время ученых - технологов: Соколовского, Кована, Маталина, Балакшина, Новикова. Дальнейшее формирование и развитие этого предмета отражено в трудах И.И. Артоболевского, В.И.Дикушина, А.П. Владзиевского, Л.Н. Кошкина, Г.А. Шаумяна и других отечественных ученых.

Автоматизация производственных процессов - одно из направлений развития народного хозяйства. Это связано с тем, что автоматизация производства открывает неограниченные возможности для производительности общественного труда. Кроме повышения производительности труда она облегчает и коренным образом меняет характер труда, делает его творческим, стирает разницу между умственным и физическим трудом.

Механизация и автоматизация позволяет повысить качество продукции и безопасность и коэффициент использования оборудования, а в некоторых случаях интенсифицировать режим работы оборудования.

Проблема автоматизации производства выдвигает также социально-экономические вопросы. В современном обществе автоматизация производства это средство получения максимальной прибыли и орудие борьбы с конкурентами. Эти и ряд других положительных факторов заставляют обращать серьезное внимание на механизацию и автоматизацию.

Реальный экономический эффект, получаемый в результате механизации и автоматизации, во многом зависит от того, в каких конкретных условиях и для решения каких производственных задач используются средства и методы механизации и автоматизации. На механизацию и, особенно, автоматизацию машиностроительного производства необходимы значительные капитальные затраты. Если объект автоматизации выбран удачно, эти затраты окупаются быстро. В короткие сроки достигается высокая экономическая эффективность, а если идти по пути «сплошной» автоматизации, то вместо экономии можно получить убытки. Поэтому каждый специалист-машиностроитель должен иметь четкое представление о технических возможностях средств механизации и автоматизации и уметь правильно их выбирать в каждом конкретном случае с наибольшей эффективностью.

**1.1 Основные понятия и определения: механизация, автоматизация, единичная и комплексная механизация и автоматизация. Стадии автоматизации**

***Механизацией*** называется направление развития производства, при котором физический труд рабочего, связанный с выполнением производственного процесса или его составных частей, передается машине. Примерами механизации являются: использование патронов с пневматическим и гидравлическим приводом, вместо обычного винтового перемещения кулачков вручную с помощью ключа; перемещение пинолей задних бабок токарных станков, быстрый подвод суппорта или стола станка с помощью электро-, пневмо- или гидросуппортов. Механизация облегчает труд рабочего. При этом действия, направленные главным образом на управление производственным процессом, остаются за рабочим. Они включаются в цикл работы машины. Механизация может быть либо частичной, либо полной или, как ее называют, комплексной.

***Частичная механизация*** - это механизация части движений, необходимых для осуществления производственного процесса: либо главного движения, либо вспомогательных и установочных движений, либо движений, связанных с перемещением изделий с одной позиции на другую.

***Полная или комплексная механизация*** - механизация всех основных, вспомогательных, установочных и транспортных движений, которые выполняются по ходу производственного процесса. При комплексной механизации обслуживающий персонал осуществляет только оперативное управление производственным процессом, включение и выключение в нужные моменты требуемых механизмов и управление режимом и характером их работы.

Дальнейшее развитие механизации приводит к автоматизации производства. Т.е. автоматизация- это такое направление развития производства, при котором человек освобождается не только от тяжелого физического труда, но и от оперативного управления механизмами или машинами.

Различается частичная и комплексная автоматизация. Понятие ***«частичная автоматизация»*** связывается с осуществлением автоматизации только одного структурного компонента из числа всех систем. Например, автоматизация отдельных элементов общего цикла работы станков. Примеры этого вида автоматизации: оснащение станков загрузочными устройствами, автоматизация подвода и отвода суппорта, стола, хранение, а также уборка стружки и т.д., т.е. оснащение устройствами, частично автоматизирующими управление и обслуживание станков. Если же говорить в целом о технологическом процессе, то например, автоматизирована одна из десяти операций. Комплексная автоматизация характеризуется переводом обработки деталей, например, со станков общего назначения на автоматические линии, пролеты, цехи, а также автоматические заводы. Для этого направления характерна непрерывность обработки, причем автоматизируются обработка деталей, их контроль, транспортирование, учет, хранение, а также уборка стружки и т. д.

Примером комплексно-автоматизированного производства может служить производство подшипников качения, где изготовление подшипников, начиная от заготовки и заканчивая контролем и упаковкой, выполняется комплексом автоматизированного оборудования.

При ***комплексной автоматизации*** кроме ранее перечисленных преимуществ, свойственных автоматизации вообще, обеспечивается возможность непрерывной работы в едином потоке. Отпадает потребность в промежуточных складах, сокращается длительность цикла производства, упрощается планирование производства и учет производимой продукции. Здесь наиболее полно и эффективно сочетаются два принципа - автоматизация и непрерывность производственного процесса. Комплексная автоматизация производства - радикальное и решающее средство повышение производительности труда и качества продукции, снижение ее себестоимости.

Степень автоматизации производственных процессов может быть различной. Различают *три стадии автоматизации*.

На первой стадии автоматизации рабочий полностью освобождается от физического труда (во время работы машины), включая труд по управлению производственным процессом. Он осуществляет первоначальную наладку машины, наблюдает за машиной и устраняет отклонения от нормальной ее работы. Первая стадия автоматизации обеспечивается разомкнутой системой автоматического управления (не имеющей обратных связей). Примером может служить: токарно-револьверные автоматы, токарные многошпиндельные автоматы, и другие станки и машины с кулачковыми механизмами. Кулачок в этом случае обеспечивает определенную последовательность, направление, величину и скорость перемещения исполнительных органов.

Во второй стадии автоматизации используются замкнутые автоматические системы управления с обратными связями, которые не только обеспечивают выполнение заданной программы, но и автоматически, без вмешательства рабочего регулируют и поддерживают нормальные условия работы машины. Труд рабочего в этом случае сводится в основном к первоначальной наладке машины. Взять, к примеру, токарную обработку длинных валов. При токарной обработке износ резца приводит к увеличению диаметра обработки, и если прибором активного контроля измерять диаметр обработки и по результатам этих измерений автоматически вводить поправку в настройку станка (перемещать резец в нужном направлении), то будем иметь САР, которая поддерживает нормальные условия работы.

Отличительной чертой третьей стадии автоматизации является способность системы управления выполнять логические операции для выбора оптимальных условий работы машины. Помимо устройств с обратными связями такие системы управления имеют устройства для решения логических задач (счетно-решающие машины), позволяющие выполнять работу при оптимальных условиях с учетом переменности внешних и внутренних режимов работы машины. Такие машины являются самоуправляющими. Например, станки с подключенной к ней ЭВМ, оптимизирующие обработку по признаку минимальной шероховатости, или же обеспечивающие максимальный съем металла.

**1.2 Понятия и определения: автомат, полуавтомат, ГПС, автоматическая линия**

***Автоматом*** называют рабочую машину (систему машин), при осуществлении технологического процесса на которой, все элементы рабочего цикла (рабочие и холостые ходы) выполняются автоматически. Повторение цикла осуществляется без участия человека. В простейших автоматах человек осуществляет наладку автомата и контролирует его работу. В более совершенных системах автоматически контролируется количество и качество изделия, регулируется и меняется инструмент, подаются исходные заготовки и материал, убирается стружка и др.

***Полуавтоматом*** называют рабочую машину, цикл работы которой в конце выполняемой операции автоматически прерывается. Для возобновления цикла (пуск полуавтомата) необходимо вмешательство человека, который устанавливает и снимает заготовки, пускает станок и контролирует его работу, меняет и регулирует инструмент.

Термины и определения видов гибких производственных систем устанавливает ГОСТ 26228-84.

***Гибкая производственная система (ГПС)*** - совокупность или отдельная единица технологического оборудования и систем обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах их характеристик.

ГПС по организационной структуре подразделяются на следующие уровни:

* гибкий производственный модуль - первый уровень;
* гибкая автоматизированная линия и гибкий автоматизированный участок - второй уровень;
* гибкий автоматизированный цех - третий уровень;
* гибкий автоматизированный завод - четвертый уровень;

По ступеням автоматизации ГПС подразделяются на следующие ступени:

* гибкий производственный комплекс - первая ступень;
* гибкое автоматизированное производство - вторая ступень.

Если не требуется указания уровня организационной структуры производства или ступеней автоматизации, то применяют обобщающий термин «гибкая производственная система».

***Гибкий производственный модуль (ГПМ)*** - это гибкая производственная система, состоящая из единицы технологического оборудования, оснащенная автоматизированным устройством программного управления и средствами автоматизации технологического процесса; автономно функционирующая, осуществляющая многократные циклы и имеющая возможность встраивания в систему более высокого уровня. Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс (РТК) при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня. В общем случае в ГПМ входят накопители, приспособления, спутники (палеты, устройства загрузки и выгрузки, в том числе промышленные роботы (ПР), устройства замены оснастки, удаления отходов, автоматизированного контроля, включая диагностирование, переналадку и т.д.

***Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ)*** - ГПС, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

***Гибкий автоматизированный участок (ГАУ)*** - ГПС, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

***Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ)*** – ГПС, представляющая собой совокупность гибких автоматизированных линий и (или) гибких автоматизированных участков, предназначенная для изготовления изделия заданной номенклатуры.

***Гибкий автоматизированный завод (ГАЗ)*** – ГПС, представляющая собой совокупность гибких автоматизированных цехов, предназначенная для выпуска готовых изделий в соответствии с планом основного производства.

Приведенные определения не охватывают такие термины как: автоматическая линия, автоматический участок, цех, завод. ЭНИМС предлагает следующие определения:

***Линия автоматическая (ЛА)*** – совокупность технологического оборудования, установленного в последовательности техпроцесса обработки, соединенного автоматическим транспортом и оснащенная автоматическими загрузочно-разгрузочными устройствами и общей системой управления или несколькими взаимосвязанными системами управления.

По ступеням автоматизации различают *два вида ГПС*:

***Гибкий производственный комплекс (ГПС)*** – это гибкая производственная система, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления и автоматизированной транспортно-складской системой, автономно функционирующая в течение заданного интервала времени и имеющая возможность встраивания в систему более высокой ступени автоматизации.

***Гибкое автоматизированное производство (ГАП)*** – ГПС, состоящая из одного или нескольких производственных комплексов, объединенных автоматизированной системой управления производством и транспортно-складской автоматизированной системой, и осуществляющая автоматизированный переход на изготовление новых изделий.

**Организационно-технические предпосылки автоматизации**

Основной областью применения ГПС является серийное многономенклатурное производство. Как видно из определений, каждый вид ГПС характеризуется тем, что может функционировать автономно, представляет собой технически законченное целое и имеет свою локальную систему управления, возможность встраивания в систему более высокого уровня. ГПС обладает также свойствами быстрой переналадки на изготовление новых изделий производственной номенклатуры.

Переналаживаемые автоматические линии групповой обработки нескольких заранее известных и аналогичных по конструкции и технологии изготовления деталей в условиях крупносерийного и массового производства не являются ГПС, т.к. на них не предусмотрена переналадка на новые детали.

Переналадка на таких линиях может быть ручной или автоматической. Как правило, переналадка производиться не более 1-3 раз в месяц. Общая годовая производительность такой линии 30-200 тыс. дет в год.

Ранее существовало преобладающее мнение, что автоматизация целесообразна и возможна лишь в массовом производстве, когда выпускается сравнительно большое количество однотипных изделий и работа протекает непрерывным потоком. Это обосновывалось тем, тем большие материальные затраты на сложное автоматическое оборудование и значительная продолжительность подготовки автоматизированного производства оправдываются при большей программе и удлиненных сроках выпуска продукции.

В настоящее время автоматизация в сравнительно больших масштабах применяется в массовом производстве. Условия для ее применения стремятся расширить унификацией, нормализацией и стандартизацией изделий, что приводит к увеличению качества и продолжительности их выпуска. Унификация и нормализация изделий и их элементов - важнейший этап дальнейшего развития автоматизации производства. При нормализации и стандартизации изделий создаются выгодные условия для внутри и межотраслевой специализации предприятий, что служит важной предпосылкой для дальнейшего развития автоматизации.

Для автоматизации процесса массового производства целесообразно более широкое применение комплексного оборудования, сочетающее технологические процессы изготовления деталей со складскими и транспортными операциями.

Автоматизация в серийном производстве крайне необходима, т.к. около 80 % всей продукции в машиностроении выпускается серийно. При автоматизации этого производства целесообразно на основе типизации технологических процессов создавать переналаживаемые одно - и многопозиционных станков. Групповая обработка и сборка – это основы автоматизации серийного производства.

В настоящее время большее внимание уделяется проблеме создания обычного и автоматического оборудования, собираемого из нормализованных агрегатов, узлов и деталей, обладающих свойством размерной и функциональной взаимозаменяемости. Это обеспечит сокращение сроков проектирования и изготовления станков и автоматических линий, снижает их стоимость, улучшает условия ремонта и модернизирует оборудование, а также упрощает задачу его использования при изменении объекта производства.

Автоматизация единичного и мелкосерийного производства также представляет собой важную и нужную задачу. Большой эффект может создать автоматизация выполнения сложных трудоемких операций механической обработки, сборки, сварки, контроля. В качестве средств автоматизации здесь используют станки и установки с ЧПУ. Особенно эффективна на этих станках обработка деталей со сложными профилированными поверхностями, с большим количеством точно координированных отверстий и большим количеством технологических переходов. При выполнении такой обработки на станках с ЧПУ отпадает необходимость в предварительном изготовлении копиров, кондукторов и другой оснастки.

***Унификация*** – разновидность стандартизации, связанная с сокращением разнообразия элементов без сокращения разнообразия систем, в которых они применяются. При унификации уменьшается число выпускаемых типоразмеров изделий одинакового функционального назначения, максимально используют одинаковые сборочные единицы и детали, сокращают разнообразие применяемых в деталях подобных элементов (диаметров отверстий, размеров резьб и др.), а также обоснованно сужают перечень используемых в изделии марок материалов, разновидностей проката и т.п.

В результате номенклатура изготовляемых деталей уменьшается, а программа их выпуска возрастает. Появляется возможность применения более совершенных технологических процессов, снижается себестоимость изготовления деталей, сокращаются сроки на разработку и постановку изделий на производство. Унификация является одной из наиболее распространенных эффективных разновидностей стандартизации, она наиболее характерна для деятельности отдельных или родственных предприятий и производственных объединений. В то же время унификация широко осуществляется и в общегосударственном масштабе главным образом через установление в стандартах предпочтительных рядов и рекомендаций.

***Типизация*** - разновидность стандартизации, заключающаяся в разработке и установлении типовых конструктивных или технологических решений для ряда изделий, составных частей, а также процессов, имеющих общие конструктивные или технологические характеристики. В отличие от унификации, типизация может решать задачи развития целой отрасли машиностроения. Примером является типизация технологических процессов, проводимая чаще всего по отраслям производства на основе классификации деталей и единой системы их кодирования.

***Стандартизация*** - установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной эксплуатации (использования) и требований безопасности.

**Применение принципов стандартизации при проектирования автоматических станочных систем**

При зарождении автоматостроения каждый станок-автомат конструкторы создавали заново, т.е. соответственно поставленной задаче всякий раз проектировали приводы, исполнительные механизмы, элементы систем управления и т.д. При этом процесс проектирования был длительным, а разработанные конструкции иногда оказывались недостаточно работоспособными. С течением времени вырабатывались принципы стандартизации при проектировании автоматического оборудования, в основе которых лежит использование стандартных и унифицированных деталей, узлов и систем. В настоящее время применение стандартизации при проектировании реализуется в виде принципов базовых моделей и агрегатирования.

Сущность принципа базовых моделей заключается в том, что на их основе создаются одинаковые или близкие по назначению механизмы. Путем изменения размеров узлов базовой модели и конструкции некоторых из них создают ряд станков с разной степенью автоматизации для обработки деталей различных размеров. По этому принципу спроектированы гаммы одношпиндельных токарно-револьверных автоматов, токарных гидрокопировальных полуавтоматов, автоматических линий для обработки деталей подшипников. Внутри каждой гаммы механизмы одинакового назначения обычно различаются только габаритами, Сроки и стоимость проектирования значительно снижаются, а надежность станков и автоматических линий резко возрастают. Особенно часто принцип базовых моделей используется при конструировании полуавтоматов. Например, Минским СКБ АЛ на основе базовой модели-вертикального полуавтомата для патронных работ мод. 1734 - создана гамма полуавтоматов: для центровых работ, с расточной головкой, с револьверной головкой повышенной точности, с ЧПУ.

Сущность принципа агрегатирования состоит в том, что создаются гаммы унифицированных узлов, из которых компонуются станки и автоматические линии, различающиеся технологическим назначением, числом позиций, конструктивной сложностью. *Унифицированные узлы должны обладать следующими свойствами:*

1. Автономностью, для чего они снабжаются индивидуальными приводами и в машине связываются друг с другом с помощью электрической схемы, а не кинематически. Благодаря чему из унифицированных узлов можно создавать большее число вариантов машин.
2. Стандартными присоединительными размерами, что обеспечивает возможность соединения узлов с соседними узлами.
3. Необходимой точностью взаимного положения.

Унифицированные узлы (агрегаты) разрабатываются заранее, испытываются в лабораторных и производственных условиях и доводятся таким образом до нужного уровня качества.

В соответствии с поставленной задачей конструктор унифицированные узлы (агрегаты) выбирает из каталога и проектирует спецузлы, конструкция которых определяется обрабатываемой деталью - приспособление, инструментальную наладку и др.

В настоящее время по принципу агрегатирования строят гидравлические и электрические системы, агрегатные станки, автоматические линии из агрегатных станков, ПР, многоцелевые станки с ЧПУ, автоматизированные производственные участки с управлением от ЭВМ. Использование комплекта унифицированных узлов в пять раз и более сокращает объем конструкторских работ при проектировании, значительно сокращает трудоемкость, стоимость и сроки изготовления машин.

Производство унифицированных узлов является серийным, что позволяет применять передовую технологию при их изготовлении. Применяют для обработки разнообразных, в том числе сложных и ответственных деталей в условиях массового, крупносерийного производства тракторов, автомобилей, с/х машин, моторов и т.д.

**1.3** **Основные характеристики производственного процесса**

Производственный процесс можно характеризовать большим ко­личеством технико-экономических характеристик [3]. В числе самых важных характеристик можно выделить: вид и количество производимой продукции, качество, производительность, гибкость, степень автоматизации, эффективность производственного процесса.

Вид продукции характеризуется ее назначением, конструкцией, техническими характеристиками, показателями качества. Количество выпускаемой продукции определяется объемом ее выпуска в год и серией - количеством изделий, выпускаемых по неизменным чертежам. Выпуск продукции заданного качества в требуемом количестве является основной целью производственного предприятия. В машиностроении качество производственного процесса характеризуется обеспечиваемой точностью размеров изделий, получаемых в результате обработки и сборки, точностью расположения поверхностей, шероховатостью, точностью обеспечения требуемых свойств материалов, из которых изготовлено изделие.

Производительность производственного процесса определяется числом изделий, выпускаемых в единицу времени или в течение определенного периода времени при условии полной загрузки обору­дования. В поточном производстве производительность П измеряется величиной, обратной такту выпуска изделий t:

П = 1/t.

Производительность производственного процесса должна быть достаточной для того, чтобы обеспечить плановый объем выпуска продукции.

Степень автоматизации производственных процессов оценивается отношением времени автоматической работы к рассматриваемому периоду, времени. В зависимости от того, какой промежуток времени рассматривается, различают цикловую, рабочую и эксплуатационную степени автоматизации.

Цикловая степень автоматизации — отношение времени автома­тической работы tа в течение цикла к полному времени цикла tц:

Kц= tа/ tц.

Рабочая степень автоматизации — отношение доли штучного времени автоматической работы ко всему штучному времени:

Kр= tа/ tшт.

Эксплуатационная степень автоматизации — отношение суммы времен автоматической работы в течение расчетного периода времени (смена, месяц, квартал, год) к расчетному периоду времени эксплуатации tэ:

Kэ= tа/ tэ.

Степень автоматизации — безразмерный показатель, позволяющий количественно оценить уровень автоматизации отдельной машины, системы машин или производственного процесса.

Гибкость производственного процесса или оборудования — это их способность к переналадке, адаптации к изменяющимся требованиям или условиям производства (например, к смене объекта производства). Гибкость производства отражает возможность быстрого внесения коррекций в производственный процесс, например, в связи с изменением конструкции изделия, каких-либо отдельных требований, сроков изготовления, материала или его свойств, а также в связи с поломкой оборудования или системы управления. Гибкость может быть выражена произведением коэффициентов гибкости по отношению ко всем указанным и другим изменяющимся условиям. Каждый коэффициент отражает в этом случае какую-либо одну сторону гибкости (например, гибкость программирования, гибкость переналадки станка и т.п.). Гибкость как многофакторное свойство может быть выражена набором характеристик, например упоминавшимися коэффициентами. Одним из способов комплексной оценки гибкости является способ экономической оценки по формуле:

Г = (1 - (П/А)) 100,

где П – затраты на переналадку станка или системы машин, руб;

А – амортизационные отчисления, руб.

Если П = 0, то Г = 100 %, т.е. идеально гибкое производство не требует затрат на переналадку. Если затраты на переналадку равны стоимости амортизационных отчислений, т.е. П = А, то Г = 0. Гибкость производства достигается применением универсального быстро- переналаживаемого оборудования. К нему относятся, в частности, многоцелевые станки, промышленные роботы, системы ЧПУ на базе ЭВМ и, конечно, сами ЭВМ. которые являются примером наиболее гибкого и универсального средства автоматизации информационных потоков в производстве.

Эффективность конкретного производственного процесса отражает степень уменьшения затрат на производство изделия относительно некоторого среднего уровня, зависящего от уровня развития произво­дительных сил общества. Повышение эффективности производства достигается минимизацией приведенных затрат. Эффективность производства является результирующим показателем, зависящим и от уровня производительности, гибкости, степени автоматизации производственного процесса.

При заданном виде и количестве производимой продукции мини­мизация приведенных затрат влечет за собой установление оптимальных, наиболее выгодных показателей гибкости и степени автоматизации, всякое изменение которых снижает эффективность производства. Следовательно, при проектировании нового производства или реконструкции действующего уровень гибкости и степень автоматизации должны определяться технико-экономическим расчетом, быть по возможности оптимальными исходя из критерия минимума приведенных затрат.

Таким образом, указанные показатели производственного процесса взаимосвязаны. Определяющими показателями являются вид и количество выпускаемой продукции.

Автоматизация массового производства связана в основном с автоматизацией предметных потоков и в меньшей степени с автома­тизацией информационных потоков. Нельзя, однако, считать, что массовому производству гибкость вовсе не нужна. В современных условиях все чаще происходит смена изделий производства в связи с развитием научно-технического прогресса, появлением более совер­шенных машин, когда эксплуатация устаревшей морально, но еще вполне работоспособной техники оказывается экономически менее выгодной. Поэтому выпускать в течение многих (5–10) лет машины одних и тех же конструкций становится не рациональным. С другой стороны, во многих случаях дешевле изготовлять в массовых количес­твах какие-либо широкоуниверсальные изделия, а затем с малыми затратами приспосабливать их к конкретным условиям работы. При одной и той же конструкции одна машина настраивается на выполне­ние одной постоянной работы, другая — другой. Такой подход оказы­вается в ряде случаев более эффективным, чем в случае изготовления различного по конструкции специального оборудования, но в значи­тельно меньших количествах.

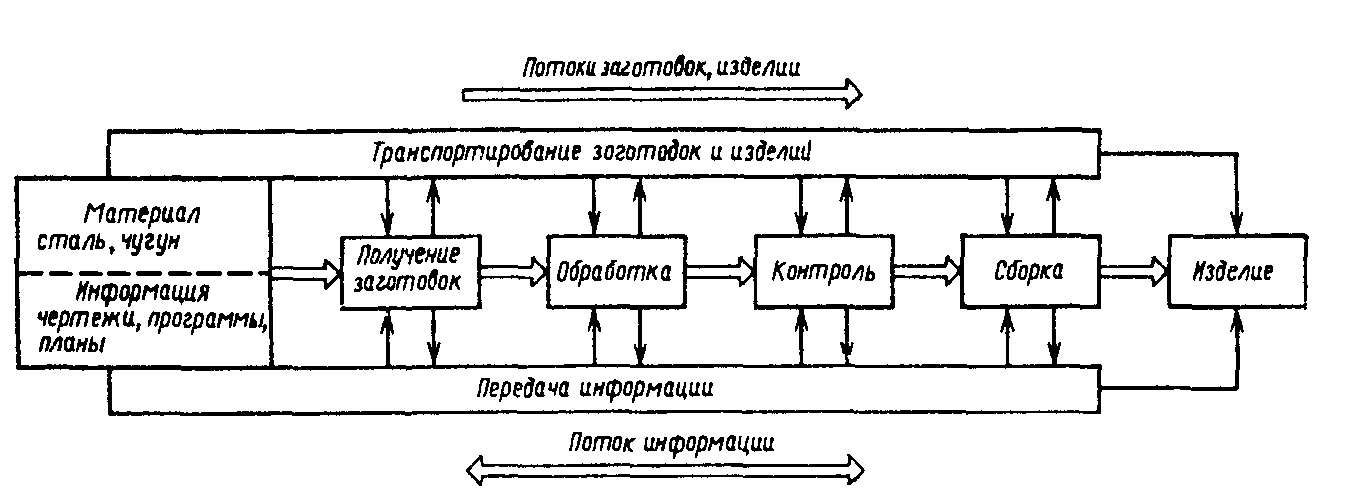
Таким образом, гибкость оборудования может быть использована не только на этапе эксплуатации, но и на этапе изготовления и наладки. В итоге выбор оборудования определяется экономическим расчетом, и если новое оборудование с повышенной гибкостью стоит не дороже специального оборудования, то следует отдать предпочте­ние более гибкому оборудованию.

Себестоимость изготовления изделий в массовом производстве всегда меньше, чем в серийном и, тем более, в единичном. Поэтому всегда стремятся ограничить число одинаковых по назначению машин путем их унификации, стандартизации, благодаря блочно-модульной конструкции для того, чтобы, сократив номенклатуру, увеличить объем выпуска остальных изделий. Однако с развитием техники появляются новые виды машин и поэтому доля серийного производ­ства сохраняется в общем объеме на уровне 60 %, что заставляет искать пути автоматизации и часто переналаживаемого гибкого производства.

В гибком серийном производстве изготовляют различные детали, каждая из которых требует своего технологического процесса (мар­шрут, режим и т.п.). Оборудование должно периодически перенала­живаться, для чего необходима каждый раз новая технологическая информация. Маршрут может выбираться непосредственно в ходе процесса производства с учетом занятости станков, на которых можно осуществлять обработку данной заготовки. Гибкость достигается в этом случае многовариантностью осуществления процесса. Выбор конкретного варианта в конкретных условиях требует наличия соот­ветствующей информации, ее постоянного анализа.

**Размерные, временные и информационные связи в интегрированном производстве.**

Производственный и технологический процессы характеризуются наличием целенаправленных потоков предметов: исходных материа­лов, заготовок, деталей, сборочных единиц, вспомогательных матери­алов, режущих инструментов, приспособлений, технологической оснастки, отходов производства. Заготовки перемещаются в соответ­ствии с предписанным технологическим маршрутом, образуя потоки.

Рис. 1.1. Потоки заготовок, изделий и информации в производственном процессе

Для изготовления деталей необходим инструмент, который должен быть собран, настроен на требуемый размер или измерен и в нужный момент доставлен на определенный станок. После выработки инстру­ментом определенного периода стойкости режущий инструмент до­лжен быть снят со станка и отправлен в отделение повторной заточ­ки, где инструмент разбирают, повторно затачивают, снова собирают и отправляют на склад.

В производственном процессе, таким образом, заготовки, изделия, инструменты, приспособления, вспомогательные материалы, отходы производства периодически перемещаются каждый по своему мар­шруту через технологическое оборудование, транспортные устрой­ства, склады и накопители, через различные производственные участки и отделения (рис. 1.1).

Для организации и управления предметными потоками в произ­водстве необходима различная информация о следующем: наличии необходимых заготовок и материалов, начале и окончании обработки конкретной заготовки на конкретном станке, достигаемой точности размеров, запасе стойкости режущих инструментов и расходовании этих запасов, необходимой последовательности обработки, режимах обработки, траектории движения режущего инструмента и многих других параметрах производственного процесса. Информация может быть представлена в различных видах и отображена на различных носителях. Информация о детали, подлежащей изготовлению, обычно представляется в виде чертежа. Технологическая информация пред­ставляется в виде текстовых документов и технологических эскизов. Чертежи, эскизы, текстовые документы предназначены для рабочих и не могут быть использованы непосредственно в автоматическом производстве. Для станка или робота та же информация должна быть представлена, например, в виде перфоленты с управляющей програм­мой для устройства -ЧПУ.

Помимо разработанной заранее информации необходима еще текущая информация о ходе процесса: получаемых размерах детали, износе инструментов, работоспособности станков, числе заготовок на складе, расположении транспортных тележек на участке в данный момент времени и пр. Текущая информация о состоянии процесса собирается с помощью различных измерительных средств и датчиков. Не располагая необходимой информацией, невозможно управлять процессом.

В неавтоматизированном производстве многие информационные процессы оказываются скрытыми, неявными, поскольку они осущес­твляются людьми, которые могут дополнять недостающую информа­цию благодаря своим знаниям и опыту. Так, например, в серийном производстве технологические процессы изготовления простых дета­лей подробно не разрабатывают. Квалифицированный рабочий может сам изготовить на станке деталь, пользуясь только чертежом. При автоматизации производства с использованием станка с ЧПУ необхо­димо не только подробно указать все параметры обработки, включая режимы резания, траекторию перемещения инструментов и т.п., но и представить эту информацию в виде программы, пригодной для ввода в конкретную систему ЧПУ станка.

При автоматизации производства количество необходимой для производственного процесса информации резко возрастает. Особенно это касается ГПС с автоматической переналадкой станков на изго­товление требуемого изделия.

Автоматизация производства заключается в автоматизации пред­метных и информационных потоков. Автоматизация предметных потоков осуществляется с применением автоматических транспортных систем, автоматических складов и накопителей, устройств автомати­ческой загрузки и выгрузки станков, автоматического технологичес­кого оборудования: станков, промышленных роботов, сборочных и других машин. Автоматизация информационных потоков осуществля­ется установкой различных автоматических измерительных средств: устройств активного контроля размеров и свойств деталей, контак­тных головок, координатно-измерительных машин, устройств отсчета перемещений, путевых выключателей и различных других датчиков, необходимых для получения нужной информации. Для автоматичес­кой передачи информации используют различные каналы связи: проводные, светоколонные, оптические, индуктивные, акустические, электромагнитные. Информацию можно передавать и механическим путем на различных носителях: перфолентах, перфокартах, магнит­ных дисках, штриховых кодовых этикетках и др. Для автоматическо­го преобразования и использования информации применяют ЭВМ, устройства ЧПУ, программируемые контроллеры, различные устрой­ства ввода и вывода информации и другие средства.

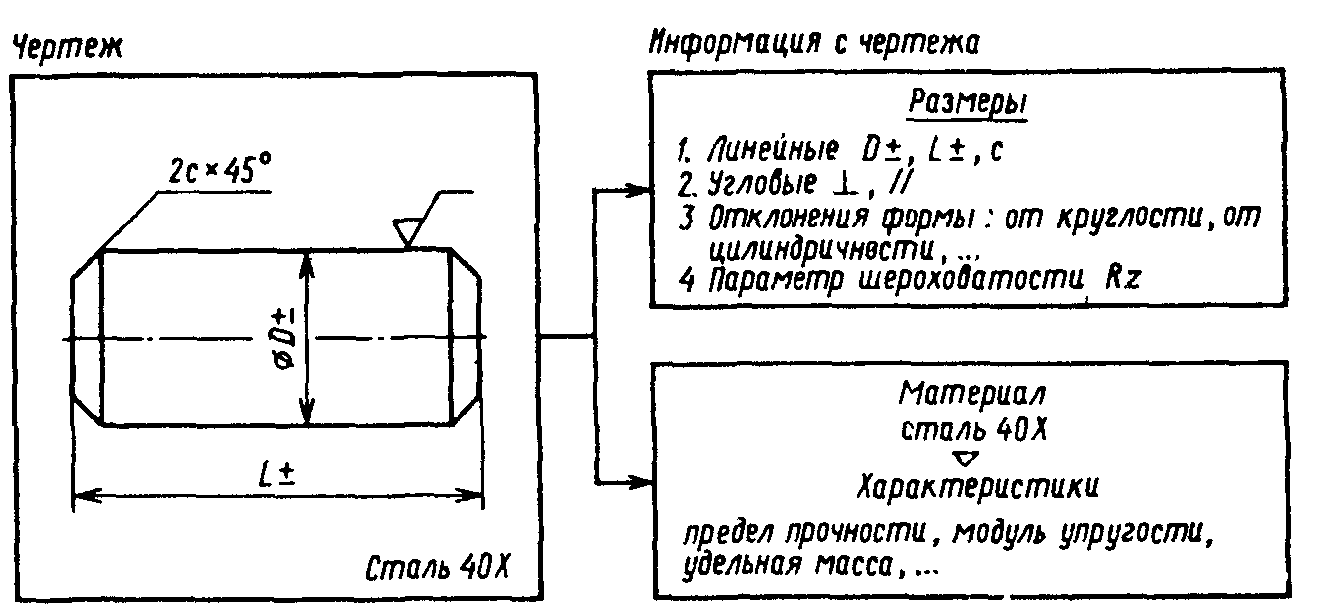


Рис. 1.2. Информация, содержащаяся на чертеже детали

При автоматизации действующего производства необходимо: во- первых, выявить, проанализировать потоки предметов и информации, необходимым образом их изменить или организовать другие потоки; во-вторых, выбрать из числа имеющихся или спроектировать и изго­товить новые средства автоматического обеспечения требуемых потоков; в-третьих, обеспечить функционирование и взаимодействие предметных и информационных потоков в автоматизированном производстве.

Организация предметных и информационных потоков осуществля­ется в пространстве и во времени. Заготовки, изделия, инструменты и их положение в пространстве характеризуются размерами, которые изменяются с течением времени. Поэтому в производственном про­цессе необходимо рассматривать по меньшей мере взаимодействия размеров, времени и информации.

Достижения требуемого качества изделий машиностроения (рис. 1.2) связано с преобразованием размеров и свойств материалов, которое осуществляется в пространстве и во времени. Размеры загото­вок целенаправленно преобразуют в ходе технологических процессов в размеры изделий, которые должны быть получены в пределах установленных допусков. На каждой операции технологического процесса размеры детали образуются благодаря взаимосвязи размеров режущего инструмента, станка, приспособления. Размеры в изделии между исполнительными поверхностями образуются в результате сборки благодаря взаимодействию размеров составляющих деталей. Установка заготовок, инструментов, других перемещаемых объектов должна осуществляться в определенном месте производственного участка с требуемой точностью для достижения необходимого резуль­тата. Все эти процессы описываются размерными связями, под кото­рыми понимают взаимообусловленность, взаимозависимость отдельных размеров, характеризующихся номинальными значениями и допустимыми отклонениями.

Каждый процесс протекает во времени и характеризуется длительностью. Начало следующей операции обусловлено окончанием предыдущей. Для выполнения задания к требуемому сроку осуществляются планирование и согласование многих процессов во времени. Определение необходимого числа станков, инструментов, транспортных средств требует расчетов затрат времени и фондов времени.

Для осуществления производственного процесса в автоматическом режиме необходимо соединить размерные, временные и информационные связи в единую систему и реализовать их с помощью аппаратных и программных средств.

**2 ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ**

Современное состояние и ближайшие перспективы автоматизации в машиностроении связаны, прежде всего, с переходом от создания отдельных машин и агрегатов к разработке систем автоматических машин, охватывающих различные стадии производственного процесса – от заготовительных до сборочных, с оптимизацией технических решений [1]. Центр тяжести разработок переносится с массового на серийное производство с широким развитием автоматизации и механизации вспомогательных процессов, причем автоматизации не только технологических операций, но и функций управления.

Комплексная автоматизация базируется на непрерывном совершенствовании технических средств (от простейших механизмов до сложных электронных систем; СПУ, электронных вычислительных и управляющих машин и др.); на широком использовании общности методов и средств автоматизации на различных стадиях производственного процесса, на применении методов унификации.

Развитие автоматизации на современном этапе характерно смещение центра тяжести разработок с массового на серийное производство, составляющую основную часть машиностроительной отрасли (около 80% всей машиностроительной продукции выпускается на заводах серийного и единичного производства).

Другая характерная особенность современной автоматизации – расширение арсенала технических средств и, как следствие, многовариантность решения задач автоматизации производственных процессов.

Стратегия комплексной автоматизации машиностроительного производства как основа технической политики определяется рядом аспектов, в том числе:

1) правильным пониманием содержания и основной направленности работ по автоматизации;

2) объективной оценкой во времени перспективности и целесообразности области применения новых методов и средств автоматизации, их состоянием и взаимосвязью с известными, традиционными.

Рассмотрим эти аспекты более подробно. Автоматизация производства часто трактуется как процесс замещения функций человека устройствами и системами управления и контроля, т.е. отождествляется с внедрением автоматики. При этом считается, что технологические процессы, конструкции и машин остаются в основном прежними. Это неверно. Содержание производства составляют технологические процессы, именно в них закладываются все потенциальные возможности качества и количества выпускаемой продукции, эффективности производства, а система управления есть лишь форма реализации этих возможностей. Поэтому автоматизация производства в машиностроении представляет собой комплексную конструкторско-технологическую задачу создания новой техники, таких высокоинтенсивных технологических процессов и высокопроизводственных средств производства, которые недоступны для непосредственного выполнения человеком.

***Современный токарный автомат*** – это комплекс технологических и конструктивно-компоновочных решений, характеризуемый многопозиционностью, одновременным функционированием десятков, а в автоматических линиях – сотен механизмов и инструментов. Создание таких систем требует решения многих задач, в том числе автоматизации транспортирования и загрузки деталей, изменения их ориентации, накопления заделов, поворота и фиксации деталей, удаления отходов и т.д. И только при этих условиях может быть эффективным применение автоматического управления. Автоматически действующие средства производства только тогда перспективны, когда они выполняют производственные функции быстрее и лучше человека.

Сказанное не снижает значения «малой» автоматизации, т.е. оснащение неавтоматизированного оборудования механизмами загрузки и зажима деталей, устройствами для управления циклом и т.д., особенно когда такие средства являются типовыми. Однако к этой частности не сводится процесс автоматизации.

Чрезвычайную актуальность в автоматизации приобретает проблема правильной, объективной оценки и разумного внедрения новейших методов и средств автоматизации. Любое техническое новшество, сколь бы перспективным оно ни было, проходит *ряд стадий*: идея – опытная конструкция (способная лишь функционировать) – надежно работающая конструкция – экономически эффективная конструкция. Каждая стадия характеризуется совершенствованием параметров, которые можно свести к формуле «быстродействие – надежность – стоимость». И лишь когда эти параметры укладываются в технико-экономические допуски, данное новшество созревает для производственного внедрения. Поэтому в технической политике недопустимо как запаздывание с разработкой первичной идеи, так и реализация недостаточно созревших решений.

Один из принципиальных вопросов комплексной автоматизации – оптимальное сочетание новейших методов и средств с традиционными. В автоматических машинах и системах для массового производства широко используются принципы дифференциации и концентрации операций, совмещения их во времени, что составляет основу высокой производительности и эффективности. В подавляющем же большинстве современные станки с ЧПУ – одношпиндельные. Поэтому в условиях стабильной работы, без переналадок, производительность многошпиндельных агрегатных станков-полуавтоматов в десятки раз выше, чем многооперационных полуавтоматов, а стоимость ниже . В опытном производстве, где номенклатура изделий не повторяется, необходим широчайший диапазон переналадок технологического оборудования, который можно обеспечить лишь при использовании ЭВМ. В стабильном же производстве, с постоянной номенклатурой выпускаемой продукции, серийная обработка производится лишь потому, что масштабы выпуска не позволяют загрузить каждую единицу оборудования одними и теми же изделиями. Здесь участки из универсальных станков-полуавтоматов с ЧПУ или технологических комплексов с управлением от ЭВМ может заменить один переналаживаемый многошпиндельный агрегатный станок-полуавтомат, на котором несколько деталей обрабатываются одновременно десятками инструментов, производительность его несоразмерно выше, чем одноинструментальных станков, а переналадка значительно короче.

Поэтому выпуск одношпиндельных станков с ЧПУ с технологическими и компоновочными схемами, унаследованными от неавтоматизированного производства, следует считать правомерным лишь на ранних этапах их развития. Неизбежен массовый переход к использованию многошпиндельных и многопозиционных станков с ЧПУ, начиная с простейших, выполняющих параллельную обработку нескольких деталей по одной программе. Системы с распределительными валами, кулачками и копирами, по-видимому еще долго будут преобладающими при автоматизации управления в массовом производстве, несмотря на то, что в их конструкции мало электроники и нет адаптации. Системы с ЧП, прямого управления от ЭВМ и др. мобильны, и поэтому эффективны при автоматизации серийного, а будущем и единичного производства. Их значимость для массового производства не в замене сложившихся технических решений, а в их дополнении, в реализации невыполнимых ранее функций управления. Так, применение АСУ ТП с функциями технической и статистической диагностики работы автоматических линий должно стать основой высокопроизводительной эксплуатации линий, сокращения их простоев по техническим и организационным причинам.

При современном уровне научно-технического прогресса основной формой производства становится комплексно-автоматизированное и высокомеханизированное производство. Любые новые неавтоматизированные технологические процессы и оборудование должны рассматриваться как частное, вынужденное решение, когда в конкретных условиях производства еще не созрели технические и экономические предпосылки для его автоматизации.

**2.1 Тенденции для серийного производства**

Длительное время основным направлением комплексной автоматизации машиностроения было решение задач, связанных с массовым производством, где создано и внедрено множество машин-автоматов и полуавтоматов, автоматических и поточных линий: 80-90% таких деталей, как блоки цилиндров и головки блоков двигателей, валы коробки передач, массовые подшипники и др., обрабатываются на автоматических линиях. Однако это оборудование как правило является специальным, т.е. на обработку других деталей не переналаживается. Поэтому серийное производство длительно базировалось только на универсальном неавтоматизированном оборудовании (токарные станки, кривошипные прессы и др.) малопроизводительном, но достаточно мобильном (быстро переналаживаемом на обработку других деталей). Переломным моментов в автоматизации серийного производства явилось появление машин с числовым программным управлением, которые сочетают высокую производительность и мобильность благодаря наличию систем управления на электронной основе.

Первоначально с ЧПУ строились главным образом металлорежущие станки-полуавтоматы токарной, фрезерной, расточной и сверлильной группы. В настоящее время с ЧПУ выпускаются сварочные машины, прессы, станки для электрофизической и электрохимической обработки, термическое оборудование и т.д. Можно отметить некоторые тенденции развития оборудования с ЧПУ, характерные для современного этапа научно-технического прогресса.

**Первая тенденция** – переход от станков-полуавтоматов к автоматам, что диктуется требованиями повышения производительности и экономической эффективности. Станки с ЧПУ в несколько раз дороже обычных станков той же производительности. Поэтому они во многих случаях окупаются только при круглосуточном использовании (трехсменная работа по сравнению с двухсменной эквивалентна увеличению выпуска продукции в 1,5 раза). Чтобы обеспечить круглосуточную работу станка при двухсменном обслуживании, станок снабжают автоматическим магазином для заготовок и обрабатываемых изделий, вместимость которого обеспечивает работу в течение одной смены. Так, для станков по обработке корпусных деталей такие магазины выполняют в виде транспорта с шаговым перемещением, где детали закрепляют на специальных приспособлениях-спутниках. Работа транспортера включается в единый программируемый рабочий цикл станка. В простейшем случае станок имеет одну рабочую и две холостые позиции. При значительной вместимости магазинов-накопителей их компонуют как замкнутые системы. Обработка всей партии производится автоматически, без обслуживающего персонала, на участке имеется лишь дежурный наладчик. Загрузка магазина заготовками производится в вечернюю смену, снятие готовых изделий – в утреннюю.

**Вторая тенденция** – переход к многоинструментальной и многопозиционной обработке. Сколько бы ни было инструментов в магазине обычного станка с ЧПУ, в любой конкретный момент происходит обработка только одной детали одним инструментом, т.е. отсутствует совмещение операций как важнейший фактор повышения производительности. Последовательная, без совмещения обработка всех элементов сложных деталей занимает длительное время. Так обработка станин станков продолжается 6-40 час. Для сравнения можно отметить, что интервал времени выдачи блоков цилиндра двигателей автомобиля на автоматической линии с дифференциацией и концентрацией операций составляет 1,0-1,5 мин. Поэтому принципы, разработанные и реализованные при автоматизации массового производства, должны быть перенесены на оборудование для серийного производства. В простейшем случае это означает параллельную обработку соответствующими инструментами нескольких одинаковых деталей, закрепленных на одном столе. Другой способ реализации принципов совмещения операций – создание однопозиционных станков с многосторонней обработкой детали одновременно несколькими инструментами. По такому способу создаются и токарные станки, и станки для обработки корпусных деталей. Наиболее радикальное решение рассматриваемых принципов – это создание станков с многошпиндельными коробками, что позволяет вести обработку конкретных деталей одновременно многими инструментами.

Общий вид такой системы со сменными шпиндельными коробками показан на рисунке 2.1.



Рис. 2.1. Станочная система с ЧПУ и сменными шпиндельными коробками для многоинструментальной обработки.

На четырехпозиционный зажимной поворотный стол 1 загрузочным устройством 2 подается обрабатываемая деталь 3, закрепленная на приспособлении - спутнике 4. Спутники до и после обработки перемещаются автоматически по транспортеру 5. Обработка деталей на поворотном столе производится посредством силовой головки 6, к которой по очереди подключаются многошпиндельные головки 7. Их комплект находится на замкнутом транспортирующем устройстве 8, представляющем собой магазин с автоматическим шаговым перемещением. Вся система работает в едином автоматическом цикле, который может задаваться как от индивидуального пульта управления, так и от управляющей вычислительной машины.

После того как очередная деталь на поддоне подана и закреплена на поворотном столе, начинается ее обработка. При каждом ходе силовой головки к ней подключается очередная шпиндельная головка с набором инструментов. После окончания обработки одной стороны детали происходит поворот стола с приспособлением, и при очередном ходе обрабатывается другая плоскость. Число шпиндельных коробок на транспортирующем устройстве определяется конкретным объемом обработки каждой детали.

Недостатком такого компоновочного решения является необходимость в значительной производственной площади. Поэтому для обработки мелких корпусных деталей стремятся скомпоновать комплект многошпиндельных коробок непосредственно вокруг головки с вертикальной осью. Так вертикально-сверлильный многоинструментальный станок с ЧПУ типа 2175 МФ 2-1 Стерлитомакского станкостроительного завода им. В.И. Ленина имеет восемь многошпиндельных коробок, одну силовую головку и многопозиционный стол с автоматическим поворотом на заданный угол. В каждой позиции стола можно закреплять несколько мелких деталей, многошпиндельная коробка может производить обработку сразу на всех рабочих позициях, в то время, как на загрузочной позиции производится замена обрабатываемых деталей. Таким образом, станок сочетает принципы многоинструментальной и многошпиндельной обработки (действуют сразу несколько десятков инструментов) и, хотя эквивалентен обычным агрегатным станкам, имеет широкие возможности переналадок.

**Третья тенденция** развития автоматизированного оборудования для серийного производства – создание унифицированных конструкций вместо специально разрабатываемых в каждом конкретном случае. В простейшем случае это создание гаммы оборудования на одной базе. Например, гамма продольно-фрезерных и расточных станков, имеющих единое компоновочное решение и номенклатуру основных узлов, но отличающихся числом и взаимным расположением силовых головок. Благодаря этому деталь может обрабатываться одновременно с двух-трех сторон различными инструментами. Такое решение – результат опыта агрегатного станкостроения, накопленного при автоматизации массового производства. Имеются и другие идеи этого направления, например – унификация оборудования с различной степенью автоматизации. Например, применительно к оборудованию для обработки корпусных деталей все станки единой гаммы можно компоновать из нормализованных, конструктивно-автономных функциональных узлов, число которых определяется степенью автоматизации. Базовая модель – многооперационный станок-автомат с автоматическим магазином деталей и магазином инструментов, управляемых ЭВМ, т.е. оборудование с высшей степенью автоматизации. Все остальные модели формируются на основе базовой путем «вычитания» функциональных узлов со снижением степени автоматизации. Например, первая модификация – станок-автомат с индивидуальным пультом ЧПУ, вторая – станок-полуавтомат без магазина деталей, с ручной загрузкой и съемом; третья – станок-полуавтомат без инструментального магазина и механизма его замены, т.е. с ручной заменой заготовок и изделий и т.п. Последняя модель – обычный станок с ручным управлением.

**Четвертая тенденция**, которая все более влияет на развитие средств автоматизации серийного производства – это переход от индивидуальных пультов программного управления к специальным управляющим мини-ЭВМ, что стало возможным благодаря успехам микроэлектроники и вычислительной техники. Переход от элементов, которые применялись в традиционных пультах ЧПУ, к большим интегральным схемам (БИС) позволяет резко уменьшить габариты управляющих устройств, повысить надежность в работе, расширить функциональные возможности управления.

Следующим шагом является переход от специальных больших интегральных схем к универсальным – так называемым микропроцессорам. Путем комбинации этих элементов можно строить малогабаритные управляющие устройства, выполняющие широкий круг функций по обработке информации и управлению исполнительными органами в соответствии с заданной программой работы, с сигналами датчиков и т.д. Поэтому отпадает необходимость в специальных программоносителях, лентопротяжных механизмах, считывающих устройствах и т.д.

И, наконец, наиболее общей тенденцией является переход от отдельных, не связанных между собой станков с индивидуальными процессорами, к автоматизированным технологическим комплексам, управляемым от ЭВМ, т.е. переход от локальной автоматизации к комплексной. Такой комплекс включает:

а) комплект технологического оборудования, необходимого и достаточного для обработки определенного типа деталей (валов, шестерен, корпусов и др.);

б) транспортно-накопительную систему;

в) автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСЦ ТП), которая реализует не только непосредственно управляющие, но и информационные функции (учет работы оборудования и количества изделий, экономические показатели работы комплекса, техническую диагностику и т.д.). Такие системы строятся для весьма широкой номенклатуры обрабатываемых деталей с различными методами и маршрутами обработки.

Построенные на основе модулей, гибкие производственные системы с автоматизированными складами изделий, инструмента и технологической оснастки, обслуживаемые автоматическим транспортом и управлением от ЭВМ, являются новой формой организации производства в машиностроении. Гибкие производственные системы, созданные на этой основе, позволяют автоматизировать серийное производство. Возможности ГПС, как утверждают специалисты, огромны: численность обслуживающего персонала сокращается в 4-5 раз, станочный парк – в 5-7 раз, а время производства до 20 раз.

Есть уже небольшой опыт внедрения ГПС. Так на Косовском заводе эксплуатируется автоматизированный участок АСВ-1 для тел вращения средних размеров, на Рязанском станкостроительном заводе – АСВ-3 (диаметр до 500,  до 1000 мм). Головные образцы АСВ около 10 шт. внедрены и работают. Для корпусных деталей ЭНИМС разработаны автоматические участки АСК-1 (250х250х250), АСК-2 (500х500х500); АСК-3 (800х800х800) АСК-4 (1250х1250х1250).

По данными ЭНИМСа для автоматизированного участка по обработке валов (АСВ) по проекту заложено:

Коэффициент использования по машинному времени



Коэффициент использования по штучно-калькуляционному времени



Коэффициент технического использования



А для станков с ЧПУ для обработки валов эти коэффициенты ≈ 30 %.

Таким образом, при автоматизации серийного производства во все возрастающей степени используется опыт автоматизации массового производства (создание оборудования с совмещением операций, унификацией конструкций, автоматизация на уровне систем машин и т.д.).

**2.2 Тенденция для массового производства**

Развитие и совершенствование технических средств автоматизации массового производства (машин-полуавтоматов и автоматов, автоматических линий и цехов) продолжается, в том числе на основе опыта автоматизации серийного производства. Так, в автоматических линиях из агрегатных станков вместо прежних релейно-контакторных систем устройств управления и командоаппаратов на механической основе широко внедряются бесконтактные устройства и процессоры на электронной основе, вплоть до микро-ЭВМ, функционально сходных с аналогичными устройствами станков с ЧПУ и автоматизированных технологических комплексов. Это позволяет не только управлять всеми узлами (силовыми головками и столами, поворотными устройствами, шаговыми транспортерами, приспособлениями для зажима и фиксации деталей и др.), но и получать необходимую информацию для анализа функционирования линий, в том числе длительности простоев и их причины.

В автоматических линиях для обработки ступенчатых валов (они строились только для токарных операций) расширяются технологические возможности путем включения в линию шлифовальных и зуборезных станков, станков для обработки шпоночных канавок и др. Среди вариантов транспортных систем все большее распространение получают системы с боковым магистральным транспортером и расположением геометрических осей станков перпендикулярно транспортеру. Такая компоновка станков и транспортных устройств позволяет строить линии из конструктивно независимых модулей, каждый из которых включает станок и автооператор, перемещающийся по направляющим с верхней компоновкой.

В автоматизированной обработке тел вращения типа колец одна из важнейших тенденций – создание комплексных автоматических линий, в которых сводится к минимуму или вообще исключается токарная обработка. Одним из первых систем такого типа были автоматические линии обработки подшипников карданных валов, где холодной штамповкой формировалась заготовка кольца, близкая по форме к окончательно обработанной детали.

В автоматических линиях, предназначенных для изготовления мелких металлических или пластмассовых деталей, их сборки и пр., компонуемых на базе роторных машин, наметилась тенденция перехода к роторно-конвейерным системам, где детали непрерывно перемещаются на звеньях цепи. Применение роторно-конвейерных линий позволяют решать задачи автоматической смены инструмента без остановки линии, компенсировать неодинаковую стойкость пуансонов и матриц за счет их различного числа в машине.

**Тенденции, общие для серийного и массового производства**

Одной из особенностей научно-технического прогресса машиностроения на современном этапе в условиях как массового, так и серийного производства является широкое распространение промышленных роботов. Они строятся для выполнения двух основных работ:

а) *технологических процессов* (сварки, окраски, сборки и т.д.), когда захваты роботов манипулируют главным образом технологическими инструментами (сварочным электродами, краскопультами, сборочными инструментами и др.). Такие роботы являются технологическими машинами или их составными частями.

б) *вспомогательных процессов* (загрузки и съема деталей, их транспортирование между агрегатами и т.д.), когда захваты роботов манипулируют штучными изделиями. Эти роботы могут обслуживать технологическое оборудования самого различного технологического назначения, они обычно автономны и невстраиваемы.

До недавнего времени промышленные роботы во всем мире создавались в основном для автоматизации загрузочных транспортных операций. И вовсе не потому, что это необходимо: здесь проще решать задачу замены ручного манипулирования автоматическим.

В последнее время появились новые направления роботизации. *Первое из них* (уже упоминалось) – переход от загрузочно-транспортных к технологическим роботам. Они не просто имитируют действия человека, но позволяют выполнять технологические операции быстрее и лучше. Перечень таких операций достаточно велик. Здесь достигается прежде всего улучшение качества продукции – за счет более строгого соблюдения технологических режимов, нежели это возможно при ручном труде. Повышается и производительность – за счет более высокого быстродействия, грузоподъемности, многорукости. Ряд процессов – тяжелые и вредные для здоровья. При внедрении таких роботов появляется возможность полностью вывести человека из вредных зон.

*Второе направление* – переход от гидравлического привода к электромеханическому и создание конструкций с большим разнообразием движений. Это открывает пути повышения быстродействия и точности перемещения «рук» роботов, существенно расширяет возможности их применения.

И еще одно новшество – распространение роботов подвесного типа, рассчитанных на обширные зоны «многостаночного» обслуживания, даже на операциях сварки, окраски и т.п. Их установка не требует дополнительных площадей, они просты в обслуживании. Есть все основания считать эти новые направления долговременными и прогрессивными.

Анализ статистики использования роботов показал, что крайне мало обращается внимание на такие важные источники эффективности роботизации, как повышение качества продукции и производительности труда. Оснащение роботами тех прессов и станков, на которых одновременно обрабатывается лишь одна заготовка, часто приводит к снижению их производительности по сравнению с условиями ручной загрузки. Остается единственный источник экономии – зарплата высвобожденных рабочих, однако и он слишком часто оказывается «условным». В то же время расходы на роботизацию одного станка и ежегодные эксплуатационные затраты значительно превышают экономию.

Нетрудно сделать вывод: внедрение загрузочно-транспортных роботов, обслуживающих только по одной единицы оборудования и нацеленных только на «высвобождение рабочего», экономически убыточно. Не решаются при этом как следует и социальные задачи. Ведь промышленные роботы – важнейшее средство избавления человека от тяжелых и вредных для здоровья работ.

Сосредоточение сил и средств на малоэффективных направлениях роботизации (загрузочно-транспортные роботы вместо технологических, напольные роботы вместо подвесных и т.д.) не могло не вызвать серьезных трудностей с внедрением. Производство неизбежно отторгало и будет отторгать слишком дорогие, тихоходные и малонадежные конструкции.

Перед учеными, конструкторами и машиностроителями должна стоять задача обеспечить революционные сдвиги – переход к принципиально новым технологическим системам, технике последних поколений, дающих наивысшую эффективность. Таких революционных сдвигов в автоматизации нельзя добиться, направляя основные усилия лишь на замену некоторых ручных действий человека при выполнении вспомогательных процессов при минимальной модернизации технологии.

К сожалению, такая тенденция просматривается не только при роботизации, но и при создании первых образцов гибких автоматизированных производственных систем, где вся мощь современной электроники, вычислительной техники, приборного оснащения направляется на достижение «безлюдности» вспомогательных операций, транспортировки и загрузки изделий, подачи и замены инструмента. А технологические процессы остаются на том же уровне, как и до автоматизации. Между тем без принципиально новых технологических систем, сочетающих новые методы и маршруты обработки, концентрацию операций во времени, добиться кардинального ускорения научно-технологического прогресса и наивысшей эффективности невозможно. Генеральным направлением автоматизации должно быть создание таких высокоэффективных технологических процессов и высокопроизводительного оборудования, которые были бы просто невозможны при ручном обслуживании. Внедрять промышленные роботы нужно не там, где их можно приспособить, а прежде всего там, где без них уже нельзя обойтись. Для этого интенсивно должно развиваться «технологическое роботостроение». Необходима переориентация специализированных организаций с поштучного выпуска промышленных роботов на создание законченных систем машин и приборов – роботизированных комплексов, с оценкой деятельности по конечным результатам у потребителя. При планировании любых мер по роботизации надо тщательно анализировать, как они отразятся на качестве конечной продукции, на производительности оборудования в масштабах всего технологического участка, на общей численности работающих на данном участке.

В годы последних пятилеток в СССР роботостроение развивалось по существу в рамках отраслевых программ. Это привело к дублированию разработок, созданию многочисленных маломощных производств (например, в 1987 г. выпуск 180 моделей промышленных роботов осуществлялся на 142 заводах ).

За период с 1972 по 1985 г. в области робототехники в СССР создано 280 моделей промышленных роботов различного технологического назначения. Из них более 100 выпускалось серийно. На базе серийно выпускаемых роботов создано около 100 типов роботизированных технологических комплексов (РТК). До 1985 г. выпуск ПР в СССР ежегодно увеличивался и был доведен до 15 400 шт./год. В последующие годы начался спад выпуска ПР и в 1989 г. было изготовлено всего 4 593 шт.

Причинами снижения выпуска ПР являлось резкое сокращение потребностей предприятий-потребителей в условиях нарождающегося рынка.

Критически оценивая уровень развития отечественной робототехники, нужно констатировать ее отставание от современных достижений в развитых странах. В первый период развития робототехники в СССР началось массовое создание новых конструкций, без их отработки до требований мирового рынка. Фактически ни одна конструкция ПР не была доведена до необходимого уровня.

Основным тормозом при создании современных конструкций ПР было и продолжает оставаться отсталая инфраструктура, и в первую очередь, рынок компонентов общемашиностроительного изменения: гидравлических, пневматических, электротехнических и электронных датчиков, приводов в целом, систем автоматического управления. значительный просчет в сфере внедрения ПР, осуществляемого в прошлые годы в основном директивно, в совокупности с недостаточным качеством (в первую очередь ненадежностью роботов) и высокой стоимостью по отношению к заработной плате рабочих, обслуживающих ПР, породило к ним негативное отношение многих потребителей.

Организован Межотраслевой научно-технический комплекс (МНТК) «Робот». *Цель* – концентрация научных сил и материально-технических ресурсов на проблемах робототехники, выход на передовые позиции в мировом роботостроении, сокращение сроков создания и освоения продукции.

Начиняя с 1991 г. МНТК «Робот» приступил к широкомасштабному изготовлению и внедрению в промышленность ПР высоко технического уровня и конкурентоспособных на мировом рынке.

За прошедший период создано 25 опытных образцов ПР и из них 5 моделей передано в серийное производство и 18 наименований комплектующих изделий, включая, например, несколько типоразмеров линейных и матричных телекамер, не уступающим лучшим мировым аналогам для оснащения систем технического зрения. Из рекомендованных серийному производству следует выделить роботы гаммы «Старт-рекупер», «Краб-рекупер» с использованием принципа рекуперации энергии, заключающегося в оснащении привода робота упругим накопителем энергии (плоская пружина), который аккумулирует избытки энергии на каждом предыдущем цикле и отдает ее на последующем (разработчик – ИМАШ им. А.А. Благонравова, изготовитель ПКТИ кузробот г. Таганрог).

ПР «Краб-2,5», «Старт-2,5», «Краб-5». Конструктивно «Краб-2,5» включает три функционально законченных модуля, обеспечив три степени подвижности (вперед-назад – до 400 м; вверх–вниз до 63 мм; поворот манипулятора вокруг оси до 90о, электромеханический привод плоскопараллельно, перемещающееся захватное устройство в горизонтальной плоскости. ПР с рекуперацией энергии позволяет снизить в 2-3 раза металлоемкость конструкции и в 5-8 раз энергоемкость, в 2-3 раза повысить быстродействие, при этом резко сокращается трудоемкость и себестоимость изготовления роботов.

**2.3 Особенности выбора и реализации методов достижения точности при автоматической сборке**

Различают пять методов достижения точности (МДТ) замыкающих звеньев размерных цепей: полная взаимозаменяемость (ПВ), неполная взаимозаменяемость (НВ), групповая взаимозаменяемость (ГВ), регулирование (Р), пригонка (П). Кроме того, могут быть использованы различные комбинации этих методов. Рассмотрим возможности и особенности использования каждого из пяти методов достижения точности замыкающих звеньев в конструкторских размерных цепях при автоматической сборке изделий.

Структурная схема автоматической сборки методом ПВ показана на рисунке. 2.2. Сборочный автомат (СА), осуществляющий сборку двух деталей Д1 и Д2, которые поступают на его вход, обеспечивает получение сборочной единицы СЕ. Гарантированное обеспечение требуемого размера замыкающего звена при полной взаимозаменяемости позволяет отказаться от контроля замыкающего звена, получающегося в результате сборки. Это особенно важно в тех случаях, когда трудно автоматизировать контроль получающегося при сборке размера в сборочной единице. При ПВ достаточно контролировать размеры деталей, подаваемых на сборку. В процессе сборки методом ПВ для достижения требуемого размера замыкающего звена не требуется никакой дополнительной информации и связанных с этим дополнительных сложностей по ее получению и автоматическому использованию

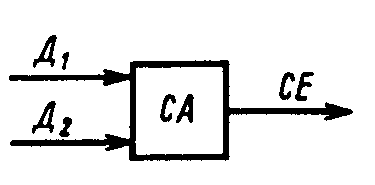


Рис. 2.2. Структурная схема автоматической сборки методом ПВ

Метод ПВ отличается от всех других методов достижения точности, требующих получения и использования дополнительной информации в ходе реализации сборочного процесса. Относительная простота организации и управления сборочными процессами при использовании метода ПВ объясняет его широкую распространенность для достижения точности размеров в автоматическом производстве.

Единственный недостаток метода ПВ – необходимость более высокой точности изготовления составляющих звеньев, чем при любом другом методе достижения точности. Поэтому относительная простота автоматизации сборки методом ПВ требует, как правило, высокой точности изготовления деталей, входящих в сборочную единицу.

Сборка методом ПВ наиболее производительна, так как не требует дополнительных затрат времени на получение и использование какой-либо дополнительной информации. Автоматическое сборочное оборудование, работающее при использовании этого метода, характеризуется простотой и компактностью. Однако стремление предельно удешевить сборку и автоматическое сборочное оборудование использованием ПВ приводит в ряде случаев к значительному повышению точности, а следовательно, и себестоимости изготовления составляющих деталей, что не всегда окупается снижением затрат на сборку.

При использовании метода НВ не у всех собранных сборочных единиц гарантируется получение замыкающего звена в требуемых допусках. Поскольку заранее не известно, в каком именно изделии требуемый размер замыкающего звена не обеспечивается, то замыкающее звено размерной цепи, образующееся при сборке, необходимо контролировать в каждой сборочной единице. Поэтому приходится осуществлять 100 %-ный контроль изделий. Это усложняет и удорожает сборку методом НВ, так как необходимо предусмотреть дополнительную контрольную позицию в сборочной автоматической линии или в сборочном автомате. Вместе с тем при использовании метода НВ допуски на составляющие звенья размерной цепи, т.е. на изготовление деталей, увеличиваются при той же точности замыкающего звена по сравнению с допусками при использовании метода ПВ в среднем в  раз, где m – число составляющих звеньев, при 0,27 %-ном риске и нормальных законах распределения размеров. Поэтому чем больше составляющих звеньев в размерной цепи, тем выгоднее использовать метод НВ по сравнению с методом ПВ.

Структурная схема сборочного автомата, реализующего сборку методом НВ, показана на рисунке. 2.3. Детали Д1 и Д2 собираются в сборочном автомате СА. Все СЕ должны пройти контрольный автомат КА и часть СЕ, попавших в процент риска, будет отбракована. Эти СЕ должны быть разобраны разбирающим автоматом РА, а составляющие детали возвращены для повторной сборки в другом сочетании.

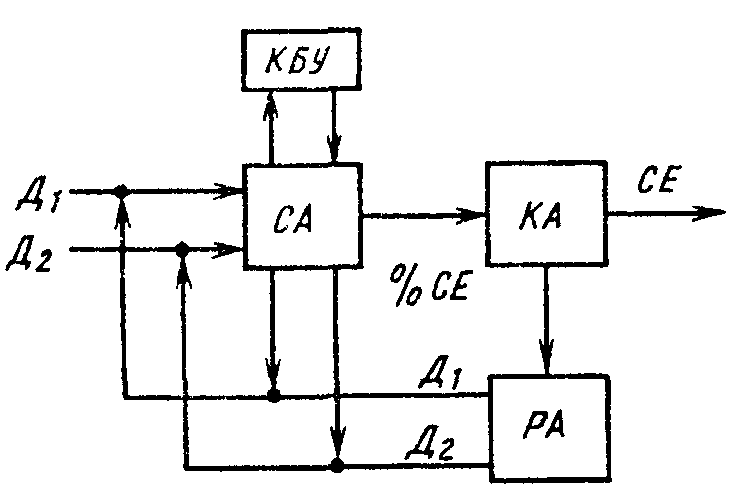


Рис. 2.3. Структурная схема автоматической сборки методом НВ

В ряде случаев, например при сборке валика и втулки по переходной посадке, может оказаться, что некоторые детали вовсе нельзя установить при сборке. Эти случаи тоже включены в процент риска. Они могут привести к заклиниванию или поломке сборочного автомата. Для предотвращения заклинивания и поломок необходимо предусмотреть контрольно-блокировочное устройство КБУ, которое прерывает сборочный процесс, выводит из зоны сборки несобранные детали, возвращает автомат в исходное состояние для продолжения сборки других деталей. КБУ срабатывает при получении текущей информации о сборочном процессе. Для этого бывает достаточным контролировать силы в процессе соединения деталей на рабочей позиции сборочного автомата, например осевую силу при постановке валика во втулку. В случае возникновения натяга или при заклинивании деталей сила сопротивления движению рабочего органа сборочного автомата, устанавливающего деталь, увеличится, что послужит сигналом к прерыванию сборки, возвращению рабочего органа в исходную позицию и удалению собираемых деталей из рабочей зоны автомата.

Использование метода НВ, таким образом, требует дополнительного оснащения сборочного автомата контрольной позицией и блокирующим устройством, требует разборки изделий, не соответствующих требованиям точности (их количество соответствует проценту риска) и средств возврата деталей на сборку. Для осуществления сборки требуется дополнительная информация, которая может быть получена не заранее, а только лишь в процессе сборки или по завершении сборки. Эта информация должна быть получена с помощью соответствующих датчиков, преобразована для автоматического анализа и выдачи управляющего воздействия, а также использована для осущес­твления автоматической сборки методом НВ.

Наличие процента риска, необходимость получения и использова­ния в ходе сборки дополнительной информации требует дополнитель­ных затрат времени на сборку, что снижает ее производительность. Вместе с тем увеличение в несколько раз допусков размеров состав­ляющих звеньев, т.е. допусков на изготовление собираемых деталей, и, следовательно, их удешевление может в ряде случаев окупить дополнительные затраты на автоматическую сборку изделия методом неполной взаимозаменяемости.

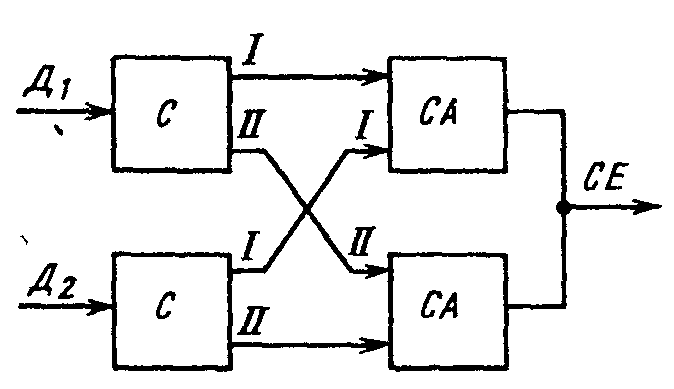


Рис. 2.4. Структурная схема автоматической сборки двух деталей методом ГВ.

Схематично сборка двух деталей методом ГВ показана на рисунке 2.4. При автоматической сборке методом ГВ детали должны быть предва­рительно рассортированы по размерам на группы сортировочными автоматами С. Далее детали Д1 и Д2 первой размерной группы собираются сборочным автоматом СА. Аналогично собираются детали других размерных групп. На схеме для простоты показаны два сборочных автомата, каждый из которых собирает детали одной размерной группы. Так может быть только при соответствующем большом объеме выпуска изделий. Если же для достижения требуемой производительности достаточно одного автомата, то детали разных размерных групп собираются на одном автомате по очереди. В этом случае необходимо обеспечить одновременную подачу на сборочную позицию собираемых деталей какой-либо одной размерной группы. В пределах одной размерной группы достижение точности изготовления изделий осуществляется методом ПВ. Поэтому в собранных изделиях гарантируется достижение требуемого размера замыкающего звена и дополнительный контроль не требуется.

При сборке методом ГВ m составляющих сборочную единицу деталей сортируют на n размерных групп. Для хранения и подачи на сборку необходимо mn накопителей. Некоторые детали клеймят или маркируют, чтобы при сборке их не перепутать с такими же деталями другой размерной группы. Это усложняет организацию сборки. Предварительная сортировка собираемых деталей на размерные группы требует получения информации о размерах всех деталей путем их измерения. Поэтому по сравнению с методом ПВ метод ГВ так же, как и другие методы, требует увеличения информации для осуществления сборки. Для этого необходимы дополнительные устройства и дополнительные затраты времени. Вместе с тем допуски на составляющие звенья расширяются в n раз и при ГВ К = n.

Достижение требуемой точности замыкающего звена регулированием размера в автоматической сборке может осуществляться с использованием подвижного или неподвижного компенсатора. В первом случае для этого следует использовать соответствующие возможности конструкции самого изделия, где размер может регулироваться с помощью винтового, клинового или другого механизма.

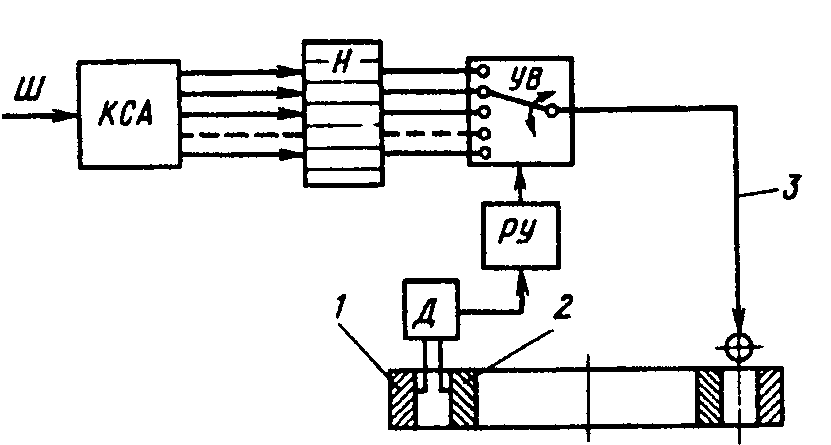


Рис. 2.5. Схема автоматической сборки шарикоподшипников

Во втором случае при неподвижном компенсаторе требуется заранее изготовить детали-компенсаторы нескольких разных размеров и в процессе сборки установить компенсатор необходимого в данном случае размера. Так, например, для обеспечения требуемого натяга подшипников выходного вала редуктора, регулируемого с помощью прокладки между крышкой подшипника и корпусом, необходимо собрать узел без прокладки, приложить к крышке необходимую силу для создания натяга подшипника, измерить образовавшийся зазор между корпусом и крышкой и поставить в этот зазор прокладку соответствующей толщины, сняв предварительно крышку подшипника. Таким образом, при регулировании необходимо получать информацию в процессе сборки и организовать обратную связь.

Примером использования метода регулирования в автоматической сборке может быть автоматическая сборка подшипников. Размеры шариков Ш (рис. 2.5), поступающих на сборку, измеряются в контрольно-сортировочном автомате КСА, и шарики сортируются по размерам на 50 размерных групп через 2 мкм. Рассортированные по группам шарики попадают в накопители H. На позицию автомата поступают два кольца шарикоподшипника: наружное 1 и внутреннее 2. Радиальный зазор между двумя пришедшими на сборку кольцами 1 и 2 автоматически измеряется датчиком Д. Сигнал от датчика поступает в решающее устройство РУ и далее в устройство выбора УВ размеров шариков. УВ включает и переключает подвижный лоток на кассету накопителя с требуемыми размерами шариков. Необходимое число шариков нужного размера по трубчатому лотку 3 подается на сборочную позицию.

Применение метода регулирования в автоматическом производстве связано с необходимостью автоматического измерения размеров, обработки полученной информации и использования ее для регулирования механизма или процесса.

Использование ЭВМ, контактных головок, активного контроля размеров, адаптивного управления свидетельствует о переходе от метода полной взаимозаменяемости на метод автоматического регулирования для достижения высокой точности в условиях автоматического производства.

Таким образом, метод регулирования для достижения требуемой точности замыкающих звеньев размерных цепей характеризуется следующими общими положениями: допуски размеров составляющих звеньев могут быть установлены исходя из возможностей изготовителя и значительно большими по сравнению с допусками размеров при ПВ; для регулирования размеров при сборке необходимо наличие информации о получаемых при сборке размерах, т.е. наличие обратной связи; регулированием можно обеспечить высокую точность размера замыкающего звена независимо от допусков размеров, с которыми изготовлены составляющие звенья.

Подвижный компенсатор в сборочной единице должен быть реали­зован в виде винтовых, клиновых и других устройств, позволяющих регулировать размеры.

Достижение требуемой точности замыкающего звена размерной цепи пригонкой состоит в удалении необходимого слоя материала с детали, являющейся компенсатором, для компенсации отклонений размеров всех составляющих звеньев. Этот метод похож на метод регулирования с неподвижным компенсатором. Разница лишь в том, что компенсатор не изготовлен заранее с определенными размерами как при методе регулирования, а имеет необходимый припуск, который частично или полностью удаляется при сборке для достижения требуемой точности замыкающего звена.

Пригонка так же, как и регулировка, позволяет обеспечить высокую точность размера замыкающего звена даже при большом числе составляющих звеньев. Однако для пригонки необходимо осуществлять дополнительную обработку компенсатора непосредственно при сборке, что в ряде случаев нежелательно.

На рисунке 2.6 показана схема автоматической пригонки плунжеров под размер плунжерной втулки. Окончательно обработанная плунжерная втулка 1 подается на бесцентрово-шлифовальный станок, на котором под диаметр d0 отверстия втулки 1 дошлифовывается плунжер 2 по наружному диаметру dB. Диаметр d0 отверстия втулки измеряется датчиком Д2, а диаметр dB плунжера измеряется в процессе обработки датчиком Д1.

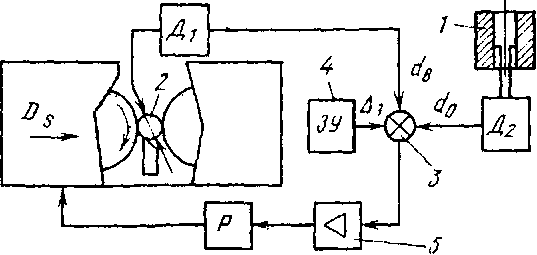


Рис. 2.6. Схема автоматической пригонки плунжеров под раз­мер плунжерной втулки

Сигналы с датчиков, пропорциональные диаметрам d0 и dB, подаются в сравнивающее устройство 3, где вычисляется разность Δ= d0 - dB и сравнивается с сигналом от задающего устройства 4, которое задает требуемое значение ширины зазора в соединении втулки и плунжера (замыкающее звено). Пока заданное значение зазора больше текущего значения, сигнал с выхода сумматора 3, усиленный усилителем 5, оказывается положительным и шлифование плунжера продолжается. По мере шлифования размер dB постепенно уменьшается и разность Δ= d0 - dB постепенно увеличивается. При достижении заданного значения разности диаметров, т.е. Δ = Δ3, сигнал на выходе сумматора становится равным нулю и затем становится отрицательным. Регулятор Р мгновенно срабатывает и подает команду на отвод шлифовального круга. Размер dB плунжера соответствует размеру d0 втулки и их разность равняется требуе­мому зазору Δ3. Таким образом, каждый плунжер индивидуально подгоняется по диаметру к диаметру каждой втулки. Так осуществляется автоматическая пригонка плунжеров.

Обратная связь в данном случае осуществляется благодаря исполь­зованию датчика Д1; измеряющего диаметр плунжера, и датчика Д2, измеряющего диаметр отверстия втулки. Вычисление разности двух аналоговых сигналов здесь очень просто реализуется операционным усилителем; задатчик представляет собой переключатель или потен­циометр со шкалой. В более сложных случаях необходимо использовать вычислительную технику. При сборке методом ПВ в этом нет необходимости. Метод пригонки имеет те же отличия от метода ПВ, что и метод регулирования. В отличие от метода регулирования метод пригонки требует обработки компенсатора.

Каждый из перечисленных пяти методов имеет преимущества, недостатки и области наиболее эффективного использования. Критерием выбора метода является минимум суммы всех затрат на изготовление составляющих звеньев и сборку.

**3 ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Для количественной оценки состояния механизации и автоматизации технологических процессов установлена система основных, вспомогательных и дополнительных показателей.

Основные показатели оценивают различные степени замены человеческого труда машинным. Среди основных показателей можно выделить два:

- уровень механизации и автоматизации живого труда - ;

- уровень механизации и автоматизации процесса – ;

Уровень механизации и автоматизации живого труда определяется по формуле



где: ∑Тнм(А) – сумма машинного (А – при автоматизации, М – при механизации) времени, не перекрытого ручным временем, мин., час.;

∑Тшт – сумма всех штучных времен.

Уровень механизации и автоматизации процесса определяется по формуле



где: ∑Т м(А) – сумма всего машинного времени (А – при автоматизации, М – при механизации).

Одним из основных показателей экономической эффективности автоматизации является срок окупаемости капитальных дополнительных вложений



где: К2 - сумма капиталовложений, необходимых для автоматизированного производства;

К1 - сумма капиталовложений, необходимых для неавтоматизированного производства;

С1 - себестоимость продукции, выпускаемой в течение одного года в условиях неавтоматизированного производства;

С2 - себестоимость продукции, выпускаемой в течение одного года в условиях автоматизированного производства;

Получаемый по этой формуле срок окупаемости сравнивается с нормативным, который для машиностроения принят равным 5-6 лет.

Условием целесообразности применения автоматизированных станков является превышение количества выпускаемых на них деталей N2 в заданный период времени T, с учетом времени, затрачиваемого на переналадки, и количеством тех же деталей N1, снимаемых с неавтоматизированных станков после тех же операций, т.е*. N2 > N1.* или

 > 

где:  - суммарное штучное время операций при обработке деталей на неавтоматизированном станке;

 - суммарное штучное время операций при обработке деталей на автоматизированном станке;

Т2 – среднее время переналадки операций на автоматизированном станке;

К – количество переналадок в месяц (принимаем одинаковым в обоих случаях);

Т – календарное время работы станка в месяц;

η – коэффициент использования станка за время Т, принимаемый равным 0,9…0,95.

Если полученная величина окажется меньше заданной нормативной, автоматизация считается экономически эффективной и затраты на нее целесообразными. Однако этот метод позволяет судить об экономической эффективности автоматизации технологического процесса только в том случае, когда имеется точная калькуляция действующего производства. Кроме того, она не вскрывает качественной стороны оценки автоматизации, т.е. насколько удачно решены задачи автоматизации того или иного технологического процесса. Дело в том, что экономическая эффективность автоматизации зависит от целого ряда факторов: от характера сложности технологического процесса, конструктивной сложности технологического оборудования, при помощи которых осуществляется автоматизация процесса, от трудоемкости настройки, от долговечности и надежности их в работе и т.д. Учесть все эти факторы при экономических расчетах для определения оптимального уровня автоматизации технологического процесса является сложной задачей даже при наличии совершенной методики экономических расчетов.

Поэтому определение экономической эффективности целесообразно производить в два этапа: первый этап на стадиях проектирования – выполняется с целью определения требований к выбору показателей, которыми могут варьировать технологи и конструкторы при проектировании автоматизированных техпроцессов. Такими показателями могут быть: допустимые затраты на автоматизацию, надежность средств автоматики, быстрота их срабатывания и т.д. Совокупность таких требований составит систему технико-экономических допусков, в которые должны укладываться технологи и конструкторы, чтобы обеспечить заданную эффективность автоматизации. Второй этап-определение экономической эффективности автоматизации техпроцесса по результатам, полученным в реальных условиях производства. В этом случае расчет эффективности автоматизации целесообразно производить по методике, предложенной Г.А. Шаумяном.

В качестве основного критерия экономической эффективности автоматизации технологических процессов по этой методике принят рост производительности общественного труда при сравнении двух вариантов: до и после автоматизации.

**3.1 Основные положения теории производительности**

Производительность характеризует способность станка и автоматической линии обрабатывать определенное количество деталей в единицу времени.

Технологический метод, на основе которого построена машина, определяет ее технологическую производительность, величина которой «К» обратно пропорциональна продолжительности рабочих движений tp.

.

Если за цикл изготавливается «m» изделий, технологическая производительность повышается в «m» раз. Она характеризует прогрессивность заложенного в машине технологического метода. Затраты времени на вспомогательные движения рабочего цикла, называемые цикловыми потерями времени, снижают технологическую производительность до величины Q, называемой штучной (цикловой) производительностью:

.

Штучная производительность зависит от совершенства использования технологического метода и конструктивного совершенства механизмов станка.

Вследствие простоев оборудования из-за случайных отказов, техническая производительность ниже штучной и определяется по формуле:



где: tn – продолжительность простоев оборудования из-за отказов;

 - коэффициент готовности оборудования.

Техническая производительность QТ характеризует в основном техническое совершенство оборудования. С учетом затрат времени на плановое техническое обслуживание tобсл и простоев по организационным причинам tорг. определяется фактическая производительность

 .

*Основными видами внециклических потерь являются простои:*

* из-за смены, регулирования и наладки инструмента;
* из-за поломок, ремонта и регулирования механизмов и устройств, под - настройки и т.п.;
* по организационным причинам (отсутствие заготовок, несвоевременная уборка стружки и др.);
* вследствие нарушения технологического процесса из-за увеличения припусков на заготовках, из-за брака на предыдущих операциях и т.п.;
* в связи с перенастройкой автоматической линии, сменой технологической оснастки, кинематической настройкой, сменой кулачков, упоров и т.д.

Наибольшую часть потерь составляют простои из-за недостаточной надежности механизмов и устройств автоматов и линий. Значительная доля потерь падает также на регулирование и поднастройку инструментов вследствие нестабильности процесса обработки. С другой стороны автоматизация операций смены и регулирования режущих инструментов повышают производительность. Последние должны обладать высокой стойкостью, простотой установки и регулирования на размер, а также возможностью компенсации износа режущих кромок. Для упрощения и ускорения настройки целесообразно применять комбинированные инструменты, специальные быстросменные державки с готовыми отрегулированными на размер блоками и поворотными головками с набором инструментов.

**Технологический процесс автоматизированного производства**

Автоматизированный технологический процесс представляет собой совокупность операций, выполняемых в определенной последовательности системой автоматических машин и механизмов, преобразующих исходный материал в готовое изделие, отвечающее требованиям технических условий рабочего чертежа и Госстандарта, без непосредственного участия в этом процессе рабочего, которому остается только наблюдать за исправностью работы механизмов и системы управления и периодически поднастраивать рабочий инструмент.

В отличие от процессов неавтоматизированного серийного и даже поточного производства при проектировании автоматизированных технологических процессов наряду с расчетом точности и производительности обработки должны быть решены задачи выбора систем автоматического управления, автоматической загрузки, выгрузки, транспортировки и контроля обрабатываемых деталей и автоматической оптимизации режимов обработки.

**3.2 Обеспечение технологичности конструкций деталей**

Технологичность конструкции особое значение имеет при обработке деталей в условиях автоматизированного производства. Эксплуатация автоматизированных устройств позволяет в настоящее время формулировать ряд требований к конструкции деталей, обеспечивающих их технологичность для автоматической обработки.

*Основными из этих требований являются:*

* унификация радиусов сопряжения поверхностей деталей;
* максимальная доступность всех обрабатываемых поверхностей при одной установке детали;
* упрощение контура детали и сведения его к сочетанию прямых и дуг;
* возможность совмещения конструктивных и технологических баз.

Одним из основных требований обработки деталей в условиях автоматизированного производства является возможность обработки максимального количества поверхностей с одной установки. Для этого необходимо наличие у деталей хорошо оформленных и точных установочных базовых поверхностей, обеспечивающих неизменность положения обрабатываемой детали относительно начала координат станка.

Если элементы конструкции не могут быть использованы в качестве надежных установочных баз, необходимо предусматривать технологические приливы, платики, бобышки, отверстия и т.д.

Конструкция детали должна быть жесткой, исключающей возможность ее деформации и вибрации под действием сил резания. Для упрощения программирования обработки желательно, чтобы конструкция детали представляла собой сочетание элементарных поверхностей, по возможности симметричных.

Общий подход к решению технологичности изделий и методы оценки ее определены (ЕСТПП) ГОСТ 14.202.73-ГОСТ 14.204-73 «Правила обеспечения технологичности конструкций изделий».

*Технологическая конструкция должна обеспечивать:*

* возможность применения наиболее прогрессивных методов механической обработки;
* применения прогрессивных способов получения заготовок с малыми припусками (отливка в кокиль, под давлением, центробежным способом, изготовление из деформирующих сплавов точной штамповкой, чеканкой, раскаткой, и др.) и с минимальным количеством обрабатываемых поверхностей;
* достаточно хорошую обрабатываемость детали;
* точность и шероховатость поверхностей деталей, должна быть назначена в пределах, обеспечивающих взаимозаменяемость и исключающих пригоночные и доделочные работы при сборке, при соблюдении требуемых посадок, высокой надежности и нормальных условий эксплуатации;
* унификацию и стандартизацию, нормализацию деталей, поверхностей и конструктивных элементов, максимальную взаимозаменяемость деталей и узлов;
* удобство и возможность механизации сборочных процессов.

Кроме того, к отдельным видам сложных деталей предъявляются особые требования по технологичности конструкции. Например, детали корпусов по возможности должны иметь правильную геометрическую форму и у них не должно быть многообразия размеров отверстий, резьб труднодоступны обрабатываемых поверхностей.

У сварных узлов из листовых материалов должны быть предусмотрено такое расположение сварочных швов и такое разделение на отдельные элементы конструкции, при которых они имели бы наиболее простые формы и обеспечивали возможность автоматической сварки.

**3.3 Инженерные подходы к экономическим оценкам вариантов технических решений**

Бизнес-процессы (БП) в сфере материального производства в условиях рыночной экономики должны быть экономически эффективны, т.е. доходы от реализации выпущенной продукции должны превышать затраты на ее получение. Иначе данное производство нежиз­неспособно.

Любые технические решения в области создания новых произ­водств, расширения или модернизации действующих альтернативны. Даже для руководителей экологически вредных производств существует дилемма: тратить средства на оборудование для очистки выбросов и сбросов или платить штраф за загрязнение окружающей среды К сожа­лению, последнее зачастую оказывается более выгодным.

Все расчеты экономической эффективности автоматизации произ­водственных процессов направляются на отыскание наиболее экономич­ных технических решений из числа возможных, альтернативных

Выполнение экономических расчетов и обоснований - задача не только профессионалов-экономистов, но и инженеров. Современные ин­женеры, технологи и конструкторы непременно должны обладать серьез­ными знаниями и практическим умением в области экономики.

Эрудиция любого инженера должна заключаться прежде всего в знании основных канонов экономики - от общих закономерностей разви­тия до конкретных показателей и их применения. Для специалистов по автоматизации производственных процессов к этому следует добавить:

- правильную оценку стратегии автоматизации и механизации, ос­новного содержания и направленности работ;

- глубокое понимание, умение качественно и количественно оце­нивать основные источники технического, экономического и социально­го эффектов при автоматизации и механизации;

- объективную оценку с учетом фактора времени, перспективности новых и новейших методов и средств, которые столь щедро генерируют­ся современным научно-техническим прогрессом (НТП); умение видеть их целесообразную область применения;

- умение оптимально сочетать новизну и преемственность в тех­нических решениях на основе видения и сравнительной оценки конкури­рующих вариантов и направлений НТП;

- понимание на качественном и количественном уровне взаимо­связи параметров машин-автоматов и их систем с экономическими пока­зателями.

Практическое умение должно включать в себя способность выпол­нять проектные и поверочные расчеты, работая совместно с экономиста­ми, дополняя друг друга.

Проектные расчеты проводятся на стадии создания машины; их ос­новная задача - правильный выбор численных значений технологиче­ских, конструктивных, структурных и других параметров машины, исхо­дя из обеспечения ее заданных выходных параметров (мощности, быст­роходности, прочности, производительности, долговечности и надежно­сти в работе, а главное - экономических показателей). Например, про­ектные расчеты на прочность позволяют, основываясь на обеспечении допустимых внутренних напряжений, выбирать диаметры валов, толщи­ну стенок, модуль и ширину шестерен, сечение шпонок и т.д.

Проектные расчеты позволяют решать с учетом заданных техноло­гических, кинематических, прочностных и других характеристик те зада­чи расчета и конструирования, которые нельзя не решать в процессе соз­дания машины.

Поверочные расчеты выполняются тогда, когда все необходимые параметры машин уже выбраны и необходимо лишь проверить, отвечают ли они заданной целевой функции, правильно ли сделан их выбор. Так, поверочные расчеты на прочность позволяют оценить в спроектирован­ной конструкции соответствие: внутренних напряжений допустимым, вращения шпинделя с нужной частотой, перемещения суппорта с задан­ной величиной подачи, экономических показателей - нормативам.

Таким образом, проектные и поверочные расчеты экономической эффективности принципиально различны прежде всего по входным и выходным параметрам расчетов. В проектных расчетах входными пара­метрами являются детерминированные (нормированные) значения целе­вой функции - показателей экономической эффективности, выходными - конкретные характеристики проектируемых машин. В поверочных расче­тах, наоборот, входными параметрами служат конкретные характеристи­ки уже спроектированных машин, выходными - значения целевой функ­ции, которые сравниваются при этом с нормированными. Разнятся и ма­тематические расчетные зависимости. В простейших благоприятных случаях это могут быть одни и те же математические модели взаимосвязи, решаемые в "прямом" и "обратном" направлениях, когда функция стано­вится аргументом, и наоборот.

По существу, критерии заданной экономической эффективности машин эквивалентны критериям обеспечения заданных прочностных, кинематических и других характеристик.

Различие заключается лишь в том, что по прочностным, кинемати­ческим, динамическим критериям выбираются параметры главным обра­зом элементов систем: механизмов и устройств для выполнения рабочих и холостых ходов, привода и управления. По экономическим критериям решаются задачи синтеза, выбора принципиальных решений технических систем в целом - их структуры, конструктивной компоновки и т.д.

Поэтому инженерные методы расчета и оценки экономической эф­фективности новой техники - это методы расчета и конструирования машин и систем машин, выбора их технологических, конструктивных, структурных параметров по экономическим критериям.

При общем методологическом единстве подходов к экономике про­изводства в любых его масштабах (баланс доходов и расходов) имеются существенные различия в методах и критериях оценки экономичности по производству в целом и отдельным его компонентам.

Для функционально завершенных производств, выпускающих товарную продукцию, которая имеет отпускную цену, эффективность производства удобнее всего оценивать величиной получаемой относи­тельной прибыли:

где Ц - отпускная цена выпущенной продукции за конкретный период времени, например за год;

3 - суммарные затраты, которые понадобились на выпуск этой про­дукции, за тот же период времени;

γ - коэффициент относительной прибыли, полученный на данном производстве, %.

При этом в суммарные издержки включают интегрально как произ­водственные (капитальные и текущие затраты, стоимость материалов и комплектующих), так и непроизводственные издержки (на маркетинг, рекламу, хранение и доставку, снабженческо-сбытовые издержки и т.д.).

Сопоставляя ожидаемые доходы и издержки по вновь создаваемым производствам с максимальным учетом всех факторов, можно оценивать

возможные варианты создаваемых производств по комплексным технологиям, составу оборудования, организации управления и т.д. Сопоставляя прибыль по годам, можно оценивать динамику данного производства - тенденции процветания или упадка. Наконец, прибыльность производства сама по себе свидетельствует о его состоянии.

Применяются и иные показатели эффективности производства, на­пример коэффициент рентабельности:

,

где П - абсолютная прибыль от реализации;

А - суммарные активы предприятия.

Для локальных компонентов производства - отдельных техноло­гических операций и процессов, средств их оснащения - нужен иной подход. Продукция на промежуточных этапах (вал после токарной обра­ботки, полупроводниковая пластина с нанесенной топологией) не являет­ся товаром и отпускной цены не имеет. Попытки устанавливать "проме­жуточные цены", например после каждой из многих тысяч операций из­готовления автомобиля, субъективны и нежизнеспособны. По-иному сле­дует подходить при оценке локальных вариантов и к затратам, абстрагиру­ясь от тех, кого данные мероприятия напрямую не затрагивают (цеховое отопление, вентиляция, освещение; административно-управленческие рас­ходы и др.). Итак, цен Ц нет, издержки производства 3 учитываются не полностью, показатели γ, R и другие не работают.

Поэтому при оценке и выборе локальных технических решений - на уровне машин и их систем - используется критерий минимума капи­тальных и текущих затрат для достижения одинакового конкретного результата, а именно: сопоставляются эти затраты по всем вариантам за некоторый выбранный период. При этом один из вариантов принимается за базовый - 1, остальные - i конкурентны с ним и между собой. Здесь следует различать две ситуации.

1. Выбираются варианты вновь создаваемого или расширяемого производства с проектируемым или готовым, приобретаемым оборудо­ванием (для технологических систем машин обычно сочетается и то. и другое). Каждый из вариантов характеризуется капитальными (К) и годо­выми эксплуатационными затратами (С), имеющими непосредственное отношение к данным технологиям и оборудованию.

На рисунке 3.1 представлена концептуальная зависимость суммарных затрат от времени работы оборудования (N) для различных вариантов новых технических решений:

(3.1)

Безусловно, все сравниваемые варианты должны быть приведены к одинаковому масштабу выпуска идентичной продукции.

Организовать новое или совершенствовать действующее производ­ство без капитальных затрат на технологическое и вспомогательное обо­рудование, средства управления невозможно. Поэтому капитальные за­траты К1 по самому дешевому и технически наименее совершенному ва­рианту следует признать технологически необходимыми. Они окупаются в общем итоге через разницу между ценой и затратами - тем самым оценивается уровень всего данного производства.

Самое дешевое оборудование неавтоматизированное (К1 = Кmin), которое, как правило, имеет и самые высокие эксплуатационные затраты (С1 = Cmax) из-за большой численно­сти обслуживающего персонала и низкой производительности

Вариант 1 следует принимать за базовый, остальные варианты i срав­нительные, альтернативные.

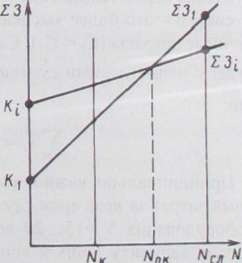


Рис. 3.1. 3авнсимость суммарных затрат от времени работы оборудования для различных вариантов.

Альтернативные варианты - это оборудование с использованием новых прогрессивных, но недостаточно апробированных технологических процессов (оно, как правило, очень дорогое), с более высокой степенью автоматизации (машины-автоматы и полуавтоматы, автоматические и автоматизированные линии или и то и другое).

2. Решается вопрос о целесообразности и вариантах совершенст­вования действующего производства. Тогда базовый вариант – это действующее оборудование, за которое уплачено ранее и которое (после снятия с эксплуатации), как правило, утилизируется, поэтому можно принимать

В практических расчетах зачастую все же принимают Кi > 0 как не­кую остаточную стоимость, например стоимость металлолома (иногда старые станки можно и продать), поэтому в общем случае используют выражение (3.1).

Таким образом, во всех случаях дополнительные капитальные затра­ты сверх технологически необходимых (Кi – К1) не являются обязатель­ными, они целесообразны лишь при условии их окупаемости (возврата). Именно окупаемость необязательных капитальных затрат и есть важней­ший фактор выбора варианта технических решений по экономическим критериям.

Общая черта технически сложных и совершенных вариантов машин и их систем это более высокая стоимость (Кi > К1) и меньшие эксплуа­тационные затраты (Сi < С1). Самым эффективным должен быть признан вариант с наименьшими суммарными затратами за N лет эксплуатации:

(3.2)

Принципиально важно, каков срок N. Показатели минимума сум­марных затрат за весь срок службы необъективен. Так, при сроках служ­бы оборудования N =15...20 лет минимизация общих затрат по самому дорогому варианту лишь к концу службы означает, что ежегодная при­быль от дополнительных капиталовложений (γ) составит ≤ 5...6 %.

Поэтому устанавливается некий "контрольный" срок эксплуатации (N = Nк), по которому и ведут сравнение. В качестве опти­мального принимается тот вариант, который через время Nк требует наименьших суммарных затрат (на рисунке 3.1 это базовый, наиболее дешевый вариант).

При установлении величины Nк возможны "жесткие" и "мягкие" подходы.

При жестком подходе исходят из рыночной конъюнктуры и мини­мальности риска. Например, инвестор, не уверенный в ситуации на рынке далее чем на три-четыре года вперед, ставит такие условия: дополни­тельные капиталовложения на более дорогое оборудование вкладывают­ся только при условии, если через Nк = 3...4 года эти затраты не только окупятся, но и принесут ≥ 20 % прибыли - как страхование от любых неопределенностей и неожиданностей. Нетрудно подсчитать, что для этого капиталовложения должны приносить ежегодную прибыль в раз­мере 30. ..35 %.

При мягком подходе устанавливается некоторый минимально при­емлемый коэффициент эффективности капиталовложений, например 12 % годовых (Ен = 0,12). Следовательно, окупаемость капиталовложений (Кi – К1) должна наступить не позже, чем через

N = 1/ Ен =1,0/0,12 ≈ 8 лет.

Этот срок и принимается как контрольный. Если срок службы обо­рудования превышает контрольный (Ncл > Nк), то наиболее выгодным вариантом признается тот, у которого ко времени N = Nк затраты наи­меньшие; капиталовложения окупятся раньше контрольных (норматив­ных) сроков (Nок > Nн); прибыль будет выше, чем минимально приемле­мая (Е > Ен).

Если сроки эксплуатации оборудования окажутся меньше контроль­ных (Ncл < Nк), то самый выгодный вариант тот, у которого суммарные затраты к тому времени наименьшие. Им может оказаться самое несо­вершенное оборудование.

Если суммарные затратыпо любому из вариантов за срок Nн разделить на Nн, можно получить величину так называемых приведенных годовых затрат:

.

Общая схема расчетов и обоснования выбора экономически наиболее выгодного варианта из числа альтернативных сводится к следующему:

1) рассчитывают приведенные затраты по всем альтернативным ва­риантам:

.

Условие выбора min;

2) выбранный вариант проверяют по критерию абсолютной эффек­тивности - на изменение обшей прибыли от реализации данных меро­приятий.

Таким образом, задача распадается на две части: сначала выбирают лучший из возможных вариантов производства, а затем решают, целесо­образно ли вообще в данной ситуации создавать или совершенствовать производство, не будет ли оно убыточным.

Достаточно нагляден и удобен следующий прием: вместо абсолют­ных значений приведенных затрат использовать в качестве критерия оценки их разности.

Для этого приведенные затраты по базовому варианту принимают за основу, а для каждого из альтернативных вариантов рассчитывают так называемый годовой экономический эффект:

Эi=Зп1-Зпi=(К1Ен+С1)-(КiЕн+Сi)=Ен(Кi-К1)+(С1-Сi).

Критерий оценки Эi → max.

При Эi < 0 наиболее экономичен базовый вариант, при Эi = 0 вари­анты экономически равновыгодны.

Существуют и иные критерии оценки экономической эффективно­сти; они основаны на сопоставлении тех же параметров: Кi, Сi, N, но в других формульных комбинациях.

Расчеты по приведенным выше формулам можно усложнять, на­пример учитывая различные сроки поставки проектируемого и покупного

оборудования, возможности перенастройки на другую продукцию, не­одинаковость годовых эксплуатационных затрат ввиду изменения мас­штабов производства или тарифов и т.д.

**Взаимосвязь технических и экономических показателей**

Практически любая промышленная продукция может быть получена в условиях неавтоматизированного производства, при использовании универсального оборудования с ручным управлением, стоимость которо­го определяет минимальные технологически необходимые капитальные затраты на выпуск данной продукции. Однако экономические показатели такого производства весьма невысоки вследствие низкой производитель­ности универсального оборудования и необходимости большего количе­ства рабочих, непосредственно занятых в производстве, особенно на вспомогательных работах.

В автоматизированном производстве, при более высоких капитало­вложениях (сверх технологически необходимых) получают снижение себестоимости продукции и другие улучшенные показатели благодаря более высокой производительности автоматизированного оборудования, повышению качества продукции, сокращению численности рабочих, не­посредственно занятых в процессе производства. Последний фактор означает и социальный эффект для данного производства, ибо сокраща­ется прежде всего категория рабочих, занятых малоквалифицированным и монотонным ручным трудом. Однако это не всегда свидетельствует об экономической эффективности капиталовложений, все зависит от кон­кретной величины затрат и полученного выигрыша Для того чтобы со­циальный эффект при автоматизации не вступал в противоречие с эконо­мическим, необходимо знать взаимосвязь технико-экономических пока­зателей - ТЭП (производительности, стоимости, надежности в работе, численности обслуживающих рабочих и др.) и показателей экономиче­ской эффективности (приведенных затрат, годового экономического эф­фекта, сроков окупаемости капиталовложений и т.д.). Отсюда можно по­лучить предельно допустимые значения ТЭП (систему технико- экономических допусков) из условий гарантированного экономического эффекта при автоматизации.

Качественно функциональные связи, действующие в масштабах ав­томатических систем машин, показаны на рисунке 3.2. Первичными факто­рами, от которых в конечном счете зависят все ТЭП, являются технологические, конструктивные, эксплуатационные параметры конструктивных элементов: механизмов, устройств, инструментов, аппаратуры, а также внешние воздействия на систему машин (характер энергии окружающей среды, заготовок и полуфабрикатов и т.д.).

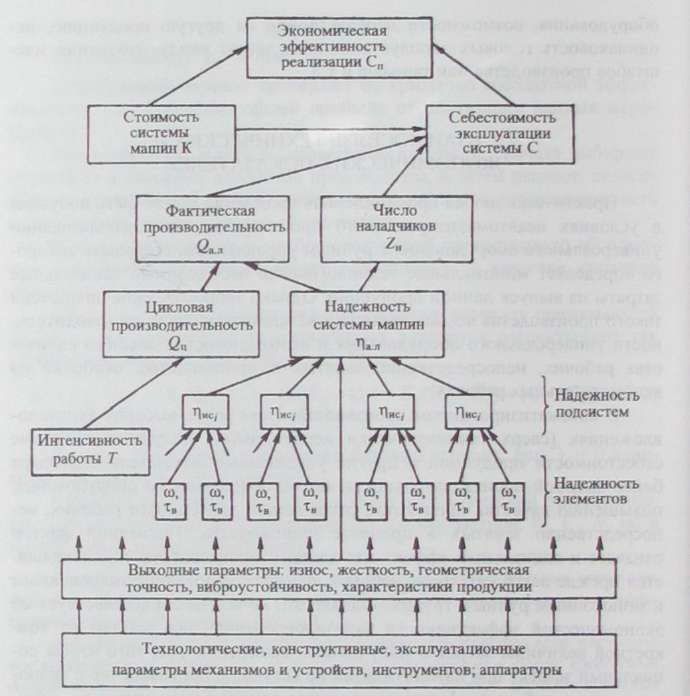


Рис. 3.2. Взаимосвязь ТЭП машин и показателей их экономической эффективности.

Эти факторы однозначно определяют в процессе длительной эксплуа­тации выходные параметры работы конструктивных элементов: жест­кость, геометрическую точность, виброустойчивость, их изменение с учетом факторов износа сопряжений, старения конструкционных мате­риалов и т.д. и в итоге - характеристики качества выпускаемой продук­ции и интенсивность работы (T) при функционировании машин.

Здесь Т - величина рабочего цикла машины как интервала времени, в течение которого выполняются рабочие и холостые ходы и выдается одна штука или порция изделий. Величина Т определяет цикловую производительность оборудования (Qц - количество продукции, выдавае­мой в единицу времени при бесперебойной работе.

Нестабильность выходных параметров при эксплуатации является причиной нарушения заданных условий взаимодействия между изделия­ми, инструментами и технологическими механизмами и появления отка­зов в работе машины.

Нарушение условий взаимодействия приводит к параметрическим отказам, когда выпускаемая продукция не соответствует техническим условиям. Нарушение условий взаимодействия различных механизмов и устройств, а также изделий с механизмами холостых ходов вызывает от­казы функционирования, когда продукция машиной вообще не выдается Параметрические отказы и отказы функционирования конструктивных элементов характеризуются показателями безотказности и восстанавли­ваемости. На рисунке 3.2 ω - параметр потока отказов как среднее число отка­зов на единицу времени; т, среднее время обнаружения и устранения од­ного отказа, мин/отк.

На данном этапе развития теории функционирования технических систем математические модели зависимости показателей безотказности и ремонтопригодности от конкретных параметров машин и их отклонений не установлены. Поэтому, оценивая численные значения показателей надежности в проектных, прогнозирующих расчетах, приходится пользо­ваться не аналитически полученными данными, а результатами статисти­ческих исследований работоспособности устройства аналогичного назна­чения.

Взаимосвязь на дальнейших уровнях как показано на рисунке 3.2 описывается функционально соответствующими математическими уравнениями.

Надежность отдельных элементов (механизмов и устройств, инст­румента, приспособлений и др.) определяет надежность подсистем (ма- шин-автоматов и полуавтоматов), встраиваемых в системы машин (тех­нологические участки, поточные и автоматические линии). Комплексны­ми показателями надежности здесь могут служить коэффициенты ис­пользования отдельных машин (ηис) и их систем (ηа.л.).

**4 КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Технологические процессы по характеру ориентации изделий и по необходимости обеспечения строгой кинематической связи движений заготовки и рабочего инструмента можно разбить на два основных класса.

К ***первому классу*** относятся процессы, при осуществлении которых требуется обязательная ориентация изделий относительно рабочего инструмента, а характер относительного движения заготовки и инструмента подчиняется строгой кинематической зависимости. К этому классу относится большая часть процессов механической обработки и сборки. Автоматизация этих процессов наиболее сложна.

Ко ***второму классу*** относятся процессы, при выполнении которых не требуется ориентация заготовок, а рабочий инструмент представляет собой активную обрабатывающую среду. К числу таких процессов можно отнести термическую обработку, сушку, мойку и окраску деталей простейших форм методом погружения, очистку заготовок в галтовочных барабанах, травление в кислотных ваннах. При выполнении этих процессов заготовки могут занимать безразличное положение, соблюдение кинематической связи не требуется и автоматизация процессов осуществляется более просто.

Существует и промежуточный класс процессов, когда заготовки должны занимать определенное положение, а рабочий инструмент представляет собой активную рабочую среду (окраска методом пульверизации, гальванопокрытие, напыление), или когда при наличии рабочего инструмента исходный материал подается в рабочую зону без ориентации движений (прессование заготовок из пластмасс). Автоматизация этих процессов также не представляет больших затруднений.

*С точки зрения непрерывности технологические процессы можно разбить на три класса:*

* к первому классу относятся процессы, осуществляемые на машинах дискретного действия. При выполнении каждой операции они периодически прерываются из-за необходимости выполнения ряда вспомогательных движений и холостых ходов, установки и снятия обработанных заготовок (собранных узлов).
* ко второмуклассу относятся процессы, выполняемые на машинах непрерывного действия (бесцентровое шлифование на проход гладких валиков, волочение проволоки, проката и некоторые другие виды обработки). Процесс обработки в пределах данной партии заготовок или данного количества материала не прерывается. Эти процессы характеризуются непрерывным движением изделий при неподвижном положении рабочего инструмента.
* к третьемуклассу относятся процессы, в которых обработку осуществляют при непрерывном движении и изделий и инструмента в одном транспортном потоке. Эти процессы обычно осуществляются на машинах роторного типа.

**Первый класс процессов.** Он осуществляется на автоматах и полуавтоматах и характеризуется строгой цикличностью протекания элементов выполняемой операции. Основные (технологические) движения связаны с выполнением процесса обработки (сборки); вспомогательные движения (подвод и отвод инструмента, поворот инструментальных головок и столов, установка, закрепление, открепление и снятие заготовок) обеспечивают выполнение основной работы. Время вспомогательных движений сводят к минимуму, осуществляя их на повышенных скоростях или совмещая эти движения (частично или полностью) с основной работой. Фактическая производительность определяется по формуле

.

Технологические процессы, осуществляемые на оборудовании дискретного действия, в основном применяют при производстве штучных заготовок.

*Повышение производительности машин дискретного действия достигается:*

а) сокращением основного времени путем совмещения по времени технологических переходов при многоместной и многоинструментальной обработке, повышение режимов работы оборудования и другими мероприятиями технологического характера;

б) сокращением времени вспомогательных движений за счет рационального построения рабочего цикла, совмещения во времени вспомогательных движений, повышая их скорости;

в) сокращением внецикловых потерь работы оборудования в результате конструкторских, технологических и организационных мероприятий (применение быстросменных настраиваемых вне станка инструментальных блоков, улучшение конструкции регулирующих устройств, улучшение организации рабочих мест). На оборудовании дискретного действия обычно получают наибольшую точность обработки. Это обусловлено его значительной жесткостью и высокой геометрической точностью.

**Второй класс процессов**. Его осуществляют на оборудовании непрерывного действия, которое характеризуется тем, что изделия штучного или нештучного характера производятся непрерывно. Технологический процесс протекает без периодической остановки оборудования для остановки и снятия обрабатываемых заготовок (собираемых изделий). Производимая продукция сходит с оборудования непрерывным потоком. К непрерывным технологическим процессам относятся: волочение проволоки и прутков круглого и специального профиля, используемых для изготовления деталей на автоматах, непрерывная прокатка специального проката, непрерывная навивка спиральных пружин на специальных автоматах, пескоструйная и дробеструйная обработка заготовок, расположенных на непрерывно движущемся конвейере, для очистки от окалины и упрочнения.

Примером непрерывного процесса обработки со стационарным инструментом является конвейерное протягивание (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Схема конвейерного протягивания.

В механических цехах в качестве непрерывных процессов обработки применяют конвейерное протягивание, бесцентровое шлифование на проход.



Рис. 4.2. Схема бесцентрового шлифования на проход.

Несколько расположенных цепочкой бесцентровошлифовальных станков, работающих по рассмотренной схеме, могут образовать простейшую автоматическую линию.



Рис. 4.3. Схема непрерывного нарезания резьбы.

Схема непрерывного нарезания резьбы (рис. 4.3) в гайках 1 кривым метчиком 2. Стрелкой А показана подача гаек на заборную часть метчика; по стрелке Б происходит выбрасывание нарезанных гаек в процессе вращения метчика.

Примерами непрерывных процессов служат: мойка деталей на конвейерной установке моечной машины, сушка деталей, окраска на подвесном конвейере в электростатическом поле, нагрев детали при непрерывном перемещении через печь или при прохождении ими индуктора тока высокой частоты, естественное или ускоренное (в струе воздуха) охлаждение после термической обработки и т.п. Для этого типа процессов (при штучных изделиях) производительность оборудования (шт./мин) определяется по формуле:



где: Vтех. – скорость технологического движения, м/мин.;

 – длина изделия в направлении технологического движения, м;

1 – расстояние между изделиями в том же направлении, м.

При 1 = 0 достигается наибольшая производительность процесса обработки. Под скоростью технологического движения понимают минутную продольную подачу при бесцентровом шлифовании штучных заготовок на проход, скорость резания при конвейерном протягивании, скорость движения прутков или проволоки при волочении. Данный класс технологических процессов характеризуется высокой производительностью и возможностью сравнительно легкой автоматизации. Его в основном применяют для массового изготовления мелких и средних деталей. Здесь может быть достигнута достаточно высокая точность. Например, при бесцентровом шлифовании на проход при хорошем состоянии оборудования может быть достигнута точность по диаметру по 6 квалитету.

**Третий класс процессов**. Его осуществляют на автоматизированном оборудовании роторного типа. Он характеризуется тем, что изделие в процессе обработки (сборки) совершают непрерывные перемещения (транспортирование) от загрузочной позиции к позиции съема. В настоящее время имеется много разновидностей роторного оборудования – от полуавтоматических станков до автоматических линий.

На рисунке 4.4 показана схема роторного станка для двустороннего сверления отверстия в бобышках поршня 1.

Рис. 4.4. Схема роторного станка для двустороннего сверления.



Заготовки устанавливаются на позициях непрерывно вращающегося барабана 2. С двух сторон то этого барабана соосно расположены синхронно вращающиеся с барабаном инструментальные блоки 3. Число инструментов в каждом блоке равно числу рабочих позиций в барабане. В процессе вращения барабана заготовки в зоне А устанавливаются на его рабочие позиции, а зоне Б они автоматически снимаются и подаются в тару. В зоне В, охватываемой дугой 2, происходит сверление отверстий. Быстрый подвод и отвод инструментов в исходное положение происходит в зонах углов α1 и α2.

Производительность роторного станка (шт./мин) определяется по формуле:



где: Vтр – скорость транспортирующего движения (окружная скорость рабочего или транспортного роторов в м/мин. берется по линии расположения обрабатываемых изделий), м/мин.;

 - длина изделия, м;

 – расстояние между изделиями в направлении транспортирующего движения, м.

Повышая скорость транспортирующего движения, можно увеличить производительность роторного оборудования. Эта скорость не может быть установлена произвольно, она взаимосвязана со скоростью рабочих (технологических) движений.

Из рисунка 4.4 видно, что время обработки

 или ,

где: L – путь перемещения сверла;

Sм – минутная подача сверла;

 – длина дуги в зоне обработки В;

Vтр – скорость транспортирующего движения на радиусе R расположения инструментов.

Приравнивая эти выражения и помня, что  = αR получаем:

.

Точность данных процессов ниже процессов первого класса. Это обусловлено тем, что технологический процесс выполняется при непрерывном движении изделия (в этом случае на точность влияют кинематическая погрешность) и что жесткость роторного оборудования меньше, чем оборудования дискретного действия. При использовании самоустанавливающихся систем (развертывание плавающей отверткой, калибрование отверстий, запрессовка) может быть достигнута такая же точность, как и на оборудовании дискретного действия.

На роторным оборудовании (автоматических линиях) легко осуществляются комплексные технологические процессы, включающие механическую и термическую обработку, сборку и контроль качества изделий. Это оборудование, являющееся специальным, дорогим и в большинстве случаев труднопереналаживаемым на выпуск других изделий, применяют для малогабаритных изделий, выпускаемых в больших количествах по принципу массового производства. На сложность, а, следовательно, надежность и стоимость автоматического оборудования оказывает большое влияние кинематика основных и вспомогательных движений. Предпочтительны технологические процессы, у которых траектория этих движений – прямые линии (объемная штамповка, электроэрозионная обработка, клепка). В этом случае применяют инструменты объемного типа (штампы, электроды, обжимки). Их рабочая поверхность воспроизводит соответствующую поверхность объектов производства. Более сложны случаи обработки, основанные на сочетании двух движений (вращение заготовки и радиальная подача фасонного резца при обтачивании поверхности с криволинейной образующей). Оборудование еще более усложняется, если процесс обработки (сборки) основан на кинематическом сочетании трех или большего количества движений (обработка сложнопрофильных поверхностей по копиру или на станке с программным управлением).

**4.1 Влияние структуры операции на производительность**

Рабочее время tр зависит от структуры технологического процесса, методов и режимов обработки. Концентрация операций и увеличение количества одновременно обрабатываемых изделий связано прежде с применением многошпиндельных и многопозиционных станков, что несомненно, ведет к повышению производительности обработки.

Однако увеличение числа шпинделей и рабочих позиций приводит к усложнению технологического оборудования, кроме того, вместе с ростом производительности растут как суммарные потери времени на наладку и техническое обслуживание, так и другие потери, что приводит к снижению производительности.

Количество рабочих позиций автоматического станка (или автоматической линии), при котором обеспечивается максимальная производительность, можно подсчитать аналитически.

В самом деле, если известны внецикловые потери времени tп и технологическая производительность «К», то можно определить оптимальное число позиций (операций) по формуле:

.

Таким образом, структура проектируемого автоматизированного технологического процесса должна предусматривать такое количество операций (рабочих позиций), при котором достигается максимальная производительность обработки. В свою очередь, структура технологического процесса определяется структурой составляющих его операций, отличающихся сложностью и многообразием своего построения. Так, например, в одних случаях структура операции определяется совмещением переходов на основе многоинструментальной обработки одной детали, в других – на основе обработки нескольких деталей одним инструментом, в третьих – на основе обработки нескольких деталей многими инструментами (блоками инструментов) или обработки их фасонным или комбинированным инструментом и т.п.

Наиболее простую структуру имеет операция обработки одной детали, состоящая из одного элементарного или инструментального перехода.

***Элементарный переход*** - непрерывный процесс обработки одной элементарной поверхности одним инструментом по заданной программе при низменном или закономерно изменяющемся режиме работы оборудования.

***Инструментальный переход*** – непрерывный процесс обработки одной сложной или группы элементарных поверхностей одним инструментом (комбинированным или наборным). Такие операции свойственны сильно дифференцированному техпроцессу.

Более сложные по структуре операции образуются путем последовательного, параллельного и паралельно-последовательного выполнения элементарных и инструментальных переходов.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рис. 4.5.Последовательное  выполнение переходов со сменой инструмента |  | Рис. 4.6. Последовательное выполнение переходов путем многопозиционного перемещения |
|  |  |
|  |
|  |  |  |



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рис. 4.7.Параллельно-последовательное выполнение переходов |  | Рис. 4.8.Параллельное выполнение переходов. |

Сочетанием различных методов выполнения переходов могут быть получены и другие более сложные структуры операций; многоинструментальные блочные и многопозиционные, реализуемые на многошпиндельных и агрегатных станках, автоматических линиях и многооперационных станках с ЧПУ и автоматической сменой инструментов. При построении операций автоматической многоинструментальной обработки, как правило, можно назначить довольное большее число вариантов, каждый из которых будет обеспечивать обработку детали в соответствии с технологическими требованиями, но будет отличаться величиной машинного времени, а, следовательно, и производительностью.

Для выбора оптимального варианта многоинструментальной и других структур операции необходимо правильно выбрать критерий оптимальности. Таким критерием может быть один из следующих:

- минимум технологической себестоимости;

- минимум машинного времени;

- максимальная производительность обработки.

Критерий минимума технологической себестоимости обработки детали наиболее полно отражал бы правильность выбора оптимального варианта, однако на стадии проектирования технолог не всегда располагает достаточными данными для расчета технологической себестоимости. Поэтому целесообразно пользоваться критерием минимума машинного времени или максимума производительности. Очевидно, что операции с различной структурой будут отличаться и различной производительностью. Для приведенных в качестве примера операций с последовательными и параллельным выполнением переходов, производительность обработки может быть определена по следующим формулам:

- *для исходной структуры операции, состоящей из одного элементарного или инструментального перехода*



где: ty – время установки в рабочую позицию;

t1 – время выполнения перехода;

- для структуры операции с последовательным выполнением переходов:

а) со сменой инструментов

,

где: ti – время выполнения i перехода;

tс – время на смену инструмента;

к – количество основных и вспомогательных переходов в операции;

б) с позиционным перемещением

,

где: tпер – время на перемещение заготовки с одной позиции на другую;

- *для структуры с совмещением переходов*

,

где: tmax – время выполнения лимитирующего перехода;

- *для* *структуры операций при одновременной обработке многих деталей:*

а) при последовательной обработке «n» деталей одним инструментом

,

где:  - время установки «n» деталей;

tni – время обработки i-ой детали.

б) при параллельной обработке деталей одним инструментом

,

где: tгр – время одновременной обработки группы деталей;

Q – цикловая производительность автоматической обработки детали без учета внецикловых потерь времени.

Анализ производительности операций различных структур обязательно должен предшествовать окончательному выбору того или иного варианта технологического процесса. При этом особое внимание должно быть уделено возможности совмещения не только элементарных и инструментальных переходов, но и вспомогательных (траектория движения инструмента, не связанная с образованием элементарных поверхностей) с основными, а также сокращения времени на холостые ходы инструментов. При обработке деталей на многооперационных станках необходимо, чтобы продолжительность операций на каждый позиции была одинаковой и минимальной. Производительность обработки определяется по времени выполнения лимитирующего перехода, т.е. в котором продолжительность операции является наибольшей.

**4.2 Этапы и методологические особенности проектирования автоматизированного технологического процесса**

Автоматизированный технологический процесс проектируется в несколько стадий. На каждой стадии оценивается эффективность различных вариантов выполнения операций путем сравнения их по определенной методике. Обычно критерием эффективности принимается себестоимость или производительность технологического процесса.

На первой стадии выбираются методы обработки и составляются ее план, дается технико-экономическое обоснование принятого варианта технологического процесса. На последующих стадиях определяется содержание отдельных операций, межоперационные припуски и допуски, тип инструментов, режимы обработки и другие параметры технологического процесса. Далее разрабатывается принципиальная схема конструкций специальных приспособлений, транспортных и загрузочных устройств, а также вспомогательных приспособлений (блоки инструментов, многорезцовые державки, быстросменные патроны и др.). Даются схемы компоновок специальных многоинструментальных и агрегатных станков, РТК, систем автоматического управления, поднастройки и регулирования процесса обработки.

План обработки предусматривает наметку определенного порядка операций, позволяющего увязать в комплексе конструкции станка, загрузочно-разгрузочных, транспортных устройств и средств автоматического контроля. План обработки составляется на основе анализа чертежа детали и заготовки. Расчленение технологического процесса на отдельные операции и последовательность их выполнения устанавливаются с учетом:

* максимальной концентрации операций;
* сохранение постоянства баз;
* выравнивание по продолжительности времени выполнения отдельных операций;
* выполнение чистовых и отделочных операций в конце процесса.

Установочные базы могут иметь любую форму поверхности (плоскую, цилиндрическую, коническую или криволинейную), если они обеспечивают:

* необходимую точность ориентации заготовки относительно инструмента при автоматической загрузке;
* удобство установки и надежность фиксации и закрепления заготовки в рабочей позиции в приспособлениях, смонтированных на станке;
* сохранение постоянства базы в процессе всего цикла обработки детали.

Выбранные базовые поверхности должны не только удовлетворять обычным технологическим требованиям (стабильность положения заготовки в процессе обработки, наименьшие погрешности установки, жесткость и устойчивость под действием зажимных усилий и сил резания и др.), но также обеспечивать наиболее благоприятные условия автоматической загрузки заготовок в приспособления и транспортирования заготовок. При выборе баз необходимо учитывать также конструкцию автоматического загрузочного устройства.

Базовыми поверхностями при обработке корпусов, например, служат плоскости с фиксирующими отверстиями или цилиндрические наружные и внутренние посадочные плоскости. При обработке валов – центровые фаски и наружные цилиндрические поверхности; при обработке дисков и фланцевых деталей - торцевые поверхности и выступающие цилиндрические пояски.

При обработке на автоматических линиях деталей сложной формы, не имеющих удобных базовых поверхностей, как, например, лопатки турбин и компрессоров, применяются приспособления-спутники, в которых устанавливаются и закрепляются заготовки, помещаемые от начала до конца линии.

Проектирование операций, выполняемых автоматически, включает подробную разработку содержания каждого перехода, последовательность выполнения и возможность совмещения их во времени, выбор оборудования, инструментов и приспособлений, режимов резания. Для каждой операции устанавливают настроечные размеры, и составляется схема наладки; определяется норма времени на выполнение операции и производится выравнивание его заданному такту.

Оборудование, применяемое при определенном технологическом процессе выбирается в зависимости от методов и сложности обработки, размеров детали и масштабов производства. Прежде всего, оно должно обеспечивать выполнение технических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали в отношении точности ее размеров, формы и качества поверхности. Оборудование должно быть высокопроизводительным и экономичным в эксплуатации.

В зависимости от масштабов производства степень автоматизации технологического оборудования может быть различной. Анализ использования оборудования, по данным зарубежных стран (ФРГ, США), показывает, что в мелкосерийном производстве (до 10 деталей в партии) станки работают (основное технологическое время) только 6% от астрономического фонда времени, в среднесерийном (11-5000 деталей в партии) - до 8%, в крупносерийном и массовом (более 5000 деталей в партии) - до 22%. В третью смену, выходные и праздничные дни, зачастую и во вторую смену, что составляет от астрономического фонда времени 50%и более, станочное оборудование на предприятиях не работает.

К настоящему времени определились тенденции, а также разработаны типовые конструкторско-технологические решения автоматизации различных видов производства:

* для мелко- и среднесерийного - станки с ЧПУ, роботизированные станки с ЧПУ (модули), роботизированные участки станков с ЧПУ, гибкие производственные системы;
* для крупносерийного - переналаживаемые автоматические линии или гибкие производственные системы на базе специальных станков и станков с ЧПУ;
* для массового - классические (переналаживаемые) автоматические линии, агрегатные и специальные станки, комплексные автоматические системы на их базе.

**5 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

При проектировании АТП важно правильно сочетать принципы дифференциации технологического процесса и концентрации операций, обеспечивающих максимальную производительность.

Концентрация операций автоматизированного технологического процесса осуществляется путем применения:

* сложного комбинированного инструмента (фасонных токарных резцов, ступенчатых сверл, зенкеров и разверток, фасонных фрез, сложных протяжек, профильных шлифовальных кругов и т.д.);
* наборного инструмента (набора резцов в одной державке, набора сверл, зенкеров, разверток и метчиков в многошпиндельной головке, набора фрез, шлифовальных кругов и т.д.);
* многоинструментальных агрегатных, многопозиционных и специальных станков.

Степень концентрации операций при обработке деталей на автоматах и автоматических линиях может быть очень высокой. Однако если совмещение переходов во времени влечет за собой значительное увеличение числа инструментов в наладке, то эффективность высокой концентрации операций снижается, ибо чрезмерное увеличение числа инструментов связано с неизбежным увеличением затрат времени на регулировку и поднастройку инструментов. В результате чего производительность труда не возрастает, а снижается. Кроме того, для осуществления многоинструментальных наладок требуется более сложная и дорогостоящая техническая оснастка, что, в свою очередь, отражается на себестоимости обработки изделия. Оптимальное количество инструментов в наладке, например, револьверной головки можно определить, построив кривую зависимости производительности обработки Q (шт./мин) от количества инструментов «р» в наладке. Эта зависимость выражается уравнением следующего вида:



где: ∑ tp = Tp – суммарное время, в течение которого «р» рабочих инструментов производят обработку одного изделия, мин.;

р – количество инструментов в наладке;

∑tx – суммарное время холостых ходов, мин.;

tc – суммарное время на смену и регулировку одного инструмента;

Tb – вспомогательное время на установку съем детали.

Входящие в формулу вспомогательное время Тв и время холостых ходов станка ∑tx на одну деталь являются величинами постоянными и не зависят от числа инструментов в наладке, они не влияют на характер кривой Q = f(p), а затраты времени на смену и регулирование инструментов прямо пропорциональны количеству инструментов в наладке. Максимум производительности обработки достигается при определенном количестве инструментов «р» в наладке. Это значение «р» определяет предел концентрации операций данного процесса.

Для обработки среднегабаритных и мелких деталей по методу высокой концентрации операций наиболее целесообразно предусматривать многошпиндельные автоматы, многопозиционные агрегатные полуавтоматы и автоматы, а для обработки крупногабаритных корпусных деталей – агрегатные станки, скомпонованные из нормализованных узлов и многооперациионные станки с ЧПУ.

**Типизация технологических процессов и групповая обработка** подобных однородных деталей являются одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих сокращение сроков и стоимости технологической подготовки автоматизированного производства. Предпосылкой типизации технологических процессов является классификация однородных деталей и их элементов, методов и средств их изготовления.

Типовые технологические процессы разрабатываются на основе анализа, систематизации и обобщения опыта промышленности по изготовлению подобных деталей и предусматривает применение высокопроизводительного оборудования, средств механизации и автоматизации и прогрессивных методов обработки. При этом широко осуществляется нормализация и унификация подобных деталей и их конструктивных элементов.

Различают метод типизации применительно с определенным классом однородных деталей и по видам обрабатываемых поверхностей, и комплексный метод, основанный на классификации обрабатываемых поверхностей применительно к определенным классам деталей. При этом всякая сложная поверхность детали любой геометрической формы рассматривается как совокупность простых, элементарных поверхностей.

При одном и том же способе установки детали на станке можно обработать один или несколько элементов формы, которые образуют технологическую поверхность. Для всех подобных технологических поверхностей в зависимости от их геометрической формы, размеров и концентрации детали определяется оптимальный метод их получения, необходимое оборудование и средства автоматизации.

Типизация технологических процессов позволяет применять нормализованные приспособления, которые проектируются по типовым схемам базирования и закрепления деталей, и обеспечивают возможность полной или частичной обработки на одном приспособлении нескольких типоразмеров с помощью комбинированного инструмента и многоинструментальных наладок.

По принципу типизации технологических процессов разработан метод групповой обработки деталей. Он характеризуется общностью оборудования и оснастки для выполнения одинаковых операций на однородных деталях. В основе построения технологических процессов групповой обработки лежит сложная комплексная деталь, состоящая из ряда элементарных поверхностей. Другие детали, объединенные в группу, должны иметь полное или частичное сочетание тех же поверхностей, что и у комплексной детали и те же базы. Таким образом, комплексная деталь имеет все элементы поверхностей, свойственные всем другим, а процесс обработки ее, как правило, должен включать методы обработки всех элементов поверхностей деталей данной группы.

Типизация технологических процессов и групповые методы обработки позволяют приблизить масштабы изготовления к крупносерийному типу производства, и даже к массовому. Это позволяет более широко применять высокопроизводительное оборудование и средства механизации и автоматизации с применением станков с ЧПУ и многономенклатурных автоматических линий.

Кроме того, типизация технологических процессов открывает широкие возможности применения ЭВМ для подготовки производства. В настоящее время для обработки деталей на станках с ЧПУ широко используются автоматизированные системы проектирования технологических процессов и программирования с использованием компьютеров.

**5.1 Компоновка операций и технологического оборудования при автоматизации технологических процессов. Последовательное, параллельное и смешанное агрегатирование**

Станки с ручным управлением – преимущественно однопозиционные. Автоматы, полуавтоматы и автоматические линии строят с несколькими рабочими позициями. На одношпиндельных станках может выполняться одно - или многоинструментальная обработка. При одноинструментальной обработке в каждой данный момент времени участвует только один инструмент, что не может обеспечить достаточно высокой производительности. Многоинструментальная обработка характеризуется тем, что в работе одновременно участвует несколько инструментов. При этом производительность повышается, но возможны затруднения в обеспечении хорошего отвода стружки, охлаждения инструментов, высокой жесткости системы, удобства для обслуживания и контроля инструментов.

Многопозиционнная обработка бывает последовательной, параллельной и параллельно-последовательной. Для осуществления *последовательной обработки* на станке или автоматической линии предусматривается несколько стационарных рабочих позиций, расположенных в порядке выполнения технологического процесса. При прохождении обрабатываемой детали по позициям, на каждой из них последовательно выполняется часть процесса. Причем эти части должны быть приблизительно одинаковой продолжительности. Рабочие позиции в малом или сравнительно большом количестве целесообразно располагать в линию. Среднее количество позиций размещают по окружности



**а)**

**б)**

Рис. 5.1. Расположение рабочих позиций: а) – в линию, б) – по окружности.

На оборудовании последовательного действия целесообразна обработка сравнительно сложных деталей. Если же использовать этот метод для простых деталей, период рабочего цикла станет очень малым, и в нем будет преобладать время на выполнение вспомогательных движений. Для обработки несложных деталей более подходят простые по конструкции станки параллельного действия, в которых на всех позициях одновременно или со сдвигом по времени выполняется одна и та же операция. Позиции могут быть стационарными, по такой схеме устроены, например, многошпиндельные фасонно-отрезные автоматы, имеющие на каждой позиции отдельный механизм подачи и зажима обрабатываемого материала (рис. 5.2).



Рис.5.2. Стационарные позиции.

По второй схеме (рис. 5.3) проектируются роторные станки, в них рабочие позиции, образованные шпинделем 6 и суппортом 1, помещены на карусели, состоящей из стола 5 и гильзы 4. При непрерывном вращении карусели суппорта получают рабочие и вспомогательные перемещения от неподвижного барабанного кулачка 2, находящегося на колонне 3. Полная обработка детали производится за время одного оборота карусели.



Рис. 5.3.Схема токарной обработки, выполняемой на станке роторного типа.

Может быть компоновка оборудования для выполнения высокопроизводительной параллельно-последовательной обработки.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рис. 5.4. Многопоточная автоматичес-кая линия с линейным расположением позиций, предназначенных для выпол-нения «q» операций в «р» параллельных потоках |  | Рис. 5.5. Параллельно – последователь-ная обработка на позициях, размещенных по окружности |

На многопозиционных токарных автоматах и полуавтоматах параллельно-последовательного действия позиции располагают по окружности (рис. 5.5).

**5.2 Особенности инструмента и приспособлений, применяемых в автоматизированном производстве. Безподналадочная замена инструмента**

***Для станков с ЧПУ***

Под *инструментальной оснасткой для станков с ЧПУ* понимают комплекс из режущего и вспомогательного инструментов и приборов настройки вне станка.

Поскольку на станках с ЧПУ обрабатывается широкая номенклатура сложных и часто дорогих деталей без применения специальных приспособлений режущий инструмент для этих станков должен обладать:

* высокой режущей способностью и надежностью, достигаемыми использованием для изготовления инструмента более совершенных материалов;
* повышенной точностью, достигаемой за счет изготовления по специальным техническим условиям (до двух раз более жесткими, чем по действующим стандартам);
* универсальностью, позволяющей обрабатывать сложные детали за один автоматический цикл. Это достигается применением многоцелевого, комбинированного и регулируемого инструмента.

Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ должен обеспечивать возможность быстрой и точной замены режущего инструмента, его настройку на размер вне станка, регулирование положения режущей кромки, возможность закрепления режущего инструмента в стандартном и специальном исполнении. Эти требования удовлетворяются за счет создания специального вспомогательного инструмента с точными базовыми и присоединительными поверхностями, повышенной жесткости и с элементами регулирования и закрепления, а также применением нормализованного вспомогательного инструмента, но изготовленного по специальным техническим условиям (переходные и регулируемые втулки, сверлильные патроны) и др.

Для максимального сокращения простоев станков с ЧПУ режущий и вспомогательный инструмент предварительно настраивают на размер вне станка.

Широкая номенклатура инструмента, применяемого на каждом станке, и высокая точность предварительной настройки требуют во многих случаях применения точных универсальных оптических приборов.

Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ имеет свою специфику по конструктивному оформлению, качеству и точности изготовления. Она выпускается с жесткими требованиями по условиям взаимозаменяемости: должна быть более жесткой, массивной и виброустойчивой, чем в обычных условиях.

На станках токарной группы с ПУ применяют резцы с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами с механическим креплением, используются пластинки трехгранной формы, ромбические, выпускаются со шлифованными боковыми сторонами с допуском ±0,01 мм. Применяют пластинки с покрытиями, например, карбида титана (толщиной ≈ 6 мм), что повышает их стойкость в 2-3 раза. Или, например, покрытие из окиси алюминия. Перспективны инструменты на основе нитрида бора.

На станках с ПУ применяют также резцы с напаянными пластинками из твердого сплава – отрезные, канавочные и расточные.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рис. 5.6. Резец с механическим креплением |  | Рис. 5.7. Резец с напаянной пластиной (лопаточный резец, удобный для получения выточек) |

Для растачивания отверстий в корпусных деталях используются расточные резцы – вставки с микрорегулировкой. Эти инструменты обеспечивают наладку размер с точностью 0,01...0,02 мм на диаметр.

Для многооперационных станков (ОЦ) точность основного и вспомогательного инструмента имеет первостепенное значение, так как точность позиционирования на этих станках достигает 0,01 мм. Инструменты, скалки и державки для инструментов имеют шлифовальный конический хвостовик, вставляемый в шпиндель станка.



Рис. 5.8. Конический хвостовик.

Канавка 2 служит для крепления конуса в шпиндель, а шейка 1 для захвата инструмента механической рукой при перемещении его из магазина в шпиндель станка и обратно.

Концевые фрезы также имеют более высокую жесткость и точность исполнения.

Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках с ПУ носят универсальный характер. Они просты по конструкции, имеют ручные зажимные устройства (прихваты, кулачки патронов или планшайб), но отличаются точным исполнением. Для станков токарной группы заготовки устанавливают на центре, в самоцентрирующие патроны, на планшайбы. При обслуживании станков роботами необходимы механические зажимные устройства, приводимые в действие от управляющей программы.

При обработке заготовок на расточных, фрезерных и сверлильных станках заготовку можно устанавливать своей чисто обработанной базой непосредственно на стол станка с ориентацией по Т-образному ходу. Нередко ориентирование осуществляют на паз и центральное отверстие или боковой упор. Для этой цели в Т-образный паз стола устанавливают линейку и закрепляют. В ряде случаев вместо линейки на столе закрепляют угольник, по которому устанавливают обрабатываемые заготовки. Широко применяются УСП.

***Для агрегатных станков***

Также повышенные требования к точности и быстродействию, особенно к надежности, т.к. при большом числе одновременно работающих инструментов суммарные силы и моменты резания получаются весьма значительными. Это обуславливает увеличение сил зажима заготовки во избежания ее сдвига в процессе обработки и повышения жесткости приспособления и технологической системы в целом для уменьшения деформаций заготовки от действия сил резания и зажима. Повышение требований к точности изготовления приспособлений вызывается тем, что на последних позициях обработки выполняются точные технологические переходы (6, 7 квалитеты), а требования быстродействия – тем, что время на установку и закрепление заготовки занимает большую долю в штучном времени обработки на рабочих позициях станка.

В конструкциях многопозиционных станков нередко встречаются устройства для автоматического закрепления и открепления заготовок. После установки заготовки в приспособление на загрузочной позиции стол поворачивается на следующую позицию, и в процессе поворота гидравлическое устройство зажимает заготовку.

Таким же образом происходит открепление заготовки в конце обработки. Применение гидравлических и пневматических зажимных устройств сокращает время на закрепление и открепление заготовки, обеспечивает стабилизацию зажимной силы (это важно для повышения точности обработки) и возможность автоматизации работы приспособления. Гидравлические и пневматические зажимы малогабаритны, а это в условиях многоинструментной обработки весьма существенно для их размещения в стесненной рабочей зоне станков.

Применяемые на агрегатных станках приспособления для закрепления режущих инструментов также имеют свою специфику. Прежде всего, они обеспечивают быструю установку и снятие их со станка; это необходимо для сокращения времени на смену затупившихся инструментов. При большом количестве инструментов это время должно быть очень малым. Необходимо, чтобы конструкция этих приспособлений была удобной для быстрой установки (наладки) режущего инструмента на размер вне станка. Так, например, после перетачки сверла укорачиваются, поэтому в державках сверл предусматривается быстрая регулировка их положения по длине в целях обеспечения заданной глубины сверления отверстий.

Важное значение имеют приспособления, расширяющие технологические возможности агрегатных станков. Ранее считалось, что обработка на этих станках основана на простой кинематике рабочих движений. На станках сверлильно-расчетной группы обработку ведут только осевой подачей режущего инструмента. На станках фрезерной группы обработка основана на использовании только одного движения подачи. В связи с этим на агрегатном станке нельзя рассчитать коническое отверстие, прорезать в отверстии кольцевые канавки. На фрезерных станках нельзя обработать шпоночный паз с закрытыми концами для призматической шпонки, обработать плоскость продольной и поперечной подачей, а также выполнить другие переходы обработки комбинированной подачей режущего инструмента.

Расширение технологических возможностей агрегатных станков обеспечивается применением ряда специальных приспособлений, устанавливаемых на рабочие шпиндели или силовые головки. К их числу можно отнести приспособления–насадки для нарезания резьб в сквозных и глухих отверстиях (эти приспособления имеют реверсивные устройства для вывертывания метчика и предохранительные муфты для устранения его поломки), для растачивания конических отверстий (расточной резец кроме осевой подачи имеет от копира радиальную подачу), для протачивания в отверстиях кольцевых канавок и торцов. При фрезеровании применяют устройства, сообщающие дополнительные перемещения фрезерной головке при выполнении отдельных технологических переходов. Эти перемещения осуществляются по прямой или по дуге окружности специальным гидроцилиндром. Основная и дополнительная подача инструмента производится последовательно или одновременно в зависимости от условий обработки.

Режущий инструмент для агрегатных станков имеет свою специфику. Высокая степень концентрации технологических переходов обуславливает применение инструмента многолезвийного типа. Этим инструментом обрабатываются ступенчатые отверстия, фаски на них, а также торцовые поверхности небольшой ширины. При этом обеспечивается высокая производительность обработки. Многие инструменты выполняют сборного и комбинированного типов.

***Инструментальная оснастка автоматических линий***

Требования в основном те же, что и для агрегатных станков. На автоматических линиях рекомендуется применять стандартные режущие инструменты. Для гарантированного получения деталей заданного качества инструменты должны иметь повышенную точность для диаметральных размеров и незначительное биение режущих лезвий.

Комбинированные инструменты целесообразно применять для достижения точного взаимного положения обработанных поверхностей или значительного упрощения и удешевления линии.

Часто используются наборы фрез или резцов (расточных, фасочных) на общей оправке, что позволяет на одной позиции обработать несколько поверхностей.

На каждой автоматической линии обычно установлено большое количество режущих инструментов. Выход из строя любого из них сопровождается остановкой соответствующего станка или всей линии. Наработка на отказ инструмента значительно ниже наработки на отказ других элементов линии. Все эти обстоятельства приводят к тому, что из-за отказов режущих инструментов автоматические линии часто останавливаются. Хотя отказы быстро устраняются, суммарные простои очень велики. Из-за смены и подналадки инструментов простои автоматических линий составляют до 15 % общего фонда времени работы или около половины всего времени простоев. Поэтому повышению стойкости режущих инструментов и улучшению их эксплуатации уделяется большое внимание.

Снижению простоев линии способствует следующие мероприятия: применение быстросменных инструментальных наладок, принудительная смена инструментов, настройка их на размер вне станков, обеспечение простоты и удобства наладки на станке и вне станка, использование устройств, контролирующих целостность инструментов.

Как известно, своевременная смена инструментов – необходимое условие эффективной работы металлорежущего оборудования. Чрезмерное затупление инструментов ведет на черновых операциях к их выкрашиванию и поломкам, а на чистовых – к браку. Менять их при слишком малом износе не следует, т.к. это повысит их расход и приведет к частным остановкам линии. Поэтому производится принудительная смена инструментов, т.е. смена после обработки определенного количества деталей.

При принудительной смене все инструменты, установленные на линии, разделяют на группы так, чтобы в одной оказались инструменты, которыми между переточками можно обработать приблизительно одинаковое число деталей «n». Величина «n» вычисляется по формуле

,

где: Т - стойкость данного инструмента в минутах фактического резания;

λ – отношение времени фактического резания к машинному;

tm – машинное время, т.е. время перемещения инструмента со скоростью рабочей подачи.

В комплекс автоматической линии входит инструментальный стенд, помогающий организовать принудительную смену инструментов. Заточенные и настроенные инструменты вместе с переходными державками хранятся в гнездах. На табличках, находящихся рядом с гнездами, помечены индексы и наладочные размеры инструментов. Размещаются инструменты группами, в зависимости от числа обрабатываемых деталей. К каждой группе относится отдельный счетчик циклов. Счетчик подает звуковой или световой сигнал о необходимости смены.

**5.3 Назначение загрузочных устройств. Классификация загрузочных устройств**

Одной из основных проблем при автоматизации металлорежущих станков является автоматизация загрузки заготовок и разгрузи (съема) обработанных деталей, а при создании автоматических линий, кроме того, и автоматизация транспортных перемещений между станками. Это вызвано разнообразием операций, разнообразием форм и размеров заготовок. Иногда конструкция заготовок такова, что автоматизировать загрузку невозможно.

Автоматизация загрузки и разгрузки оборудования позволяет изменить процесс труда, повысить безопасность работы, увеличить коэффициент использования оборудования. А в некоторых случаях интенсифицировать режим работы оборудования, полуавтоматические станки и станки с ручным управлением можно превратить в автоматы, снизив тем самым штучное время, широко использовать многостаночное оборудование. Автоматически действующие загрузочные устройства в основном применяются в серийном и массовом производствах.

Загрузочные устройства могут быть разделены на два класса: для штучных заготовок и сортового материала (прутки, трубы, листы). Устройства для сортового материала являются узлами металлорежущих станков.

Мы остановимся на загрузочных устройствах для штучных заготовок. Загрузочные устройства для штучных заготовок выполняют в виде самостоятельных механизмов станков, механизмов, связанных со станком, либо механизмов станочных приспособлений.

Загрузочные устройства должны

1. вмещать штучные заготовки в количестве, достаточном для непрерывной работы станка без участия рабочего не менее, чем в течение 15 минут (время, обеспечивающее возможность многостаночного обслуживания);
2. ориентировать заготовки относительно станка;
3. поштучно выдавать заготовки;
4. транспортировать заготовки к рабочей зоне;
5. устанавливать заготовки на рабочую позицию.

В соответствии с этим загрузочные устройства имеют следующие узлы:

* 1. накопители;
  2. механизмы ориентации;
  3. отделители (отсекатели);
  4. транспортеры;
  5. питатели.

Блок-схема загрузочного устройства для штучных заготовок

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

В зависимости от типа загрузочного устройства некоторые из перечисленных механизмов могут и отсутствовать. Например, если заготовки лежат в накопителях ориентировано, то не нужен механизм ориентации. Отдельные узлы загрузочных устройств могут выполнять совмещенные функции. Например, отделитель может быть одновременно и питателем.

Различают загрузочные устройства трех типов: магазинные, бункерно-магазинные и бункерные.

Эти три разновидности загрузочных устройств отличаются друг от друга главным образом по производительности (количество заготовок, подаваемых в рабочую зону в единицу времени). Наибольшую производительность имеют бункерные загрузочные устройства, за ними следуют бункерные магазины, потом магазины.

Приведем классификацию загрузочных устройств:

Автоматические загрузочные устройства для штучных заготовок

Магазинные загрузочные устройства (магазины)

Бункерно-магазинные загрузочные устрой-ства (бункерные магазины)

Бункерные загрузочные устройства (бункера)

шиберный (ножевой)

вибробункер

дисковый карманчиковый

крючковый

стержневой

барабанный бункерный магазин

лотковый бункерный магазин

магазины- транспортеры

самотечные магазины

трубчатые

лотковые

цепные

винтовые

дисковые

фрикционные

и другие

шахтные

зигзагооб-разные

винтовые

прямые

стержневыеееееее

и другие

и другие

Рис. 5.9. Классификация загрузочных устройств.

В магазинные загрузочные устройства заготовки загружают и ориентируют вручную в один ряд вплотную, либо вразрядку.

В бункерные магазины заготовки укладывают и ориентируют также вручную, но укладка уже многослойная.

В бункерные загрузочные устройства заготовки закладываются без соблюдения ориентации, т.е. «навалом».

**Самотечные магазинные загрузочные устройства (магазины)**

Особенностью магазинов является то, что их заполнение заготовками производится в один ряд с соблюдением их ориентации.

Различают самотечные магазины и магазины-транспортеры.

**1. Самотечные магазины**

В этих магазинах заготовки перемещаются под действием силы тяжести. К ним относятся трубчатые магазины, шахтные магазины и стержневые магазины.

*Трубчатый магазин*



Рис. 5.10. Схема трубчатого магазина

Накопителем служит труба 1. Ее сечение выбирается в соответствии с формой заготовки 2. Труба может быть прямой или изогнутой (для увеличения вместимости магазина при малых габаритах).

Бывают магазины, у которых трубы выполнена в виде цилиндрической пружины или резинового шланга. Отделитель 3 перемещает заготовку на линию центров О-О, после этого питатель 5 направляет заготовку в разжатую цангу 4, преодолевая при этом сопротивление пружины, которая выполняет роль выталкивателя. Цанга зажимает заготовку, после чего отсекатель и питатель возвращаются в исходное положение. Затем начинается выполнение операции: резец, перемещаясь последовательно по контуру 0-1 – быстрый ход вперед, 1-2 – проточка диаметра, 2-3 – подрезка торца, 3-4 – быстрый ход назад, 4-0 – быстрый ход вправо, обрабатывает заготовку. Затем цикл повторяется автоматически.

Вместо такого описания цикла строят циклограмму. Она содержит не только сведения о последовательности действий механизмов, но и сведения о времени их действия и о времени цикла. Циклограмму строят таким образом, чтобы время цикла было минимальным, но при этом следует обратить внимание на то, чтобы движущиеся части механизмов не подвергались воздействию недопустимо больших инерционных сил. Там, где это возможно, следует совмещать движение отдельных узлов во времени.



Трубчатые магазины используются для шариков, для цилиндрических деталей с соотношением , а также небольших плоских заготовок.

*Шахтные магазины*

Заготовки укладывают одна на другую, при этом ориентируют, например, прорезью направо.



Рис.5.11.Схема шахтного магазина.

Шахтные магазины в основном используют для заготовок в виде дисков, квадратов, прямоугольников, для заготовок, имеющих сложную конфигурацию. Поперечное сечение соответствует профилю подаваемых заготовок. Размеры внутренней полости обычно на 1,2 - 3 мм больше размеров (диаметра, стороны квадрата, прямоугольника и т.п.) заготовок. Высоту шахтных магазинов обычно принимают 250 – 400 мм.

*Стержневой магазин*

Используют в основном для заготовок класса дисков или плоских квадратных и прямоугольных заготовок. При ориентации по отверстию заготовки надеваются на стержень накопителя, при ориентации по наружному контуру заготовки устанавливаются между стержнями.



Рис. 5.12. Схема стержневого магазина.

*Лотковые магазины*

В лотковых магазинах роль накопителя выполняет лоток. Лотковые магазины бывают прямые, зигзагообразные, винтовые и др.



Рис. 5.13. Прямой лотковый магазин.

*Магазин с зигзагообразным лотком*

За счет зигзага увеличивается объем магазина. По лоткам-скатам детали перемещаются путем качения, на лотках-склизах - скольжением. Лотки изготавливаются цельными, сборными: регулируемыми и нерегулируемыми. Формы лотков довольно разнообразны и определяются в основном размерами и формой обрабатываемых деталей.



Рис. 5.14. Магазин с зигзагообразным лотком.

**Магазины–транспортеры**

В этих загрузочных устройствах заготовки перемещаются с помощью приводных механизмов, в отличие от самотечных магазинов, где использовалась сила тяжести. Т.е. в магазинах–транспортерах используется привод.

*Магазины–транспортеры бывают:*

1. цепные;
2. горизонтальные лотковые;
3. дисковые;
4. винтовые и другие.



Рис. 5.15. Цепной магазин – транспортер.

Цепные магазины–транспортеры обладают большой емкостью. Они нашли применение на вертикально-протяжных станках, где короткий цикл обработки и требуется большая емкость магазинов, а также на многорезцовых станках при транспортировании тяжелых валов большой длины.



Рис. 5.16. Схема горизонтального лоткового магазина- транспортера.



Рис. 5.17. Дисковый магазин- транспортер. 1 - цанга, 2 - заготовка, 3 - диск с заготовками, 4 - механизм периодического поворота диска, 5 - револьверная головка, 6 - цанговый патрон.

Этот магазин транспортер смонтирован на револьверном станке. Рабочий вручную устанавливает заготовки на пальцы диска. В положении, показанном на рисунке 5.17., револьверная головка перемещается к диску. Цанга револьверной головки входит в деталь, последняя при обратном движении окажется на револьверной головке. Когда VI позиция окажется напротив цангового патрона, происходит установка детали в цанговый патрон. После одного полного оборота револьверной головки диск с заготовками повернется на один угловой шаг и подставит следующую заготовку для транспортирования в рабочую зону. В этом устройстве револьверная головка исполняет роль транспортера и питателя. Дисковые магазины нашли применение для подачи деталей в рабочую зону зубообрабатывающих, торцешлифовальных станков.

*Винтовые магазины- транспортеры*



Рис. 5.18. Винтовой магазин-транспортер

Применяют для подачи стержневых и конических роликов, колец и др. деталей. В основном коротких деталей, во избежании заклинивания. Бывают магазины- транспортеры и с двумя винтами.

**Бункерные магазины**

Также как и в магазинах, заготовки в бункерные магазины укладываются вручную с соблюдением ориентации, однако укладка многослойная. Бункерные магазины позволяют накапливать большое количество заготовок, их следует применять, когда время цикла  небольшое и магазины не обеспечивают нужной производительности.



Рис. 5.19.Бункерный магазин.

Различают барабанные бункерные магазины и горизонтальные полусамотечные бункерные магазины.



Рис. 5.20. Схема барабанного бункерного устройства

Применяются для заготовок типа стержней, колец и дисков.



Рис. 5.21. Схема лоткового бункерного магазина.



Необходимо иметь настройку на α. Лотки просты, надежны в работе. Применяются для заготовок типа колец, дисков.

В бункерных магазинах могут образовываться своды из заготовок, поэтому следует предусматривать ворошители, разрушающие своды. Конструкции сводоразрушителей могут быть различны.



Рис. 5.22.Схема бункерного магазина со сводоразрушителем.

**5.4 Узлы загрузочных устройств**

***Отделители (отсекатали)*** – предназначены для отделения от общего потока одной либо нескольких заготовок, а затем для подачи их к питателю, либо в рабочую зону. В качестве отсекателей используют штифты, планки, диски, барабаны и т.п. Отсекатели в зависимости от движения подразделяются на отсекатели: а) с возвратно-поступательным движением; б) колебательным движением; в) вращательным движением. Штифты – отсекатели приводятся в движение либо от кулачков распределительного вала, либо от пневмоцилиндра, либо от подвижных частей питателя.



Рис. 5.23.Штифтовой отделитель: 1-магазин, 2-заготовка, 3-штифты, 4-рычаг.

В штифтовых отсекателях штифты 3 располагаются параллельно на расстоянии, равном размеру заготовки 2. Приводятся в движении от поворачиваемого рычага 4.

Недостаток штифтовых отсекателей состоит в том, что они имеют нейтральное положение, поэтому при недостаточной скорости действия отсекателя возможно наскакивание штифтов на заготовку или проскакивание нескольких заготовок.

Производительность отсекателей с возвратно-поступательным движением 100-120 отсеканий/мин.

Отсекатель с колебательным движением изображен на рисунке 5.24.



Рис. 5.24. Отсекатель с колебательным движением.

Этот отсекатель состоит из качающегося сектора и двух штифтов, расположенных с разных сторон накопителя. В том положении, как показано на рисунке 5.24, верхний штифт удерживает общий поток заготовок, кроме нижней заготовки, которая проваливается в приемный лоток. При движении справа налево нижний штифт перекрывает выход в приемный лоток, а верхний даст возможность деталям опуститься до нижнего штифта. Расстояния между отсекателями равно размеру заготовки, если отсекается одна деталь, либо размеру заготовки, умноженному на число деталей, если отсекается несколько штук.

Производительность таких отсекателей до 150 шт./мин. Как упоминалось ранее, существуют отсекатели с вращательным движением отсекающих звеньев, например, дисковые или барабанные отсекатели.



Рис. 5.25. Дисковый отсекатель

Дисковые отсекатели представляют собой диски или барабаны с вырезами по форме подаваемых заготовок. Они получают принудительное периодическое вращение от специального механизма. При повороте такого диска или барабана на некоторый угол запавшая из магазина в вырез заготовка отделяется от общего потока и передается в питатель, в то время как остальные заготовки удерживаются в накопителе. Дисковые отсекатели, имея малую относительную скорость, обеспечивают высокую производительность, плавность работы и отсутствие повреждений поверхностей подаваемых заготовок. В то же время, по сравнению со штифтовыми отсекателями, они имеют более сложную конструкцию и их можно использовать для заготовок типа тел вращения.

***Питатели*** - это механизмы загрузочных устройств, которые подают заготовки из магазина или накопителя к шпинделю станка или к транспортной системе автоматической линии. Конструкции питателей разнообразны, они многозвенны и пространственны и зависят от конфигурации и компоновки станка, формы и размеров заготовок. Питатель является неотъемлемой частью автоматического загрузочного устройства, и его работа связана с кинематикой станка и входит в его цикл.

*По движению исполнительного органа различают питатели:*

1) с возвратно- поступательным движением (траектория-прямая линия);

2) c возвратно-колебательным движением (траектория- часть окружности);

3) c вращательным движением (траектория-окружность);

4) с комбинированным движением.



Рис. 5.26. Схема питателя с возвратно-поступательным перемещением.

На рисунке 5.26 показана схема питателя с возвратно-поступательным перемещением. Для подачи очередной заготовки в патрон станка магазин по направляющим кронштейна опускается вниз, после этого питатель, совершая возвратно-поступательное движение, заталкивает заготовку. После этого патрон должен зажать заготовку, питатель вернется в исходное положение, магазин поднимется вверх.

Питатели с возвратно-поступательным движением рабочего органа являются наиболее распространенным в загрузочных устройствах для металлорежущих станков. Конструкция их проста, но они могут быть рекомендованы при малых скоростях перемещения толкателя. Привод питателей самый разнообразный: механический, пневматический, гидравлический и электромеханический.

Питатели с колебательным движением (маятниковые), по конфигурации проще питателей с возвратно-поступательным движением, кроме того, они позволяют освободить рабочую зону обслуживаемого станка



Рис. 5.27.Питатели с колебательным движением.

Эти питатели перемещают заготовку путем переноса, а поэтому, для удержания подаваемой заготовки они имеют захват. В зависимости от типа обслуживаемого станка питатель может иметь горизонтальную или вертикальную ось качания. Работают такие питатели стабильно, конструктивно они несколько проще питателей с возвратно-поступательным движением, т.к. для них нет необходимости применять специальные направляющие. Примером питателя с комбинированным движением рабочего органа является питатель в дисковом магазине- транспортере, с которым мы знакомились. Там в качестве питателя выступает револьверная головка, совершающая как вращательное, так и возвратно-поступательное перемещения. Являются наиболее распространенными. Обычно используются в многопозиционных контрольных автоматах и различных полуавтоматах, на револьверных станках.

**5.5 Механические руки (автооператоры)**

К загрузочным устройствам относится также различного рола пневматические, гидравлические и другие подъемники, которые переносят заготовки или обрабатываемые детали с транспортера в рабочую зону станка, а после окончания обработки передают деталь на отводящий транспортер. Такие автоматические загрузочные устройства по характеру действий напоминают руки рабочего, устанавливающего и снимающего детали со станка, поэтому их называют механическими руками.

Механические руки широко используются на заводах массового производства при загрузке деталей типа валов, дисков, шестерен.

Простоя механическая рука имеет чаще всего два движения. В случае, показанном на рисунке 5.28, одним из них является вертикальное, обеспечиваемое пневмоприводом, другим – горизонтальное от электродвигателя через редуктор и винтовую пару.



Рис. 5.28. Схема автооператора с одной рукой.

В положении 1 шток пневмоцилиндра опускает клещевой захват на заготовку и поднимает ее над транспортером. Затем каретка руки перемещается по своим направляющим вправо, в положение 2. Механическая рука опускает заготовку в рабочую зону станка. После закрепления заготовки механическая рука приподнимается, не мешая ее обработке. После окончания обработки рука забирает обрабатываемую деталь и переносит ее на транспортер (в положение 1).

Пневмоцилиндр механической руки может располагаться горизонтально или наклонно в зависимости от расположения транспортера по отношению к станку. Различными бывают и способы перемещения руки. Существенный недостаток рассмотренной схемы загрузки состоит в том, что станки простаивают во время перемещения механических рук с одной позиции на другую.

Этот недостаток отсутствует у сдвоенных механических рук. Две механические руки, установленные над станком или позади него, перемещают заготовки и обрабатываемые детали по различным траекториям, которые, однако, пересекаются на линии центров станка. Механические руки работают таким образом, что одна из них подает на линию центров заготовку, а вторая одновременно удаляет обработанную деталь из зоны обработки. Вследствие этого время на загрузку станка минимальное.



Рис. 5.29. Схема сдвоенной механической руки

Привод механических рук предпочитают делать пневматическими. Это ускоряет скорость их срабатывания, а следовательно, сокращает потери времени на загрузку станка, пневмопривод достаточно надежен в работе. На гидрофицированных станках привод механических рук целесообразно выполнять гидравлическим.

Переналадка механических рук с одной операции на другую требует регулировки или замены кинематических звеньев (удлинения или укорочения рычагов, замены кулачков, переустановки упоров и т.п.).

В основе управления механических рук лежит цикловая автоматика, т.е. применения упоров, концевых выключателей и релейных схем. Таким образом, главными признаками механических рук являются:

* возможность выполнения одной или нескольких простых операций;
* наличие жесткой программы;
* сложность и длительность переналадки;
* отсутствие человека в контуре управления.

Механические руки в будущем будут более широко применяться в промышленности. Механические руки применяются в автоматических линиях для установки и съема обрабатываемых деталей на станках, для кантовки деталей, для передачи деталей с одного участка автоматической линии на другой.

**5.6 Трудоемкость сборки и особенности ее автоматизации. Переходы сборочных процессов**

Как известно трудоемкость сборочных работ в машиностроении составляет примерно 20 –50 % от общей трудоемкости изготовления машины. (Меньший предел – для массового производств, верхний предел – для серийного производства.)

От всего объема сборочных работ на машиностроительных заводах механизировано лишь 15…20 %, а остальная часть сборочных операций выполняется вручную.

Весьма незначительное применение в машиностроении имеет автоматическая сборка, примерно 6…7 % от всех видов сборки. Поэтому возникает необходимость сокращения трудоемкости сборочных работ путем ее механизации и автоматизации. Сборочные процессы по механизации и автоматизации отстают от процессов механической обработки.

Слабая механизация и автоматизация сборочных процессов в машиностроении объясняется недостаточной технологичностью собираемых изделий, отсутствием типовых устройств для автоматизации сборки, нестабильностью размеров собираемых деталей.

Необходимо учитывать, что хорошо собираемая конструкция машины при ручной сборке может оказаться непригодной для ее перевода на автоматическую сборку. Внедрению автоматической сборки препятствует также отсутствие единой научно обоснованной методики по проектированию техпроцессов автоматической сборки узлов и машин и незначительное количество практически внедренных автоматизированных сборочных процессов. Большим препятствием для проведения работ по автоматизации процессов сборки является необходимость проектирования специальной оснастки и ее изготовления для каждого завода. Это приводит к большой трудоемкости изготовления автоматизированных сборочных устройств и обходится дорого.

*Проблемными вопросами в области автоматизации сборочных процессов являются:*

1. разработка научных основ автоматизации сборочных процессов. При этом необходимо решить ряд вопросов, таких как выбор оптимального процесса автоматической сборки, обеспечение заданной точности, надежности и производительности устройств автоматической сборки, выбор типа конструкции и размеров сборочной оснастки и т.д.;
2. внедрение типовых и групповых процессов сборки;
3. проведение нормализации, унификации и улучшения технологичности собираемых узлов и деталей;
4. должны быть разработаны типовые сборочные устройства определенного назначения, из которых можно было бы компоновать различные сборочные автоматы и автоматические линии. В этом случае значительно сокращаются трудоемкость и стоимость автоматизированных сборочных устройств и сокращаются сроки их внедрения на заводах;
5. чтобы успешно внедрять автоматизацию в серийное производство, необходимо разрабатывать переналаживаемые сборочные автоматы с различными системами программного управления;
6. изучение надежности и отказов в работе автоматического сборочного оборудования. Изучение способов настройки этих устройств.

Из вышеперечисленного следует, что существует еще много вопросов в автоматической сборке, которые требуют решения.

*Технологический процесс автоматической сборки состоит из следующих взаимосвязанных, последовательно выполняемых технологических переходов:*

1. загрузки собираемых деталей в разгрузочные и транспортные устройства и последующего перемещения деталей к месту сборки с предварительной их ориентацией;
2. базирования и относительной ориентации деталей на сборочной позиции с требуемой точностью;
3. сопряжения соединяемых деталей и закрепления установленной детали, т.е. осуществления собственно сборки (с закреплением или без него);
4. контрольных операций в процессе сборки деталей;
5. удаления собранного узла со сборочной позиции, если сборка на данной позиции заканчивается, или перемещения сборочной единицы на следующую сборочную позицию.

В качестве загрузочных устройств в станках автоматической сборки используют те же загрузочные устройства, что и при механической обработке. Так для мелких деталей применяют вибробункера обычные и многоярусные. Последние позволяют подавать на позицию сборки различные по наименованию детали и существенно уменьшить площадь, занимаемую станком.

Для автоматической загрузки деталей, а в ряде случаев и транспортировке с одной сборочной позиции на другую (особенно для сложных по конфигурации деталей или крупных по размеру) используют автооператоры.

Для собираемых деталей, которые не позволяют применять бункерные механизмы, иногда применяют специальные способы подачи их в зону сборки, к таким приемам следует отнести:

а) подачу штампуемых деталей в ленте с отделением их от ленты на сборочной позиции;

б) удержание деталей клеем на бумажной ленте и т.д.;

Перед сопряжением детали должны занять вполне определенное устойчивое положение. Базирование деталей на сборочных позициях также, как и в приспособлениях для механической обработки, производится по правилу шести точек, но при этом возникают добавочные требования наибольшей стабильности положения сопрягаемых поверхностей при колебании размеров деталей в пределах допуска.

В зависимости от вида сопряжения схемы базирования деталей могут быть различными.

Наибольшую трудность при автоматизации сборочных процессов представляет ориентация деталей одна относительно другой. Детали должны располагаться так, чтобы при любых их размерах, лежащих в пределах поля допуска, сборка была осуществлена. Эта задача решается на базе теории размерных цепей. При автоматической сборке часто встречаются случаи, когда оборудование не может обеспечить точность взаимного расположения деталей, гарантирующего их беспрепятственное соединение.

Для этого одну из деталей во время соединения превращают в подвижный компенсатор, а базирование комплектуемой детали ведется по сопрягаемым поверхностям другой (самоцентрирование). Это позволяет значительно расширить допуски.

Основная функция сборочного автомата – соединение деталей в узле и их закрепление. Эти операции выполняют манипуляторы, сборочные приспособления, транспортирующие устройства с механизмом фиксации и механизмы для закрепления деталей. Соответственно способу закрепления в сборочном автомате на определенных местах по ходу техпроцесса ставятся силовые головки (винтоверты, прессы со специальными насадками для запрессовки, кернения, развальцовки и т.д.), каждая из которых выполняет определенную функцию.

Важную роль в процессе автоматической сборки играет контроль, основными *функциями* которого является:

1. контроль наличия деталей, поступающих на сборку;
2. контроль правильности взаимного расположения собираемых деталей;
3. проверка качества собранного изделия;
4. контроль работы отдельных механизмов автомата;
5. измерение отдельных деталей при селективной сборке с последующим вызовом деталей соответствующей группы из загрузочного устройства.

Последний из элементов процесса автоматической сборки – удаление собранного узла со сборочной позиции или его перемещение на следующую сборочную позицию. Межоперационное транспортирование выполняют транспортные устройства в виде многопозиционных делительных столов, различных типов транспортеров и другие устройства. Удаление собранного изделия со сборочной позиции может осуществляться путем простого механического выталкивания или выдувания воздухом в тару.

*При переходе от ручной сборки к автоматической необходимо:*

1. переработать технологический процесс сборки, расчленив его на элементы, позволяющие наиболее просто выполнить автоматизацию;
2. разработать методы относительной ориентации собираемых деталей на сборочных позициях;
3. разработать конструкции механизмов, осуществляющих сопряжение деталей;
4. разработать компоновку сборочной машины.

**6. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ**

Автоматизация контроля является одним из наиболее сложных вопросов комплексной автоматизации технологических процессов. Она осуществляется по двум принципиально различным направлениям: путем автоматизации послеоперационного (пассивного) контроля и технологического (активного) контроля. Второе направление – направленное на активизацию контроля – является наиболее прогрессивным и перспективным направлением, поскольку качество продукции обеспечивается самим технологическим процессом.

При пассивном контроле контрольные устройства фиксируют размеры деталей или сортируют их по размерам, не оказывая воздействия на ход технологического процесса.

Примером могут служить контрольно–сортировочные автоматы, которые будут рассмотрены далее в этой теме.

При активном контроле контрольные устройства оказывают воздействие на ход технологического процесса, т.е. активно вмешиваются в технологический процесс. Эти системы относятся к замкнутым системам автоматизации, т.е. к системам с обратной связью.

Блок схема замкнутой системы автоматизации может быть представлена следующим образом:



Рис. 6.1. Блок схема замкнутой системы автоматизации.

Размер обрабатываемой детали контролируется с помощью преобразователя ПР. В зависимости от действительного размера преобразователь подает сигналы на СУ, где сравнивается с заданным сигналом.

Величина рассогласования заданного сигнала и сигнала обратной связи усиливается усилителем и попадает в исполнительный орган, в результате чего-либо меняется режим резания, либо подается команда на остановку станка.

Поэтому активным контролем называется метод контроля, по результатам которого вручную или автоматически осуществляется воздействие на ход технологического процесса.

К активному контролю относится, например, контроль при обработке методом пробных проходов; контроль, по результатам которого вручную подналаживаются станки – автоматы; управление процессом обработки по результатам измерения параметров заготовки (для получения заданных размеров, а также для стабилизации сил резания или времени обработки).

К средствам активного контроля относятся устройства для автоматического регулирования режимов резания обработки (например, для стабилизации мощности, затрачиваемой при резании, что соответствует условию наибольшей производительности). Это также системы компенсации износа круга методом его правки перед чистовыми проходами, это контроль в процессе обработки, регулирование размеров с помощью подналадочных систем.

Таким образом, любое измерение, в результате которого осуществляется определенное воздействие на тот или иной процесс, можно отнести к активному контролю.

Особое внимание сейчас уделяется развитию средств автоматического активного контроля. Его внедрение позволяет повысить качество продукции, сократить время обработки деталей путем интенсификации режимов резания и исключения остановок станка для промежуточных измерений, уменьшить затраты на окончательный послеоперационный контроль.

В зависимости от метода измерения средства активного контроля разделяются на устройства, основанные на прямом методе измерения, и устройства, основанные на косвенном методе измерения.

При прямом методе измерения контролируется непосредственно размер изготавливаемой или изготовленной детали. База измерения при этом совпадает с поверхностью контролируемой детали.

При косвенном методе контролируется не размер детали, а положение поверхности измеряемой детали, или положение режущей кромки инструмента, или исполнительных органов станка по отношению к базе установки прибора.

Рассмотрим это на примере плоского шлифования (рис. 6.2).



б)

а)

Рис. 6.2.Схема плоского шлифования с активным контролем: а) косвенный метод измерения, б) прямой метод измерения

При косвенном методе измерения в измерительную цепь помимо размера контролируемой детали включаются размерные параметры самого станка. В данном случае размер  является замыкающим, и его точность зависит от точности размерной цепи, т.е.

.

При прямом методе измеряем непосредственно размер и нет той длинной измерительной цепи, что имели при косвенном методе. Точность обработки в этом случае в основном зависит от тепловых деформаций обрабатываемой детали, погрешности самого прибора и толщины слоя металла, снимаемого с детали за один проход.

Таким образом, косвенный метод менее точен, чем прямой, поскольку получаются более длинные, чем при прямом, размерные цепи.

По выполняемым функциям средства активного контроля размеров могут быть разделены на *4 группы:*

1. устройства, контролирующие детали непосредственно в процессе обработки (приборы управляющего контроля);
2. подналадчики;
3. блокирующие устройства (измерительные «заслоны»);
4. устройства контроля заготовок до обработки.

**6.1 Система управляющего контроля**

К устройствам управляющего контроля относятся приборы, контролирующие размеры деталей, положение режущей кромки инструмента или исполнительных органов станка непосредственно в процессе обработки детали и через цепь обратной связи подающие команду на измерение режимов резания или прекращение обработки при достижении заданных значений контролируемых параметров. Эти устройства управляют циклом работы металлорежущих станков. Рассмотрим пример. На рисунке 6.3. показана принципиальная схема круглошлифовального станка, работающего по методу врезания, с прибором управляющего контроля.



Рис. 6.3. Схема системы управляющего активного контроля: 1- обрабатываемая деталь, 2- скоба активного контроля, 3 – отсчетно – командное устройство, 4 – шлифовальная бабка, 5 – плоские пружины, 6 – рычажная скоба, 7 – гидроцилиндр, 8 – золотник, 9 – электромагнит

В этом случае контролируется непосредственно размер обрабатываемой детали.

При обработке шлифовальная бабка непрерывно подается влево с помощью гидроцилиндра через рычажную передачу, а прибор активного контроля следит за текущим размером обрабатываемой детали. При достижении определенного настроенного размера прибор, например, подает через цепь обратной связи команды на переключение врезной подачи на выхаживание, а с выхаживания на быстрый отвод шлифовальной бабки. Эти команды реализуются через электромагнит 9 и золотник 8, управляющие работой гидроцилиндра.

Таким образом, процесс обработки независимо от влияния различных технологических факторов (припуска на обработку, износа шлифовального круга, температурных деформаций станка и инструмента и других) будет продолжаться до тех пор, пока в контролируемом сечении не будет достигнут заданный размер. В этих условиях на точность обработки перестает влиять размерный износ режущего инструмента, припуск на обработку, силовые деформации системы СПИД, тепловые деформации станка и инструмента. Поэтому с точки зрения компенсации технологических погрешностей контроль деталей в процессе обработки, когда выходном параметром является непосредственно размер, является наиболее прогрессивным, чем, например, подналадка, поскольку компенсируются как систематические, так и случайные составляющие погрешности процесса обработки.

Мы рассмотрели пример, когда выходным параметром является непосредственно размер. Но при управляющем контроле выходным параметром может служить и положение режущей кромки инструмента, и положение исполнительных органов станка. В этом случае технологические погрешности компенсируются лишь частично. И точность в этом случае зависит от протяженности размерных цепей, в которые входит регулируемый размер.

**6.2 Подналадочные устройства**

Подналадка представляет собой одну из форм активного контроля. К подналадчикам относятся измерительные приборы, которые через цепь обратной связи вызывают изменение настойки металлорежущего станка или измерительного устройства, осуществляющего управление работой станка, когда значение контролируемого параметра выходит за допустимые границы или отклоняется от заданного значения.

Подналадочные устройства применяются в основном при обработке на проход, в частности, при сквозном бесцентровом шлифовании. Однако в сочетании с жесткими упорами или средствами контроля в процессе обработки (например, с чувствительными упорами) подналадчики могут применяться и при врезных процессах.

Рассмотрим некоторые системы подналадочных систем.



Рис. 6.4. Схема подналадочной системы при шлифовании: 1 – обрабатываемая деталь, 2 – шлифовальная бабка, 3 – измерительный прибор (подналадчик), 4 – позиция измерения, 5 – электромагнит, 6 – храповой механизм, 7 – червячная фреза, 8 - винт

На рисунке 6.4 показана принципиальная схема подналадочного устройства при сквозном бесцентровом шлифовании колец шарикоподшипника.

Обрабатываемая деталь после выхода из зоны обработки по лотку попадает на позицию измерения подналадчика. По мере износа шлифовального круга размеры деталей постепенно увеличиваются и приближаются к верхней границе поля допуска. В некоторый момент размеры деталей достигают установленной границы подналадки, прибор выдает команду, в результате чего срабатывает электромагнит, управляющий работой храпового механизма. Храповое колесо и связанный с ним червяк, а следовательно, и винт поворачиваются, и шлифуемая бабка перемещается на величину подналадочного импульса. Недостатком такой системы является сложность получения малых перемещений массивной бабки. Она либо не перемещается, либо перемещается на значительные расстояния при повторных импульсах. Поэтому шлифовальную бабку закрепляют шарнирно, что дает возможность обеспечивать малые перемещения.



Рис. 6.5. Схема подналадки для токарной обработки.

Рассмотрим еще схему подналадочного устройства с подвижным жестким упором (рис.6.5).

После обточки на проход деталь измеряется пневматическим прибором 1. При выходе размера детали за допустимую границу, подается команда на поворот ступеньчатого упора 2, (высота каждой ступени составляет 0,0125 мм), который имеет шесть ступеней. После того, как будут использованы все шесть ступеней жесткого упора, подналадочный импульс сообщается резцовой головке, которая при срабатывании преобразователя поворачивается на 1/10 часть оборота (в головке установлено 10 резцов). В дальнейшем подналадку осуществляют в той же последовательности до тех пор, пока все установленные в головке резцы полностью не износятся.

Как мы уже отмечали, подналадка является менее точной формой обратной связи, чем контроль в процессе обработки, поскольку она компенсирует не случайные погрешности, а только систематические и функциональные.

**6.3 Активный контроль заготовок до обработки. Блокирующие устройства**

Устройства, контролирующие заготовки до процесса обработки, можно разделить на две группы: устройства, контролирующие параметры заготовок, и устройства, фиксирующие момент соприкосновения режущего инструмента с заготовкой.

Принцип работы устройств первой группы заключается в том, что по результатам измерения параметров заготовки (действительные припуски, механические свойства и др.), либо стабилизируются силы резания, либо поддерживается постоянным длительность цикла обработки (например, с увеличением припуска увеличивается черновая подача, а с уменьшением припуска- уменьшается).

Устройства второй группы в основном применяются на шлифовальных станках. Например, при шлифовании методом врезания, происходят следующие перемещения шлифовальной бабки: быстрый подвод, рабочая черновая подача, рабочая чистовая подача, быстрый отвод.

Желательно, чтобы переключение с холостого ускоренного перемещения шлифовальной бабки на черновую подачу происходило в момент прикосновения круга к заготовке. Если это переключение произойдет раньше, то круг не сразу начнет шлифовать, что снизит производительность обработки. Запоздалое переключение может вызвать повреждение детали и шлифовального круга. Момент соприкосновения круга с заготовкой фиксируется при помощи реле мощности или тока. Это реле включается в цепь электродвигателя привода круга. При соприкосновении круга с заготовкой увеличивается сила тока, поступающего из сети, в результате чего срабатывает реле и бабка переключается с ускоренного перемещения на черновую рабочую подачу.

Блокировка является простейшей формой активного контроля. Блокирующие устройства в отличие от подналадчиков не выполняют автоматической подналадки, а только останавливают станок, если вследствие износа инструмента или других причин размер деталей выходит за контрольные границы или если нужная обработка вообще не произведена, что бывает при поломке инструмента.

Принцип применения блокирующего устройства удобно рассмотреть на примере многорезцового токарного станка, установить на который подналадчик практически невозможно. Резцы многорезцового токарного станка изнашиваются неодинаково, подналадку для каждого резца необходимо производить отдельно. Автоматическое устройство для этой цели слишком сложно, поэтому идут по другому пути. Обработанная деталь автоматически транспортируется на измерительную позицию, где контролируется по всем размерам одновременно. Если хотя бы один из размеров вышел из контрольных границ, защитно-блокировочное устройство останавливает станок, подавая при этом световой сигнал. К станку подходит наладчик и производит подналадку вручную.

Другой пример характерен для автоматической линии. Предположим, что на одном из станков линии производится сверление нескольких отверстий, а на следующих станках эти же отверстия обрабатываются другими инструментами, например, в них нарезается резьба. Если сломалось сверло, то выйдут из строя, следующие обрабатывающие инструменты. Чтобы этого не случилось, после сверления автоматически контролируется глубина отверстия и, если какое отверстие недосверлено или сверло сломалось, блокирующее устройство останавливает автоматическую линию для смены инструмента и удаления бракованной детали. Команда на остановку станка подается и в случае, если отверстие забито стружкой.

Защитно-блокирующие устройства широко применяются на шлифовальных, токарных, расточных и сверлильных станках.

Блокирующие устройства могут применяться также для регистрации правильного базирования деталей при их обработке или измерении: до тех пор, пока деталь правильно не установлена, процесс обработки или измерения не может начаться.

**Контрольно-сортировочные автоматы**

Контрольно-сортировочные автоматы относятся к разомкнутым автоматическим системам. Они контролируют обработанные детали. Контрольно-сортировочные автоматы получили наибольшее распространение в массом производстве (в подшипниковой, частично в автомобильной и тракторной промышленности).

*Автоматическая сортировка нужна:*

1. при разбраковке на годные детали и брак;
2. при сортировке на размерные группы, т.е. при селективной сборке.

Контрольно-сортировочные автоматы осуществляют автоматический прием, ориентирование, транспортирование, контроль и сортировку деталей. Поэтому они содержат: загрузочное устройство, транспортирующее устройство, измерительный узел, фиксирующее устройство и сортирующее устройство.

Загрузочные устройства контрольно-сортировочных автоматов аналогичны загрузочным устройствам металлорежущих станков. *Основная функция транспортирующего устройства* - это осуществление перемещения детали внутри автомата с подачей на измерительную индикацию и далее к сортирующему устройству.

Следующий узел, который содержит контрольно-сортировочный автомат, – это измерительный. Этот узел является основным в автомате. Он измеряет деталь и в зависимости от действительного размера детали подает команды сортирующему устройству на то или иное переключение. Измерение деталей осуществляется с помощью различных преобразователей. Фиксирующие устройства должно запомнить импульс, поданный от измерительного устройства, на время, необходимое для транспортирования детали от измерительной позиции до соответствующей сортировочной позиции.

Функции сортировочного устройства заключается в направлении детали в соответствующий лоток.

*Транспортирующие устройства контрольно-сортировочных автоматов подразделяются:*

1. на устройства с прерывистым движением,
2. на устройства с непрерывным движением деталей.

В устройствах первой группы детали в процессе измерения неподвижны, а необходимые перемещения совершает измерительное устройство.

В устройствах второй группы деталь непрерывно перемещается относительно измерительного устройства.

Кроме того, *транспортирующие устройства в зависимости от траектории движения детали делятся на три группы:*

1. устройства с движением детали по прямой,
2. устройства с движением детали по окружности,
3. устройства с движением детали по сложной траектории.

Схема контрольно-сортировочного устройства с транспортирующим узлом, перемещающим детали по ломаной линии, показана на рисунке 6.6.



Рис. 6.6. Схема контрольно-сортировочного устройства с транспортирующим узлом.

Толкатели 1 перемещают детали 2 вверх, которые под действием собственного веса перекатываются на следующую измерительную позицию до тех пор, пока они не провалятся в ячейку, соответствующую их размеру. Размеры окон различны.

*h1 < h2 < h3 .*

Такому автомату не нужно фиксирующее устройство для запоминания сигнала.

Схема сортировочного автомата с транспортирующим устройством непрерывного действия при движении деталей по окружности показана на рисунке 6.7.



Рис. 6.7. Схема сортировочного автомата с транспортирующим устройством непрерывного действия.

На транспортирующее устройство в виде звездочки, вращающейся вокруг вертикальной оси и имеющей 4 позиции, загружаются детали (от загрузочного устройства). Эти детали попадают на IV позицию. На трех других позициях, на разной высоте от плоскости стола, установлены упоры *h1 > h2 > h3.*  Эти упоры сталкивают детали в прорези звездочки, если размер детали окажется больше высоты установки упора.

Схема сортировочного устройства с заслонками показана на рисунке 6.8.



Рис. 6.8. Схема сортировочного устройства с заслонками

После измерения детали на измерительной позиции деталь по лотку перемещается к сортирующему устройству. В нем есть заслонки, работой которых управляют электромагниты. Измерительное устройство включает соответствующий электромагнит (на рисунке 6.8 не показан), в результате чего заслонка принимает соответствующее положение. Для этого измерительного устройства нужен трехпозиционный преобразователь. С заслонками может быть и устройство, показанное на рисунке 6.9.



Рис. 6.9. Схема сортирующего устройства с поднимающими заслонками

Это устройство также должно иметь фиксирующий блок для запоминания импульса на некоторое время.

Есть сортировочные устройства с поворотным лотком:



Рис. 6.10.Схема сортирующего устройства с поворотным лотком.

Контрольно-сортировочные автоматы применяются для контроля и сортировки по различным параметрам: по размерам, форме, взаимному расположению поверхностей.

**7 КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Поскольку такое производство многономенклатурное, то применяемое оборудование должно обладать свойством быстрой переналадки на изготовление новых изделий и изделий произвольной номенклатуры. Такими свойствами обладают ГПС. Каждый вид ГПС (гибкий производственный модуль, гибкая автоматизированная линия, участок, цех) характеризуется тем, что может функционировать автономно, представляет собой технически законченное целое и имеет свою локальную систему управления и возможность встраивания в систему более высокого уровня.

В основу системы ГПС входят станок с ЧПУ. Загрузка и разгрузка его производится с помощью промышленного робота или автоматизированного загрузочного устройства (АЗУ). Смена инструмента осуществляется из магазина инструментов или револьверной головки. ГПМ обладает способностью подсоединения к центральной транспортно-накопительной системе, системе инструментального обеспечения и управляющим устройствам высшего ранга.

Основные характеристики ГПМ: способность работать ограниченное (3-12 ч) время без непосредственного участия оператора, автоматическое выполнение операций, легкость наладки, устранение простоев и введение изменений в управление, легкость встраивания в существующие производства и в ГПС более высокого уровня.

Не следует считать, что любой станок с ЧПУ может входить в ГПМ без всяких переналадок. Основными требованиями ко всем элементам ГПС являются высокая надежность и автоматизация всех основных вспомогательных и рабочих ходов. Даже ГПМ должен иметь в своем составе транспортно-накопительную систему, контрольно-измерительную и диагностическую системы, систему удаления стружки. Например, токарный станок с ЧПУ в ГПС должен быть снабжен системами контроля состояния инструмента, смены инструмента и удаления стружки. Простейший ГПМ включает станок с ЧПУ типа «многооперационный» с одним или двумя инструментальными магазинами.



Рис. 7.1.Схема ГПМ.

Станок имеет два рабочих стола. Заготовку устанавливают на стол вручную, в то время как на другом столе изготовляется деталь. Совмещение времени установки со временем обработки дает выигрыш в производительности. Более совершенным является ГПМ, содержащий многооперационный станок с одним или двумя магазинами инструментов (рисунке 7.1.). Шаговый конвейер-накопитель с 4, 6, 8 или 12 заготовками позволяет длительное время вести обработку с ограниченным участием оператора. На таких ГПМ можно обрабатывать различные детали разнообразным инструментом.

ГПМ со стендовым (стационарным) накопителем веерного типа характеризуется тем, что число стендов-позиций накопления заготовок можно наращивать постепенно, что позволяет уменьшить первоначальные затраты. Заготовки со стендов на станок перегружаются с помощь поворотного стола.

Гибкий производственный модуль со стендовым накопителем веерного типа показана на рисунке 7.2.



Рис. 7.2.Схема ГПМ со стендовым накопителем веерного типа: 1 – станок с ЧПУ, 2- поворотный стол – перегружатель, 3 – веерный накопитель заготовок, установленный на паллетах.

Загрузка заготовок в накопитель может осуществляться роботом и роботкаром. Отсутствие конвейера упрощает конструкцию, увеличивает надежность.

Рассмотренные выше ГПМ содержали сверлильно-фрезерно-расточные станки с ЧПУ. Как основное оборудование, в ГПМ широко применяют также токарные станки с ЧПУ и многооперационные токарно-фрезерные станки. Инструмент меняется из магазина или путем поворота револьверной головки. Применяют станки с одним или двумя шпинделями. В таких ГПМ загрузку деталей наиболее часто осуществляют с помощью промышленных роботов (рис. 7.3).

Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) состоит из двух единиц (и более) основного оборудования, загрузочно-разгрузочных устройств, устройств автоматической смены инструмента, накопительных устройств. Участок может функционировать автономно. Особенностью обработки на ГАУ, является возможность изготовления на одном или нескольких станках в любой последовательности.



Рис. 7.3.Схема ГПМ с промышленным роботом и транспортером накопителем

Простейший ГАУ состоит из двух станков типа многоцелевых, общего перегружателя заготовок, закрепленных на палетах. Каждый станок имеет свой комплект палет (до 15 шт.). Заготовки загружаются на палеты чаще всего вручную. ГАУ такого типа обеспечивает снижения затрат на автоматизированные загрузочные устройства. Применения в ГАУ станков разного технологического назначения позволяет обработать на участке детали большой номенклатуры.



Рис. 7.4.Схема ГАУ с одним комплектом палет: 1, 2 – станки с ЧПУ; 3 – рельсовая тележка (перегружатель паллет; 4, 5 – стенды с паллетами, закрепленными за каждым станком

На участке, показанном на рисунке 7.4, объединены устройства для смены палет, применена единая система автоматической смены инструмента для нескольких (до четырех станков). Инструмент меняется с помощью специального промышленного робота. В отличие от рассмотренного выше ГАУ, здесь один комплект палет используют для нескольких станков. Это сокращает затраты времени на перезакрепление заготовки и повышает точность взаимного расположения поверхностей, обработанных на разных станках. Взаимозаменяемость станков сокращает простои участка при отказах какого-либо станка или необходимости его ремонта.



Рис. 7.5. Гибкий автоматизированный участок с двумя модулями и единым автоматизированным загрузочным устройством смены палет и инструмента: 1 и 2- станки с ЧПУ, 3- накопитель инструмента, 4- промышленный робот смены инструмента, 5- рельсовая тележка- перегружатель палет, 6- палеты для любого станка участка, 7-позиции загрузки- разгрузки палет, 8- АСУ распределения загрузки.

Гибкий автоматизированный участок с двумя модулями и единым автоматизированным загрузочным устройством смены палет и инструмента, показан на рисунке 7.5.

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) состоит из нескольких ГПМ с единым устройством загрузки и транспортирования заготовок, с последовательным выполнением операций, представлена на рисунке 7.6.

Группы деталей обрабатывают в принятой последовательности по фиксированному программой циклу. Для повышения производительности в ГАЛ используют станки с многошпиндельными головками. Такая линия имеет более высокую производительность, вследствие потери гибкости. На гибкой автоматической линии с жестким конвейером подачи заготовок обработка производится последовательно на каждом или нескольких рабочих местах. На ГАЛ обрабатываются, как правило, детали с общими технологическими признаками. В основе организации производства лежит групповой технологический процесс - технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. ГАЛ обычно используют для ограниченной номенклатуры деталей с годовым выпуском несколько десятков тыс. в год. Гибкость ГАЛ определяется типом используемого оборудования.



Рис. 7.6.Схема ГАЛ: 1 - конвейер подачи заготовок на линию, 2 - автоматический загружатель заготовок, 3 - шаговый транспортер, 4 - станки с ЧПУ, 5 - накопитель шпиндельных головок, 6- промышленный робот, 7 - станок с ЧПУ имеющий многошпиндельные головки, 8 - установка для удаления стружки и мойки деталей, 9 - контрольно-измерительная машина, 10 - конвейер с обработанными деталями, 11 - ЭВМ линии.

**Библиографический список**

1. Архаров, А.П. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: конспект лекций / А.П. Архаров. Тверь: ТГТУ, 2011. 122 с.

2. Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов [Текст]; учеб. пособие для вузов. - М.: Машиностроение , 2007. - 380 с.

3. Основы автоматизации машиностроительного производства: учеб. для машиностроительных специальностей вузов / Е. Р. Ковальчук, М. Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.: под ред. Ю. М. Соломенцев. – 2-е изд., испр - М.: Высшая школа, 1999. - 312 с. ISBN 5-06-003598-0.

4. Автоматизация процессов в машиностроении: Учеб. пособие для машиностроительных спец. Вузов/ Я. Будда, В. Гановский, В.С. Вихман и др.: Под ред. А.И. Дащенко. - М.: Высшая школа, 1991. - 435с.

5. Камышный Н.Н. Автоматизация загрузки станков. – М.: Машиностроение, 1979. - 250 с.

Оглавление

|  |  |
| --- | --- |
| Аннотация................................................................................................... | 3 |
| 1. Введение. Роль автоматизации машиностроения в развитии современного производства....................................................................... | 4 |
| 1.1. Основные понятия и определения: механизация, автоматизация, единичная и комплексная механизация и автоматизация. Стадии автоматизации........................................................................................... | 5 |
| 1.2. Понятия и определения: автомат, полуавтомат, ГПС, автоматическая линия............................................................................................... | 7 |
| 1.3. Основные характеристики производственного процесса.................. | 14 |
| 2. Особенности автоматизации машиностроения. Тенденции развития. | 22 |
| 2.1. Тенденции для серийного производства............................................. | 25 |
| 2.2. Тенденции для массового производства............................................ | 31 |
| 2.3. Особенности выбора и реализации методов достижения точности при автоматической сборке..................................................................... | 36 |
| 3. Технические и экономические критерии автоматизации.................... | 45 |
| 3.1. Основные положения теории производительности........................... | 47 |
| 3.2. Обеспечение технологичности конструкций деталей....................... | 49 |
| 3.3. Инженерные подходы к экономическим оценкам вариантов технических решений.................................................................................... | 51 |
| 4. Классификация технологических процессов....................................... | 62 |
| 4.1. Влияние структуры операции на производительность..................... | 68 |
| 4.2. Этапы и методологические особенности проектирования автоматизированного технологического процесса............................................. | 73 |
| 5. Принципы построения автоматизированных технологических процессов...................................................................................................... | 76 |
| 5.1. Компоновка операций и технологического оборудования при автоматизации технологических процессов. Последовательное, параллельное и смешанное агрегатирование................................................... | 79 |
| 5.2 Особенности инструмента и приспособлений, применяемых в автоматизированном производстве. Безподналадочная замена инструмента................................................................................................... | 81 |
| 5.3. Назначение загрузочных устройств. Классификация загрузочных устройств................................................................................................. | 87 |
| 5.4. Узлы загрузочных устройств................................................................ | 98 |
| 5.5. Механические руки (автооператоры).................................................. | 102 |
| 5.6. Трудоемкость сборки и особенности ее автоматизации. Переходы сборочных процессов................................................................................... | 103 |
| 6. Автоматизация контроля......................................................................... | 109 |
| 6.1. Система управляющего контроля........................................................ | 112 |
| 6.2. Подналадочные устройства.................................................................. | 113 |
| 6.3. Активный контроль заготовок до обработки. Блокирующие устройства................................................................................................... | 115 |
| 7. Комплексная автоматизация серийного производства........................ | 122 |
| Библиографический список........................................................................ | 129 |