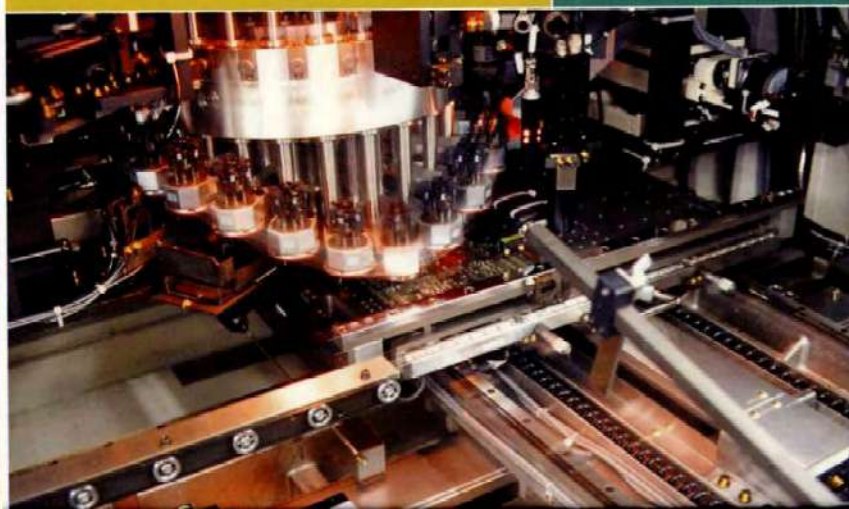


В. Ю. Шишмарев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

ACADEMIA



В. Ю. ШИШМАРЕВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Допущено

*Министерством образования Российской Федерации в качестве
учебного пособия для студентов образовательных учреждений
среднего профессионального образования*

УДК 681.5(075.32)
ББК 32.965я723
Ш657

Рецензенты:

директор ГОУ СПО «МПК», председатель УМС ИПР Минобразования
России по специальностям 21-й группы, канд. экон. наук *А. М. Петрова*;
главный специалист технологического отдела ОАО МНПК «Авионика»,
канд. техн. наук *А. А. Красильников*

Шишмарев В. Ю.

Ш 657 Автоматизация технологических процессов: Учеб.
пособие для студ. сред. проф. образования / Владимир
Юрьевич Шишмарев. — М.: Издательский центр «Ака-
демия», 2005. — 352 с.

ISBN 5-7695-2054-X

Описаны пути повышения производительности и эффективности
производства. Изложены вопросы автоматизации загрузки и уста-
новки заготовок, заготовительно-штамповочных работ, обработки
деталей на металлорежущих станках; системы ЧПУ, автоматические
линии, автоматизация сборки и контроля. Рассмотрены перспектив-
ные направления автоматизации: промышленные роботы, робото-
технологические комплексы и гибкие производственные системы.

Для студентов средних профессиональных учебных заведений.
Может быть полезно специалистам, занимающимся решением прак-
тических задач автоматизации.

УДК 681.5(075.32)
ББК 32.965я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Шишмарев В. Ю., 2005
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2005
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2005

ISBN 5-7695-2054-X

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов, как и любая наука, должна иметь весьма четкую и точную формулировку основных понятий, чтобы обеспечить единое толкование сущности рассматриваемых явлений, решаемых задач и возникающих вопросов.

Слово «автоматизация» происходит от греческого слова «автоматос», что означает «самодвижущийся». Мы понимаем термин «автоматизация» не как дословный перевод греческого слова «автоматос», а как такую операцию производственного процесса, в которой все действия, необходимые для ее выполнения, включая и управление протеканием процесса, происходят без непосредственного участия человека. Человек только налаживает устройства и контролирует их работу.

Автоматизации процессов предшествовали работы ученых и практиков, создавших различные автоматы как для выполнения определенных действий, так и для развлекательных целей. В начале I в. н. э. Герон Александрийский в работах «Пневматика» и «Механика» привел описание автоматов, созданных им и его учителем Ктесибием: пневматического автомата для открывания дверей храма и зажигания жертвенного огня; водяного органа; прибора для автоматического измерения длины дороги, напоминающего таксометр; автомата для продажи «священной» воды — прообраза автоматов для продажи жидкостей; механического театра кукол. Идеи Герона не нашли широкого применения в его эпоху.

В середине I в. создаются автоматы, подражающие определенным действиям человека. В XIII в. немецкий философ-схоласт и алхимик Альберт фон Больштадт построил «железного человека» — механизм для открывания и закрывания дверей. В XVIII в. швейцарские часовщики Пьер Дро и его сын Анри создали механического писца, выводившего гусиным пером фразы на бумаге; механического художника, рисовавшего головки и фигурки людей; механическую пианистку, исполнявшую на фисгармонии музыкальную пьесу. Дро были заключены в тюрьму инквизиторами по обвинению в колдовстве. В XVIII в. русский механик-самоучка И.П. Кулибин создал «театр автоматов», помещенный в часах величиной с яйцо. Каждый час в корпусе часов распахивались дверцы и можно было увидеть движущиеся под музыку фигурки. «Театр» этот хранится в Государственном Эрмитаже в Петербурге.

В конце XVIII — начале XIX в. в Европе в эпоху промышленного переворота автоматику начинают внедрять в производство. В 1765 г. появляется автоматический регулятор уровня воды в котле паровой машины И. И. Ползунова, в 1784 г. — регулятор скорости паровой машины Д. Уатта, в 1804—1808 гг. — система программного управления ткацким станком от перфоленты Жаккарда. Этот этап развития автоматики, длившийся более полутора столетий, сыграл огромную роль в науке и технике и привел к выявлению ряда основных принципов автоматики, позволивших ускоренными темпами автоматизировать производственные процессы в машиностроении.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Основные понятия и определения

Под *автоматизацией технологических процессов* понимают применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для выполнения и управления ими без непосредственного участия человека, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции. Функции человека — контроль за работой машины, устранение отклонений от заданного процесса (подналадка), наладка автоматизированной машины на обработку другого изделия. При этом человек не должен принимать участие в изготовлении каждого изделия, а в освобожденное время на него возлагаются функции обслуживания ряда автоматов. Рабочий получает высокую квалификацию и становится наладчиком, стирается грань между рабочим и инженерно-техническим работником.

У автоматически работающей машины различают рабочие и холостые ходы. Последние состоят из вспомогательных переходов и вспомогательных ходов. При рабочих ходах движение частей машины приводит к непосредственной обработке, например снятию стружки, накатыванию поверхности и т. п. При вспомогательных переходах движение частей машин служит для подачи, установки и закрепления заготовки, раскрепления и снятия готовой детали, переключения скоростей и подач, включения и выключения станка и т. п. При вспомогательных ходах движения частей машин служат для подвода и отвода обрабатываемого инструмента.

В машиностроении широко используют полуавтоматы и автоматы. В полуавтоматах цикл работы машины автоматический, т. е. в станках автоматизирован подвод инструментов с ускоренной подачей, переключение ускоренной подачи на рабочую, работа на рабочей подаче до выхода инструмента (перебег), переключение с рабочей подачи на ускоренную обратную, остановка суппорта (стола) в конце обратного хода. Цикл может быть повторен (произведена разгрузка готовой детали, загрузка и закрепление новой заготовки, включение подачи станка) толь-

ко при воздействии рабочего. В автоматах все рабочие и вспомогательные переходы и ходы осуществляются без участия рабочего. В них не автоматизированы вспомогательные переходы по контролю, подналадке и наладке автоматов. Инженерно-техническим работникам предприятий необходимо проводить работу по автоматизации контроля, подналадки и наладки, чтобы и от этих функций освободить человека.

В ГОСТах Единой системы технологической подготовки производства предусматривается качественная и количественная оценки состояния автоматизации технологических процессов. Качественную оценку производят по трем показателям: виду, ступени, категории.

По виду различают частичную и полную, единичную и комплексную, первичную и вторичную автоматизацию.

Под *частичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов или их систем, при которой часть затрат энергии людей заменена затратами энергии неживой природы, включая управление.

Под *полной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов и их систем, при которой все затраты людей заменены затратами неживой природы, исключая управление при механизации и включая его при автоматизации.

Под *единичной автоматизацией* понимают частичную или полную автоматизацию одной первичной составной части технологических процессов или системы технологических процессов, включая управление при автоматизации. Например, в токарной операции автоматизирована загрузка или разгрузка деталей; автоматизирована одна из пяти операций обработки деталей и т. п.

Под *комплексной автоматизацией* понимают частичную или полную автоматизацию двух или более первичных составных частей технологического процесса или системы технологических процессов, включая управление при автоматизации. В случае автоматизации всех без исключения первичных составных частей получают полнокомплексную автоматизацию. Например, все пять операций технологического процесса автоматизированы.

При автоматизации не всех первичных частей получают частичную автоматизацию. Например, три из пяти операций автоматизированы. Следует стремиться к комплексной автоматизации.

Автоматизация проводится часто в несколько этапов. Под *первичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов или их систем, в которых до проведения автоматизации использовалась только энергия людей. Под *вторичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологи-

ческих процессов или их систем, в которых до ее проведения использовалась энергия людей, а также неживой природы. Например, заменены автоматические контрольные устройства, установленные на станке на более совершенные, обеспечивающие большую точность и производительность, при более длительном сроке эксплуатации устройства.

Технический прогресс основан не только на первичной автоматизации, но и на вторичной, являющейся овеществленной мыслью ученых и практиков в результате обобщения опыта эксплуатации автоматизированных систем.

Степень внедрения автоматизации от одной операции до всей промышленности по ГОСТу обозначается цифрами от 1 до 10: 1 — единичная технологическая операция; 2 — законченный технологический процесс; 3 — система технологических процессов, выполняемых на производственном участке (отделении); 4 — система технологических процессов, выполняемых в пределах цеха (в системе участков); 5 — система технологических процессов, выполняемых в пределах группы технологически однородных цехов; 6 — система технологических процессов, выполненных в пределах предприятия (в системе групп цехов); 7 — система технологических процессов, выполняемых в пределах производственных фирм или научно-производственных объединений (в системе отдельных предприятий); 8 — система технологических процессов, выполняемых в пределах территориально-экономического региона (в системе отдельных фирм объединений); 9 — система технологических процессов, выполняемых в пределах отрасли промышленности (в системе регионов); 10 — система технологических процессов, выполняемых на уровне промышленности всей страны (в системе отраслей).

При автоматизации процессов часть штучного времени $T_{шт}$ на выполнение процесса производится машиной без участия рабочего T_m и часть времени — с участием рабочего T_p . Отношение машинного времени T_m к общему времени выполнения операции процесса $T_{шт}$ называют *коэффициентом автоматизации*:

$$K = T_m / (T_m + T_p) = T_m / T_{шт}.$$

В него входит время рабочих, а иногда и холостых ходов, не перекрываемых ручным временем, например быстрый подвод инструмента к детали (вспомогательный ход) на автомате или подача прутка в рабочую зону и его закрепление на прутковом автомате (вспомогательные переходы). Чем меньше времени затрачивается на вспомогательные переходы и ходы, тем больше производительность станка.

Для повышения коэффициента автоматизации нужно сокращать время на заточку, смену, установку и регулирование инст-

румента, на ремонт и регулирование механизмов машины (станка), на заправку материала или заготовки, уборку отходов, сдачу готовых деталей, ликвидацию брака вследствие нарушения настройки станка, подготовку к сдаче и сдачу станков в конце смены и т. п. Чем выше коэффициент автоматизации, тем меньше участие рабочего в операции.

1.2. Производственный и технологический процессы

Под термином «процесс» понимается упорядоченное взаимодействие между продуктом природы и трудом, направленное на получение требуемого результата.

Производство имеет два смысловых значения. Первое соотносится с понятиями «предприятие», «завод», «фабрика», «участок» и другими, а второе — с понятием «процесс», например производственный процесс, или процесс производства. Рассмотрим смысл первого понятия.

Производство — технико-организационное подразделение труда, предназначенного для получения продуктов труда. Очевидно, что более конкретное определение производства зависит от структурного иерархического уровня данного подразделения и его предметной содержательности.

Характеристика производства включает в себя следующую информацию о нем:

- номенклатура продукции (станок, узел, деталь и др.);
- объем продукции и режим ее выпуска;
- вид процесса (механическая обработка, сборка, термообработка и др.);
- элементный состав (цех, участок, отдел, службы и др.);
- функции подразделений, структура их взаимодействия, иерархия подчиненности и степень автономности;
- согласованная по структурным уровням и элементам система качественных, количественных, экономических и других показателей.

Кроме того, имеют значение сведения о среде функционирования, степени автоматизации, непрерывности и др. Обычно производство характеризуется по основному виду производимой им продукции: машиностроительный завод, цех корпусных деталей, участок зубчатых колес, отделение гальванических покрытий и др.

Производственный процесс — это совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий из полуфабрикатов или связанных с функционированием производственного подразделения. Любое производство имеет иерархическую структуру, а следовательно, и процессы, происходящие в нем, также

должны иметь аналогичную структуру. Таким образом, можно говорить о производственном процессе целого завода или его цеха, отдела, службы, участка, вплоть до самой мелкой структурной единицы в виде технологической системы, станка, установки.

К основным этапам производственного процесса могут быть отнесены следующие: получение и складирование заготовок, доставка их к рабочим позициям (местам), различные виды обработки, перемещение полуфабрикатов между рабочими позициями (местами), контроль качества, хранение на складах, сборка изделий, испытание, регулировка, окраска, отделка, упаковка и отправка. Различные этапы производственного процесса на машиностроительном заводе могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе. В первом случае производственный процесс изготовления продукции делят на части и соответственно называют производственным процессом, выполняемым, например, в заготовительном, сборочном, механическом цехах и т.д. Во втором случае процесс называют комплексным производственным.

Технологический процесс — это совокупность действий, связанных с обеспечением требуемых выходных параметров данного процесса.

Технологический процесс является основной частью производственного процесса, поэтому можно говорить о наличии технологического процесса у любого подразделения данной производственной системы независимо от того, выполняет ли оно основные или вспомогательные функции по отношению к так называемому основному продукту производства.

Действительно, любое производство имеет свою организационную структуру в виде функциональных подразделений: цехи, отделы, службы, участки и др.

Технологический процесс также имеет определенную структуру элементов. Изначально эти элементы относились к области механической обработки. В настоящее время им необходимо придавать более общий смысл, охватывающий весь спектр методов технологического воздействия: термическую обработку, химическую обработку, сборку, а также транспортирование, складирование и др.

Определим содержание технико-организационных элементов производственного процесса.

Рабочий ход (для технологических методов воздействия, преобразующих свойства предмета труда) — однократное технологически непрерывное воздействие, формирующее требуемые параметры данной детали (шероховатость, твердость, качество поверхностного слоя и др.). В общем случае это некоторый элементарный законченный технологический цикл с определенными (постоянными или переменными) параметрами инструмен-

та, кинематики формирования поверхности или соединения, параметрами технологических сред (нагрева, охлаждения, химической обработки и др.).

Аналогичным элементом для сборочного процесса является соединение — технологически непрерывный цикл формирования соединения двух деталей.

Технологический переход — это технологически непрерывный упорядоченный комплекс рабочих ходов, образующих законченную часть технологической операции, формирующий конечные требуемые качественные характеристики данной поверхности детали или данного соединения. Выполняется одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Рабочие ходы внутри одного перехода технологически упорядочены. Например, нарезать резьбу в отверстии можно только после получения этого отверстия.

Прием — законченная совокупность действий, направленных на выполнение технологического перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» состоит из следующих приемов: взять заготовку из тары, переместить к приспособлению, установить в приспособление и закрепить.

Установ — процесс придания требуемого положения и при необходимости закрепления заготовки (детали) в приспособлении или на основном оборудовании. Он отражает варианты объединения разных переходов на данном оборудовании.

Технологическая операция — организационно обособленная часть маршрута со всеми сопутствующими ей вспомогательными элементами процесса, реализуемая на определенном технологическом оборудовании с участием или без участия людей. На операцию обычно разрабатывается вся основная технологическая документация.

Маршрут — упорядоченная последовательность качественных преобразований предметов труда в продукт труда. Например, заготовки в деталь или последовательность получения из комплекта деталей сборочной единицы. Это конкретный вариант сочетания технологических операций, который обеспечивает получение качественных характеристик детали или сборочной единицы.

Рассмотренные элементы технологического и производственного процессов могут выполняться во времени последовательно, параллельно или параллельно-последовательно. Совмещение указанных элементов является одним из приемов сокращения длительности процесса.

Не следует смешивать понятие «функциональное совмещение элементов» и их объединение на организационной основе.

Так, многоцелевой станок традиционной конструкции с одним рабочим шпинделем объединяет на конструктивной основе разные методы технологического взаимодействия (точение, фрезерование и др.), но не совмещает их технологически во времени и по своей структуре остается станком последовательного действия.

При нарушении условия технологической непрерывности реализации

элементов процесса происходит их разделение на части, относящиеся к тому же структурному уровню декомпозиции данного процесса. Рассмотрим это на примере обработки детали (рис. 1.1). Для получения требуемого качества поверхности A необходимо три рабочих хода ($1, 2, 3$), а для поверхности B — два рабочих хода ($1, 2$). Возможны следующие варианты обработки.

Первый вариант:

1) полная обработка поверхности B двумя рабочими ходами ($1, 2$);

2) полная обработка поверхности A тремя рабочими ходами ($1, 2, 3$), что соответствует изготовлению детали в две установки при двух переходах, выполненных соответственно за два ($1, 2$) и три ($1, 2, 3$) рабочих хода.

Второй вариант:

1) обработка поверхности B одним рабочим ходом (1);

2) обработка поверхности A двумя рабочими ходами ($1, 2$);

3) обработка поверхности B одним рабочим ходом (2);

4) обработка поверхности A одним рабочим ходом (3), что соответствует изготовлению детали за четыре установки при четырех переходах, выполненных соответственно в один (1), два ($1, 2$), один (2) и один (3) рабочих хода.

Третий вариант:

1) одновременная обработка поверхностей A и B соответственно за один (1) и два ($1, 2$) рабочих хода;

2) обработка поверхности A за два ($2, 3$) рабочих хода.

Рассмотрим пример изготовления детали за два установка. Первый реализован при совмещении двух переходов, выполненных соответственно за один (1) и два ($1, 2$) рабочих хода, а второй — за один переход при двух рабочих ходах ($2, 3$).

Чтобы представить все многообразие технико-организационных структур технологического процесса, обратимся к рис. 1.2.

Как видно, самый простой по организации технологический процесс может состоять из одной операции, которая состоит из одной установки, которая, в свою очередь, содержит один переход, осуществляемый за один рабочий ход. Соответственно в

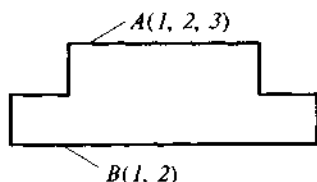


Рис. 1.1. Эскиз детали:

A, B — поверхности обработки; $1...3$ — рабочие ходы

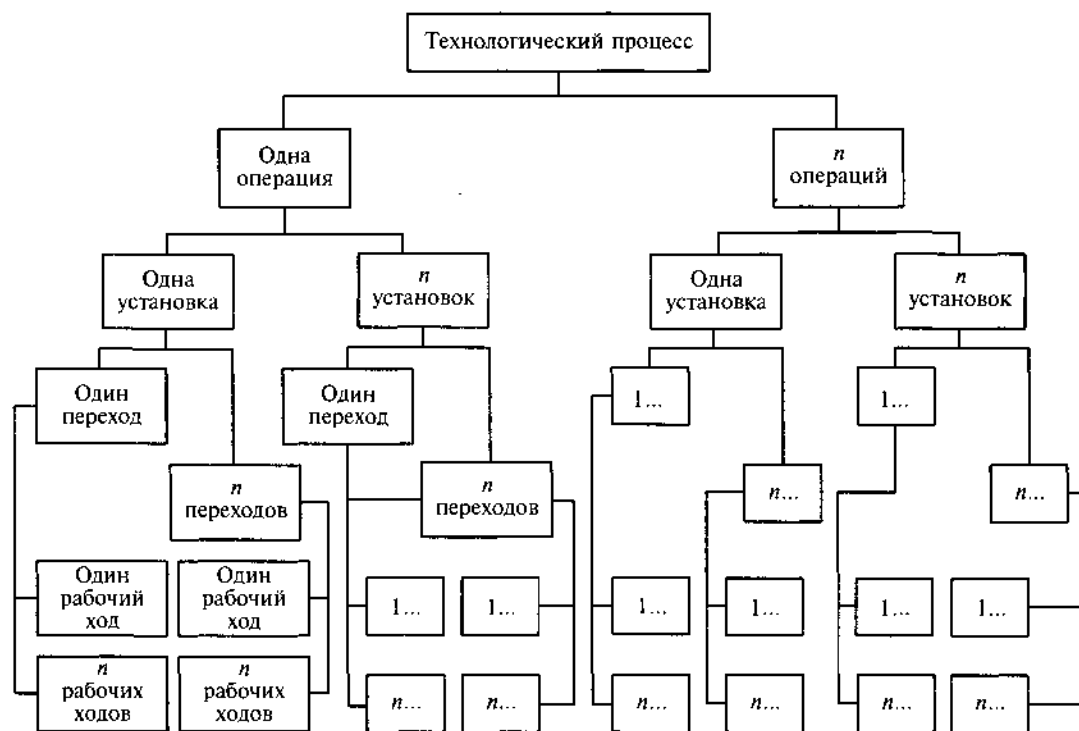


Рис. 1.2. Структура технологического процесса

организационно сложном технологическом процессе каждый структурный элемент верхнего уровня содержит несколько элементов нижнего уровня.

При выполнении каждой операции рабочий затрачивает определенное количество труда. Затраты труда при нормальной интенсивности измеряют его продолжительностью, т.е. временем, в течение которого он расходуется.

Трудоемкость операции — количество времени, затрачиваемого рабочим требуемой квалификации при нормальной интенсивности труда и условиях на выполнение технологического процесса или его части. Единица измерения — человекочас.

Для расчета занятости станков и их числа для выполнения данной работы служит понятие «станкоемкость». *Станкоемкость* — время, в течение которого занят станок или другое оборудование на изготовление детали или изделия. Единица измерения — станкочас. Для сборочных машин используется показатель *машиноемкости* выполнения операции.

Для нормирования труда и планирования производственного процесса используется *норма времени* — время, установленное рабочему или группе рабочих требуемой квалификации, необходимое для выполнения какой-либо операции или целого технологического процесса в нормальных производственных условиях с нормальной интенсивностью. Она измеряется в единицах времени с указанием квалификации работы, например 7 ч, работа 4-го разряда.

При нормировании малотрудоемких операций, измеряемых долями минуты, более осязаемое представление о затратах времени дает норма выработки — величина, обратная норме времени.

Норма выработки — установленное число изделий в единицу времени (ч, мин). Единицей измерения является количество продукции в стандартных мерах (шт., кг и др.) в единицу времени, с указанием квалификации работы, например 1000 шт. в 1 ч, работа 5-го разряда.

Производственный цикл — промежуток календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющихся процессов изготовления изделия от запуска в производство до получения готового изделия.

Программа выпуска — число штук изделия заданной номенклатуры или число стандартных мер некоторой продукции, подлежащей изготовлению в установленную календарную единицу времени.

Объем выпуска — число изделий, подлежащих изготовлению в установленную календарную единицу времени (год, квартал, мес).

Серия — общее число изделий, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам.

Партия запуска — число штук заготовок или комплектов деталей, одновременно запущенных в производство.

Такт выпуска — промежуток времени, через который периодически производится выпуск машин, их сборочных единиц, деталей или заготовок определенного наименования, типоразмеров и исполнения. Если говорят, что машину изготавливают с тактом 3 мин, то это значит, что через каждые 3 мин завод выпускает машину.

Ритм выпуска — величина, обратная такту выпуска.

Одним из показателей эффективности производственной деятельности подразделения завода (цеха, производственного участка) является производительность производственного процесса, осуществляемого им. Значение этого показателя зависит не только от производительности оборудования и труда рабочих, но и от уровня организации, планирования производственного процесса и управления им. Действительно, возможности высокопроизводительных станков и труд рабочих не будут использованы полностью, если своевременно не будут поставлены заготовки, режущий инструмент и необходимая техническая документация, если не будет слаженности в работе всех звеньев производственной системы.

Производительность производственного процесса — это интегральный показатель деятельности всего трудового коллектива, непосредственно участвующего в изготовлении установленной номенклатуры изделий. Этим показателем наиболее удобно пользоваться при оценке эффективности автоматизированного производственного процесса, при выполнении которого непосредственное участие основных рабочих минимально, но возрастает роль вспомогательного персонала завода, обеспечивающего функционирование технологических процессов изготовления продукции.

Производительность производственного процесса оценивается объемом продукции, измеряемым в штуках, тоннах, рублях, произведенной в единицу времени.

Повышение производительности производственного процесса может быть достигнуто тремя способами.

Первый способ заключается в интенсификации, т.е. в увеличении режимов технологических процессов и их совмещения по времени выполнения. Например, в процессе обработки заготовки на станке производится замена инструмента, подвоз новых заготовок и др.

Второй способ состоит в увеличении продолжительности работы производственной системы, естественный предел — 24 ч в сут, что соответствует трехсменной работе. Это направление приобретает все большее значение в связи с резким усложнением и удорожанием производственного оборудования.

При этом следует учитывать серьезные социальные проблемы, относящиеся к негативным сторонам режима многосменной работы людей. Успешное решение этих проблем видится в комплексной автоматизации всех производственных процессов. Очевидно, что это выдвигает серьезные научные и технические задачи, связанные с автономной работой производственных систем в автоматическом режиме и вопросами надежности и безотказности производственных систем.

Третий способ заключается в увеличении производящей способности производственной системы за счет внутренних резервов: улучшение организации ее работы и расширение технологических возможностей оборудования. Это реализуется путем модернизации существующего оборудования или приобретения нового оборудования, повышения производительности труда производственного персонала за счет использования совершенных методов и способов сокращения цикла изготовления изделия. Например, оптимизация раскроя деталей из листового материала, изыскание приемов повышения точности обработки приводят к сокращению числа рабочих ходов и даже устранению дальнейшей обработки изделий на другом станке.

1.3. Типы и виды производства

Различие в программе выпуска изделий привело к условному разделению производства на три типа: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство — изготовление единичных неповторяющихся экземпляров продукции или с малым объемом выпуска, что аналогично признаку неповторяемости технологического цикла в данном производстве. Продукция единичного производства — это изделия, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые прессы и т. п.).

Серийное производство — периодическое технологически непрерывное изготовление некоторого количества одинаковой продукции в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями. В зависимости от объема выпуска этот тип производства подразделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, насосы, редукторы, выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Массовое производство — технологически и организационно непрерывное производство узкой номенклатуры изделий в больших объемах по неизменяемым чертежам в течение длительного времени, когда на большинстве рабочих мест выпол-

няется одна и та же операция. Продукцией массового производства являются автомобили, трактора, электродвигатели и т. п.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук в год будет представлять единичное производство. В то же время изготовление тепловозов при объеме выпуска нескольких штук можно считать серийным производством.

Об условности деления производств на три типа свидетельствует и то, что обычно на одном и том же заводе, а нередко в одном и том же цехе, одни изделия изготавливаются единицами, другие — периодически повторяющимися партиями, третьи — непрерывно.

Для определения типа производства можно использовать коэффициент закрепления операций

$$k_{з.о} = n_{оп}/M,$$

где $n_{оп}$ — число различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению на участке или в цехе в течение месяца; M — число рабочих мест соответственно участка или цеха.

ГОСТ рекомендует следующие значения коэффициентов закрепления операций в зависимости от типов производства: для единичного производства — свыше 40; для мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного производства — свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного производства — свыше 1 до 10 включительно; для массового производства — 1.

Например, если на производственном участке находится 20 единиц металлорежущего оборудования, а число операций различных технологических процессов, выполняемых на данном участке, равно 60, то коэффициент закрепления операций

$$k_{з.о} = 60 : 20 = 3,$$

что означает крупносерийный тип производства.

Таким образом, тип производства с организационной точки зрения характеризуется средним числом операций, выполняемых на одном рабочем месте, а это, в свою очередь, определяет степень специализации и особенности используемого оборудования.

Ориентировочно тип производства можно определить в зависимости от объема выпуска и массы изготавливаемых изделий по данным, приведенным в табл. 1.1.

В зависимости от области использования производство подразделяется на два вида: поточное и непоточное.

Ориентировочные данные для определения типа производства

Производство	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год		
	Тяжелых (массой более 100 кг)	Средних (массой более 10 до 100 кг)	Легких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5 ... 100	10 ... 200	100 ... 500
Среднесерийное	100 ... 300	200 ... 500	500 ... 5000
Крупносерийное	300 ... 1000	500 ... 5000	5000 ... 50 000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000

Поточное производство характеризуется его непрерывностью и равномерностью. В поточном производстве заготовка после завершения первой операции без задержки передается на вторую операцию, затем на третью и т.д., а изготовленная деталь сразу же поступает на сборку. Таким образом, изготовление деталей и сборка изделий находятся в постоянном движении, причем скорость этого движения подчинена такту выпуска в определенный промежуток времени.

Непоточное производство характеризуется неравномерным движением полуфабриката в процессе изготовления изделия, т.е. технологический процесс изготовления изделия прерывается вследствие различной продолжительности выполнения операций, а полуфабрикаты накапливаются у рабочих мест и на складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии на складах полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируется графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Каждый вид производства имеет свою область использования. Поточный вид организации производства встречается в массовом производстве, а непоточный присущ единичному и серийному производствам.

1.4. Основные преимущества автоматизации производства

Под автоматизацией производственных процессов (АПП) понимают комплекс технических мероприятий по разработке новых прогрессивных технологических процессов и созда-

нию на их основе высокопроизводительного оборудования, выполняющего все основные и вспомогательные операции по изготовлению изделий без непосредственного участия человека. АПП является комплексной конструктивно-технологической и экономической задачей создания принципиально новой техники.

Автоматизации всегда предшествовал процесс механизации — частичной (первичной) автоматизации производственных процессов на базе такого технологического оборудования, которым управляет оператор. Кроме того, он осуществляет контроль изделий, регулировку и наладку оборудования, загрузку-выгрузку изделий, т.е. вспомогательные операции. Механизация может достаточно эффективно сочетаться с автоматизацией конкретного производства, но именно АПП создает возможность обеспечения высокого качества продукции при высокой производительности ее изготовления.

Предусматривается качественная и количественная оценки состояния механизации и автоматизации производственных процессов. Важнейший качественный показатель — уровень автоматизации α . Он определяется отношением числа автоматизированных операций (переходов) $n_{\text{авт}}$ к общему числу операций (переходов), выполняемых на автомате, линии, участке $n_{\text{общ}}$:

$$\alpha = n_{\text{авт}} / n_{\text{общ}}.$$

Величина α зависит от типа производства. Если в единичном производстве α не превышает 0,1 ... 0,2, то в массовом она составляет 0,8 ... 0,9.

Автомат (от гр. *automatos* — самодельствующий) — самостоятельно действующее устройство или совокупность устройств, выполняющих по заданной программе без непосредственного участия человека процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации.

Последовательность выполняемых автоматом запрограммированных действий называют *рабочим циклом*. Если для возобновления рабочего цикла требуется вмешательство рабочего, то такое устройство называют *полуавтоматом*.

Процесс, оборудование или производство, не требующее присутствия человека в течение определенного промежутка времени для выполнения ряда повторяющихся рабочих циклов, называют *автоматическим*. Если часть процесса выполняется автоматически, а другая часть требует присутствия оператора, то такой процесс называют *автоматизированным*.

Степень автоматизации производственного процесса определяется необходимой долей участия оператора в управлении этим процессом. При полной автоматизации присутствия человека в

течение определенного периода времени вообще не требуется. Чем больше это время, тем выше степень автоматизации.

Под *безлюдным режимом* работы понимают такую степень автоматизации, при которой станок, производственный участок, цех или весь завод может работать автоматически в течение по крайней мере одной производственной смены (8 ч) в отсутствие человека.

Технические преимущества автоматически управляемых производственных систем по сравнению с аналогичными системами с ручным управлением следующие: более высокое быстродействие, позволяющее повышать скорости протекания процессов, а следовательно, и производительность производственного оборудования; более высокое и стабильное качество управления процессами, обеспечивающее высокое качество продукции при более экономном расходовании материалов и энергии; возможность работы автоматов в тяжелых, вредных и опасных для человека условиях; стабильность ритма работы, возможность длительной работы без перерывов вследствие отсутствия утомляемости, свойственной человеку.

Экономические преимущества, достигаемые при использовании автоматических систем в производстве, являются следствием технических преимуществ. К ним можно отнести возможность значительного повышения производительности труда; более экономичное использование ресурсов (труда, материалов, энергии); более высокое и стабильное качество продукции; сокращение периода времени от начала проектирования до получения изделия; возможность расширения производства без увеличения трудовых ресурсов.

Автоматизация производства позволяет более экономично использовать труд, материалы, энергию. Автоматическое планирование и оперативное управление производством обеспечивают оптимальные организационные решения, сокращают запасы незавершенного производства. Автоматическое регулирование процесса предотвращает потери вследствие поломок инструментов и вынужденных простоев оборудования. Автоматизация проектирования и изготовления продукции с использованием ЭВМ позволяет значительно сократить число бумажных документов (чертежей, схем, графиков, описания и др.), необходимых в неавтоматизированном производстве, составление, хранение, передача и использование которых занимает много времени.

Автоматизированное производство нуждается в более квалифицированном, технически грамотном обслуживании. При этом значительно меняется сам характер труда, связанного с наладкой, ремонтом, программированием и организацией работ в автоматизированном производстве. Эта работа требует более

глубоких и разносторонних знаний, более разнообразна и интересна.

От уровня развития производства зависит прогресс всех отраслей промышленности. Поэтому повышению эффективности производства и уровня автоматизации производства должна отводиться приоритетная роль.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения производственного и технологического процессов.

2. Назовите элементы производственного процесса.

3. Что понимается под качеством и производительностью производственного процесса?

4. Укажите типы и виды производств.

5. Чем отличается поточное производство от непоточного?

6. Что понимают под автоматизацией производственных процессов?

В чем отличие автоматизации от механизации?

7. Какими показателями оценивается уровень автоматизации?

8. Чем отличается автомат от полуавтомата?

9. Чем отличается автоматический производственный процесс от автоматизированного?

10. Какие преимущества дает автоматизация производства?

11. Каковы особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства?

12. Какие основные принципы лежат в основе проектирования автоматизированных производственных систем?

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Основные положения теории производительности машин и труда

В основе теории производительности машин и труда лежат следующие основные положения.

1. Каждая работа для своего совершения требует затрат времени и труда.

2. Производительно затраченным считается только то время, которое расходуется на основные процессы обработки (например, формообразование, контроль, сборку и т. д.). Все остальное время, включая время на вспомогательные (холостые) ходы рабочего цикла и внецикловые простои, является непроизводительно затраченным, т. е. потерями.

3. Машина считается идеальной, если при высоком потенциале производительности, качестве продукции отсутствуют потери времени на холостые ходы и простои (машина непрерывного действия, бесконечной долговечности и абсолютной надежности).

4. Для производства любых изделий необходимы затраты прошлого (овеществленного) труда на создание средств производства и поддержание их работоспособности и живого труда на непосредственное обслуживание технологического оборудования.

5. Закономерность развития техники заключается в том, что удельный вес затрат прошлого (овеществленного) труда непрерывно повышается, а затраты живого труда снижаются при общем уменьшении трудовых затрат, приходящихся на единицу продукции.

6. При разработке технологических процессов любой процесс производства, взятый сам по себе, безотносительно к руке человека, следует разлагать на составные элементы.

7. Производительность машин предела не имеет.

8. Автоматы и автоматические линии различного технологического назначения имеют единую основу автоматизации, которая выражается в общности целевых механизмов и систем управления, в общих закономерностях производительности, надежности, экономической эффективности, в единых методах

построения машин, агрегатирования, определения режимов обработки, оценки прогрессивности и т. д.

9. При окончательной оценке прогрессивности новой техники учитывается фактор времени — темп роста производительности труда.

Важнейшим фактором производительности труда являются затраты труда на создание, обслуживание и эксплуатацию рабочей машины. Эти затраты можно представить состоящими из трех компонентов:

1) единовременные затраты прошлого труда T_n , необходимые для создания машин, оборудования, зданий, сооружений и т. п.;

2) текущие затраты прошлого труда T_v , которые включают в себя часть овеществленного труда, затрачиваемого на основные и вспомогательные материалы, запчасти, электроэнергию, инструменты, топливо, смазку и т. п., необходимые для производства изделий.

В то время как текущие затраты прошлого труда непрерывно растут пропорционально времени (годам), т. е. количеству выпущенной продукции, единовременные затраты прошлого труда являются разовыми, рассчитанными на весь срок службы машины $N_{\text{лет}}$, т. е. носят постоянный характер;

3) текущие затраты живого труда $T_{\text{ж}}$ обслуживающих рабочих, которые, используя средства труда, создают новые материальные ценности.

Таким образом, производственный процесс обеспечивается единством рабочей силы и средств производства — совместными годовыми затратами живого труда $T_{\text{ж}}$, единовременными затратами средств труда T_n , рассчитанными на N лет, и годовыми затратами предметов труда T_v . Суммарные затраты за весь срок действия средств труда

$$T = T_n + N(T_{\text{ж}} + T_v).$$

Производительность общественного труда оценивается путем сопоставления результатов трудового процесса: количества выпущенной продукции с суммарными трудовыми затратами, необходимыми для ее выпуска за некоторый интервал времени — срок службы машин N лет:

$$A_t = W/T,$$

где A_t — производительность труда; W — выпущенная годная продукция; T — суммарные трудовые затраты, необходимые для выпуска продукции.

Так как единовременные трудовые затраты на оборудование, здания и сооружения реализуются постепенно в течение срока службы, производительность труда определяется с учетом фактора времени, прежде всего сроков службы.

Определив суммарные затраты T и выпуск продукции W за весь срок службы, легко определить среднегодовые затраты, которые наиболее широко приняты на практике.

Размерность производительности труда в обобщенном виде:

$$A_T = [\text{продукция/труд}].$$

При практических расчетах размерность производительности труда зависит от того, в каких единицах исчисляются выпущенная продукция и трудовые затраты.

Выпущенная годная продукция измеряется либо в физических величинах (штуки, единицы длины, массы, объема и др.), либо в стоимостном выражении (рубли). Суммарные трудовые затраты выражаются либо в единицах абстрактного труда (человекочасы, человекодни и т. п.), либо в денежном выражении (рубли). В соответствии с этим при расчетах производительность труда может иметь различную размерность, например: [шт./чел.-ч.].

Количество выпущенной продукции зависит от того, сколько лет работает оборудование.

При постоянной производительности оборудования

$$W = Q_T N,$$

где Q_T — годовой фактический выпуск продукции.

Подставляя значение W и T в приведенную выше формулу, получаем

$$A_T = \frac{Q_T N}{T_n + N(T_v + T_{*})}.$$

Проанализируем полученную зависимость графически, выразив W , T и A_T в функции сроков службы N (рис. 2.1). Здесь N — не текущее время эксплуатации машины, а возможные сроки службы как переменная величина, неизвестная в процессе проектирования. Анализ производительности труда A_T в функции сроков службы N показывает ее переменный характер даже при неизменных технико-экономических характеристиках (производительность машин, их надежность, степень автоматизации и эксплуатационные затраты).

Уровень производительности труда при малых сроках службы относительно невысок, поскольку на сравнительно малый объем выпущенной за это время продукции требуются значительные затраты на средства производства. С ростом сроков службы производительность труда увеличивается, так как единовременные затраты овеществленного труда T_n раскладываются в этом случае на больший объем выпущенной продукции.

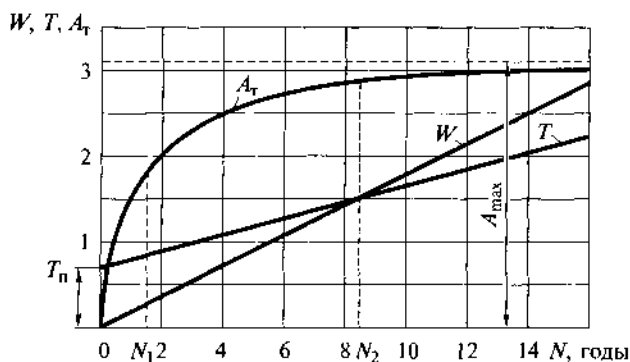


Рис. 2.1. Зависимости выпущенной продукции W , эксплуатационных затрат T и производительности труда A_t в относительных единицах от сроков службы при неизменных эксплуатационных характеристиках

Графики, представленные на рис. 2.1, справедливы для случаев, когда эксплуатационные показатели машин — количество выпущенной продукции Q_{ti} и эксплуатационные затраты $(T_v + T_{ж})_i$ — являются неизменными во времени и от длительности эксплуатации не зависят. В общем случае это не всегда справедливо, потому что в процессе эксплуатации всегда действуют необратимые факторы: с одной стороны, освоения, отработки технологии, повышения квалификации обслуживающих рабочих, с другой — старения машин вследствие износа, потери жесткости и геометрической точности узлов, накопления усталостных напряжений и т.д.

В качестве примера на рис. 2.2 приведены зависимости годового выпуска и годовых эксплуатационных затрат от длительности эксплуатации для токарно-револьверных автоматов. Как видно, производительность сохраняется на относительно стабильном уровне лишь в течение 7...9 лет, после чего следует ее монотонное снижение. Годовые эксплуатационные затраты, наоборот, изменяют тенденцию к возрастанию, главным образом, за счет увеличения затрат на ремонт и межремонтное обслуживание.

Следовательно, зависимость суммарного выпуска продукции W и суммарных затрат T от сроков службы носит не прямолинейный, а более сложный характер (рис. 2.3). На рисунке показаны графики W и T при условии сохранения показателей первого года эксплуатации на неизменном уровне, т.е.

$$W = Q_{\Pi} N; T = T_{\Pi} + N(T_{v1} + T_{ж1}).$$

Заштрихованные зоны показывают величину ошибки суммарных значений W и T при допущении о неизменном харак-

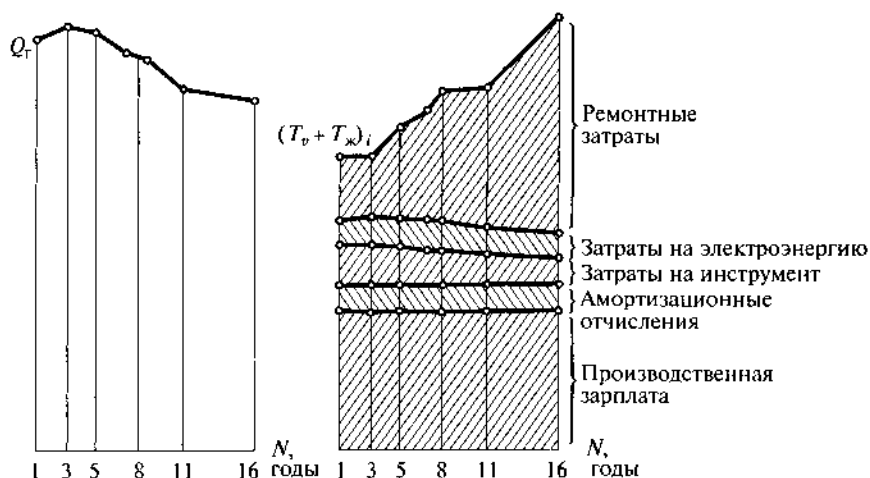


Рис. 2.2. Эксплуатационные характеристики токарных одношпиндельных автоматов на различных стадиях эксплуатации:

a — годовой выпуск продукции; *б* — годовые затраты труда (с разделением по категориям)

тере эксплуатационных показателей для токарно-револьверных автоматов.

На рис. 2.4 приведены графики зависимости производительности труда от сроков службы при эксплуатации токарно-револьверных автоматов при переменных эксплуатационных показателях.

Автоматизация производственных процессов является средством, которое позволяет решать задачу повышения производительности труда.

Для оценки прогрессивности W, T новой техники, в том числе автоматов и автоматических линий, необходимо по уровню производительности труда сравнить различные варианты. Затем необходимо сравнить внедряемый вариант с действующим в производстве (базовым

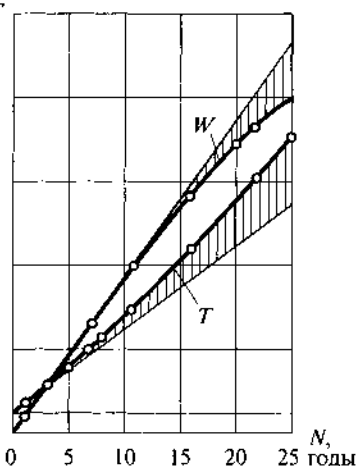


Рис. 2.3. Изменение суммарного выпуска продукции T и суммарных эксплуатационных затрат во времени при переменных эксплуатационных показателях Q_{Ti} и $(T_v + T_ж)_i$

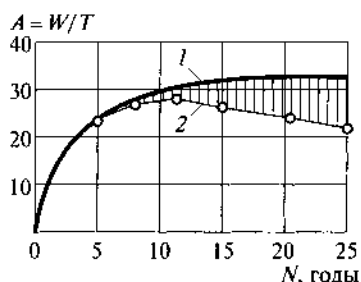


Рис. 2.4. Изменение производительности труда в зависимости от сроков службы токарно-револьверных автоматов:

1 — при постоянных эксплуатационных показателях; 2 — при переменных эксплуатационных показателях

вариантом) и дать заключение о целесообразности его внедрения.

Предпочтение следует отдать варианту, который обеспечивает наибольший рост производительности труда и гарантирует выполнение планируемых темпов ее роста на весь срок службы машины:

$$\lambda = A_{т1}/A_{т2},$$

где λ — коэффициент роста производительности труда при сравнении двух технических вариантов; $A_{т1}$ — производительность труда, которую обеспечивает исходный вариант техники; $A_{т2}$ — производительность труда второго, сравниваемого с исходным, варианта техники.

Сравнение различных вариантов техники позволяет определить их прогрессивность, оценить ее аналитически. Например, если существующая техника обеспечивает производительность труда $A_{т1} = 25$ шт./чел.-ч, а новая техника $A_{т2} = 100$ шт./чел.-ч, то

$$\lambda = A_{т1}/A_{т2} = 100 : 25 = 4,$$

т.е. внедрение новой техники обеспечивает рост производительности труда в 4 раза.

На рис. 2.5 приведены графики производительности труда во времени для двух проектируемых вариантов новой техники, например поточной и автоматической линии при условии, что оба варианта новой техники вводятся в действие одновременно и имеют одинаковые сроки службы.

Так как автоматическая линия более дорогостоящая, чем поточная ($\sigma > 1$), то при малых сроках службы производительность общественного труда на поточной линии $A_{т1}$ выше, чем на автоматической $A_{т2}$, поэтому и коэффициент роста производительности труда меньше единицы. Однако автоматическая линия благодаря высокой производительности ($\phi > 1$) и малому количеству обслуживающих рабочих ($\epsilon > 1$) имеет более низкие эксплуатационные затраты при выпуске продукции, поэтому при длительных сроках службы уровень производительности труда на автоматической линии выше ($\lambda > 1$). Следовательно,

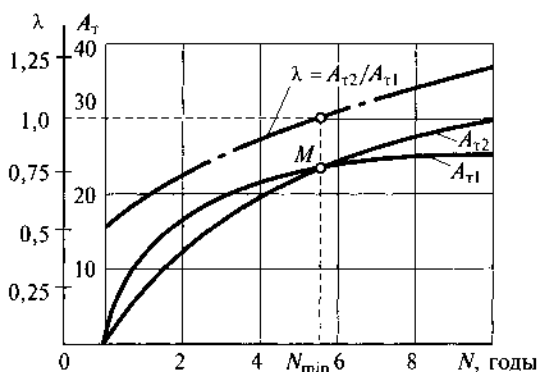


Рис. 2.5. Изменение производительности труда во времени поточной (A_{T1}) и автоматической (A_{T2}) линий, одновременно вводящихся в эксплуатацию и имеющих одинаковые сроки службы

если сроки службы автоматической линии меньше некоторой минимальной величины ($N < N_m$), целесообразнее строить поточную линию, как более дешевую, несмотря на большие эксплуатационные расходы. И наоборот, автоматическая линия выгоднее, если предполагаемые сроки ее службы достаточно велики ($N > N_m$).

Характерным для современного этапа развития техники, в первую очередь для автоматизации производственных процессов, является рост производительности средств производства, увеличение их стоимости и сокращение числа людей, непосредственно занятых обслуживанием машин. Изменение текущих затрат прошлого труда на единицу изделия зависит от характера производственного процесса и может находиться в широких пределах.

На рис. 2.6 показана диаграмма зависимости производительности труда при эксплуатации машины от сроков службы при условии, что она внедрена R лет тому назад ($R = 15$). К моменту, принятому за начало отсчета календарного времени ($N = 0$), она обеспечила уровень производительности труда A_{T0} . Если машина и дальше эксплуатируется в течение времени $N + R$, то производительность труда A_T будет несколько выше.

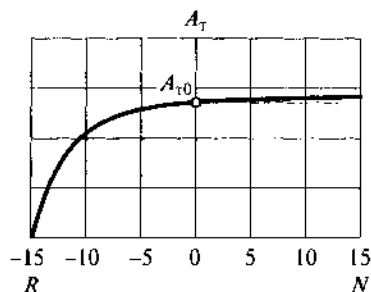


Рис. 2.6. Зависимость производительности труда при эксплуатации изделия, внедренного R лет назад, от срока службы

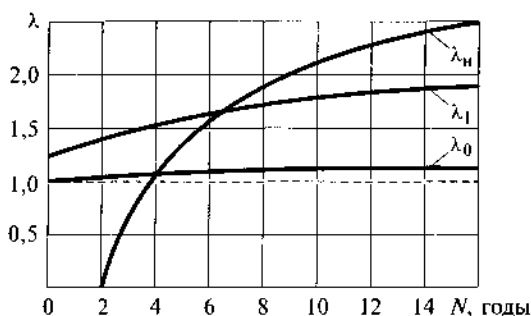


Рис. 2.7. Графики роста производительности труда во времени для различных вариантов производства

Так как целью расчета и анализа является определение целесообразности замены действующего оборудования, т.е. ограничение его сроков службы величиной R , производительность общественного труда при внедрении возможных вариантов новой техники сравнивается с достигнутой величиной $A_{т0}$, от которой исчисляются и плановые темпы роста производительности труда.

На рис. 2.7 показана диаграмма роста производительности труда во времени для различных вариантов производства при условии, что все взаимозаменяемые варианты, как новые, так и действующие, имеют сроки службы еще N лет.

Кривая λ_1 характеризует рост производительности труда лучшей существующей техники по сравнению со средним уровнем производства в настоящее время. Как видно, лучшая существующая техника обеспечивает более высокий уровень производительности труда, однако с удлинением сроков службы темпы роста постепенно замедляются. Не остается неизменной и производительность труда того варианта техники, который характеризует средний уровень производства $A_{т0}$, если это оборудование эксплуатируется еще N лет дополнительно к R годам (кривая λ_0).

Кривая λ_n показывает рост производительности труда новой техники, которая будет внедрена через $L = 2$ года. При малых сроках службы эта производительность труда ниже, чем у лучшей существующей техники и техники среднего уровня в настоящее время, однако при достаточно длительных сроках службы новая техника реализует свои возможности и обеспечивает значительные темпы роста производительности труда. Как видно, при увеличении сроков службы производительность труда любого варианта производства, постепенно повышаясь, стремится к определенному пределу λ_{\max} . Величина λ_{\max} определяется технико-экономическими показателями новой техники: ростом

производительности, сокращением числа обслуживающих рабочих, экономичностью машин в эксплуатации. Если новая техника имеет низкий потенциал роста производительности труда, она не может быть прогрессивной.

2.2. Основные пути повышения производительности

Теория производительности машин и труда позволяет количественно связывать экономические критерии: рост производительности общественного труда, сроки окупаемости и другие показатели с конкретными технико-экономическими показателями работы машин: производительностью и надежностью в работе, стоимостью и экономичностью в эксплуатации, сроками службы и сроками проектирования и т.д. Это позволяет анализировать влияние различных факторов на производительность труда и не только оценивать конкретные технические решения, но и намечать наиболее эффективные пути повышения производительности труда, а следовательно, наиболее эффективные направления технического прогресса, пути автоматизации.

Автоматизация как основное направление технического прогресса связана с улучшением тех или иных технических характеристик, что сопровождается ростом производительности труда. Однако улучшение различных технико-экономических показателей оказывает неодинаковое влияние на производительность труда. Количественный анализ факторов, определяющих производительность труда, позволяет выявить следующие основные пути повышения производительности труда при автоматизации производственных процессов.

Первый путь заключается в уменьшении затрат живого труда $T_{\text{ж}}$ за счет сокращения числа рабочих, непосредственно занятых в процессе производства (путь ϵ). Это экономия достигается благодаря совершенствованию средств производства и управления, изменению организации труда, внедрению вычислительной техники и иных современных средств, позволяющих выполнять работу, которую раньше выполняли при обслуживании системы машин ϵ человек.

Реализацию пути ϵ можно иллюстрировать следующим образом: за базу принята поточная линия, скомпонованная из станков, обслуживаемых операторами (рис. 2.8, *а*). На первых стадиях автоматизации станки поточной линии оснащаются автоматическими загрузочно-разгрузочными устройствами (автооператорами), тем самым позиции переводятся из полуавтоматического режима работы в автоматический. Дальнейшая автоматизация связана с установкой автоматических транспортных

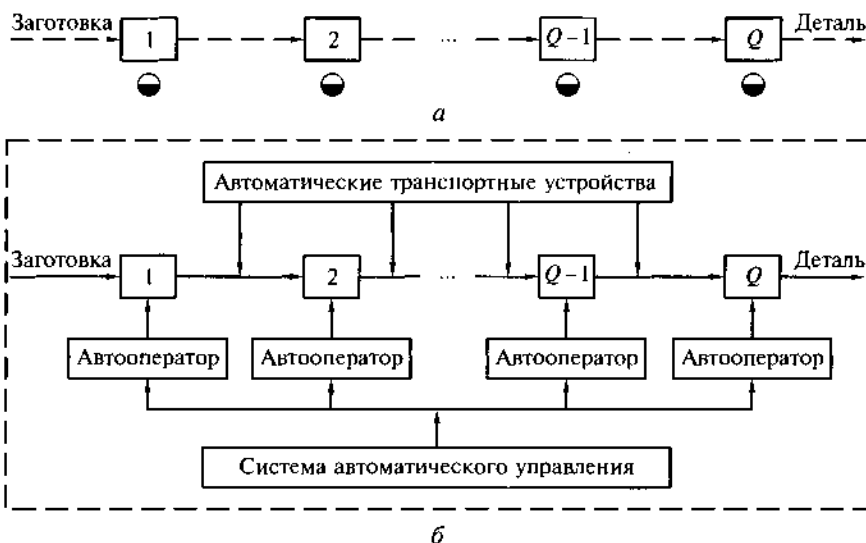


Рис. 2.8. Схемы:

а — поточной линии с операторами; *б* — автоматической линии; Q — общее число станков

механизмов для связи станков линии. Управление всем комплексом механизмов и узлов линии в соответствии с циклограммой осуществляется системой управления.

Таким образом, оснащение станков поточной линии автооператорами, введение автоматических транспортных устройств и системы управления позволяет создать автоматическую линию (рис. 2.8, *б*). Такой путь автоматизации является одним из самых распространенных, так как позволяет использовать существующий парк машин, расширяя фронт автоматизации, сократить количество рабочих при обслуживании станков. Примерами реализации первого пути являются автоматические линии из типового (универсального) оборудования. Вместе с тем такой путь автоматизации имеет ограниченные возможности повышения производительности труда, так как при сохранении данного уровня производительности оборудования экономия живого труда имеет тенденцию к убыванию, что можно проиллюстрировать следующим расчетом.

Как известно, при обслуживании неавтоматизированных машин рабочий осуществляет вручную управление последовательностью обработки и выполняет все вспомогательные операции: установку и сьем заготовок, зажим и разжим их в шпинделе, подвод и отвод инструментов, контроль размеров обрабатываемых изделий, а также передачу заготовок от станка к станку,

уборку стружки, переключение режимов обработки и т. д. Естественно, что в условиях неавтоматизированного производства рабочий обслуживает, как правило, лишь один станок ($Z = 1$).

Предположим, что имеется участок из 100 станков, которые обслуживают 100 рабочих. При автоматизации затраты живого труда в процессе обработки уменьшаются тем больше, чем выше степень автоматизации системы машин, когда один рабочий-оператор получает возможность обслуживать не один, а большее число станков ($Z > 1$). Если в поточной линии общие затраты живого труда при $Z = 1$ составляли T_* , то при обслуживании одним рабочим-оператором Z станков и неизменной зарплате одного рабочего они составляют T_*/Z . Следовательно, общая экономия живого труда рабочих-операторов

$$\Theta = T_* - T_*/Z = T_* (1 - 1/Z),$$

где T_* — текущие затраты живого труда; Z — число станков, обслуживаемых одним рабочим-оператором.

Если отнести экономию к первоначальному фонду заработной платы, то

$$\Delta = \Theta/T_* = 1 - 1/Z.$$

Автоматизация рабочего цикла машины, создание автоматов и полуавтоматов, оснащенных автоматической системой управления рабочими и холостыми ходами, позволяют ограничить обязанности рабочих-операторов сменой заготовок (на полуавтоматах), заправкой материала в механизмы, межстаночной транспортировкой. Это дает возможность одному рабочему обслуживать не один, а два-три станка и, следовательно, сократить количество обслуживающих рабочих и получить экономию зарплаты. Так, при обслуживании одним рабочим двух станков ($Z = 2$) экономия уже составляет 50 % заработной платы обслуживающего персонала ($\Theta/T_{*1} = 0,5$).

Путем дальнейших усовершенствований (оснащения полуавтоматов механизмами автоматической загрузки, контроля, улучшения системы эксплуатации и т. д.) можно достигнуть того, что один рабочий будет обслуживать в поточной линии $Z = 4 \dots 5$ станков и экономия трудовых затрат и заработной платы увеличится еще больше. Однако, как видно из рис. 2.9, эта экономия не будет пропорциональна числу станков, обслуживаемых одним рабочим. Если увеличение Z в 2 раза (от 1 до 2) позволяет сэкономить 50 % фонда

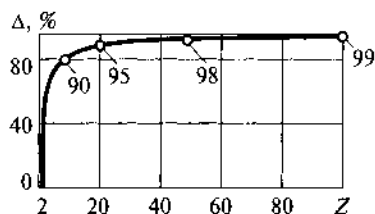


Рис. 2.9. Зависимость экономии живого труда от числа станков, обслуживаемых одним рабочим

заработной платы, то увеличение Z в 2,5 раза (от 2 до 5) дает возможность сэкономить только 40 %.

Дальнейшая экономия затрат живого труда возможна только путем создания автоматических линий, т.е. автоматизацией межстаночной транспортировки заготовок и накопления заделов, созданием новых систем управления, сигнализации и блокировки, механизмов автоматического контроля и подналадки, уборки стружки и т.д. Если при этом технологические процессы остаются прежними, то и производительность машин сохраняется на достигнутом уровне, а автоматизация позволяет лишь увеличивать число станков, обслуживаемых одним рабочим. Если при переходе от обслуживания одной машины к двум можно простейшими средствами сэкономить 50 % зарплаты, то при переходе от 50 к 100 станкам — только 1 %.

Автоматизация с целью сокращения затрат ручного труда может быть эффективной прежде всего в отраслях с низкой технической оснащенностью, где еще велики затраты живого труда, а следовательно, и резервы экономии этих затрат. Создание автоматических линий на базе существующего поточного производства, где один рабочий и без автоматизации обслуживает два-три станка, если эти линии опираются на существующие технологические процессы и имеют цель только сокращение числа рабочих-операторов и подсобных рабочих, малоэффективно.

Второй путь заключается в сокращении затрат прошлого труда за счет снижения стоимости средств производства (путь $\sigma < 1$). Этот путь связан с совершенствованием технологии производства самих средств производства, стандартизацией и унификацией механизмов, узлов и деталей машин, обеспечивающих снижение их себестоимости. Для этого пути характерно развитие агрегатного станкостроения, поточных методов производства новых машин, а также унифицированных средств автоматизации. Важнейшей задачей является создание универсальных станков, пригодных как для самостоятельной эксплуатации, так и для встраивания в автоматические линии. Такие станки могут использоваться в автоматических линиях различного технологического назначения, что позволяет наладить их выпуск в больших масштабах, применяя поточные методы производства, создавая стабильные конструкции, надежные в эксплуатации.

Если на первых этапах автоматизации унифицированными элементами являлись узлы и механизмы, из которых komponуются станки различного технологического назначения, то теперь элементами компоновки служат уже встраиваемые станки и унифицированные транспортные средства, что позволяет создавать автоматические линии с меньшими затратами в кратчайшие сроки. Унификация и стандартизация оборудования позво-

ляет не только уменьшить стоимость оборудования, но и значительно сократить сроки его проектирования и освоения и тем самым повысить производительность общественного труда.

На рис. 2.10 показаны графики роста производительности труда при сравнении двух вариантов новой техники: поточного и автоматизированного производства. Если автоматическая линия создается из нормализованных узлов, то благодаря относительно малой стоимости и малым срокам проектирования (сопоставимым со сроками поставки универсальных станков) такая линия быстро окупается и дает значительный рост производительности труда при сроке внедрения $L = 0$. Если линия проектируется заново и сроки ввода в эксплуатацию удлиняются хотя бы на год ($L = 1$) с неизбежным увеличением стоимости ($\sigma > \sigma_{\text{норм}}$), то эффективность автоматизации значительно ниже.

Оценивая перспективность второго пути повышения производительности труда, следует учитывать неодинаковые реальные возможности улучшения характеристик ϵ и σ . Так, по данным станкостроительных заводов, применение нормализованных узлов, создание агрегатных станков из нормализованных элементов позволяет снизить стоимость станков не более чем на 30 %, т.е. $\sigma = 0,7$.

Третий путь заключается в сокращении затрат живого и прошлого труда за счет повышения производительности средств производства, а следовательно, сокращения трудовых затрат на единицу изделия (пути $\phi > 1$). Это достигается путем разработки новых прогрессивных технологических процессов и создания высокопроизводительных средств производства.

Известно немало примеров, когда уровень существующего производства исчерпывал свои возможности и это неизбежно

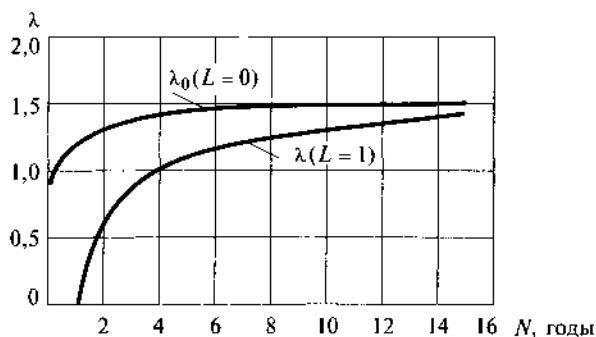


Рис. 2.10. Графики роста производительности труда во времени при автоматизации производства путем создания специального λ и унифицированного λ_0 оборудования

вызывало появление новых методов производства, новой технологии и новых высокопроизводительных средств производства.

Коренная ломка старых, привычных методов производства, рождение и развитие новых прогрессивных технологических процессов и высокопроизводительных средств производства — радикальный путь повышения производительности труда.

На рис. 2.11 приведены графики зависимости производительности труда λ от производительности средств производства ϕ и степени сокращения живого труда ϵ . Кривая I показывает рост производительности труда в результате блокирования машин в автоматическую систему при неизменном уровне производительности средств производства ($\phi = 1$) и без учета затрат на автоматизацию ($\sigma = 1$). При такой автоматизации единственным источником экономии является сокращение требуемого фонда зарплаты производственных рабочих. Кривая I' построена с учетом прогрессивного роста стоимости автоматических линий и некоторого снижения их производительности ($\phi < 1$; $\sigma > 1$) в результате блокирования все большего количества машин в автоматическую систему. В результате производительность общественного труда на сложных, технически совершенных автоматических линиях, оснащенных всем арсеналом средств современной автоматики и электроники, может оказаться ниже, чем на поточных линиях. Заштрихованная область (см. рис. 2.11) означает потери производительности труда из-за указанных факторов, которые особенно значительны для автоматических линий сложной конструкции.

Кривые 2 и $2'$ аналогичны кривым I и I' , но при автоматизации, сочетающей рост производительности машин ($\phi > 1$) и сокращение затрат живого труда ($\epsilon > 1$). Как видно, и здесь существуют потери производительности труда по тем же причинам, однако потенциал роста производительности труда настолько высок, что автоматизация является эффективной. Одной из важнейших характеристик новой техники является максимальный уровень роста производительности труда по

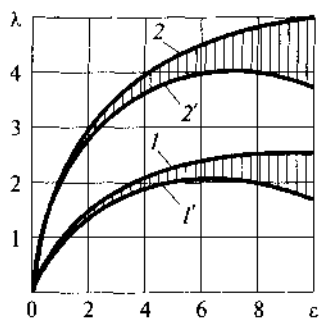
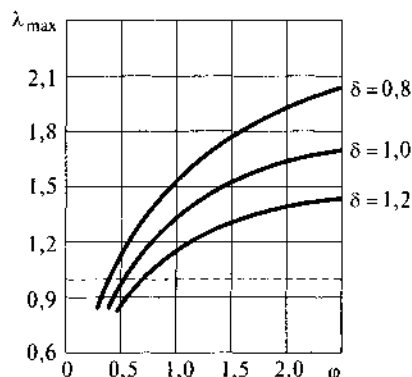


Рис. 2.11. Графики зависимости производительности труда от роста производительности средств производства и степени сокращения живого труда:

I — при $\phi = 1$ и $\sigma = 1$; I' — при $\phi < 1$ и $\sigma > 1$;
 2 — при $\phi = 1$ и $\sigma = 1$; $2'$ — при $\phi > 1$ и $\sigma > 1$

Рис. 2.12. Зависимость максимального коэффициента производительности труда λ_{\max} от производительности средств производства ϕ и их экономичности δ в эксплуатации



сравнению с достигнутой данной отраслью к моменту ввода новой техники в эксплуатацию.

Если показатели новой техники оказываются низкими, новая техника не может быть прогрессивной. На рис. 2.12 показана зависимость λ_{\max} от производительности средств производства ϕ , откуда видно, что высокий уровень производительности труда для новой техники можно обеспечить только в том случае, когда производительность новой техники значительно выше, чем у существующей.

Таким образом, генеральным направлением автоматизации является разработка новых, прогрессивных технологических процессов и создание таких высокопроизводительных средств производства, которые вообще невозможны, пока человек остается непосредственным участником выполнения технологического процесса.

2.3. Экономическая эффективность и прогрессивность новой техники

Лучшие варианты проектируемых машин, автоматических линий, цехов и заводов, в том числе с обоснованием целесообразного уровня автоматизации, определяются путем различных инженерных решений. Современные технические науки являются фундаментом при проектировании машин и определении их параметров на основе расчетов: кинематических, прочностных, динамических, на виброустойчивость, долговечность, надежность и т. п. Однако при этом еще неизвестно, насколько данная выбранная или проектируемая машина экономически будет эффективной. Машина, удовлетворяющая всем техническим требованиям, может оказаться не эффективной и не прогрессивной, так как конструктивная сложность и затраты на ее

создание даже при минимуме эксплуатационных затрат не обеспечат требуемого уровня экономии труда за срок ее службы по сравнению с существующей техникой.

Технический прогресс и экономическая эффективность производства — это две неразрывно связанные взаимообуславливающие проблемы, которые не могут быть решены изолированно, обособлено друг от друга.

Важнейшим критерием экономической эффективности капиталовложений является рост производительности труда, достигаемый в результате внедрения новой техники.

Расчеты сравнительной экономической эффективности капитальных вложений применяются при сопоставлении различных вариантов хозяйственных и технических решений, размещения предприятий и их комплексов, при решении задач по выбору взаимозаменяемой продукции, внедрению новых видов техники и т. д.

Целью инженерных методов сравнительной оценки экономической эффективности капиталовложений и новой техники является не только подсчет чисто экономических показателей, а выбор таких параметров проектируемых машин, которые являются экономически оптимальными и обеспечивают наибольший экономический эффект внедрения новой техники.

В основу расчетов экономической эффективности капиталовложений и новой техники положено сравнение для технически возможных вариантов величины капитальных затрат K_i , годовых эксплуатационных затрат I_i или себестоимости выпускаемой продукции C_i , которые принято выражать в денежной форме.

При этом годовые эксплуатационные затраты отличаются от себестоимости годового выпуска на величину годовых амортизационных отчислений для восстановления стоимости оборудования

$$C_i = I_i + \alpha K_i,$$

где C_i — себестоимость годового выпуска продукции; I_i — годовые эксплуатационные затраты на содержание оборудования, включающие в себя расходы на ремонт и межремонтное обслуживание, инструмент и энергию, зарплату операторов и наладчиков и др.; α — нормативный коэффициент амортизации; K_i — стоимость оборудования, зданий, сооружений (капитальные затраты).

При выборе вариантов технических решений по критериям экономической эффективности в качестве базового, исходного, варианта принимается обычно наиболее дешевый и технически менее совершенный вариант, который служит как бы эталоном, по отношению к которому оцениваются остальные, конкуриру-

ющие, варианты. Поэтому при оценке степени автоматизации в качестве базового варианта целесообразно выбирать станки, поточные линии, действующее оборудование, а в качестве конкурирующих — полуавтоматы, автоматы, автоматические линии.

Обычно такой базовый вариант характеризуется минимальными технологически необходимыми капитальными затратами ($K_1 = K_{\min}$), без вложения которых само производство (например, производство подшипников, автомобилей, радиоприемников и др.) является либо невозможным, либо бессмысленным (например, изготовление вручную автомобиля).

Как отмечалось ранее, типовым условием автоматизации является создание более сложного и дорогостоящего оборудования ($K_2 > K_{\min}$) для снижения эксплуатационных затрат или себестоимости продукции по сравнению с базовым вариантом ($I_2 < I_1$, $C_1 < C_2$). Типовая диаграмма суммарных затрат S_i по двум сравниваемым вариантам приведена на рис. 2.13:

$$S_1 = K_1 + NI_1; \quad S_2 = K_2 + NI_2.$$

На этой же диаграмме показаны для обоих вариантов величины суммарных значений $K_i + NC_i$ (линии 1 и 2); заштрихованные зоны означают для обоих вариантов в каждый момент эксплуатации общую сумму амортизационных отчислений за N лет, которые не являются эксплуатационными затратами (где n соответствует $S_1 = S_2$).

При этом все сравниваемые варианты приводятся к одному уравнению производительности (единому масштабу затрат на единицу продукции). В том случае, если $K_2 < K_1$ и $I_2 < I_1$, т.е. один из вариантов требует меньших и капитальных, и эксплуатационных затрат, проблемы целесообразности выбора варианта не возникает — второй вариант будет эффективным по любым критериям, что ясно без всяких расчетов.

Аналогично, если внедрение нового, более дорогостоящего варианта ($K_2 > K_1$) может привести к увеличению и эксплуатационных затрат ($I_2 > I_1$), то не требуется каких-либо специальных расчетов — такой вариант явно нецелесообразен.

Типовым для выбора целесообразного варианта автоматизации является случай, когда вместо минимально возможных затрат K_1 , например на создание поточной линии, расходуются большие сред-

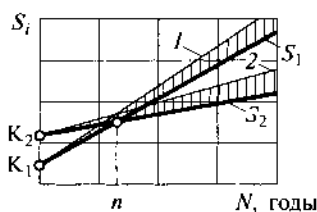


Рис. 2.13. Типовые диаграммы суммарных затрат S_i на выпуск продукции для поточной (1) и автоматической (2) линий

ства $K_2 > K_1$, которые окупаются в процессе эксплуатации автоматической линии за счет снижения эксплуатационных затрат ($I_2 < I_1$) таким образом, что к концу сроков службы итоговая экономия на суммарных затратах составляет:

$$\Delta S = S_1 - S_2 > 0.$$

В этом случае выбор технического варианта производится путем специальных расчетов с помощью критериев экономической эффективности.

Все официальные критерии сравнительной эффективности капиталовложений и новой техники основаны на сопоставлении между собой величин K_1 и K_2 ; I_1 и I_2 ; C_1 и C_2 .

Из всех сравниваемых вариантов наиболее эффективным признается такой, для которого приведенные затраты ожидаются минимальными.

Критерием экономической эффективности новой техники является производительность общественного труда. Если привести оба варианта к единому масштабу выпуска ($\varphi = 1$) и выразить трудовые затраты в денежной форме за срок службы, коэффициент прироста производительности труда

$$\lambda = (K_1 + NI_1)/(K_2 + NI_2) = S_1/S_2.$$

Прирост производительности труда за срок службы

$$\Delta\lambda = \lambda - 1 = (S_1 - S_2)/S_2 = \Delta S/S_2.$$

Среднегодовой прирост производительности труда как функция сроков службы

$$e = \Delta\lambda/N = \Delta S/(NS_2)$$

представлен на рис. 2.14.

С понятием экономической эффективности новой техники тесно связано понятие ее прогрессивности. Прогрессивность

новой техники определяется соответствием ее главному целевому назначению.

Главным целевым назначением новой техники является не только повышение производительности, но и облегчение условий труда. При этом прогрессивной является техника, не только обеспечивающая рост производительности труда, но и такая, которая соответствует научно обоснованным заданным темпам ее повышения и при этом облег-

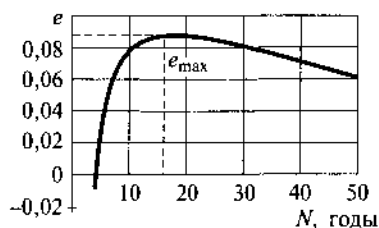


Рис. 2.14. Зависимость среднегодового прироста производительности труда от сроков службы средств производства

чает труд человека. На основе сложившихся представлений критерий прогрессивности новой техники отражает следующие показатели:

- рост производительности труда;
- постоянный рост требований к новой технике на основе объективных законов развития производительных сил. Чем позже вводится в эксплуатацию новая машина, тем менее она прогрессивна при тех же технических характеристиках;
- фактор времени. Любая самая совершенная конструкция сегодняшнего дня, если сроки ее проектирования и освоения затягиваются, неизбежно оказывается морально устаревшей при проектировании. Любая прогрессивная техника в процессе эксплуатации не может оставаться прогрессивной вечно и морально устаревает;
- высокая эффективность капиталовложений на создание и внедрение новой техники.

Критерием прогрессивности новой техники является соответствие фактических темпов роста производительности труда плановым, которые должны быть научно обоснованными, прогнозируемыми.

Имея единое начало отсчета по времени, на одном графике можно сравнивать фактические и плановые темпы роста производительности труда исходя из единой основы — достигнутого уровня.

Приведенная на рис. 2.15 диаграмма показывает зависимость прогрессивности новой техники от сроков ввода ее в эксплуатацию.

Если машина вводится в действие через два года после момента, принятого за начало отсчета, она становится прогрессивной, если сроки службы не превышают N_{\max} . Однако если машина вводится через пять лет ($L = 5$), то она перестает быть прогрессивной.

Таким образом, по критерию эффективности капиталовложений несмотря на задержку с проектированием и освоением машина может считаться экономически эффективной, хотя она за этот период морально устаревает при проектировании. Высокая эффективность капиталовложений является необходимым, но недостаточным условием прогрессивности новой техники. Критерий прогрессивнос-

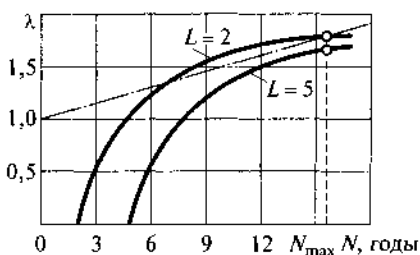


Рис. 2.15. Зависимость прогрессивности новой техники от сроков ввода ее в эксплуатацию

ти более полно учитывает фактор времени и, как правило, отражает более высокий уровень требований к новой технике, чем критерии эффективности капиталовложений, не исключая, а дополняя их.

2.4. Мероприятия по повышению производительности труда и эффективности производства

Производительность труда играет большую роль в производстве. Производительность труда рабочих зависит от многих факторов, так как связана с деятельностью различных инженерно-технических служб предприятий, организаций отрасли и народного хозяйства в целом. В пределах предприятия можно указать на три главных вида мероприятий, влияющих на возможность повышения производительности труда:

- конструкторские;
- организационные;
- технологические.

Конструкторские мероприятия. Конструкторские мероприятия связаны с созданием технологичной конструкции изделия в целом и его отдельных элементов. По области проявления свойств технологичность конструкции изделия подразделяют производственную и эксплуатационную.

Производственная технологичность конструкции проявляется в сокращении затрат времени на конструкторскую и технологическую подготовки производства и процессы изготовления изделия. Сокращение затрат времени, а следовательно, и трудоемкости на всех стадиях — важнейший фактор повышения производительности труда.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия. На снижение трудоемкости изготовления изделия влияют показатели технологичности конструкции, приведенные далее.

Применение стандартных и унифицированных частей изделия сокращает время на проектирование, позволяет использовать опыт, полученный при освоении ранее разработанных конструкций изделия, а также создает предпосылки для централизованного производства этих частей. Специализированное предприятие благодаря массовому или крупносерийному производству позволяет с большим экономическим эффектом применить прогрессивные технологические процессы, автоматизированное оборудование и высокопроизводительную оснастку, что не только снижает затраты живого труда, но и значительно снижает себестоимость продукции.

Стандарт — образец, эталон или комплекс норм, правил, требований к объекту, утверждаемый компетентными органами. Существуют государственные (ГОСТ), отраслевые (ОСТ) стандарты и стандарты предприятий (СТП). Стандарты обязательны к применению.

Унификация — рациональное сокращение числа объектов одинакового функционального назначения (типоразмеров, форм, марок и др.). Это один из методов стандартизации, не обязательный к применению.

Стандартизация и унификация частей изделия приводят к полной или частичной взаимозаменяемости, что облегчает техническое обслуживание и ремонт изделия.

Число стандартных частей в изделии характеризуется коэффициентом стандартизации изделия

$$K_{CT} = (E_{CT} + D_{CT}) / (E + D),$$

где E_{CT} — число стандартных сборочных единиц в изделии; D_{CT} — число стандартных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в E_{CT} (стандартные крепежные детали не учитываются); E — число сборочных единиц в изделии; D — число деталей, являющихся составными частями изделия, не входящими в состав сборочных единиц.

В числа E_{CT} и D_{CT} входят заимствованные, покупные и вновь стандартизованные сборочные единицы и детали.

Число унифицированных частей в изделии характеризуется коэффициентом унификации изделия

$$K_y = (E_y + D_y) / (E + D),$$

где E_y — число унифицированных сборочных единиц; D_y — число унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в E_y (стандартные крепежные детали не учитываются); E и D — соответственно число унифицированных и оригинальных сборочных единиц и деталей.

E_y и D_y состоят из стандартных, заимствованных унифицированных и покупных унифицированных сборочных единиц и деталей.

Коэффициент унификации характеризует преемственность конструкции. Чем больше K_y , тем технологичнее конструкция. Стандартизация и унификация составных частей изделия создает ряд изложенных выше достоинств в пределах одного или нескольких предприятий отрасли. Повторяемость сборочных единиц и деталей в изделии характеризует унификацию и стандартизацию частей изделия.

Коэффициент повторяемости

$$K_{пов} = 1 - Q / (E + D),$$

где Q — число наименований составных частей изделия.

Чем больше $\kappa_{\text{п.м}}$, тем технологичнее конструкция изделия.

Применение ограниченного числа различных материалов упрощает процесс материально-технического снабжения, складирования, перемещения и изготовления деталей. При обработке деталей из одного и того же материала не требуется изменять режимы обработки так часто, как при обработке деталей из разных материалов.

Материалы по возможности должны выбираться недефицитные, легко обрабатываемые, дешевые, позволяющие получать из них точные и высококачественные заготовки.

Коэффициент применяемости материала $\kappa_{\text{п.м}}$ характеризует степень использования данного материала в изделии $m_{\text{и.м}}$ по отношению к общей массе конструкции изделий m :

$$\kappa_{\text{п.м}} = m_{\text{и.м}}/m.$$

Конструктивные элементы детали в виде тел вращения и плоскостей легко обрабатываются на металлорежущих станках. Труднее обрабатывать другие виды поверхностей. Желательно, чтобы поверхности были параллельны или перпендикулярны обрабатываемому инструменту. Наличие у детали поверхностей с идентичными размерами, качествами и шероховатостью, с одинаковыми резьбовыми, шлицевыми и зубчатыми поверхностями, радиусами сопряжения и другими элементами позволяет обрабатывать их одними и теми же инструментами, на одних и тех же станках, с одними и теми же наладками и режимами обработки. Таким образом, не расходуется время на замену инструментов и переналадку станков, т. е. повышается производительность.

Число унифицированных конструктивных элементов должно быть большим. Оно характеризуется коэффициентом унификации конструктивных элементов

$$\kappa_{\text{у.э}} = Q_{\text{у.э}}/Q,$$

где $Q_{\text{у.э}}$ — число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов (резьбы, галтели, фаски, отверстия и др.); Q — число типоразмеров конструктивных элементов в детали (изделии).

Однотипные составные части изделия дают возможность обрабатывать их по одним и тем же процессам; при этом повышается серийность производства, создающая условия для внедрения прогрессивных технологических процессов, повышения уровня их M и A , сокращения сроков изготовления, обслуживания и ремонта изделий.

Техническим показателем унификации процессов является коэффициент применения типовых технологических процессов

$\kappa_{т.п.}$, определяемый отношением числа типовых технологических процессов изготовления (ремонта, техобслуживания) $Q_{т.п.}$ к общему числу используемых процессов $Q_{п.}$:

$$\kappa_{т.п.} = Q_{т.п.}/Q_{п.}$$

Для оценки технологичности конструкции изделия в целом основными показателями являются:

- трудоемкость изготовления изделия

$$T_{и} = \sum T_i,$$

где T_i — трудоемкость изготовления, сборки и испытания i -й составной части изделия, нормочасы;

- уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления

$$\kappa_{у.т} = 1 - T_{и}/T_{б.п.},$$

где $T_{б.п.}$ — базовый показатель трудоемкости изготовления изделия, нормочасы;

- технологическая себестоимость изделия

$$C_{т} = C_{м} + C_{з} + C_{ц.р.},$$

где $C_{м}$ — стоимость основных материалов, затраченных на изготовление изделия, р.; $C_{з}$ — заработная плата производственных рабочих с начислениями, р.; $C_{ц.р.}$ — часть цеховых расходов, затрачиваемых на силовую электроэнергию, ремонт и амортизацию оборудования, инструмента и приспособлений, на смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ), обтирочные и другие материалы, предусмотренные процессом производства изделия, р.;

- уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$\kappa_{у.с} = 1 - C_{и}/C_{б.т.},$$

где $C_{и}$ — стоимость изготовления изделия, р.; $C_{б.т.}$ — базовый показатель технологической себестоимости.

Сопоставляя несколько вариантов разработанных конструкций изделия или его составных частей, выбирают ту конструкцию, у которой основные показатели выше при более низкой себестоимости.

Мероприятия, направленные на устранение прямых потерь времени. Рациональная организация и планирование производственных процессов позволяют выполнять работу на каждом рабочем месте так, чтобы простои оборудования и рабочих были минимальными, что существенным образом влияет на

повышение производительности труда. Главными факторами организационного порядка, способствующими повышению производительности труда, являются следующие.

1. Улучшение календарного планирования. Каждое рабочее место нужно своевременно обеспечить заготовками, инструментами и другой технологической оснасткой в необходимом количестве и в определенное время. Для сборочных операций это означает подачу из механических цехов комплекта всех собираемых деталей. В механических цехах изготовление деталей в малом количестве связано с частой переналадкой станков из-за замены деталей. За время переналадки продукция со станка не снимается, при этом уменьшается производительность оборудования и рабочего. Правильное планирование дает возможность определить оптимальные размеры партий обрабатываемых деталей, что позволяет уменьшить число переналадок станков и добиться бесперебойной подачи деталей на сборку из создаваемых заделов деталей.

2. Закрепление за станком одних и тех же обрабатываемых деталей. Вместо того чтобы использовать для обработки несколько станков, целесообразно на одном станке обрабатывать как можно больше одинаковых деталей. При этом у рабочего появляется навык, он быстрее выполняет необходимые движения для управления процессом и не затрачивает время на наладку нескольких станков. Появляется возможность перевести обработку деталей на более производительное оборудование, использовать прогрессивную высокопроизводительную оснастку, механизировать и автоматизировать операцию.

3. Улучшение организации рабочего места, способствующее уменьшению числа движений рабочего, требуемых для выполнения операции (расположение стеллажей у станка, освещения и др.).

4. Улучшение обслуживания рабочего места, своевременное выполнение плана-графика, обеспечение рабочего места заготовками и технической оснасткой, создание необходимых гигиенических условий и др.

5. Организация централизованной заточки инструмента, позволяющая останавливать оборудование только для замены и подналадки износившегося инструмента.

6. Организация автоматической уборки стружки во время процесса обработки.

7. Организация автоматического управления производством, позволяющая своевременно реагировать на многие факторы, приводящие к простоям оборудования. Например, автоматическое оповещение о необходимости подачи заготовок, если на рабочем месте их количество уменьшилось до определенного значения, автоматическое оповещение механика о простое обо-

рудования из-за поломки, автоматический учет числа изготовленной продукции, брака, незавершенной продукции на заданный момент времени и др.

Автоматизированные системы управления производством (АСУП) позволяют значительно повысить производительность труда в результате замены ряда работников машинами. Информация, получаемая от каждого станка или машины, быстро перерабатывается на электронных вычислительных машинах (ЭВМ) и подается руководителям смен, цехов и предприятия в целом для сведения и руководства.

8. Механизация и автоматизация инженерно-технических работ по подготовке производства, приводящая не только к сокращению труда инженерно-технических работников предприятия, но и к своевременному получению необходимой документации для каждого рабочего места (технологические карты, чертежи и др.).

Мероприятия, связанные с рационализацией технологического процесса. Производительность P обратно пропорциональна времени T , затрачиваемому на операцию; чтобы ее увеличить, следует уменьшить время на операцию: $P = 1/T$. Интервал времени, определяемый отношением цикла технологической операции к числу изделий, одновременно изготовленных или ремонтируемых на одном рабочем месте, называется *штучным временем*.

В массовом производстве на выполнение операции затрачивается штучное время

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{вс}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{о.л.п}} + T_{\text{пер}},$$

где T_0 и $T_{\text{вс}}$ — соответственно основное и вспомогательное время, с (мин); $T_{\text{обсл}}$ — время, затрачиваемое на техническое и организационное обслуживание, с (мин); $T_{\text{о.л.п}}$ — время, затрачиваемое на отдых и личные потребности рабочего, с (мин); $T_{\text{пер}}$ — время на технологические перерывы, с (мин).

В серийном производстве затрачивается штучно-калькуляционное время

$$T_{\text{ш.к}} = (T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}})/n,$$

где $T_{\text{п.з}}$ — подготовительно-заключительное время, с (мин); n — размер партии обрабатываемых деталей, шт.

Для сокращения штучного времени необходимо уменьшать каждое из его слагаемых.

Основное время. Сокращение основного времени T_0 — чрезвычайно эффективная мера, способствующая снижению вспомогательного времени $T_{\text{вс}}$ за счет психологического воздействия высоких скоростей оборудования на ускорение действий самого рабочего.

При работе на станках основное время является машинным:

$$T_o = T_m = L_{p.x}i/(nS),$$

где $L_{p.x}$ — длина рабочего хода; i — число рабочих ходов; n — частота вращения; S — подача на один оборот.

Машинное время уменьшается, когда вводят новые прогрессивные методы обработки (радиальное обжatie, абразивное высокоскоростное резание и т.п.); применяют высокопроизводительные инструменты (например, из эльбора, твердого сплава, алмаза), многопозиционные станки, полуавтоматы и автоматы; повышают скорость обработки, точность и качество заготовок, позволяющих исключить черновые операции; используют прогрессивные смазочно-охлаждающие средства; совмещают несколько технологических переходов.

Вспомогательное время. Сокращение вспомогательного времени связано с сокращением времени на загрузку, установку, закрепление, раскрепление и снятие обрабатываемой детали, на замену инструментов при выполнении разных переходов, на контроль и управление станком.

Время на загрузку, установку, закрепление, раскрепление и снятие обрабатываемой детали сокращают следующими путями:

- уменьшают количество установок в операции благодаря применению приспособлений, позволяющих обрабатывать все необходимые поверхности (например, плавающий центр позволяет обрабатывать все цилиндрические наружные поверхности валика или оси на токарном станке при базировании в центрах);
- загружают заготовки с помощью различных автоматизированных загрузочных устройств; при этом часть времени на загрузку совмещается с машинным временем, так как захват заготовки и перемещение ее в рабочую зону станка осуществляется в процессе непосредственной обработки предыдущей детали;
- рационально выбирают базы и установочные элементы приспособления, не требующие выверки заготовки на станке;
- внедряют быстродействующие приводы зажимов-разжимов приспособления (пнеumo-, гидро- и электромагнитные приводы позволяют закреплять и раскреплять заготовку в пределах 1...5 с);
- устанавливают автоматические выталкиватели и съемники обработанных деталей.

Время, связанное с заменой инструментов, сокращают за счет применения быстросъемных патронов, позволяющих заменять не работающий в данный момент инструмент без остановки станка, фасонных инструментов и револьверных головок с заранее установленными инструментами.

Время, связанное с контролем, уменьшают за счет применения калибров вместо универсальных измерительных инструментов благодаря работе на «настроенных» станках, вследствие чего

100%-й контроль можно заменить на выборочный контроль; внедрения статистического метода контроля и автоматизации контроля.

Время, связанное с управлением станком, сокращают за счет уменьшения количества рукояток и кнопок, совмещения кнопки и рукоятки в одном месте — на пульте; использования средств автоматизации управления.

Время на техническое и организационное обслуживание. Его сокращения добиваются в основном за счет улучшения организации работы цеха, участка и рабочего места. Для этого применяют инструменты, обладающие высокой надежностью, чтобы эти инструменты работали более длительное время; взаимозаменяемые инструменты налаживают на требуемые размеры вне станка; используют автоматические подналадчики для перемещения инструментов при определенном их износе; централизованную автоматическую смазку станка, счетчики готовых деталей, брака и др.

Время на отдых и личные потребности рабочего. Для его сокращения следует разнообразить монотонную работу, приводящую к значительной усталости рабочего; по возможности внедрять автоматические устройства, частично или полностью заменяющие рабочего. Интенсифицировать труд возможно при соблюдении технической эстетики, проведении физкультурных пауз и др.

Кроме перечисленных факторов штучное время $T_{шт}$ можно уменьшить за счет применения станков, у которых совмещается машинное время T_m со вспомогательным $T_{всп}$. Например, на многошпиндельных многопозиционных полуавтоматах, автоматах и агрегатных станках машинное время в каждой рабочей позиции совмещается. Совмещается вспомогательное время на подводы и отводы инструментов и повороты блока шпинделей или стола от позиции к позиции, а также время на установку и снятие детали со станка.

Штучно-калькуляционное время. Штучно-калькуляционное время $T_{ш.к}$ уменьшают за счет увеличения партии обрабатываемых деталей n и сокращения подготовительно-заключительного времени $T_{п.з}$. Это обеспечивается за счет сокращения переналадок станка путем создания групповых обработок, применения универсально-наладочной оснастки, повышения квалификации наладчиков.

Производительность автоматов характеризуется продолжительностью рабочего цикла, с,

$$T = t_p + t_{х.х},$$

где t_p — время, затрачиваемое на рабочие ходы; $t_{х.х}$ — время, затрачиваемое на холостые ходы.

Цикловая производительность, шт./с,

$$Q_u = 1/T = 1/(t_p + t_{x,x}).$$

Если бы у машины отсутствовали холостые ходы ($t_{x,x} = 0$), то автомат имел бы наибольшую производительность, так как процесс осуществляется на таком автомате непрерывно, без простоев и холостых ходов. Производительность такого автомата $\kappa = 1/t_p$, шт/с, называют *технологической*.

Подставляя значения κ , получим

$$Q_u = \frac{1}{t_p + t_{x,x}} = \frac{1}{1/(\kappa + t_{x,x})} = \kappa \frac{1}{1 + \kappa t_{x,x}}.$$

Обозначив $1/(1 + \kappa t_{x,x}) = \eta$ и подставив в приведенную выше формулу, получим

$$Q_u = \kappa \eta,$$

где η — коэффициент производительности рабочей машины, характеризующий отношение цикловой производительности к технологической или время выполнения рабочих ходов к периоду цикла, $\eta = Q_u/\kappa = t_p/T$.

Коэффициент производительности η также характеризует степень непрерывности процесса обработки и использования автомата по времени. Например, пусть $t_p = 0,4$ с, $t_{x,x} = 0,1$ с, тогда $\kappa = 1/t_p = 1/0,4 = 2,5$ шт./с; $Q_u = 1/(0,4 + 0,1) = 2$ шт./с; $\eta = Q_u/\kappa = 2/2,5 = 0,8$, т. е. на автомате 80 % времени расходуется на непосредственную обработку детали, а 20 % — на холостые ходы.

Автоматы, как и другие машины, требуют замены и подналадки инструментов, регулировки и ремонта отдельных механизмов, периодической загрузки заготовок, уборки отходов, сдачи готовых изделий, на что также затрачивается время t_n , являющееся временем на нецикловые потери, которые также следует учитывать в определенной пропорции, при определении фактической производительности автомата:

$$Q_{\phi} = 1/(t_p + t_{x,x} + t_n).$$

Условия, вызывающие необходимость автоматизации. При автоматизации рабочий освобождается от ряда однообразных, часто повторяющихся движений, связанных с выполнением операции, но в его функции вводится наладка оборудования и контроль за его работой. В освобожденное время рабочему поручается обслуживание дополнительного оборудования.

Автоматизация создает предпосылки для повышения производительности труда рабочих и оборудования, улучшения каче-

ства изделий, их надежности и долговечности, обеспечения безопасности работ. Однако требуются дополнительные капиталовложения для их внедрения. Поэтому не всегда разработанные процессы автоматизации конструкции автоматических устройств могут обеспечить экономическую целесообразность замены ими труда рабочего.

Автоматизацию внедряют в производственные процессы в следующих случаях.

1. Угроза для жизни рабочего (например, работа с радиоактивными элементами, измерение температуры деталей в шахтной печи и др.). В этих случаях средства для проведения автоматизации процессов берут из сумм, отпускаемых на охрану труда, или из спецфондов.

2. Экономический эффект обеспечивается за счет повышения производительности труда и оборудования, улучшения качества, снижения брака и, следовательно, уменьшения расхода основных материалов и других затрат, сокращения расхода энергии и вспомогательных материалов, уменьшения расходов на содержание зданий и сооружений, уменьшения площади, занятой автоматами.

3. Замена тяжелого и монотонного физического труда.

Прежде чем внедрять автоматизацию, необходимо провести технико-экономические расчеты и дать обоснования их целесообразности, которые проводят в определенной последовательности.

Расчеты, подтверждающие возможность автоматического обеспечения требуемой точности изделия. На серийно выпускаемом автомате при заданной настройке обрабатывают партию деталей, чтобы по результатам измерений обработанных деталей судить о разбросе размеров и характере кривой распределения размеров деталей. По полученным отклонениям размеров находят центр группирования размеров $x_{\text{ср}}$, предельные отклонения размеров L_{max} и L_{min} , среднеквадратичное отклонение размеров s . Считают, что если в соотношении между допуском Δ и среднеквадратичной величиной существует зависимость $\Delta/T = 6s$, то практически 100 % обрабатываемых деталей будут годными.

Расчет экономии, полученной от внедрения автоматизации. При этом расчете сопоставляют технологическую себестоимость изделия, полученную при работе на универсальном C_y и автоматизированном C_a оборудовании, т.е.

$$E = C_y - C_a.$$

Аналогично определяют экономию за счет улучшения качества, сортности и снижения брака. При наличии экономии можно переходить к окончательному расчету.

Расчет окупаемости капиталовложений. Затраты на автоматизацию должны окупиться в самые сжатые сроки. По нормативам эти сроки находятся в пределах 1 — 2 лет для единичных операций и до 6 лет для комплексной автоматизации (автоматические линии и цехи). Более длительные сроки нельзя принимать, так как сами операции, изделия, оборудование заменяются примерно через 2 — 8 лет. Окупаемость

$$\tau = (k_2 - k_1)/(EN),$$

где k_2 — затраты на автоматизацию оборудования, р.; k_1 — стоимость реализуемого универсального оборудования, взамен которого внедрено автоматизированное оборудование, р.; E — экономия в технологической себестоимости, р./шт.; N — годовая программа выпуска деталей, шт.

Контрольные вопросы

1. Как влияют конструкторские мероприятия на возможность повышения производительности труда?
2. Можно ли заниматься вопросами автоматизации операций технологического процесса, если изделие не технологично?
3. Приведите количественные показатели технологичности конструкции, позволяющие определить коэффициенты стандартизации и унификации изделия.
4. Как влияют меры организационного характера на повышение производительности труда?
5. Перечислите основные направления в сокращении вспомогательного времени на операцию.
6. Перечислите основные направления в сокращении времени на обслуживание.
7. Перечислите основные направления сокращения машинного времени на операцию.
8. Объясните понятие «цикловая производительность автомата».
9. Объясните понятие «технологическая производительность автомата».
10. Объясните понятие «фактическая производительность автомата».

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ – ОСНОВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства

Основой автоматизации производства являются технологические процессы (ТП), которые должны обеспечивать высокую производительность, надежность, качество и эффективность изготовления изделий. С этой точки зрения большое значение приобретают прогрессивные высокопроизводительные методы обработки и сборки, используемые при проектировании автоматизированных ТП.

При разработке ТП автоматизированного производства (АП) рассматривают комплексно все его элементы: загрузку-выгрузку изделий, их базирование и закрепление, контроль, межоперационное транспортирование, складирование и др. Поэтому для оценки возможности и эффективности автоматизации важно правильно классифицировать ТП.

Характерной особенностью ТП обработки и сборки является строгая ориентация деталей и инструмента относительно друг друга в рабочем процессе (первый класс). Термообработка, сушка, окраска и другие процессы, в отличие от обработки и сборки не требующие строгой ориентации деталей, относятся ко второму классу.

Кроме того, ТП подразделяют на дискретные и непрерывные. Для дискретных процессов характерны прерывистость и строгая последовательность рабочих и холостых движений. Непрерывные процессы изменяются плавно, без скачков (например, бесцентровое шлифование, протягивание). Такое подразделение носит условный характер, так как большинство процессов сочетают дискретность с непрерывностью.

ТП автоматизированного производства по сравнению с технологиями неавтоматизированного производства имеют свою специфику, обусловленную следующими объективными факторами.

1. Автоматизированные ТП включают в себя не только операции механической обработки резанием, но и обработку давлением, термообработку, сборку, контроль, упаковку, а также транспортно-складские и другие операции.

2. Требования к гибкости и автоматизации производственных процессов диктуют необходимость комплексной и детальной проработки технологии, тщательного анализа объектов производства, проработки маршрутной и операционной технологии, обеспечения надежности и гибкости процесса изготовления изделий с заданным качеством. Степень подробности технологических решений должна быть доведена до уровня подготовки управляющих программ для оборудования.

3. Многовариантность технологических решений при широкой номенклатуре выпускаемых изделий.

4. Высокая степень интеграции работ, выполняемых различными технологическими подразделениями.

Требования совершенствования и сокращения сроков технологической подготовки производства обусловили необходимость принципиально нового подхода к проектированию ТП — с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Эффективность автоматизированной разработки ТП во многом определяется рациональным сочетанием типовых и индивидуальных технологических решений на всех стадиях проектирования, а также высоким уровнем стандартизации и унификации выпускаемых изделий, оборудования и самих ТП.

Внедрение гибких технологий, широкое использование средств вычислительной техники и роботов позволяет быстро и эффективно перестраивать технологические процессы на изготовление новых изделий, что весьма актуально в условиях мелкосерийного и серийного производств, преобладающих в машиностроении.

Раскрыть потенциальные возможности и обеспечить максимальную эффективность автоматизированных производственных систем (АПС) можно только в том случае, если их проектированию предшествуют глубокие технологические разработки и при этом соблюдаются основные принципы технологии. Рассмотрим некоторые из них.

1. Принцип завершенности. Необходимость стремления к выполнению всех операций в пределах одной АПС, т.е. без промежуточной передачи полуфабрикатов в другие подразделения или вспомогательные отделения. Для реализации этого принципа следует обеспечить технологичность изделий; разработать новые унифицированные методы обработки и контроля; расширить и обосновать тип оборудования АПС с повышенными технологическими возможностями.

2. Принцип малооперационной технологии. Формирование ТП с максимально возможным укрупнением операций и минимальным числом операций и установок в операциях. Для реализации этого принципа необходимы те же мероприятия, что и для реализации первого принципа, а также оп-

тимизация маршрутов и операционных технологий с применением методов автоматизированного проектирования ТП.

3. Принцип «малолюдной» технологии. Обеспечение автоматической работы АПС в пределах всего производственного цикла. Для реализации этого принципа необходимы: стабилизация отклонений входных технологических параметров АПС (заготовок, инструментов, станков, оснастки); расширение и повышение надежности методов операционного информационного обеспечения; переход к гибким адаптивным системам управления (СУ).

4. Принцип «безотладочной» технологии. Разработка ТП, не требующих отладки на рабочих позициях, что особенно актуально для широкономенклатурных АПС. Этот принцип близок к третьему принципу и для его реализации необходимы те же мероприятия.

5. Принцип активноуправляемой технологии. Организация управления ТП и коррекция проектных решений на основе рабочей информации о ходе этого ТП. Корректироваться могут как технологические параметры, формируемые на этапе управления, так и исходные параметры технологической подготовки производства (ТПП). Для реализации этого принципа необходимы разработка методов и алгоритмов адаптивного управления ТП и методов статистической коррекции базы данных для создания самообучающихся АПС.

6. Принцип оптимальности. Принятие решения на каждом этапе ТПП и управления ТП на основе единого критерия оптимальности. Для реализации этого принципа необходимо использование методов оптимизации ТП; разработка алгоритмов оптимизации для условий работы АПС; применение или разработка специальных технических, аппаратных, программных средств реализации указанных алгоритмов.

Принцип оптимальности создает единую методическую основу решения технологических задач на всех уровнях и этапах, позволяет выработать наиболее эффективное, однозначное и взаимоувязанное решение указанных задач.

Помимо рассмотренных для технологии АПС характерны и другие принципы: компьютерной технологии, информационной обеспеченности, интеграции, безбумажной документации, групповой технологии. Все они объединены в единую систему ТПП и управления, что позволяет ставить вопрос о создании принципиально новой технологии АПС, реализующей наиболее эффективные технические решения и максимально раскрывающей потенциальные технические и технологические возможности АПС. Принцип групповой технологии является фундаментальным для всех АПС, так как именно он обеспечивает «гибкость» производства.

3.2. Типовые и групповые технологические процессы

Типизация технологических процессов для сходных по конфигурации и технологическим особенностям групп деталей предусматривает их изготовление по одинаковым ТП, основанным на применении наиболее совершенных методов обработки и обеспечивающим достижение наивысшей производительности, экономичности и качества. Основа типизации — правила обработки отдельных элементарных поверхностей и правила назначения очередности обработки этих поверхностей.

Принцип групповой технологии лежит в основе технологии переналаживаемого производства: мелко- и среднесерийного. В отличие от типизации ТП при групповой технологии общим признаком объединения деталей в группы является общность обрабатываемых поверхностей и их сочетаний, т.е. общность оборудования, необходимого для обработки детали или отдельных ее поверхностей. Очевидно, что в состав группы могут включаться заготовки различной конфигурации.

Типизация ТП и метод групповой технологии являются основными направлениями унификации технологических решений, повышающими эффективность производства. Для их реализации необходима классификация деталей, отработка их конструкций на технологичность с одновременной унификацией элементов этих деталей.

Технологичность конструкций изделий для условий АП. Оценка и отработка конструкций изделий на технологичность — один из важнейших этапов технологической подготовки производства, особенно автоматизированного. Конструкция изделия считается технологичной, если для его изготовления и эксплуатации требуются минимальные затраты материалов, времени и средств. Оценка технологичности проводится по качественным и количественным критериям отдельно для заготовок, обрабатываемых деталей, сборочных единиц. Более подробно вопросы технологичности изложены в гл. 6.

Типизация ТП и метод групповой обработки деталей. Проведение типизации ТП для сходных по конфигурации и технологическим особенностям деталей предусматривает их изготовление по одинаковым ТП, основанным на применении наиболее совершенных методов обработки и обеспечивающим достижение требуемой производительности, экономичности и качества.

Типовые процессы разрабатываются на изготовление в конкретных производственных условиях типовых представителей групп изделий, обладающих общими конструктивно-технологическими признаками. К типовым представителям относят те изделия, обработка которых требует наибольшего числа операций, характерных для изделий рассматриваемых групп. Типовые

ТП находят применение, главным образом, в крупносерийном и массовом производствах.

Типизация ТП является одним из основных направлений технологической унификации наряду с групповым методом обработки деталей. Групповые ТП получили распространение в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств. Частично их применяют в крупносерийном и массовом производствах для деталей с коротким производственным циклом.

К классификационным признакам деталей относятся: конфигурация (форма), размер, точность и качество обработанных поверхностей, материал. Классификация построена по схеме класс — подкласс — группа — тип. На рис. 3.1 приведена схема классификации реек.

Конечная цель классификации деталей — установление типов деталей, т.е. совокупностей сходных деталей, имеющих в

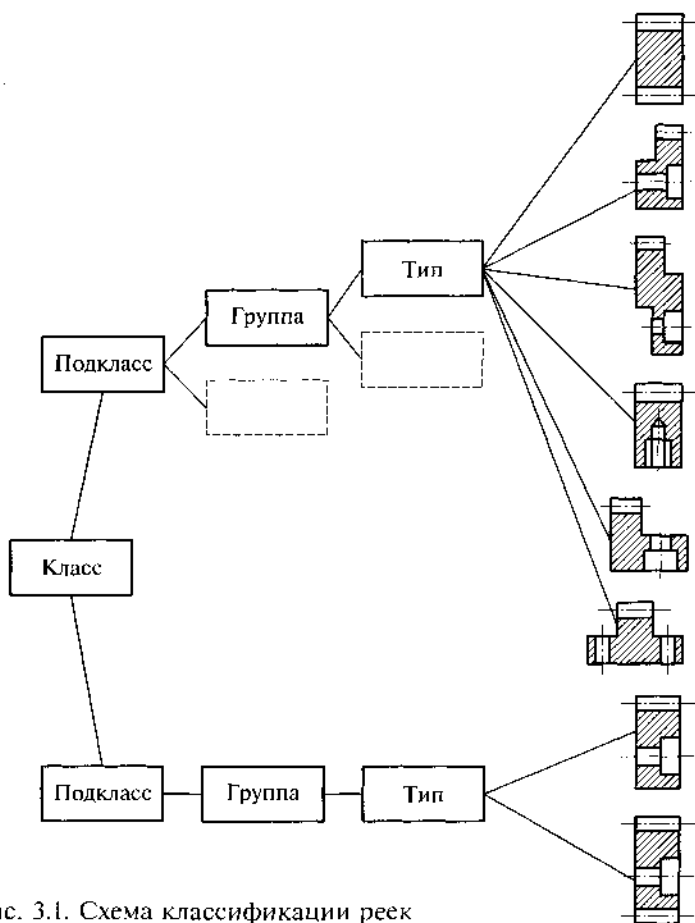


Рис. 3.1. Схема классификации реек

данных производственных условиях общий технологический процесс. Целью же разработки типовых технологических процессов является систематизация ТП для обработки однотипных деталей.

Типовые ТП разрабатываются как для конкретных производственных условий (оперативный типовой процесс), так и для перспективного развития производства — перспективный типовой ТП, предусматривающий дальнейшее совершенствование производства с учетом развития науки и техники в области технологии.

Создание типовых ТП позволяет избегать повторных и новых разработок при проектировании рабочих ТП, что ведет к сокращению времени на технологическую подготовку производства и особенно эффективно при использовании ЭВМ на стадии технологических разработок.

Групповые ТП — второе направление унификации ТП, впервые предложенное и разработанное проф. С. П. Митрофановым. Они нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. За основу метода, так же как и при типизации ТП, принимают технологическую классификацию деталей, заканчивающуюся формированием групп. Однако построение классификации деталей для групповой обработки существенно отличается от классификации деталей при типизации ТП. Если при типизации процессов в общий класс объединяют детали и заготовки по принципу общности их конфигурации, технологического маршрута, отдельных операций, то при групповой обработке основным признаком объединения деталей в группы по отдельным технологическим операциям является общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний, т.е. общность оборудования, необходимого для обработки детали или отдельных ее поверхностей. Очевидно, что в состав группы включают заготовки различной конфигурации (рис. 3.2). В этом смысле понятие группы значительно шире понятия типа деталей, являющегося основой построения типового процесса. Поэтому групповые методы обработки характерны для обработки деталей

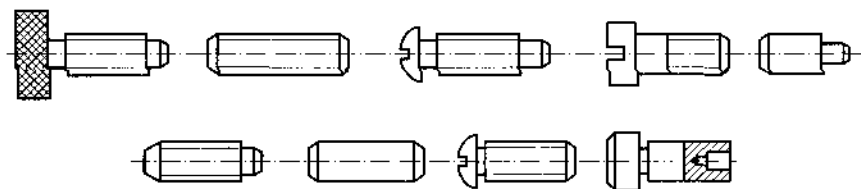


Рис. 3.2. Примеры деталей, изготавливаемых по одному групповому ТП

с широкой номенклатурой, типичной для единичного и мелко-серийного производств.

При формировании групп деталей учитывают следующие признаки: общность обрабатываемых поверхностей, их точность и шероховатость, однородность материала заготовок, близость их размеров, позволяющая обрабатывать детали на одном и том же оборудовании в однотипных приспособлениях, серийность выпуска и трудоемкость обработки деталей. В условиях единичного и мелкосерийного производств в группы объединяют до 60...80 деталей. Проводят экономический расчет размеров групп и разрабатывают схему групповой наладки каждого станка для наиболее сложной заготовки группы, включающей в себя все поверхности, встречающиеся у остальных заготовок. Если у сложных заготовок отсутствуют поверхности, характерные для других, более простых заготовок, то эти поверхности искусственно добавляются в чертежи. Такая усложненная деталь называется комплексной. В настоящее время групповые процессы разрабатываются для обработки деталей на токарных автоматах, револьверных, агрегатных и многооперационных станках («обрабатывающих центрах»).

Типизация ТП, методы групповой обработки деталей позволяют не только существенно сократить трудоемкость технологической подготовки производства, снизить затраты на оборудование и оснастку, но и обеспечить максимальную загрузку станков (загрузка станков с ЧПУ повышается в 2,4 раза), повысить серийность деталей.

3.3. Особенности проектирования технологических процессов изготовления деталей на автоматических линиях и станках с ЧПУ

Автоматическая линия (АЛ) — это непрерывно действующий комплекс взаимосвязанного оборудования и системы управления, требующий полной временной синхронизации операций и переходов. Наиболее эффективными методами синхронизации являются концентрация и дифференциация ТП.

Дифференциация технологического процесса, упрощение и синхронизация переходов — необходимые условия надежности и производительности. Однако есть свои рациональные пределы дифференциации ТП и упрощения переходов. Чрезмерная дифференциация приводит к усложнению обслуживающего оборудования, увеличению площадей и объема обслуживания.

Целесообразная концентрация операций и переходов, может быть осуществлена путем агрегатирования, применения многоинструментальных наладок.

Для синхронизации работы в автоматической линии (АЛ) определяется лимитирующий инструмент, лимитирующий станок и лимитирующий участок, по которым устанавливается реальный такт АЛ, мин,

$$\tau = \frac{60\Phi}{N},$$

где Φ — действительный фонд работы оборудования, ч; N — программа выпуска, шт.

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) обеспечивают высокую степень автоматизации и широкую универсальность, резко сокращая путь от чертежа до готовой детали в условиях как единичного, так и серийного производства.

Станки с ЧПУ дают высокую точность и качество изделий и могут использоваться при обработке сложных деталей с точными ступенчатыми или криволинейными контурами. При этом снижается себестоимость обработки, квалификация и число обслуживающего персонала. Автоматизация подготовки управляющих программ (УП) делает возможным автоматизировать весь комплекс работ: от проектирования до изготовления и контроля.

Особенности обработки деталей на станках с ЧПУ определяются особенностями самих станков и, в первую очередь, их системами ЧПУ, которые обеспечивают:

- сокращение времени наладки и переналадки оборудования, включая время программирования обработки, что весьма важно для работы переналаживаемых АПС;
- увеличение сложности циклов обработки, что в наибольшей степени реализуется на многооперационных станках с ЧПУ (обрабатывающих центрах) при обработке сложных деталей со многими обрабатываемыми поверхностями;
- возможность реализации ходов цикла со сложной траекторией, что позволяет обрабатывать детали любой сложности;
- возможность унификации систем управления станков с СУ другого оборудования, например промышленных роботов (ПР), транспортеров, накопителей, автоматизированных складов, что позволяет использовать станки с ЧПУ в составе АПС и реализовать в этих автоматизированных производственных системах роботизированные ТП;
- возможность использования ЭВМ для управления станками с ЧПУ, входящими в состав АПС, что позволяет значительно расширить технологические возможности всей АПС, увеличить сложность и номенклатуру деталей, обрабатываемых в АПС, автоматизировать и оптимизировать разработку маршрутной и операционной технологий, транспортно-технологических схем роботизированных процессов.

3.4. Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых АПС

Для разработки технологии в АПС характерен комплексный подход — детальная проработка не только основных, но и вспомогательных операций и переходов, включая транспортировку изделий, контроль, складирование, испытания, упаковку.

В силу необходимости и возможности быстрой переналадки при серийном и мелкосерийном производствах в АПС для каждой возможной детали (изделия) или для типоразмера должна быть разработана подробная технология изготовления с возможными отклонениями, созданы специальные или универсальные приспособления, в том числе спутниковые. Условия транспортировки, контроля, испытания, упаковки должны быть соответствующим образом определены и запрограммированы. Это необходимо для обеспечения быстрого перехода с одного изделия на другое — буквально в течение суток или смены. Детальная проработка всего ТП предполагает широкую унификацию конструктивно-технологических элементов обрабатываемых деталей для обеспечения возможности смешанного агрегатирования операций и оборудования.

Для стабилизации и повышения надежности обработки применяют два основных метода построения ТП:

- использование оборудования, обеспечивающего надежную обработку почти без участия оператора;
- регулирование параметров ТП на основе контроля изделий в ходе самого процесса.

Для повышения гибкости и эффективности в АПС используют принцип групповой технологии, позволяющий обрабатывать на одном и том же оборудовании большую группу разнотипных деталей с минимальными затратами на переналадку.

Указанные методы реализованы при создании технологии обработки основных типовых деталей: корпусных и в форме тел вращения.

При обработке корпусных деталей предпочтение отдается многоинструментальным станкам с ЧПУ типа «обрабатывающий центр».

Обработка деталей в форме тел вращения проводится в основном на токарных станках с ЧПУ и гибких модулях на их основе. Для улучшения качества обработки широко применяют проверенную в конкретных производственных условиях типизированную операционную технологию (ТОТ).

Для создания ТОТ всю поверхность заготовки представляют в виде основных и дополнительных поверхностей. Основные поверхности: цилиндрические, конические поверхности с криволинейными образующими, неглубокие канавки. Дополни-

тельные поверхности: канавки на внутренних и наружных поверхностях, резьбовые поверхности.

При изготовлении деталей крупными сериями в форме тел вращения на токарных станках имеют место следующие особенности:

- увеличение производительности за счет широкого применения комбинированного инструмента;
- использование осевого мерного инструмента (развертки, зенкеры);
- упрощение траекторий перемещения инструментов;
- сокращение числа поверхностей, обрабатываемых одним режущим элементом (резцом), переход к многоинструментальным наладкам последовательного и параллельного действия.

3.5. Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки

Автоматизированная сборка изделий выполняется на сборочных автоматах и АЛ. Важным условием разработки рационального ТП автоматизированной сборки является унификация и нормализация соединений, т.е. приведение их к определенной номенклатуре видов и точностей. На основе унификации и нормализации соединений в сборочных единицах и изделиях разрабатывают типовые сборочные процессы (операции и переходы), выполняемые на типовом сборочном оборудовании с использованием типовых инструментов и приспособлений.

Главным отличием роботизированного производства является замена сборщиков сборочными роботами и выполнение контроля контрольными роботами или автоматическими контрольными устройствами.

Если в условиях автоматизированного производства сборка изделий может выполняться методом полной или частичной взаимозаменяемости, с применением методов селективной сборки и использованием контрольно-сортировочных автоматов, а также с ограниченным применением метода пригонки и регулировки, то роботизированная сборка должна выполняться по принципу полной или групповой взаимозаменяемости. Исключается возможность подгонки, регулировки. Строго должны быть соблюдены принципы выбора и постоянства баз, которые определяют качество собираемых изделий и надежность работы сборочных роботизированных технологических комплексов (РТК).

Выполнение операций сборки должно проходить от простого к сложному: детали — в подузлы, подузлы — в узлы, узлы — в агрегаты и агрегаты — в изделие. В зависимости от сложности

и габаритных размеров изделий выбирают форму организации сборки: стационарную или конвейерную. Стационарная сборка возможна без перемещения изделия, с подводом сборочных узлов и деталей к базовой сборочной единице (детали, узлу и т.д.). Конвейерная сборка возможна, когда роботы обслуживают рабочие места с различной ориентировкой и погрешностью позиционирования деталей и узлов.

При разработке ТП сборки в РТК предпочтительна высокая концентрация операций, определяющая модели роботов, их функции, точность, оперативность, быстродействие. Особенно важно уточнить временные связи элементов РТК, так как и они могут определить операционные возможности, модели и количество сборочных промышленных роботов (ПР). С этой целью возможно построение циклограммы как отдельных роботизированных рабочих мест и ПР, так и всего РТК в целом. На основе операционной технологии и циклограмм РТК может быть проведена подготовка управляющих программ для сборочных роботов с ЧПУ и для всего РТК.

Перспективным направлением роботизации сборки является использование ПР, построенных по блочно-модульному принципу, а также обучаемых ПР.

3.6. Выбор технологического оборудования и промышленных роботов для автоматизированного производства

Выбор технических средств для АП — один из важнейших этапов, определяющих структурно-компоновочные решения, организационные и технологические возможности, эксплуатационные расходы и другие показатели производства.

Исходной информацией для выбора оборудования и промышленных роботов являются сведения об изготавливаемых деталях и организационно-технологических условиях их изготовления. Подбор и группирование деталей для изготовления на автоматизированном участке производится с учетом следующих характеристик:

- конструктивно-технологическое подобие деталей, т.е. сходство по габаритным размерам, массе, конфигурации, характеру конструктивных элементов, требованиям к точности обработки и качеству обрабатываемых поверхностей, числу обрабатываемых поверхностей;
- максимальная степень завершенности маршрута обработки деталей на автоматизированных участках (АУ) без прерывания маршрута обработки для выполнения каких-либо специфических операций (термообработки, доводки и др.);

- подобие используемой оснастки и инструментов;
- наличие у деталей четко выраженных признаков ориентации, однородных по форме и расположению поверхностей для базирования в приспособлениях-спутниках или захвата захватными устройствами ПР. Подобранная группа деталей с учетом годовой программы выпуска, размеров, частоты повторяемости каждого типоразмера и числа переналадок должна обеспечить загрузку оборудования при двух- или трехсменной работе.

На основе подобранной группы деталей с учетом видов обработки и трудоемкости проводится выбор типа требуемого оборудования, приспособлений, промышленных роботов, характера и маршрута транспортирования деталей. На этом этапе определяется компоновка автоматизированного производственного участка, проводится расчет вместимости автоматизированного склада, числа спутников, оптимизация пространственного расположения оборудования.

Для определения состава оборудования, включаемого в автоматизированные переналаживаемые системы, необходима показательная проработка ТП всех деталей, обрабатываемых в системе. В первую очередь, разрабатывают ТП на деталь, имеющую наибольшее число обрабатываемых поверхностей; при этом намечают первоначальную специализацию оборудования и выявляют необходимые технологические характеристики для оборудования с ЧПУ. Технологические процессы для остальных деталей группы строят в соответствии с принятым типовым маршрутом и с учетом намеченной специализации оборудования.

Исходя из разработанных ТП выявляют технологические характеристики станков, на основании которых проводят подбор станков из имеющегося парка (в соответствии с каталогом станков с ЧПУ) или разрабатывают и используют специализированное оборудование с ЧПУ.

При подборе станков необходимо учитывать возможность их встройки в АПС. Для этого они должны иметь однотипные автоматические устройства для загрузки и закрепления спутников, одинаковые устройства ЧПУ и достаточную вместимость магазинов инструментов. Таким образом, в состав АПС включают станки с ЧПУ, параметры которых обеспечивают реализацию ТП обработки определенной группы деталей. Туда же могут встраиваться и универсальные станки или специализированное оборудование, не оснащенное ЧПУ, а также станки без устройств для автоматической загрузки деталей.

Необходимое число основного оборудования проектируемого участка подсчитывают отдельно по номенклатуре и каждому типоразмеру с учетом затрат штучного времени $T_{шт}$ по отдельным операциям ТП, выполняемым на данном оборудова-

нии, программы и номенклатуры выпускаемых деталей или изделий.

Выбор основного технологического оборудования. Анализ многообразия деталей, подлежащих автоматизированной обработке, и известных автоматизированных участков показывает, что можно выделить два основных типа производственных участков, отличающихся оборудованием, средствами автоматического транспортирования, структурно-компоновочными решениями: автоматизированные участки для изготовления деталей типа тел вращения (например, валов) и корпусных деталей.

Технологически маршрут изготовления деталей типа тел вращения обычно состоит из предварительной или окончательной токарной обработки, сверлильно-фрезерных операций, термообработки и шлифования. Для автоматизированного изготовления таких деталей неприемлем способ закрепления их в приспособлениях-спутниках. Это связано с тем, что детали типа тел вращения при обработке закрепляются в патронах и получают вращение вокруг оси. Поэтому основной путь автоматизации процесса изготовления деталей типа тел вращения — использование станков с ЧПУ и ПР. Заготовки располагаются на призмах или в пазах в накопителях без жесткого закрепления.

Выбор токарных станков с ЧПУ проводится в зависимости от габаритных размеров и массы заготовок с корректировкой на точностные возможности оборудования (табл. 3.1, 3.2).

Фрезерные, сверлильные, протяжные, зубообрабатывающие, шлифовальные станки дополняют токарные и выбираются в зависимости от технологических маршрутов изготовления деталей группы.

Автоматизированные участки для обработки корпусных деталей в основном состоят из многооперационных станков с

Таблица 3.1

Рекомендуемые модели станков с ЧПУ для автоматизированной обработки деталей типа валов

Максимальные параметры заготовки			Высота оси центров станка, мм		Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	Над станиной	Над суппортом	
20	250	2	250	125	1И61ШМФЗ
50	500	10	320	200	16Б16Т1, 1713ФЗ
80	1000	40	400	250	16К20Т1, 1720ПФЗ
160	1400	160	630	400	16Ю0ФЗ, 1740РФЗ

**Рекомендуемые модели станков с ЧПУ для автоматизированной
обработки деталей типа дисков**

Максимальные параметры заготовки			Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	
160	100	10	1П717ФЗ, Ш420ПФ40, 11Б40ПФ4
250	200	40	16Б16Т1, 16К20ФЗ, 1720ПФЗ30
320	250	80	1ЙШТ1, 16К20ФЗ, 1740РФЗ
400	320	160	1П752МФЗ, 1П756ДФЗ

ЧПУ типа «обрабатывающий центр», объединенных системой автоматической транспортировки деталей с автоматизированным складом. На автоматизированных участках также используют координатно-измерительные, моечные машины и другое дополнительное оборудование.

Конструктивно-технологические характеристики корпусных деталей и рекомендуемые модели серийно изготавливаемых многооперационных станков с ЧПУ приведены в табл. 3.3.

Корпусные детали в основном закрепляют в одноместных или многоместных приспособлениях-спутниках и транспортируют при помощи рольгангов или конвейеров между станками и автоматическим складом. Промышленные работы для транспортирования корпусных деталей используются редко, только в

Таблица 3.3

**Рекомендуемые модели многоцелевых станков с ЧПУ
для автоматизированной обработки корпусных деталей**

Максимальные параметры заготовки				Модель станка
Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг	
300	300	300	200	ИР320ПМФ4, 2204ВМФ4, 6904ВМФ2
500	500	500	500	ИР500МФ4, 6902ВСФ2, 6306ПМФ4
800	800	800	3000	ИР800МФ4, 6306ПМФ4

тех случаях, когда корпусные детали имеют небольшие габаритные размеры и развитые базы.

Приспособления-спутники имеют форму прямоугольной плиты, на верхней части которой закрепляются обрабатываемые детали, а нижняя часть имеет специальные пазы и отверстия для базирования на накопителях, транспортных средствах или рабочих столах станков. Таким образом, спутники имеют функцию не только станочных приспособлений, но и приспособлений для транспортирования и хранения деталей на складе.

Выбор промышленных роботов для обслуживания технологического оборудования. Промышленные роботы чаще всего применяют для автоматизации загрузки-выгрузки изделий на технологическое оборудование, они могут выполнять также смену инструмента и контроль изделий на оборудовании. Применение ПР выравнивает и стабилизирует работу оборудования, увеличивает загрузку оборудования, обеспечивает гибкость (быструю переналадку) при смене изделия, улучшает условия труда в автоматизированном производстве. При этом ПР должны иметь:

- достаточный технический уровень для обслуживания сложного технологического оборудования;
- соответствующие технические характеристики (грузоподъемность, скорость срабатывания, точность позиционирования, тип программного устройства);
- стыкуемость с обслуживаемым оборудованием по всем параметрам;
- высокую надежность, достаточную универсальность, малое время переналадки;
- возможность повышения технико-экономических показателей обработки (низкий уровень брака, высокая производительность).

При выборе ПР необходимо учитывать:

- соответствие массы манипулируемого объекта грузоподъемности ПР;
- соответствие зоны, в которой должно проводиться манипулирование, рабочей зоне робота;
- соответствие траектории, скорости и точности движений кинематическим и точностным возможностям ПР;
- возможность захватывания детали захватным устройством;
- возможность построения траектории перемещения схвата робота между заданными точками в рабочей зоне.

Для автоматизированного участка целесообразно использовать группу однотипных ПР, так как упрощается их обслуживание и наладка.

При выборе ПР можно руководствоваться рекомендациями, приведенными в табл. 3.4.

**Перечень промышленных роботов и обслуживаемого технологического оборудования, рекомендуемых
для роботизированных ячеек механообработки тел вращения**

Модель ПР	Грузоподъемность, кг	Параметры						Начало серийного производства	Обслуживаемое технологическое оборудование
		Вертикальный ход, мм	Горизонтальный ход, мм	Поворот, °	Скорость линейная, м/с	Скорость угловая, °	Погрешность позиционирования, ± мм		
МП-9С	0,2	30	180	120	0,5	180	0,05	1983	ТПК-125, 1И61ПФЗ, 1П717ФЗ
РФ-202М	0,2/0,2	30	200	120	0,8	180	0,1	1979	ТПК-125, 1И61ПФЗ, 1П717ФЗ
РФ-204М, РФ-205М	0,5/0,5	30	200	120	0,7	180	0,5	1981	ТПК-125, 1И61ПФЗ, 16616ФЗ
«Циклон-5,01»	5/5	100	850	270	1,5	180	0,1	1981	ЛФ-220ПФЗ, ЛФ-320ПФЗ, 6520МФЗ, МР-71, 3М151ФЗ
М-31 (М-21)	5/5	600	1000	90	0,7	120	0,5	1982	ТПК-125, 1И61ПФЗ, 16Б05ВФЗ, 16Б16ФЗ

«Бриг-10Б»	10	100	600	270	0,7	120	0,5	1980	КТ-141, КТ-142, 1А240П-6, 1П752МФ3
МП-8	15	250	800	270	0,5	120	1	1982	16Б16Ф3, 16К20ПФ3, 16К20Т1, 1П752МФ3
7607	25	300	700	340	0,7	180	1	1982	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6902ПМФ3
ПР-25	25	1000	1750	320	0,8	180	1	1982	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6902ПМФ3
РПМ-25,02	25	1000	1750	350	0,8	180	1	1981	16К20ПФ3, 16К20Т1, 1П752МФ3, 6904ВМФ3
СМ40Ц4301, СМ40Ф28001	40	500	10 000	340	0,5	180	0,5	1979	То же
УМ160Ф2, 8101	160	2300	16 000	90	0,5	120	0,5	1981	МР-179, 16732Ф3
СМ160Ф2, 0501	160	1800	8900	60	0,5	120	0,5	1979	6304ВМФ4, 16К30ПФ3, ПИ-611ПФ3, ИР500МФ4, ИР800МФ4, 16Б16Т1

Контрольные вопросы

1. Какими факторами обусловлена специфика разработки технологических процессов автоматизированного производства?
2. Каковы преимущества стандартизации и унификации изделий, оборудования, технологических процессов?
3. Каковы основные требования, предъявляемые к технологии сборки в условиях мелкосерийного автоматизированного производства?
4. Каковы подходы к проектированию технологии изготовления изделий в АПС?
5. Перечислите основные принципы построения технологии в АПС, укажите их назначение и пути реализации.
6. Что является основой типизации ТП и где применяют типовые ТП?
7. Назовите основные направления, которые используются при типизации ТП.
8. Каковы различия классификации деталей в мелкосерийном и крупносерийном производствах?
9. Перечислите критерии оценки технологичности изделий. Для чего проводится отработка конструкций изделий на технологичность?
10. Объясните основы построения групповой технологии. Где она применяется?
11. Приведите примеры использования методов типизации и групповой технологии при обработке типовых деталей.
12. Что такое «модульная технология»?

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ЗАГОТОВОК**4.1. Задачи автоматизации загрузки**

Загрузка заготовок на станки, прессы, сборочные и другие машины — часть операции обработки и сборки деталей. Анализ вспомогательного времени показывает, что на универсальных станках затраты времени на загрузку и разгрузку заготовок являются самыми значительными и составляют от 20 до 70 % всего вспомогательного времени.

Задача автоматизации загрузки различных заготовок — одна из наиболее сложных в общем комплексе работ по автоматизации технологических процессов. Сложность заключается в большом разнообразии технологических процессов обработки и сборки, форм и размеров заготовок.

Внедрение в производство твердосплавных режущих и измерительных инструментов, пуансонов и матриц, алмазных режущих инструментов привело к созданию быстроходных станков, прессов и других машин. На таких машинах основное (машинное) время обработки деталей уменьшается в несколько раз, однако это не приводит к значительному повышению производительности труда, если не уменьшается вспомогательное время. Например, до использования высокопроизводительных инструментов машинное время $T_m = 120$ с; вспомогательное время $T_{ис} = 120$ с; оперативное время $T_{опер} = 120 + 120 = 240$ с; после внедрения твердосплавного инструмента машинное время $T_m = 30$ с, т.е. уменьшилось на 400 %, а оперативное время $T_{опер} = 30 + 120 = 150$ с, т.е. уменьшилось на $240 \cdot 100 : 150 = 160$ %. Из примера следует, что для повышения производительности труда необходимо уменьшить и вспомогательное время. Сокращение вспомогательного времени за счет ускорения загрузки и разгрузки заготовок может быть достигнуто путем внедрения автоматических быстродействующих загрузочных устройств. Кроме того, автоматизация загрузки и разгрузки освобождает рабочего от выполнения однообразных монотонных действий, а следовательно, облегчает и улучшает условия его труда, значительно повышает производительность как за счет ускорения движений при загрузке и разгрузке, производящихся специальными

устройствами, так и за счет представляющейся возможности обслуживания одним рабочим нескольких станков.

4.2. Классификация заготовок

Заготовки в машиностроении бывают четырех видов: бунтовые (проволока или лента, свернутые в бунт-катушку), прутковые (прутки, полосы), штучные (литье, штампованные, полуфабрикат, поступающий на дальнейшую обработку после отрезки от прутка и др.) и порошковые (пресс-порошки, гранулы и др.) для получения пластмассовых, металлокерамических и керамических деталей.

Из бунтового материала, имеющего большую длину, может быть получено очень большое число деталей, меньшее число — из пруткового материала и только одна деталь — из штучной заготовки.

Поэтому изготавливать малые по размерам детали целесообразно из бунтового и пруткового материала. Для получения более высокого коэффициента использования материала необходимо применять штучные заготовки, по форме и размерам близкие к готовой детали. Бунтовые и прутковые материалы поставляют металлургические предприятия. Из порошков получают чаще всего штучные заготовки, обработка которых почти не требуется.

Автоматические загрузочные приспособления превращают полуавтоматы в автоматы, позволяют пересматривать режимы работы станков и других машин с целью их интенсификации, создают условия для рациональной компоновки автоматических поточных линий, повышают культуру производства и улучшают условия труда работающих. В массовом и крупносерийном производствах создают специальные загрузочные и разгрузочные приспособления в соответствии с формой, видом и размерами заготовки.

В серийном и мелкосерийном производствах иногда приходится в течение одной смены обрабатывать всевозможные детали из разных заготовок. Поэтому применение различных загрузочно-разгрузочных приспособлений, соответствующих каждой из заготовок, потребовало бы длительного времени на установку и наладку таких устройств. В серийном производстве следует использовать универсальные-наладочные устройства, позволяющие быструю их переналадку под каждую из разных по форме и размерам заготовок. Таким образом, загрузочно-разгрузочные устройства рекомендуют как в массовом и крупносерийном, так и в серийном и мелкосерийном производствах.

4.3. Питание станков бунтовым материалом

Проволоку, свернутую в бунт, вручную или с помощью подъемно-транспортных устройств загружают на приспособление А (рис. 4.1, а). Конец проволоки пропускают через правильное устройство Б, устройство для подачи проволоки В, приспособление Г и вводят в рабочую зону автомата Д. Правильные ролики регулируют с помощью винтов для ввода между ними проволоки разных диаметров. Иногда (например, на автоматах для навивки пружин) устанавливают два правильных устройства во взаимно-перпендикулярных плоскостях для лучшего выпрямления проволоки.

Устройство для подачи проволоки В с помощью кривошипного, кулисного или кулачкового механизмов совершает возвратно-поступательное движение. Движение к рабочей зоне производится в то время, когда приспособление Г разжато и проволока беспрепятственно проходит в рабочую зону. Затем приспособление Г сжимает проволоку и устройство для подачи проволоки В движется в исходное положение. В это время деталь изготавливается и отрезается от бунта, чтобы при дальнейшем разжатии приспособления проволока вновь подавалась в рабочую зону.

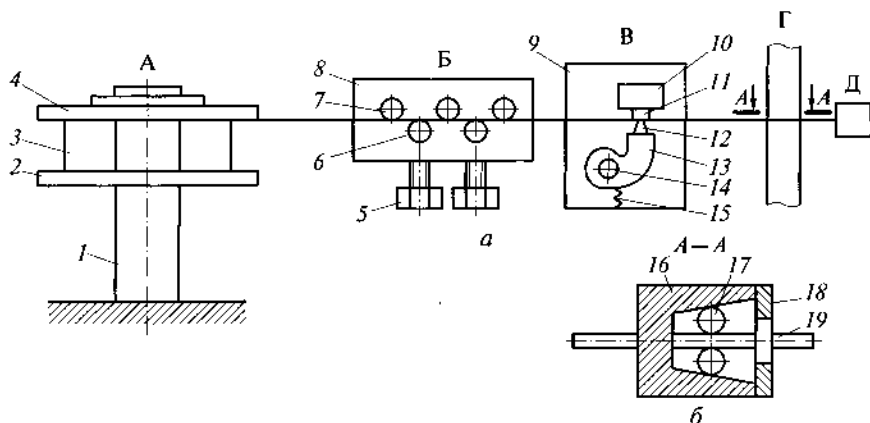


Рис. 4.1. Схема питания станков бунтовым материалом:

а — приспособление для загрузки; б — шариковый механизм захвата материала; А — приспособление; Б — правильное устройство; В — устройство для подачи проволоки; Г — приспособление; Д — автомат; 1 — основание; 2 — вращающийся стол; 3 — бунт проволоки; 4 — крепежный фланец; 5 — регулировочные винты; 6 — регулируемые ролики; 7 — нерегулируемые ролики; 8 — плита; 9 — салазки; 10 — державка; 11 — твердосплавный сухарь; 12 — резец; 13 — качающаяся державка; 14 — ось; 15 — пружина; 16 — втулка с внутренней конической поверхностью; 17 — шарики; 18 — крышка; 19 — проволока

На рис. 4.1, б показана схема шарикового механизма захвата материала. Три шарика 17 находятся в конической втулке 16. При перемещении каретки вперед шарики, заклиниваясь между проволокой 19 и коническим отверстием корпуса, перемещают материал на величину хода каретки. При движении каретки назад шарики расклиниваются и скользят по проволоке. Зажим проволоки осуществляется в цанговом или клещевом патроне. Синхронность работы устройства подачи проволоки и патрона обеспечивается системой управления, выполняемой чаще всего в виде распределительного вала с кулачками.

4.4. Питание станков прутковым и ленточным материалом

Прутки, ленты, листы длиной 1...3 м загружают на станки и прессы. Прутки, поступающие на предприятие перед загрузкой, правят, калибруют, чтобы они не имели прогиб больше заданного значения, так как он влияет на точность изготавливаемой детали, и разрезают на размер, обеспечивающий наименьший неиспользуемый остаток прутка.

Пруток загружают через шпиндель на станок. Закрепляют его чаще всего в цанговом патроне, находящемся в рабочей зоне. Механизм подачи располагают с противоположной стороны от патрона, чтобы не мешать рабочим органам производить обработку. Пруток подают в рабочую зону тогда, когда патрон разжат. Подачу обеспечивают различными способами: собственным весом; грузом, тянущим трос и поводок, закрепленным на конце прутка; вращающимися роликами за счет сил трения, возникающих между роликами и прутком.

4.5. Питание станков штучными заготовками

Магазинные загрузочные приспособления. Бесперебойная работа станка или другой машины требует, чтобы заготовки подавались в рабочую зону сразу же после съема готовых деталей. Таким образом, необходимо создать устройство с запасом заготовок, ориентированных в пространстве относительно приспособления у рабочей зоны машины.

Магазинным загрузочным приспособлением (МЗП) называется устройство, в котором заготовки находятся в ориентированном положении в один ряд. В магазин заготовки загружает рабочий. Запас заготовок должен обеспечить бесперебойную работу станка в течение 20...25 мин, чтобы рабочий успел обслужить несколько станков. МЗП механизмирует загрузку, так как

рабочий каждую заготовку ориентирует и устанавливает в магазин.

Схема магазинного загрузочного устройства представлена на рис. 4.2. Магазин 1 — емкость определенной формы. В него загружают ориентированные заготовки в один ряд. Магазин располагают вертикально, горизонтально или наклонно. Заготовки 2 перемещаются по магазину от зоны загрузки до выхода под действием собственного веса (магазины с углом к горизонтали не менее 45°) или принудительно толкателем (магазины — горизонтальные или наклонные с углом наклона к горизонтали до 15°).

Механизм поштучной выдачи заготовок — отсекаТЕЛЬ 3 с приводом отсекающего 4 — расположены около магазина. Питатель 5 непосредственно передает заготовку от магазина в рабочую зону. Привод питателя может быть механическим, пневматическим и гидравлическим. В последних случаях он состоит из штока 6, цилиндра 7, поршня 8 и пружины 9. Подпружиненная планка 10 удерживает заготовку в гнезде питателя.

Питатель подает заготовку в рабочую зону 11, где она устанавливается и закрепляется в приспособлении 12 на станке, затем питатель 5 начинает движение в обратном направлении (к магазину 1). Подпружиненная планка 10 отгибается, чтобы не сдвинуть заготовку в приспособлении 12 и не сломаться самой. Возврат планки 10 в исходное положение осуществляется пружиной 9. После раскрепления детали кулачками или другими зажимными элементами приспособления, чаще всего под действием пружины, выталкиватель 13 (сбрасыватель) удаляет готовую деталь из приспособления 12.

В МЗП загружают заготовки сложной формы, когда их ориентация без участия рабочего затруднена или при автоматиче-

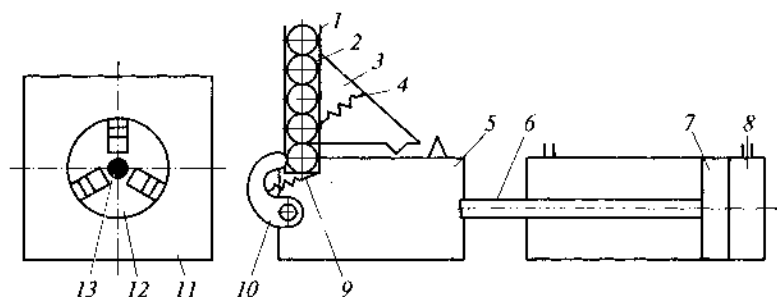


Рис. 4.2. Схема магазинного загрузочного приспособления:

1 — магазин; 2 — заготовки; 3 — отсекающий; 4 — привод отсекающего; 5 — питатель; 6 — шток; 7 — цилиндр; 8 — поршень; 9 — пружина; 10 — подпружиненная планка; 11 — рабочая зона; 12 — приспособление; 13 — выталкиватель

ской ориентации их поверхности могут повреждаться, а также, когда нужно подать на сборку много разных деталей и размещение более габаритных автоматических бункерных загрузочных приспособлений (БЗП) не позволяют размеры сборочного автомата. Кроме того, при незначительной партии деталей, когда более дорогие и сложные БЗП экономически не целесообразны, применяют МЗП.

Бункерные загрузочные устройства. Бункерные загрузочные устройства (БЗУ) состоят из магазинного загрузочного приспособления с добавлением емкости-бункера, куда загружают не ориентированные заготовки, и автомата питания — механизма для ориентации и захвата заготовок. В отличие от МЗП, где каждую заготовку ориентируют в пространстве и загружают в магазин вручную, в БЗУ рабочий не касается каждой заготовки, а высыпает их из тары в бункер, т.е. таким образом БЗУ автоматизирует загрузку.

Ориентировка и захват заготовок автоматом питания осуществляется при возвратно-поступательном, маятниковом, колебательном и вращательном движениях захватывающего устройства. Захват заготовки может произойти не при каждом движении этого устройства, но в среднем за единицу времени (час, смену) число захватов одинаковое, т.е. производительность автомата питания $Q_{\text{вп}}$ получается примерно постоянной. Из автомата питания правильно ориентированные заготовки поступают через лоток в магазин или непосредственно в питатель. Для обеспечения бесперебойной работы оборудования $Q_{\text{вп}}$ должно быть на 10...15 % больше производительности станка. Конструкция автомата питания должна быть такой, чтобы в случае переполнения лотка и магазина заготовками вновь захваченные заготовки сбрасывались в бункер.

Механизм ориентации и захвата, выполненный, например, в виде вращающегося диска с крючками по периферии (рис. 4.3), предназначен для втулок, трубок и колпачков, у которых высота l больше диаметра d . Засыпанные в бункер 1 заготовки, скатываясь по наклонному дну в корпус 6, встречаются на своем пути крючки 2, установленные на вращающемся диске 4. Захваченные крючками заготовки передаются в приемник 3, а затем попадают в магазин-трубку 5. Если трубка 5 заполнена до отказа или заготовка заняла на крючке неправильное положение и не может попасть в приемник 3, то вращение диска 4 автоматически прекращается с помощью муфты предельного момента.

Типовая конструкция шибера БЗУ, предназначенного для автоматической загрузки винтов, представлена на рис. 4.4.

В отличие от секторного БЗУ в этом приспособлении детали извлекаются шибром 2, который приводится в возвратно-поступательное движение с помощью шкива 10, кривошипа 3 и

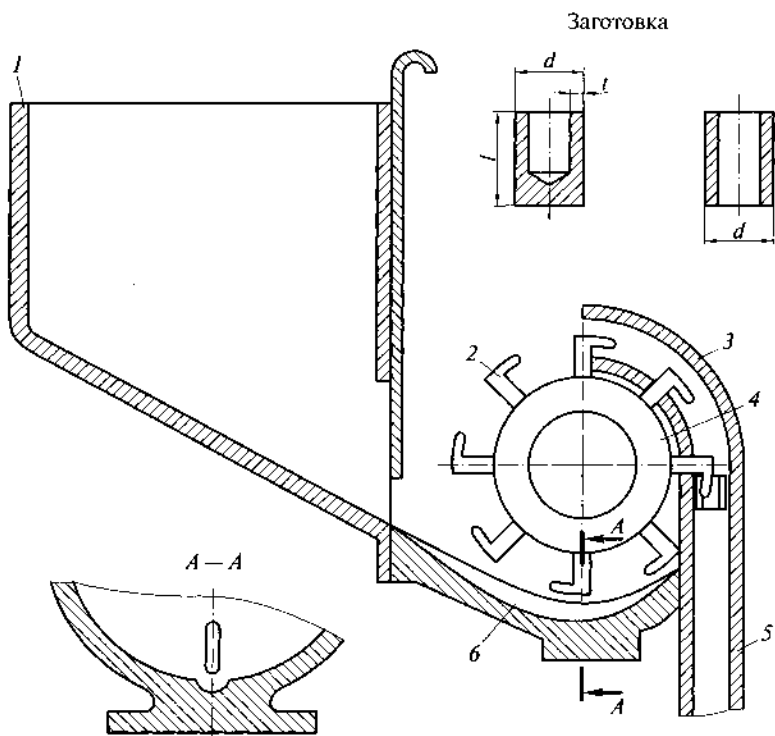


Рис. 4.3. Бункерное загрузочное устройство с крючковым автоматом питания:

1 — бункер; 2 — крючок; 3 — приемник; 4 — вращающийся диск; 5 — трубка; 6 — корпус

шатуна 8. При поднятии шибера детали соскальзывают по скошенному ребру на щелевой лоток 4, на котором они зависают головками. Планка 1 и щит 7 препятствуют выпаданию детали из лотка.

Детали, попавшие на лоток 4, скользят по нему вниз и подаются в рабочую зону станка. Для удаления деталей, которые могут находиться на лотке в неправильном положении, служит звездочка 6, вращающаяся в направлении стрелки от шкива 9. Звездочка расположена на таком расстоянии от лотка 4, что детали, зависшие на головках, проходят под ней свободно, а детали, занимающие какое-либо неправильное положение, сбрасываются ее зубьями обратно в бункер 11.

Для предотвращения выпадения ориентированных деталей из лотка после выхода их из бункера служит планка 5, прикрывающая лоток 4 сверху.

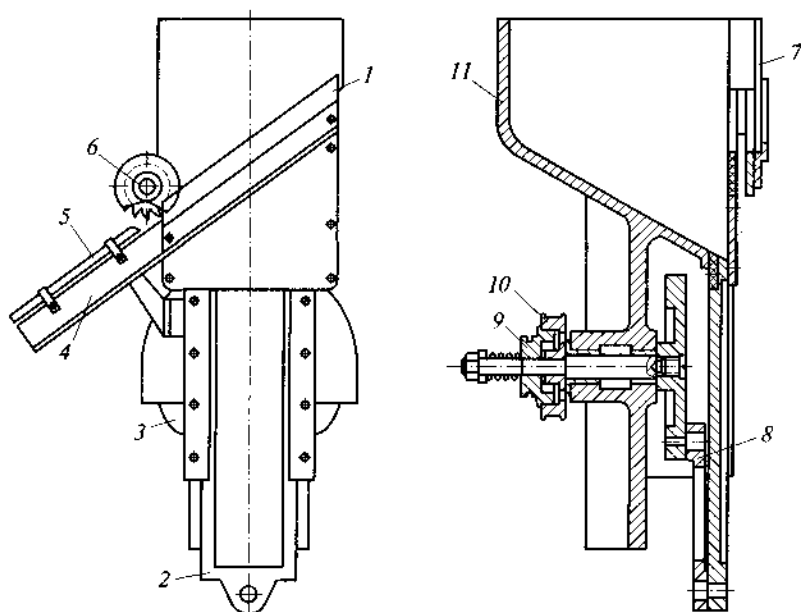


Рис. 4.4. Конструкция виберного БЗУ:

1 — планка; 2 — шибер; 3 — кривошип; 4 — шелевой лоток; 5 — планка; 6 — звездочка; 7 — шит; 8 — шатун; 9, 10 — шкив; 11 — бункер

Производительность автоматов питания зависит от скорости движения рабочего органа захвата, числа захватных органов, значения коэффициента вероятности захвата заготовок и определяется следующим образом:

- захватный орган имеет вращательное движение

$$Q_{\text{ср}} = 1000 V \eta / m;$$

- захватный орган имеет маятниковое или возвратно-поступательное движение

$$Q_{\text{ср}} = n \eta k,$$

где V — окружная скорость захватных органов, м/мин; η — коэффициент вероятности захвата, определяемый экспериментально для каждого типа механизма; m — шаг захватных органов, мм; n — число колебаний или двойных ходов захватного органа, мин; k — число заготовок, которые одновременно могут быть захвачены и ориентированы захватным органом.

Для мелких и средних деталей широко применяются вибробункеры (рис. 4.5, а). В чашу (бункер) 2 с коническим дном подают заготовки в навал. По винтовому лотку 4, закрепленно-

му на чаше 2, заготовки движутся снизу вверх. Вибрации передаются лотку вибратором 1, расположенным в корпусе. Вибрации лотка разъединяют сцепившиеся заготовки. Схема действия вибробункера представлена на рис. 4.5, б. На лотке 4 с углом подъема β находится заготовка 6. Под действием электромагнита и упругих рессор 5, расположенных под углом α к вертикали, лоток с заготовкой получает сложные колебания: вертикальные и круговые.

При втягивании электромагнита рессоры сгибаются, занимая вертикальное положение ($\alpha = 0$). При этом лоток 2 с деталью 6

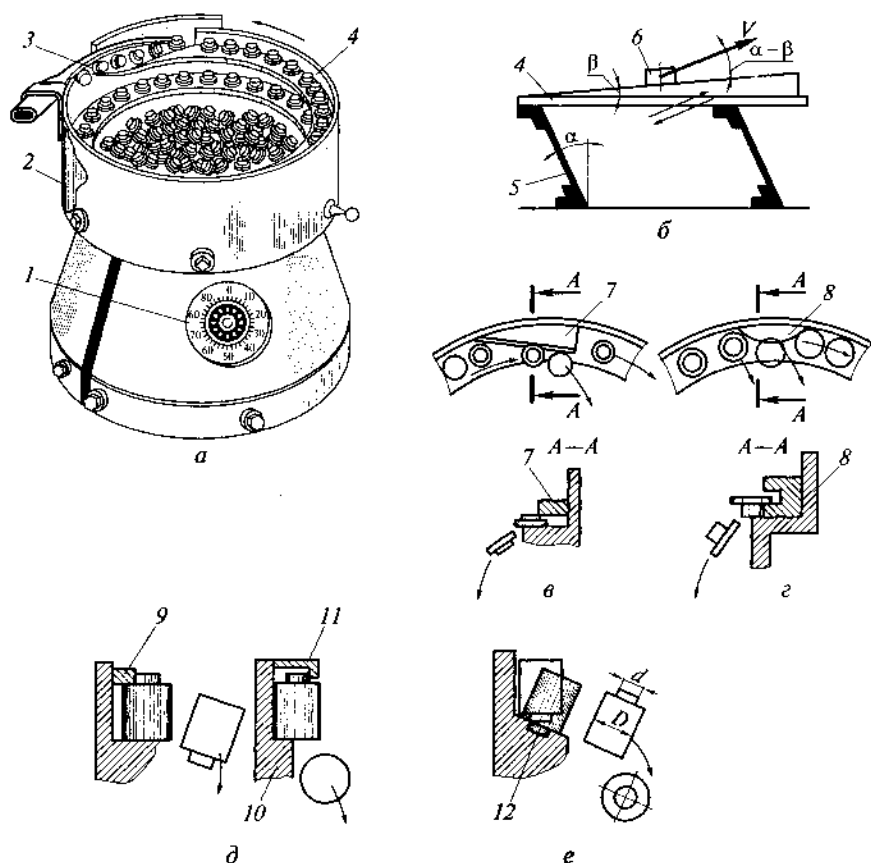


Рис. 4.5. Вибробункер:

а — общий вид; *б* — схема действия; *в* ... *е* — ориентирующие устройства; 1 — вибратор; 2 — чаша (бункер); 3 — ориентирующее устройство; 4 — винтовой лоток; 5 — рессоры; 6 — деталь; 7 — косой отсекающий; 8, 9, 12 — отсекающие; 10 — лоток; 11 — удерживатель

получает импульс движения со скоростью V , направленный под углом $\alpha - \beta$. При возврате электромагнита в исходное положение движение лотка прекращается и под действием рессор лоток начинает быстрое обратное движение. Заготовки при этом продолжают по инерции движение вперед и за счет вертикального импульса отрываются от лотка. Заготовка опускается на лоток дальше своего первоначального положения.

Для подачи заготовок, ориентированных определенным образом, лоток и чаша имеют различные ориентирующие устройства 3 (рис. 4.5, *а*), располагаемые ближе к выходу заготовок. Ориентирующие устройства конструируют с таким расчетом, чтобы заготовки, находящиеся на лотке в требуемом положении, продвигались дальше, а находящиеся в других положениях сбрасывались на дно в общую массу заготовок. Например, для подачи деталей типа винтов головкой вниз можно применить ориентирующее устройство, представленное на рис. 4.5, *в*. Косой отсекаТЕЛЬ 7 отстоит от лотка на величину, несколько большую толщины головки, чтобы заготовки, движущиеся головкой вниз, проходили под отсекателем и удерживались на лотке. Заготовки, движущиеся головкой вверх, косым отсекателем 7 сбрасываются.

Если нужно получать из бункера заготовку с головкой, расположенной вверх, то используют отсекаТЕЛЬ 8, изображенный на рис. 4.5, *г*. ОтсекаТЕЛЬ размещается напротив узкой стороны лотка и детали, движущиеся головкой вниз, сбрасываются с лотка, так как их центр тяжести располагается вне лотка. В паз отсекателя входит головка, повернутая вверх, поэтому такие заготовки подаются в рабочую зону станка или в магазин. Рассмотрим ориентирующие устройства для коротких валиков с цапфой на конце. Если нужно подавать валики вертикально цапфой кверху (рис. 4.5, *д*), то ориентирующее устройство будет состоять из двух отсекателей. Детали, лежащие на лотке, пройдя под отсекателем 9, попадут под второй отсекаТЕЛЬ, состоящий из неширокого лотка 10 и удерживателя 11. Детали, расположенные цапфой вверх, удержатся на лотке козырьком 11 и подадутся в рабочую зону станка. Если цапфа должна быть внизу (рис. 4.5, *е*), то у отсекателя 12 лоток выполняют наклонным с пазом, несколько большим по высоте и ширине, чем высота и диаметр цапфы.

Проектирование вибробункера с электромагнитным приводом сводится в основном к определению геометрических параметров чаши, выбору частоты колебаний бункера и расчету максимальной скорости движения заготовок по лотку. Диаметр D цилиндрической чаши и ее высоту H определяют исходя из условий обеспечения емкости, гарантирующей бесперебойную работу питаемого технологического агрегата, и такого располо-

жения ориентирующего устройства, которое размещалось бы выше уровня максимальной загрузки бункера.

Обычно принимается диаметр чаши $D = (10 \dots 12)l_d$ (где l_d — длина подаваемых деталей), но не меньше диаметра принятого нормализованного вибратора.

Так как в большинстве случаев чашу изготавливают из алюминия, угол подъема винтовой дорожки магазина $\beta = 3 \dots 5^\circ$. Угол подъема дорожки и ее средний диаметр D_{cp} определяют шаг винтовой направляющей

$$t = \pi D_{cp} \operatorname{tg} \beta.$$

Во избежание заклинивания заготовок между витками шаг винтовой дорожки должен быть в 1,5—2 раза больше высоты b , приблизительно равной высоте транспортируемых заготовок. Тогда средний диаметр винтовой направляющей

$$D_{cp} = (1,5 \dots 2)b/(\pi \operatorname{tg} \beta).$$

Требуемая наивысшая скорость движения деталей по лотку

$$V = L/(T_n C_n),$$

где L — шаг между деталями (при движении вплотную назначают обычно равным длине заготовки), мм; T_n — время технологического цикла обработки или измерения детали, с; C_n — коэффициент плотности потока.

4.6. Классификация деталей, ориентируемых в бункерных загрузочных устройствах

Различные разновидности бункерных загрузочных устройств предназначены для загрузки деталей определенной формы.

Штучные заготовки являются наиболее распространенным видом заготовок современного массового производства.

Большое значение для развития методов автоматизации питания станков имеет классификация штучных заготовок. Обычно классификацию штучных заготовок производят лишь по одному признаку — по форме. Однако форма не всегда может с достаточной полнотой характеризовать особенности заготовок, влияющие на метод автоматизации питания. Кроме формы на метод автоматизации питания влияют габаритные размеры, масса, припуски, допуски, шероховатость поверхности, прочность, продолжительность обработки, а также их физическое состояние: твердые, мягкие, нагретые. Классификацию штучных заготовок следует производить с учетом перечисленных свойств. Она позволит установить, какую систему питания целесообразно применять для данного типа штучных заготовок: бункерную,

магазинную или ручную. При бункерной системе питания ориентирование осуществляется автоматически, при магазинной ориентирование и закладка заготовок в магазин производятся вручную.

По степени автоматизации питания станков все штучные заготовки можно подразделить на три группы.

К первой группе отнесены штучные заготовки массового производства небольших габаритных размеров. Малая продолжительность их обработки, форма и прочность позволяют осуществлять автоматическое ориентирование.

К второй группе отнесены штучные заготовки серийного производства больших габаритных размеров. Эти заготовки могут требовать длительных технологических операций, иметь сложную форму, не позволяющую производить автоматическое ориентирование, и большие габаритные размеры, вследствие чего трудно создать требуемый запас заготовок в бункере, необходимый для обеспечения требуемой продолжительности непрерывной работы станка. Продолжительность минимального периода непрерывной работы станка при одной заправке магазина можно принять 8...10 мин, что подтверждается опытом эксплуатации магазинных загрузочных устройств на ряде заводов. К третьей группе отнесены штучные заготовки, имеющие большие размеры и массу, например блоки двигателей, а также заготовки штучного и мелкосерийного производств. Загрузку и разгрузку таких заготовок производят вручную или при помощи средств механизации.

Форма штучных заготовок весьма часто ограничивает степень автоматизации питания станка. Например, спиральные пружины имеют такую форму, которая не позволяет применить бункерное питание.

Пружины, засыпанные в бункер, сцепляются друг с другом, и поштучная выдача их из бункера затруднена, поэтому подачу пружин осуществляют магазинными загрузочными устройствами с кассетами, имеющими выемки под пружины. В данном случае форма заготовки является причиной ограничения степени автоматизации питания станка.

Габаритные размеры заготовок также влияют на степень автоматизации питания станка. Если заготовки по размерам большие, то запас заготовок в бункерах обычных размеров трудно обеспечить и потребуются частая заправка, что снизит эффективность работы механизма питания и станка в целом.

В таких случаях снижается степень автоматизации, т.е. она ограничивается магазинным загрузочным устройством. Автоматизация загрузки заготовок с малыми размерами также усложняется. Малая масса заготовок не обеспечивает их надежного перемещения в лотках и ориентирующих механизмах, поэтому

возникает трудность передачи заготовок из магазина в рабочую позицию. Для надежности перемещения следует создать поджим заготовок грузом, пружиной и др.

Припуск на диаметр и длину заготовки влияет на проходимость в лотках. В случае больших припусков усложняется процесс ориентирования и фиксации заготовок в зажимах.

При жестких требованиях к чистоте поверхности заготовок бункерное загрузочное устройство иногда нельзя применять, так как в процессе выдачи заготовок из бункера захватные органы производят интенсивное ворошение заготовок, в результате чего появляются царапины, надиры, забоины.

Объем запаса заготовок в лотках и бункерах зависит не только от размеров заготовок, но и от продолжительности их обработки.

Например, если обработка длится 0,4 с, то минутная производительность

$$Q = 60 : 0,4 = 150 \text{ шт./мин.}$$

Такой темп подачи заготовок может обеспечиваться только бункерным загрузочным устройством, так как человек при средней интенсивности может подать 60 заготовок в минуту. Для восьмиминутной непрерывной работы станка и с учетом коэффициента вероятности захвата потребуется бункер емкостью на 1600 заготовок.

Если продолжительность обработки заготовок 1 мин, то на 8 мин непрерывной работы потребуется 8 заготовок. Такой запас заготовок легко может обеспечить магазин, и нет необходимости применять бункерное загрузочное устройство. Приведенные примеры показывают, что свойства заготовок существенно влияют на выбор системы питания.

Наиболее характерными причинами, нарушающими загрузку заготовок, являются отступления от технологических требований при изготовлении заготовок: изменение формы и размеров, вследствие чего не обеспечивается надежное ориентирование и проходимость заготовок в лотках и транспортирующих устройствах; износ захватных и ориентирующих органов, лотков, склизов и других элементов; несинхронность работы загрузочного устройства и станка, вызываемая неравномерностью производительности бункерного загрузочного устройства; трудность автоматического отделения стружки от деталей и накопление ее в рабочей зоне станка; загрязнение деталей и лотков. Поэтому важным условием надежного прохождения деталей в загрузочных устройствах является соблюдение технологической дисциплины изготовления заготовок и разработка таких конструкций, которые позволяли бы легко удалять некачественные заготовки из лотка и других функциональных механизмов.

Разрабатывая классификационную схему (рис. 4.6) по трем основным признакам: количеству осей симметрии, соотношению размеров и сложности форм, получим сравнительно небольшое и четко определенное число классификационных категорий, потому что для каждого из классификационных признаков рациональное число градаций ограничено. Например, по количеству осей симметрии число градаций будет равно трем. По соотношению основных размеров число градаций для каждой пары не будет превышать пяти, а если рассматривать габаритные размеры безотносительно к форме деталей, то число этих градаций будет равно только трем. По соотношению размеров все детали могут быть подразделены на три главных разряда:

- стержневые;
- равноразмерные или почти равноразмерные;
- пластинчатые.

Стержневые детали можно подразделить, в свою очередь, на длинные стержни, которые обычно автоматическому ориентированию не поддаются, и обыкновенные стержни: средние и короткие. Пластинчатые детали можно подразделить аналогично на обыкновенные пластины и пластины очень тонкие, требующие специальных приемов при автоматическом ориентировании.

По сложности геометрических форм число градаций деталей будет определяться целесообразным числом градаций сцепляемости, выраженной соответствующими коэффициентами торможения и, в первую очередь, коэффициента линейного торможения. Чем ближе эти коэффициенты к нулю, тем легче осуществляется разрознение и захват деталей в бункерных ориентирующих устройствах, а чем они ближе к единице, тем это труднее. Учитывая влияние каждого из коэффициентов торможения и возможные сочетания наиболее характерных их значений, можно по сложности геометрических форм подразделить детали на четыре группы:

- простые гладкие, для которых коэффициент линейного торможения не больше ζ/π , где ζ — угол трения между поверхностями деталей;
- средней сложности, для которых коэффициент линейного торможения больше ζ/π , но не превышает $\zeta/\pi + 0,25$;
- сложные, для которых коэффициент линейного торможения больше $\zeta/\pi + 0,25$ и которые могут образовывать неплотные групповые сцепления;
- очень сложные, для которых коэффициент линейного торможения близок к единице и которые могут образовывать плотные групповые сцепления.

Общая классификационная схема (рис. 4.7) включает в себя только те детали, для которых автоматическое ориентирование

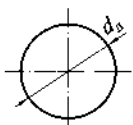
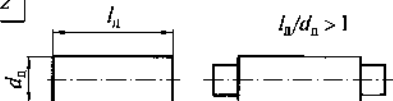
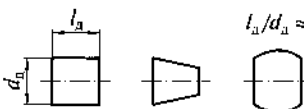
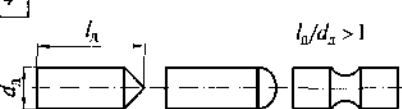
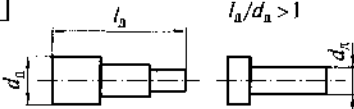
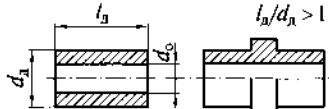
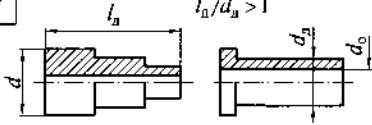
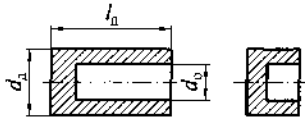
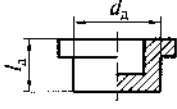
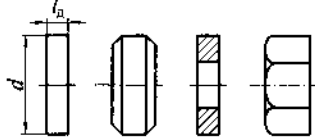
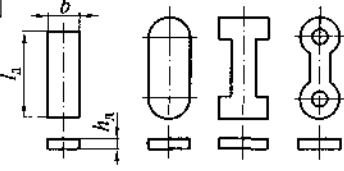
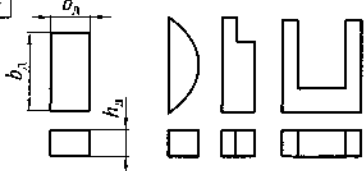
<p>1</p>  <p>Шарики</p>	<p>2</p>  <p>Симметричные валики гладкие и ступенчатые</p>
<p>3</p>  <p>Ролики гладкие и профильные</p>	<p>4</p>  <p>Валики с фасонным концом или образующей</p>
<p>5</p>  <p>Ступенчатые валики и валики с головкой (болты)</p>	<p>6</p>  <p>Симметричные втулки гладкие и ступенчатые</p>
<p>7</p>  <p>Ступенчатые втулки и втулки с буртами</p>	<p>8</p>  <p>Колпачки гладкие</p>
<p>9</p>  <p>Колпачки с фланцем</p>	<p>10</p>  <p>Диски, кольца, гайки</p>
<p>11</p>  <p>Пластины</p>	<p>12</p>  <p>Призмы</p>

Рис. 4.6. Классификация деталей по их пригодности к автоматическому ориентированию

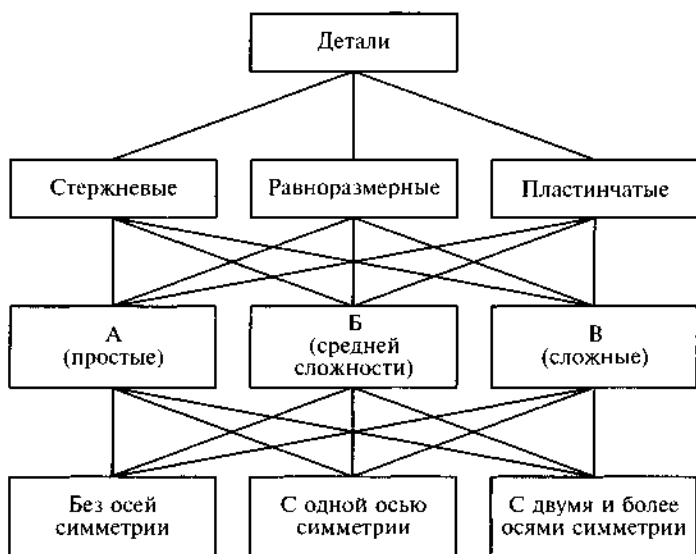


Рис. 4.7. Общая классификационная схема деталей

легче или труднее, но может быть осуществлено. Поэтому в схеме отсутствуют детали очень длинные и очень сложных форм. Предполагается, что абсолютные размеры деталей не превышают 200 мм, а их масса не больше 200 г.

Автоматическое ориентирование стержневых деталей. Наиболее просто осуществляется автоматическое ориентирование простых и средней сложности стержневых деталей с двумя и более осями симметрии. Так как все эти детали имеют, как правило, явно выраженное преобладающее положение и отличаются хорошей сыпучестью (низкой сцепляемостью), то для их автоматического ориентирования могут найти применение почти все известные сегодня ориентирующие механизмы.

Автоматическое ориентирование стержневых деталей с одной осью симметрии может представлять собой более или менее сложные задачи в зависимости от особенностей формы, например от расположения оси симметрии и центра тяжести детали. Большинство деталей этой категории может быть ориентировано с помощью многих ориентирующих устройств. Например, деталь типа валика может быть ориентирована с помощью как карманчикового, так и вибрационного ориентирующих устройств. Детали, запавшие в карман в диске в одном из двух возможных положений, поднимаются при вращении диска вверх, где проходят под калибром, прикрепленным к ободу бункера. В зависимости от того какой конец детали направлен к ободу,

деталь проходит под калибром либо свободно, либо задевая за него, приподнимается и выпадает из карманчика обратно в бункер. Детали, прошедшие под калибром свободно, выпадают через окошко в лоток-змейку, откуда соответствующим питателем направляются в рабочую зону станка.

Автоматическое ориентирование равноразмерных деталей. Условия автоматического ориентирования равноразмерных и почти равноразмерных деталей обычно несколько труднее, нежели условия ориентирования стержневых и пластинчатых деталей, потому что основные размеры деталей не могут быть использованы в качестве параметров для определения их положений. Поэтому при автоматическом ориентировании равноразмерных деталей приходится использовать в качестве параметров форму проекций и положение центра тяжести. Обычно этих параметров вполне достаточно для отличия одних положений от других, за исключением случаев, когда вследствие незначительных различий между главными проекциями отдельные положения деталей становятся трудноразличимыми. Для деталей с трудноразличимыми положениями приходится прибегать к специальным контрольным и исполнительным органам.

Автоматическое ориентирование пластинчатых деталей. Характерной особенностью пластинчатых деталей является то, что в процессе автоматического ориентирования они легко могут опрокидываться вокруг продольных и поперечных кромок через профильные вырезы. Благодаря этому можно одинаково легко ориентировать не только симметричные, но и асимметричные детали.

Наиболее просто осуществляется, очевидно, автоматическое ориентирование пластинчатых деталей с двумя и более осями симметрии. Для этих деталей могут найти применение различные типы бункерных ориентирующих устройств, например карманчиковые, щелевые, шиберные, секторные и, главным образом, вибрационные.

4.7. Классификация бункерных загрузочных устройств

Различные принципы действия и различные конструктивные решения отдельных целевых органов автоматических ориентирующих устройств могут по-разному сочетаться друг с другом, образуя большое число разновидностей этих устройств. Поэтому, классифицируя автоматические ориентирующие устройства, необходимо строить классификационную схему не по одному целевому органу, а по многим, по крайней мере, по трем основным: захватному, транспортирующему и ориентирующему.

Следует отметить, что приведенная классификация несмотря на большое количество использованных в ней классификационных признаков может рассматриваться только как упрощенная, потому что далеко не все возможные классификационные признаки нашли в ней свое отражение. Но уже и такая обобщенная классификация позволяет прийти к заключению, что никакое короткое название не может характеризовать автоматическое ориентирующее устройство достаточно полно. Поэтому к употребляемым обычно сокращенным названиям БОУ необходимо всегда давать дополнительные характеристики (табл. 4.1). Так, говоря о карманчиковом дисковом или карманчиковом кольцевом БОУ, мы без труда можем сделать вывод, что захватный орган этого бункерного ориентирующего устройства является вращающимся, осуществляющим захват по наружным поверхностям деталей, что бункер, по всей вероятности, будет цилиндрическим и что первичное ориентирование деталей происходит внутри бункера.

Однако нельзя определить, является ли это БОУ одно- или двухпозиционным, какой принцип действия органов вторичного

Таблица 4.1

Классификация бункерных ориентирующих устройств

Целевые органы БОУ	Классификационные признаки	Разновидности БОУ
Ориентирующие	Количество позиций (этапов) ориентирования	Однопозиционные. Двух- и более позиционные
	Принцип действия ориентирующих органов	Механические. Пневматические. Электрические. Фотоэлектрические
	Способ унификации положений деталей	Пассивно ориентирующие. Активно ориентирующие
	Параметры, по которым производится контроль положения деталей	Контролирующие положение деталей по их конфигурации. Контролирующие положение деталей по их размерам. Контролирующие положение деталей по расположению центра тяжести. Контролирующие положение деталей по цвету или шероховатости поверхностей

Целевые органы БОУ	Классификационные признаки	Разновидности БОУ
Ориентирующие	Место вторичного ориентирования	С вторичным ориентированием внутри бункера. С вторичным ориентированием вне бункера
Захватные	Характер захватывающей силы (принцип действия захватывающего органа)	Гравитационные с механическим захватом. Гравитационные с внешней силой. Инерционные: с вакуумным захватом; с магнитным захватом
	Способ захвата деталей	С захватом деталей по наружным поверхностям. С захватом деталей по внутренним поверхностям
	Способы выдачи деталей из захватного органа	С поштучной выдачей деталей. С порционной выдачей деталей. С непрерывной выдачей деталей
	Количество мест (элементов) захватного органа	С одноместным захватным органом. С многоместным захватным органом
Транспортирующие	Принцип действия транспортирующего органа (характер движущей силы)	С механическим транспортером. С гравитационным транспортером. С инерционным транспортером. С трением транспортером
	Характер движения деталей в лотке	С лотком-склизом. С лотком-скатом. С лотком-рольгангом
Регулирующе-предохраняющие	Способ регулирования выдачи деталей из захватного органа	С остановом захватного органа при избытке деталей. С принудительным отводом избыточных деталей

Целевые органы БОУ	Классификационные признаки	Разновидности БОУ
Регулирующе-предохраняющие	Способ предохранения захватного органа от поломки	Со свободным отводом избыточных деталей. С податливым звеном в цепи привода захватного органа. С податливыми элементами захватного органа
Бункеры	Структура бункера	С одинарным бункером. Со сдвоенным бункером (с предбункером)
	Способ выдачи деталей из предбункера	С самотечным предбункером. С приводным предбункером
	Форма бункера	С цилиндрическим бункером. С коническим бункером. С призматическим бункером. С бункером комбинированной системы
Привод	Источник движения рабочих органов БОУ	С механическим приводом. С электроприводом. С пневмоприводом. С гидроприводом
	Характер привода	С групповым приводом. С индивидуальным недифференцированным приводом. С индивидуальным дифференцированным приводом
	Способ передачи движения	С ременной передачей. С зубчатой передачей. С червячной передачей. С фрикционной передачей. С комбинированной передачей

ориентирования в нем использован, имеется ли в нем регулирующе-предохраняющее устройство, как осуществляется транспортирование деталей и т.д. Аналогичные дополнительные харак-

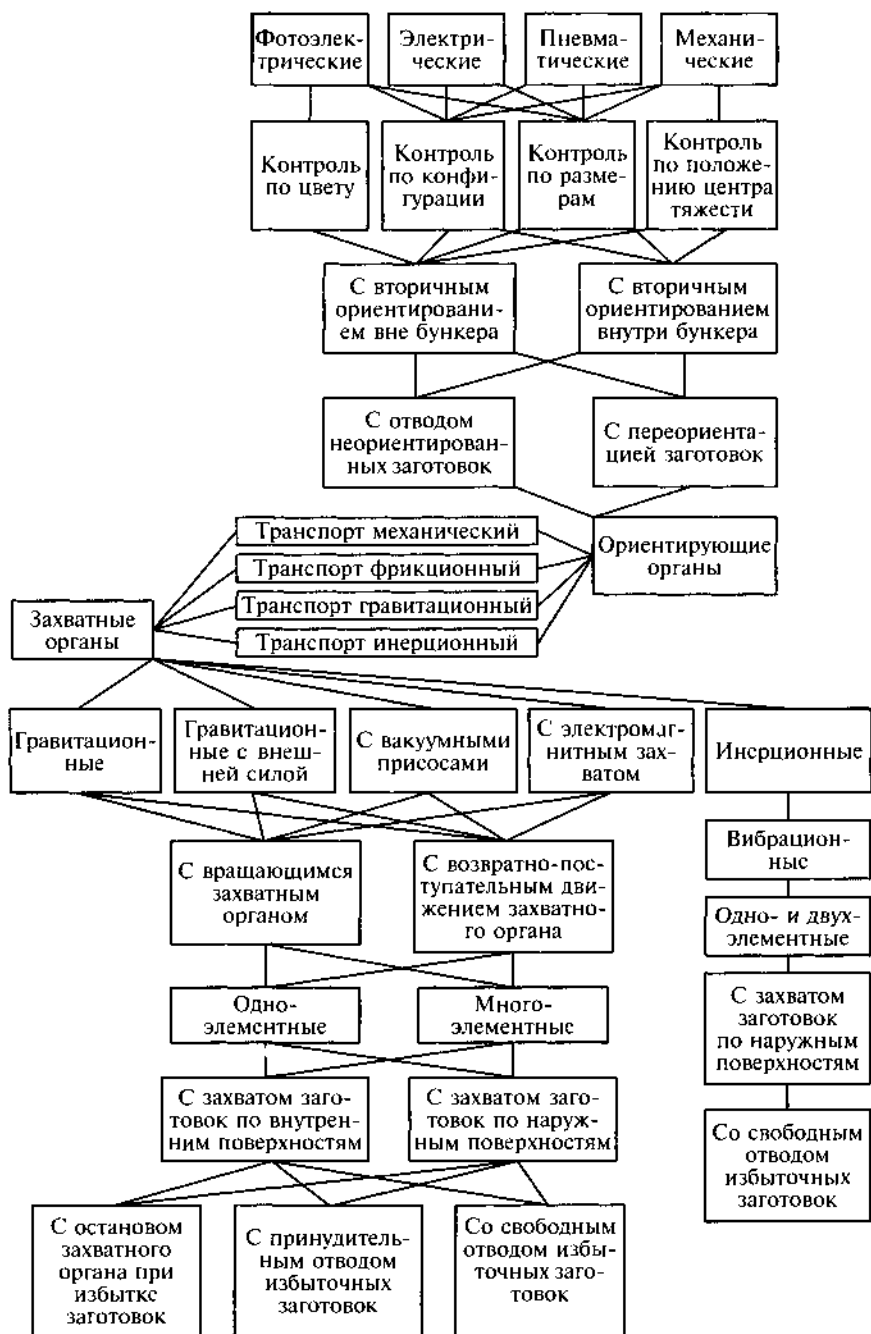


Рис. 4.8. Классификационная схема бункерных ориентирующих устройств

теристики оказываются необходимыми и для других типовых конструкций БОУ.

В общем число дополнительных характеристик для каждого названия типовых конструкций БОУ различно и обусловлено степенью зависимости между классификационными признаками, которая для различных конструкций БОУ различна. Так, характер движения захватного органа предопределяет до некоторой степени и форму бункера, принцип действия ориентирующих органов связан с контролируемыми параметрами детали и т. п.

Схема (рис. 4.8) построена по главнейшим классификационным признакам трех основных и одного вспомогательного (регулирующе-предохраняющего) целевых органов.

Важным свойством построенной таким образом классификационной схемы можно считать то, что в ней находят свое место не только все известные в настоящее время типы бункерных ориентирующих устройств, но также и те, которые могут быть созданы в будущем.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются заготовки для автоматического питания станка?
2. Как обеспечивается автоматическое питание станков бункерным, ленточным и прутковым материалами?
3. В каких случаях применяются магазинные питающие устройства?
4. В чем отличие бункерных загрузочных устройств от магазинных?
5. Как работают крючковые БЗУ и для каких деталей они применяются?
6. Для каких деталей используются шибберные БЗУ и как они устроены?
7. От чего зависит производительность БЗУ?
8. Как устроен вибрационный бункер и какие он имеет преимущества?
9. Как осуществляется ориентация деталей в вибробункере?
10. Как можно регулировать скорость движения деталей в вибробункере?

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ИНСТРУМЕНТА

5.1. Назначение установки и закрепления заготовок

Установка и закрепление заготовок на станках, раскрепление и снятие готовых деталей со станков занимают значительное вспомогательное время. Уменьшить это время можно путем использования рациональных для конкретных условий производства приспособлений с быстродействующими приводами. Автоматизация быстродействующих приспособлений позволяет не только уменьшить вспомогательное время на установку и снятие детали, но и сделать его не ручным, а машинным.

Заготовку, подаваемую в рабочую зону станка, располагают и надежно закрепляют в приспособлении. При установке заготовки в универсальные приспособления высококвалифицированный рабочий много времени затрачивает на выверку, т.е. правильное расположение заготовки относительно станка (например, для совмещения оси шпинделя с осью заготовки) и инструмента. Чтобы уменьшить это время, используют непремено-настраиваемые специальные, универсально-наладочные, сборно-разборные и универсально-сборные приспособления, настроенные таким образом, чтобы погрешность установки детали была минимальной. Этого добиваются совмещением измерительных и технологических баз, использованием зажимных элементов приспособления, расположенных напротив установочных элементов, или использованием равномерно-распределенных усилий зажима (например, в цанговых патронах) расчетного значения. Чтобы вообще исключить участие рабочего, рекомендуют пневматические, гидравлические, электрические, магнитные, вакуумные приводы зажимных элементов приспособлений, управляемых автоматически. На станках, автоматах и автоматических линиях используют такие приспособления, которые являются не только удобными для обработки деталей на определенных станках, но и экономически наиболее целесообразными, т.е. обеспечивают заданную производительность при минимальной стоимости обработки, при заданной точности установки.

Иногда в многопозиционных станках, автоматах и автоматических линиях время на установку, закрепление, раскрепление

и снятие деталей совмещают с временем на обработку деталей в других позициях.

Обрабатываемую заготовку при установке в приспособлении располагают в определенном положении и на определенном расстоянии относительно режущего инструмента.

При установке последующих заготовок настройка, выполненная при установке первой заготовки, может нарушиться. Нарушение происходит из-за того, что размеры заготовок отличаются друг от друга в пределах допуска заготовки, а измерительные и технологические базы не совмещены (погрешности базирования). Кроме того, велики деформации, вызываемые усилиями зажима (погрешности закрепления). Погрешность базирования + погрешность закрепления = погрешность установки. При установке заготовок следует совмещать технологические и измерительные базы, не превышать расчетных усилий зажима и использовать схему зажима, при которой прогибы заготовки наименьшие.

5.2. Ориентация заготовок на станках

Под ориентацией заготовок на станках с программным управлением понимается их базирование относительно начала координат системы. При базировании необходимо наличие связи установочных баз заготовки с началом координат. Следовательно, в отличие от базирования заготовок при обработке традиционным методом на универсальных станках, при обработке на станках с программным управлением необходимо во всех случаях лишение заготовок всех степеней свободы (согласно правилу шести точек) относительно нулевой точки станка (рис. 5.1).

Базирование заготовки должно обеспечить ее однозначное положение на станке при обработке всех поверхностей и отверстий с требуемой точностью их взаимного расположения. Выбор базовых поверхностей должен производиться таким образом, чтобы соблюсти принцип совмещения баз. Выбранные базы должны обеспечить удобство установки заготовки в рабочей зоне станка. При ориентации заготовок типа тел вращения в качестве установочных базовых поверхностей принимают наружные или внутренние цилиндрические поверхности, а также поверхности центровых гнезд. При ориентации заготовок плоскостных и корпусных деталей с обработанными базовыми поверхностями в качестве базовых поверхностей применяют в основном три плоскости, плоскость и два отверстия или плоскость и отверстие.

При ориентации заготовок по трем плоскостям базирование заготовок может осуществляться по опорной базовой поверх-

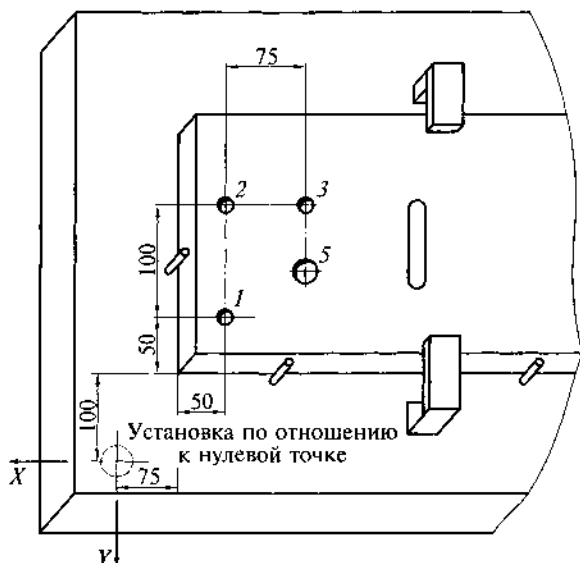


Рис. 5.1. Базирование заготовки относительно нулевой точки станка

ности на столе станка или угольнике с выверкой по двум плоскостям (направляющей и упорной), установочным базовым поверхностям заготовки с помощью контрольных оправок, устанавливаемых в шпиндель станка.

При установке заготовок на столах расточных и многооперационных станков с числовым программным управлением за начало отсчета системы по оси X принимают плоскость стола станка. Следовательно, опорная базовая поверхность заготовки совпадает с началом координаты X . За начало отсчета по оси Y принимают либо ось поворотного стола, либо координату, находящуюся на определенном расстоянии от оси стола. Поскольку начало координат по оси Y не имеет отметки на столе станка, за начало координат по оси Y принимают определенную точку этой оси, устанавливаемую посредством плавающего нуля.

Ориентация заготовки по оси Y осуществляется с требуемой точностью по боковой плоскости заготовки с выверкой по индикатору. Заготовку устанавливают на стол станка, например горизонтально-расточного 2А622Ф2 (рис. 5.2, а), с требуемой точностью под шуп и выверяют ходом стола по индикатору. Затем измеряют набором мерных плиток расстояние от образующей шпинделя до направляющей базовой плоскости заготовки и снимают отсчет по оси Y с цифрового табло. Требуемую величину a смещения плавающего нуля определяют как сумму

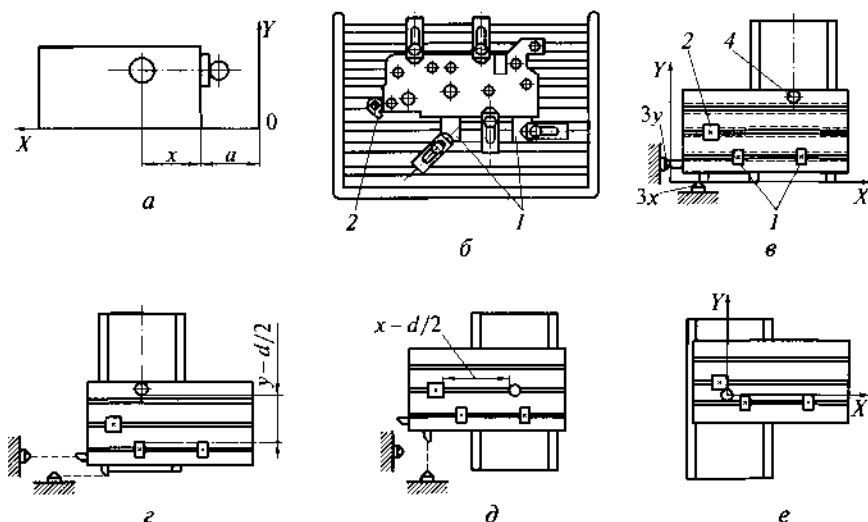


Рис. 5.2. Схемы (а...е) базирования заготовок на столе станка:

1, 2 — базирующие элементы; 3х, 3у — нуль-индикаторы; 4 — контрольная оправка

показаний цифрового табло, величины радиуса шпинделя и высоты набора плиток. При установке заготовки на мерные плитки плавающий нуль смещают по оси X на величину, равную толщине плиток.

Установка заготовок с выверкой требует значительных затрат времени, в течение которого станки не работают. Для сокращения времени простоя станков базирование заготовок на столе станка или в приспособлении по направляющей и упорной установочным базовым поверхностям производится установкой заготовки в координатный угол до контакта с опорами 1 и 2 (рис. 5.2, б). Элементы 1 и 2, базирующие заготовку на столе станка соответственно по направляющей и упорной базовым поверхностям, устанавливают в Т-образных пазах стола станка (рис. 5.2, в). После их установки и закрепления стол станка перемещают в крайнее поперечное положение, при котором нуль-индикатор 3у отсчетной системы дает нулевое показание. Затем в шпиндель станка устанавливают контрольную оправку 4 и измеряют расстояние от нее до установочной поверхности базирующего элемента 1, равное $y - d/2$ (рис. 5.2, г). Далее перемещают стол в крайнее продольное положение до нулевого показания нуль-индикатора 3х отсчетной системы и измеряют расстояние от оправки до установочной поверхности базирующего элемента 2, равное $x - d/2$ (рис. 5.2, д). Расстояния по осям Y и X определяют нуль отсчета системы ЧПУ. При введе-

нии в отсчетную систему ЧПУ смещения нуля отсчета по осям X и Y , равного x и y , нулевая точка отсчета будет соответствовать началу координат осей, совмещенных с установочными поверхностями базирующих элементов 1 и 2 (рис. 5.2, e). При этом ноль отсчета будет проходить через ось шпинделя, а начало отсчета координат будет выбрано от базовых поверхностей заготовки. При установке заготовок с выверкой или базировании в координатный угол в основном применяют чистые базовые поверхности, которые подготавливают на первых операциях на обычных универсальных станках.

Схема базирования заготовок по трем плоскостям является наиболее простой и надежной. Недостатком этой схемы является невозможность в ряде случаев обработки заготовки с пяти сторон с одной установки. В этих случаях применяют схему базирования по плоскости и двум отверстиям. Опорной базой является чисто обработанная плоскость, отверстия которой обработаны с точностью не ниже второго класса. Базовыми элементами приспособления являются планки и штыри (цилиндрический и ромбический).

При базировании заготовки по плоскости и двум отверстиям неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности выполнения технологических отверстий заготовки, изготовления базирующих пальцев и необходимости наличия гарантированного диаметрального зазора в соединениях пальцев — отверстия.

Для обработки четырех или пяти поверхностей заготовки с одной установки заготовку закрепляют гайками или винтами с потайной головкой сверху через отверстия, имеющиеся в заготовке. При отсутствии таких отверстий в заготовке со стороны опорной установочной базовой поверхности выполняют технологические резьбовые отверстия под крепежные винты, смонтированные в приспособлении. Завинчивают и отвинчивают винты торцевым ключом, устанавливаемым в расположенных с переднего торца приспособления гнезда головок червячных валиков, червяки которых входят в зацепление с шестернями крепежных винтов.

5.3. Установка приспособлений

Особенностью ориентации приспособлений при установке их на станках с программным управлением является определение связи установочных элементов приспособления, предназначенных для базирования заготовки, с началом отсчета системы координат станка. Следовательно, приспособления должны обеспечивать не только полное базирование заготовки, но и

полную ориентацию приспособления (согласно правилу шести точек) относительно установочных поверхностей станка.

Поскольку станки с программным управлением в основном применяют в мелкосерийном производстве, для сокращения времени их простоя, связанного с подготовительно-заключительным временем, необходимо предусматривать их быструю установку и закрепление на столе станка. Для полной ориентации приспособлений на столах некоторых станков предусмотрены поперечные пазы и отверстия.

Для полной ориентации приспособлений на столах станков в приспособлениях должны быть предусмотрены установочные элементы, соответствующие посадочным местам станков и обеспечивающие их точную ориентацию относительно стола станка. При установке приспособлений на столах станков, имеющих только продольные пазы, приспособления ориентируют по пазу станка посредством цилиндрических или призматических шпонок. При этом приспособление будет ориентировано не полностью, поскольку будет лишено лишь пяти степеней свободы. В этом случае инструмент в исходную точку устанавливают по шупу и установу, закрепленному на корпусе приспособления. Применение углового установа (рис. 5.3, *а*) исключает предварительную ориентацию приспособления относительно координат станка. Такой способ ориентации приспособления усложняет его конструкцию и увеличивает подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на ориентацию инструмента и установку плавающего нуля станка в системе числового программного управления.

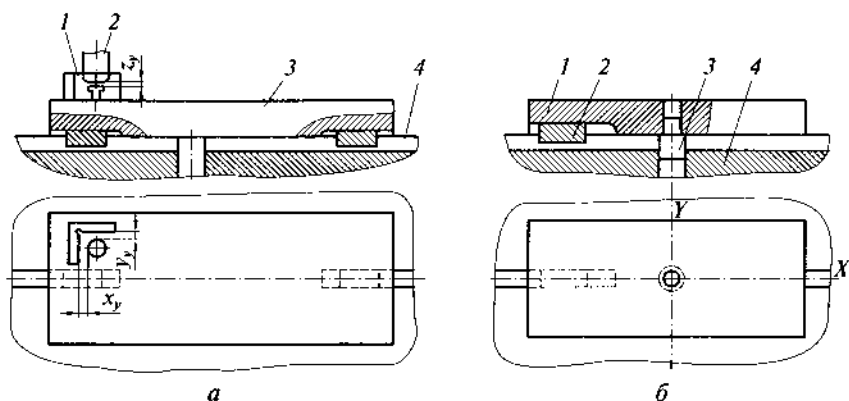


Рис. 5.3. Установка приспособлений на столе станка:

а — по установу: 1 — установ; 2 — фреза; 3 — корпус приспособления; 4 — стол станка; *б* — по отверстию и пазу: 1 — корпус приспособления; 2 — шпонка; 3 — штырь; 4 — стол станка

При установке приспособлений на столах станков, имеющих центральное отверстие и поперечный паз (рис. 5.3, б), в приспособлениях предусматривают: два штыря или штырь и шпонку (при фиксации приспособления по отверстию и пазу); три штыря или три шпонки (при фиксации приспособлений по продольному и поперечному пазу). При установке приспособлений на столах станков, имеющих пазы и ряд отверстий, приспособление ориентируют либо по пазу станка посредством штырей или шпонок и штырю, устанавливаемому в отверстия станка, либо в координатный угол по трем штырям, устанавливаемым в отверстия станка, два из которых ориентируют приспособление по направляющей базовой поверхности, а один — по упорной.

Для уменьшения износа пазов и быстрой установки приспособлений, ориентируемых по пазу стола станка, элементы для установки приспособлений на станки целесообразно устанавливать и закреплять не на корпусе приспособления, а на столе станка (рис. 5.4). При применении круглых шпонок последние устанавливают в Т-образном пазу станка (рис. 5.4, а), а в приспособлении устанавливают каленую втулку, большая фаска которой облегчает быструю установку приспособления на столе станка.

При применении призматических шпонок последние устанавливают в пазу станка (рис. 5.4, б). В корпусе приспособления в этом случае делают паз с большими фасками. Для быстрой установки приспособлений на станке призматические шпонки иногда выполняют с большими заходными фасками под углом 15° (рис. 5.4, в). Призматические шпонки также закрепляют в Т-образных пазах станков (рис. 5.4, г). В этом случае корпус приспособления базируют по обработанным торцам платиков в координатный угол.

Для быстрой ориентации и закрепления приспособлений на столах станков применяют установочно-зажимное устройство (рис. 5.4, д), которое позволяет уменьшить износ пазов станка и сократить время на установку приспособлений. Устройство состоит из стального каленого призматического сухаря 1, устанавливаемого в Т-образный паз стола станка. На нижней поверхности сухаря выполнен сквозной паз под головку болта, а сверху — скос под углом 30° . Сухарь, в отверстия которого установлен болт 2, устанавливается в пазу стола станка. Боковые шлифованные поверхности сухаря выполнены соответственно пазу стола станка. В отверстия полки 3 корпуса приспособления установлена цилиндрическая стальная каленая втулка 4 с двумя лысками: прямой — с левой стороны и наклонной под углом 30° — с правой стороны. В верхней части втулки нарезана резьба, на которую навинчена гайка 5 с накаткой. После установки при-

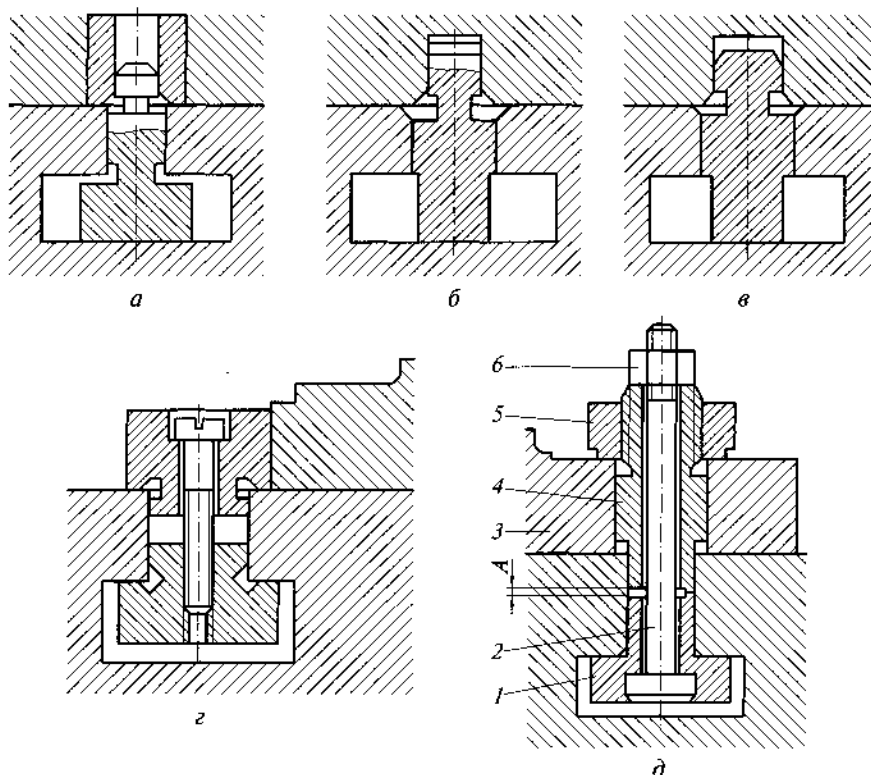


Рис. 5.4. Элементы для установки приспособлений на столе станка (а...д):

1 — призматический сухарь; 2 — болт; 3 — полка корпуса; 4 — втулка; 5 — гайка с накаткой; 6 — гайка

способления на стол станка вращением гайки 5 перемещают втулку 4 вниз. При этом наклонная поверхность втулки, взаимодействуя с наклонной поверхностью сухаря, перемещает втулку, а следовательно, и приспособление до контакта левой лыски втулки с левой стороной паза стола станка, ориентируя приспособление относительно паза стола станка. Между торцом втулки и верхним торцом сухаря должен быть предусмотрен зазор А не менее 1,5 мм. Перед завинчиванием гайки 6 необходимо несколько ослабить гайку 5 для некоторого перемещения втулки 3 в отверстии полки корпуса приспособления. После этого вручную затягивают гайку 6, в результате чего приспособление окончательно фиксируют в пазу стола станка и закрепляют.

При обработке заготовок корпусных деталей на станках с ЧПУ и, особенно, на многооперационных станках с одной ус-

тановки заготовки обрабатывают большое количество поверхностей, в результате чего время обработки резко увеличивается по сравнению с традиционной обработкой на универсальных станках. При этом доля времени на установку и закрепление заготовки в общем балансе штучно-калькуляционного времени резко сокращается. В этом случае заготовки чаще устанавливают на столах станков и закрепляют болтами и гайками или прихватами с ручным зажимом.

Для установки заготовок на требуемом расстоянии от стола станка применяют наборы мерных подкладок. Для сокращения номенклатуры подкладок и времени на подбор требуемой тол-

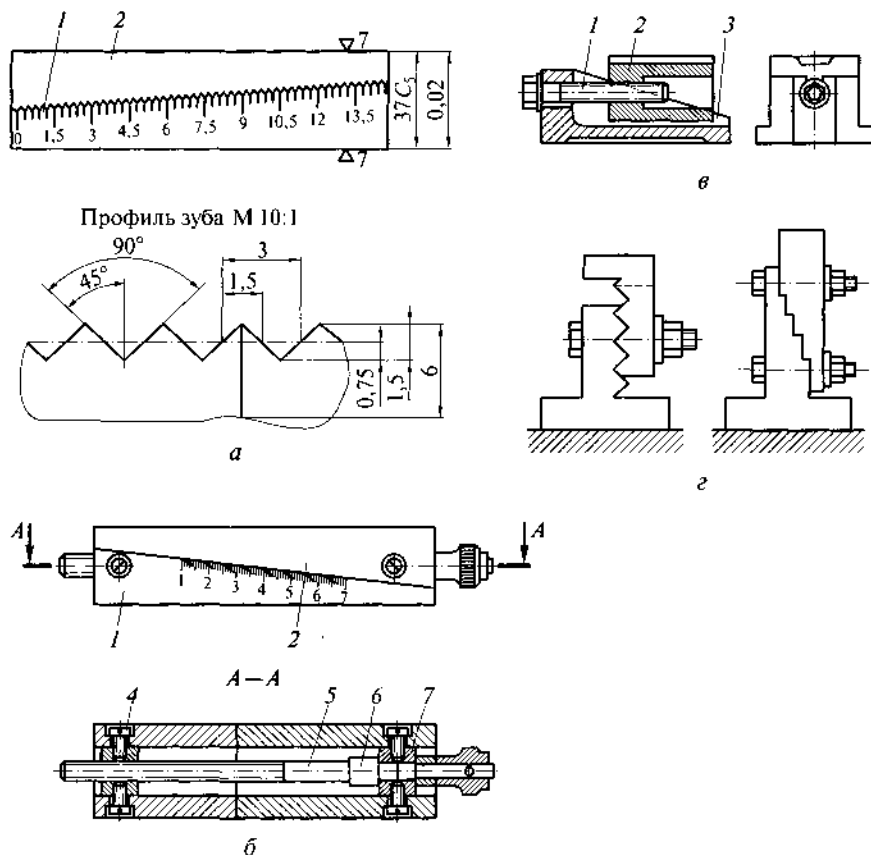


Рис. 5.5. Переналаживаемые регулируемые подкладки и подставки:

а — подкладки с зубчатыми поверхностями; б — подкладки с наклонными поверхностями; 1, 2 — планки; 3 — рукоятка; 4, 5 — винты; 6 — гайка; 7 — вкладыш; в — клиновидная подкладка: 1 — винт; 2 — опора; 3 — основание; г — зубчатая подкладка

шины целесообразно применять переналаживаемые регулируемые подкладки и подставки (рис. 5.5). На наклонных поверхностях двух планок, выполненных под углом 5° , нарезаны зубья (рис. 5.5, а). Высоту подкладки регулируют перестановкой верхней планки по зубьям нижней, используя линейную шкалу. При перемещении планки на один зуб высота подкладки изменяется на 0,3 мм.

В направляющей планки 1 типа «ласточкин хвост» (рис. 5.5, б) на винтах 4 шарнирно закреплена гайка 5, а в направляющих планки 2 шарнирно закреплена вкладыш 7, в отверстии которого установлен винт 6. При вращении рукоятки 3 с накаткой винт 6 ввинчивается или вывинчивается из гайки 5, в результате чего верхняя планка 2 перемещается относительно нижней планки 1. При этом высота подкладки может увеличиваться до 7 мм. Перемещение верхней планки на 1 мм по шкале, выполненной на нижней планке, соответствует изменению высоты подкладки на 0,1 мм. Риска на верхней планке предназначена для отсчета перемещения по шкале. Регулирование подкладки (рис. 5.5, в) по высоте осуществляется вращением винта 1, перемещающего опору 2 по наклонным направляющим основания 3. Для регулирования высоты подкладки, представленной на рис. 5.5, г, зубцы опоры передвигают по зубцам оснований и закрепляют винтами в требуемом положении.

Для ориентации заготовок корпусных деталей на столах станков сверлильно-расточной группы применяют две закаленные планки, установленные под углом 90° друг к другу и ориентирующие заготовку как в угловом положении, так и относительно начала координат станка. Обрабатываемые заготовки устанавливают на раздвижных опорных планках. На рис. 5.6 представлены базисные элементы (опорные и упорные планки), установленные в Т-образных пазах поворотного стола расточного станка с ЧПУ фирмы Jigmaster Gasdo (Япония) модели UBM-50N. Поворотный стол станка имеет пять Т-образных пазов и

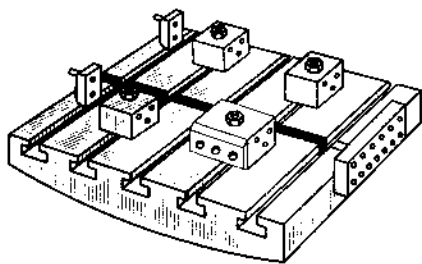


Рис. 5.6. Базисные элементы, установленные на столе станка

перпендикулярный к ним призматический паз. На торцах стола имеются резьбовые отверстия для крепления упорных планок. Упоры установлены в Т-образных пазах стола станка посредством выступов и закреплены болтами. На боковых сторонах упоров и на упорных планках имеются резьбовые отверстия для установки и закрепления сменных установочных планок.

5.4. Зажимные устройства

Для закрепления заготовок на столах станков применяют универсальные зажимные устройства.

Зажимные устройства с ручным приводом применяются в основном для закрепления заготовок корпусных деталей, время обработки которых относительно велико, и, следовательно, время на закрепление и раскрепление заготовок в общем балансе штучно-калькуляционного времени невелико.

На станках с программным управлением целесообразно применять универсальные переналаживаемые зажимные устройства, обеспечивающие возможность закрепления деталей с большим диапазоном размеров. Для вертикального закрепления заготовок на столах станков с программным управлением применяют переналаживаемые зажимные устройства с ручным зажимом (рис. 5.7). На торце прихвата (рис. 5.7, *а*) выполнены зубцы, взаимодействующие с зубцами подставки. Регулирование прихвата по высоте осуществляется перестановкой зубцов прихвата относительно зубцов подставки. В прихвате 2 (рис. 5.7, *б*) выполнен сквозной паз, а на верхней поверхности — цилиндрические гнезда под сферическую шайбу. Регулирование прихвата по высоте осуществляется его перестановкой относительно болта 6. При этом шайба 4 устанавливается в соответствующее гнездо прихвата. Регулирование прихвата 3, представленного на рис. 5.7, *в*, осуществляется его перестановкой по кольцевым канавкам опоры 4, контактирующим с канавками прихвата. Наличие сквозного продольного паза в прихвате обеспечивает регулирование его вылета. Регулирование по высоте прихвата зажимного устройства, представленного на рис. 5.7, *г*, осуществляется следующим образом. Опору поворачивают относительно колонки, пока лыска не установится напротив фиксатора 2. При этом паз фиксатора выходит из зацепления с выступом кольцевого паза опоры. Положение опоры относительно колонки при полностью выведенном подпружиненном фиксаторе 2 определяется шариковым фиксатором 4. В этом положении опоры прихват свободно поднимают или опускают в требуемое положение, после чего опору поворачивают примерно на 120° — до момента попадания шарикового фиксатора 4 в гнездо отверстия колонки 6. При этом паз фиксатора 2 под действием пружины 3 входит в контакт с выступом кольцевой канавки опоры.

Переналадка по высоте прихвата зажимного устройства, представленного на рис. 5.7, *д*, осуществляется ввинчиванием или вывинчиванием зажимного болта из втулки корпуса, посредством которой его устанавливают в Т-образном пазу стола станка. При этом опора прихвата автоматически под действием

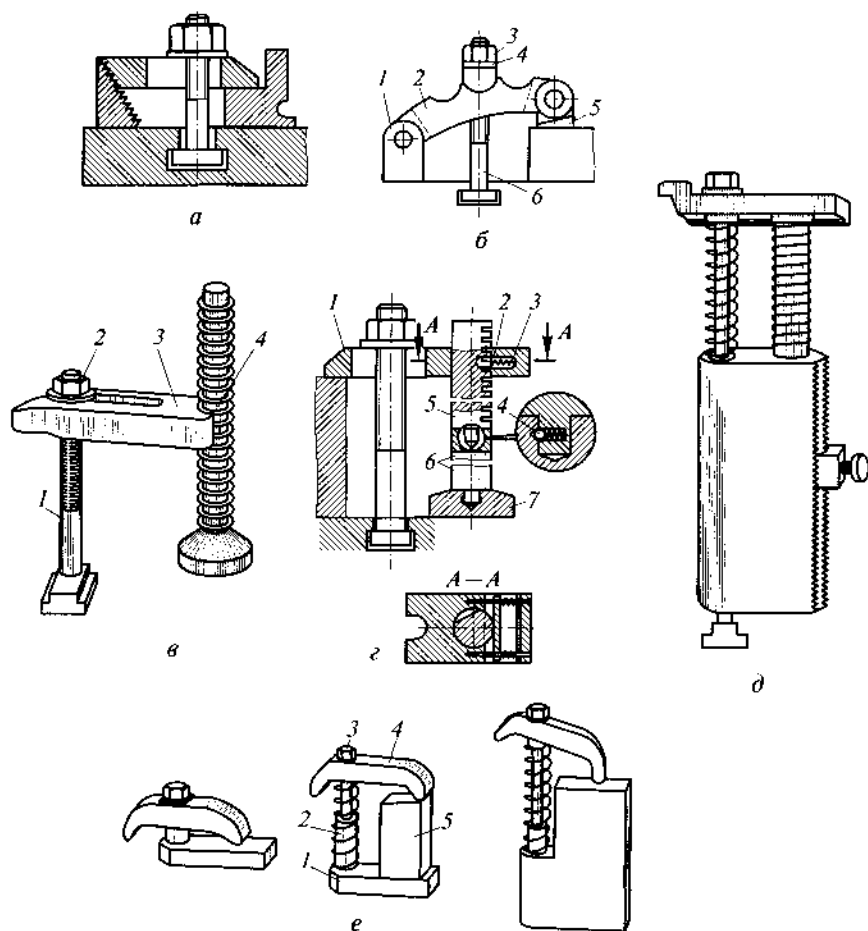


Рис. 5.7. Зажимные устройства для вертикального закрепления заготовок:

а — прихват со ступенчатой подставкой; *б* — прихват со сферической шайбой: 1 — опора; 2 — прихват; 3 — гайка; 4 — шайба; 5 — прижим; 6 — болт; *в* — прихват с кольцевой ступенчатой опорой: 1 — болт; 2 — гайка; 3 — прихват; 4 — опора; *г* — прихват с поворотной ступенчатой опорой: 1 — прихват; 2 — фиксатор; 3 — пружина; 4 — шариковый фиксатор; 5 — опора; 6 — колонна; 7 — пята; *д* — зажимное устройство фирмы Kirp; *е* — набор зажимных устройств фирмы Lind: 1 — основание; 2 — резьбовая втулка; 3 — болт; 4 — прихват; 5 — опорная планка

пружины устанавливается в требуемое положение. Быстрая фиксация опоры осуществляется гайкой с накаткой, затягивающей сухарь, зубцы которого взаимодействуют с зубцами, выполненными на корпусе.

Три типоразмера универсальных переналаживаемых зажимных устройств фирмы Lind (рис. 5.7, е), состоящие из унифицированных элементов, предназначены для закрепления устанавливаемых на столах станков заготовок высотой соответственно 10... 75, 65... 180 и 140... 280 мм.

Система сборно-разборных зажимных устройств (рис. 5.8), komponуемая из унифицированных элементов, состоит из стойки, прихвата, опоры и зажимного болта. Стойку собирают из элементов 9, представляющих собой ступенчатые цилиндрические штыри, на шейке которых нарезана резьба, а на противоположном торце имеется резьбовое отверстие. Стержень ввинчивается в шпонку, устанавливаемую в Т-образ-

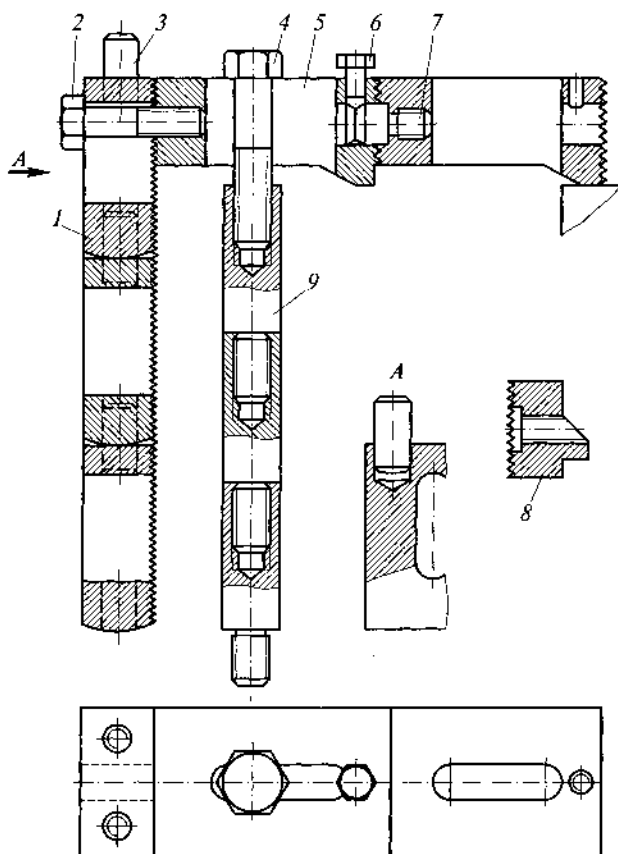


Рис. 5.8. Система сборно-разборных зажимных устройств:

1 — элемент; 2 — винт; 3 — штифт; 4 — зажимный болт; 5 — прихват; 6 — винт; 7 — штырь; 8 — насадка; 9 — элемент

ном пазу станка. В резьбовое отверстие стержня ввинчивается либо зажимный болт 4, либо, при необходимости увеличения высоты прихвата, один или последовательно несколько стержней. Опору komponуют из элементов 1, на нижнем и верхнем торцах которых имеется по два отверстия под штифты 3, а на одной из сторон выполнены зубцы, взаимодействующие с зубцами, выполненными на торцах прихватов 5, соединяемых с опорой винтом 2.

На переднем конце прихвата выполнены зубцы, а также цилиндрическое и перпендикулярное к нему резьбовое отверстие. Длинные прихваты komponуют из нескольких прихватов 5. Для этого в задний торец прихвата ввинчивается цилиндрический штырь 7 с канавкой треугольного профиля. При сборке нескольких прихватов штырь одного прихвата устанавливают в отверстие другого. Зубцы, имеющиеся на передней и задней стороне сопряженных прихватов, взаимодействуют друг с другом при ввинчивании винта 6 одного из прихватов, который при этом воздействует на канавку штыря. Насадку 8 применяют для небольшого увеличения длины прихватов. Преимуществом такой системы является возможность сборки зажимных устройств с большим диапазоном высоты и длины прихватов из небольшого числа различных унифицированных элементов.

Быстропереналаживаемые зажимные устройства. Для сокращения простоев станков, связанных с затратами подготовительно-заключительного времени при переналадке зажимных устройств, необходимо предусматривать возможность их быстрой переналадки. Конструктивные исполнения быстросъемных гаек, обеспечивающих быструю переналадку зажимных элементов, представлены на рис. 5.9. На рис. 5.9, а приведена конструкция быстросъемной гайки, выполненная по типу пушечного замка. На болте сделаны фасонные лыски, а в гайке — фасонное отверстие. Резьба на болте и гайке выполнена лишь на двух противоположных секторах. При положении гайки относительно болта, показанном на рисунке, гайку легко установить на болт и снять с него. При повороте резьба гайки входит в зацепление с резьбой болта.

На рис. 5.9, б представлена быстросъемная гайка, в которой под углом $10 \dots 15^\circ$ просверлено отверстие диаметром на 0,5 мм больше, чем наружный диаметр болта. Оси резьбового и наклонного отверстий пересекаются в середине гайки. При установке гайку наклоняют на угол 15° и надевают на болт, после чего наклоняют в положение, параллельное оси гайки, и доворачивают ее на $1 \dots 1,5$ оборота. Для быстрого съема гайку отвинчивают на $1 \dots 1,5$ оборота, после чего, наклоняя на угол 15° , снимают с болта.

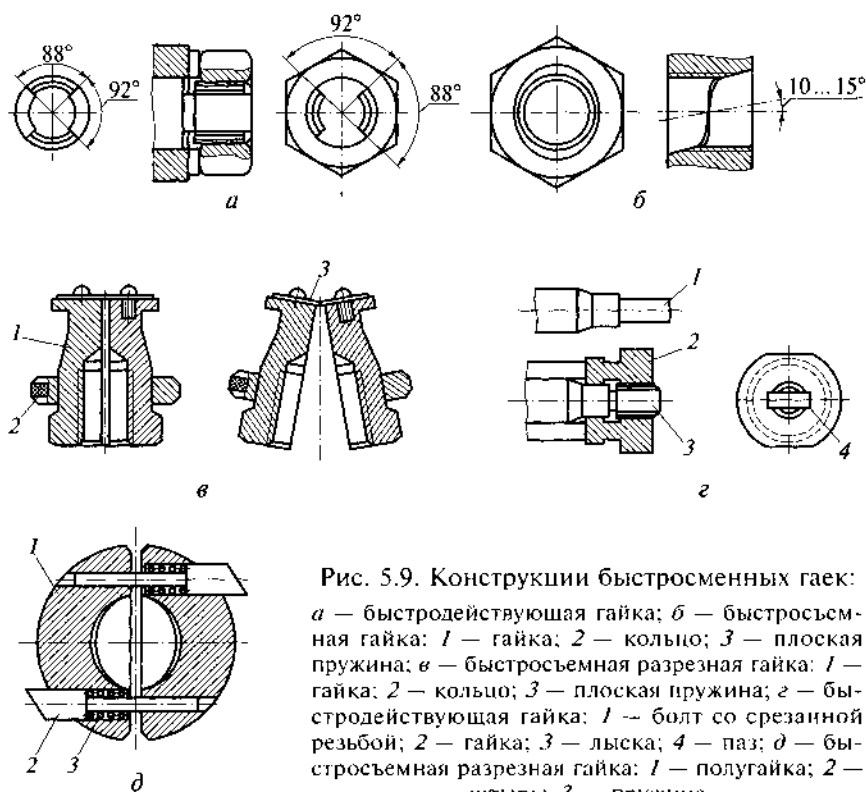


Рис. 5.9. Конструкции быстросъемных гаек:

а — быстросъемная гайка; *б* — быстросъемная гайка; 1 — гайка; 2 — кольцо; 3 — плоская пружина; *в* — быстросъемная разрезная гайка; 1 — гайка; 2 — кольцо; 3 — плоская пружина; *г* — быстросъемная гайка; 1 — болт со срезанной резьбой; 2 — гайка; 3 — лыска; 4 — паз; *д* — быстросъемная разрезная гайка; 1 — полушка; 2 — штырь; 3 — пружина

На рис. 5.9, *в* представлена быстросъемная разрезная гайка 1, на наружную поверхность которой надето кольцо 2. Верхние торцы полушек соединены плоской пружиной 3. Для съема гайки ослабляют резьбу и кольцо перемещают вверх. При этом пружина раздвигает полушки, обеспечивая быстрый съем гайки с болта. При завинчивании гайку сначала устанавливают на болт, после чего сдвигают вниз кольцо, стягивающее полушки, затем гайку завинчивают. На рис. 5.9, *г* представлена быстросъемная гайка 2, взаимодействующая с болтом 1 со срезанной резьбой. На противоположных сторонах винта выполнены лыски 3. В гайке соответственно сделан паз 4. При быстрой установке и съеме гайку поворачивают в положение, при котором ее паз соответствует лыскам винта.

На рис. 5.9, *д* представлена быстросъемная разрезная гайка, состоящая из двух полушек 1, в отверстии каждой из которых закреплены штыри 2. Пружины 3, опирающиеся на бурты штырей 2, стягивают полушки. Для быстрого съема гайки достаточно двумя пальцами нажать на штыри, в результате чего по-

лугайки разводятся и гайка легко перемещается относительно болта для установки в требуемое положение.

Универсальное быстропереналаживаемое устройство (рис. 5.10, *а*) предназначено для закрепления заготовок, установленных на столе станка. При ввинчивании винта 6 в прихват 3 сферический конец винта, упираясь в выступ кронштейна 2, поворачивает прихват 3 относительно оси 4, закрепляя обрабатываемую деталь на столе станка. Для получения больших усилий зажима в прихват ввинчивают гидроцилиндр 11 (рис. 5.10, *б*), корпус которого при поступлении масла в гидроцилиндр от источника давления перемещается вверх относительно поршня 12. При этом шток поршня 13 упирается в выступ кронштейна 2 (рис. 5.10, *а*), а прихват 3 поворачивается относительно оси 4, закрепляя обрабатываемую деталь.

Быстрая переналадка прихвата зажимного устройства по высоте осуществляется следующим образом. Вильчатый рычаг 7 поворачивают относительно винта 9, после чего кронштейн 2 с прихватом 3 отодвигают вправо до вывода выступов пазов кронштейна из зацепления с впадинами трапециевидальных пазов стоек 1 и 5, ввинченных в основание 10. Затем кронштейн с

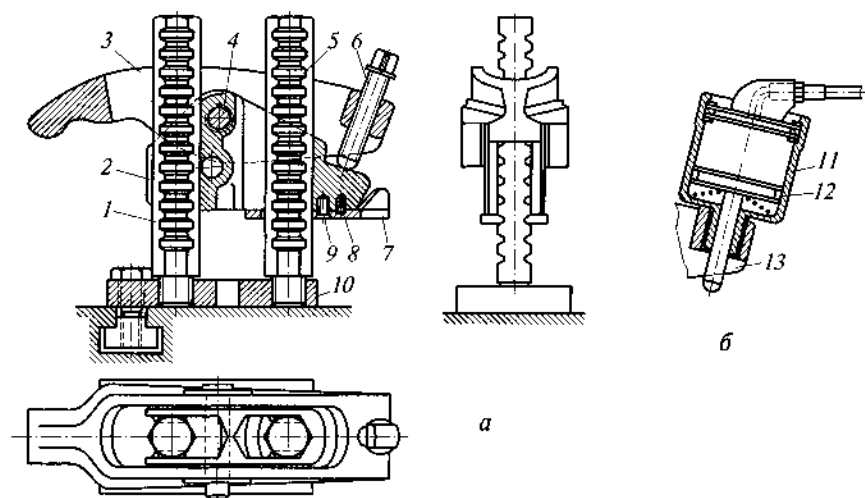


Рис. 5.10. Универсальное быстропереналаживаемое зажимное устройство:

а — зажимное устройство; *б* — гидроцилиндр, ввинчиваемый вместо зажима 6; 1, 5 — трапециевидальные стойки; 2 — кронштейн; 3 — прихват; 4 — ось прихвата; 6 — зажим; 7 — вильчатый рычаг; 8 — подпружиненный шарик; 9 — винт; 10 — основание; 11 — гидроцилиндр; 12 — уплотнительное кольцо; 13 — поршень

прихватом устанавливают в требуемое по высоте положение и вводят выступы пазов кронштейна в соответствующие впадины пазов стоек 1 и 5. Для предотвращения сдвига кронштейна относительно стоек вильчатый рычаг поворачивают в исходное положение, фиксируемое подпружиненным шариком 8. Основание зажимного устройства закрепляют на столе станка винтами посредством сухарей, устанавливаемых в Т-образном пазу стола станка.

Механизированные зажимные устройства. Наибольшая часть вспомогательного времени при обработке деталей на станках с программным управлением затрачивается на закрепление и раскрепление обрабатываемых заготовок, поскольку на однооперационных станках с ЧПУ заготовки на столе станка или в стационарных приспособлениях меняют при остановке станка. При этом доля вспомогательного времени, затрачиваемого на смену заготовок, в общем балансе штучно-калькуляционного времени будет значительной, особенно при коротких циклах обработки. Следовательно, сокращение доли этого вспомогательного времени значительно повышает эффективность использования однооперационных станков с ЧПУ.

Эффективным средством сокращения вспомогательного времени, затрачиваемого на закрепление и раскрепление заготовки, является использование быстродействующих механизированных приводов. В качестве механизированных приводов зажимных устройств однооперационных станков применяют пневматические и гидравлические приводы.

Быстросъемные гидравлические зажимные устройства. Гидроцилиндр 2 универсального быстросъемного зажимного устройства (рис. 5.11) закреплен в Т-образном пазу станка или накладной плиты с помощью пазового вкладыша 1 и пазового зацепа. При нагнетании масла в поршневую полость гидроцилиндра 2 поршень 3 со штоком 4 перемещается вверх, поворачивая посредством шпильки гайки 5 и сферической шайбы 6 прихват 7 относительно гайки 11, в результате чего происходит закрепление обрабатываемой заготовки 8. Быстрая переналадка зажимного устройства обеспечивается конструкцией быстросъемной разрезной гайки.

В каждой из полугаек с противоположных сторон закреплены ступенчатые плунжеры 10. Пружины 9, расположенные в расточках полугаек, упираются в буртики плунжеров 10. Быстрый съем и установка гайки осуществляются нажатием двумя пальцами на выступающие концы плунжеров 10, в результате чего полугайки раздвигаются и гайка может быть легко снята или установлена на шпильку.

Усилие на штоке поршня при давлении масла $4,9 \cdot 10^5$ Н/м² (50 кгс/см²) составляет 42434 Н (4330 кгс). Изменением плеч

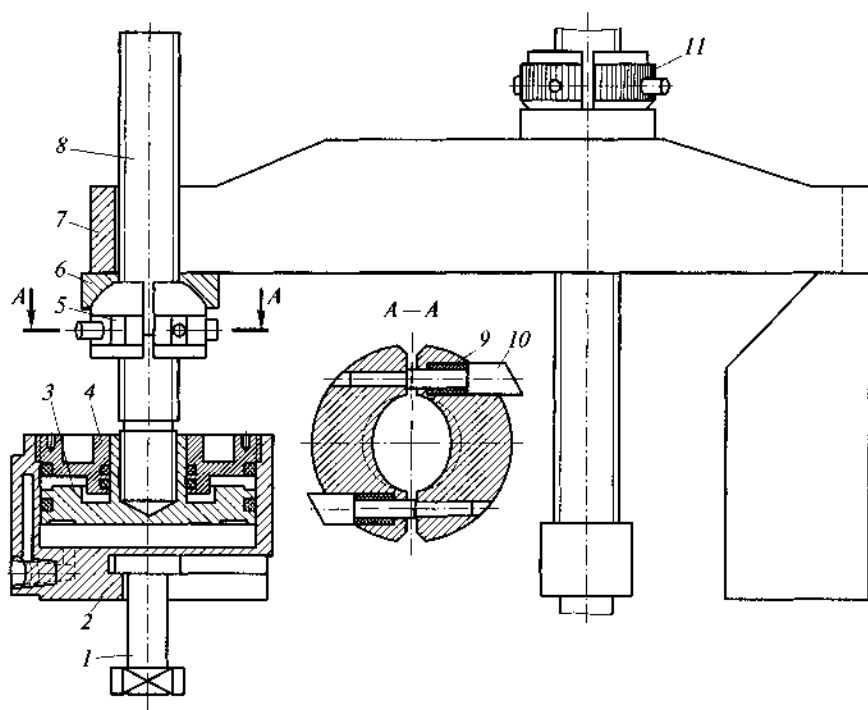


Рис. 5.11. Быстropереналаживаемое гидравлическое зажимное устройство:

1 — пазовый вкладыш; 2 — гидроцилиндр; 3 — поршень; 4 — шток; 5 — гайка; 6 — сферическая шайба; 7 — прихват; 8 — заготовка; 9 — пружина; 10 — плунжер; 11 — гайка

рычага возможно регулировать усилие зажима. Скосы, выполненные на отодвигаемых прихватах, не допускают их установку в такое положение, при котором усилие, передаваемое шпилькам, превышает допустимое.

Приспособления к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы. На станках с программным управлением фрезерно-сверлильно-расточной группы и на многооперационных станках широкое применение находят универсальные переналаживаемые трехкулачковые патроны, угольники, делительные столы, стойки, тиски и др. поставляют в комплекте со станками с ЧПУ. Замена специальных приспособлений универсальными переналаживаемыми, по данным зарубежных фирм, позволяет сократить их стоимость на 75...80 %.

При обработке на одноцелевых станках с ЧПУ небольших партий заготовок для сокращения подготовительно-заключительного времени, оказывающего в этом случае существенное

влияние на штучно-калькуляционное время, применяют быстропереналаживаемые тиски (рис. 5.12). Специальная срезанная гайка 5 тисков имеет на двух противоположных гранях зубцы, зацепляющиеся зубцами двух реек 6, закрепленных в пазах плиты 8. Винт 7 установлен в подвижной губке 2 тисков на двух опорах 9 и 4. Винт 7 фиксируется в опоре 9 штифтом 1. Тиски переналаживают в требуемое положение перемещением подвижной губки 2, после чего при вращении рукоятки винта пружина 3 поворачивает гайку в положение, при котором зубцы на ее гранях входят в зацепление с зубцами реек. Заготовку закрепляют рукояткой 10 винта при повороте его примерно на один оборот. Сгон гайки в крайнее положение осуществляется вращением рукоятки.

Быстропереналаживаемые пневматические тиски (рис. 5.13) имеют основание 1 и поворотный корпус 2 с встроенным пневмоцилиндром 9. При повороте рукоятки 8 распределительного крана в положение зажима сжатый воздух поступает в штоковую полость пневмоцилиндра, в результате чего поршень 11 со штоком 10 опускается вниз, поворачивая по часовой стрелке рычаг 3, который перемещает подвижную губку 4 вправо, прижимая обрабатываемую заготовку к неподвижной губке 5 с силой 49 000 Н (5000 кгс) при давлении воздуха 4,9... 10 Н/м² (5 кгс/см²).

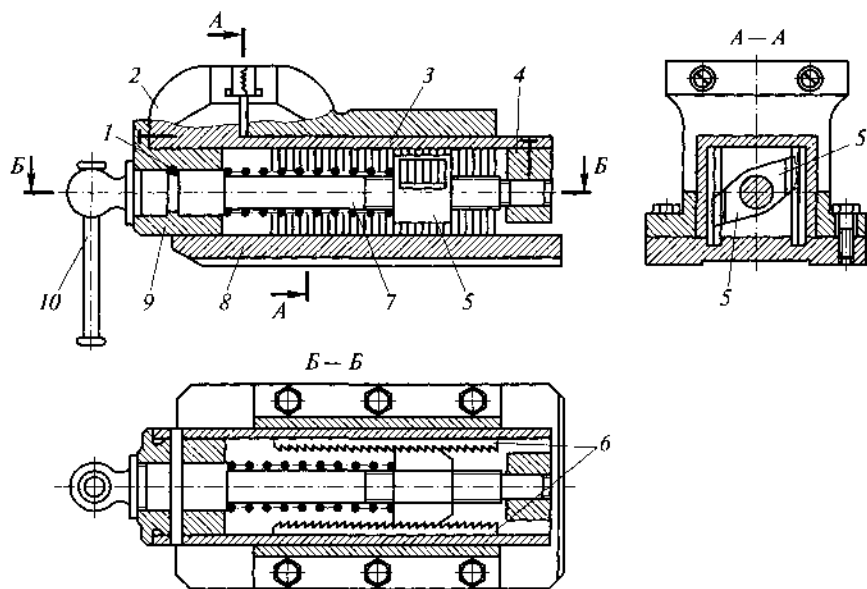


Рис. 5.12. Быстропереналаживаемые тиски:

1 — штифт; 2 — подвижная губка; 3 — пружина; 4, 9 — опоры; 5 — срезанная гайка; 6 — рейки; 7 — винт; 8 — плита; 10 — рукоятка

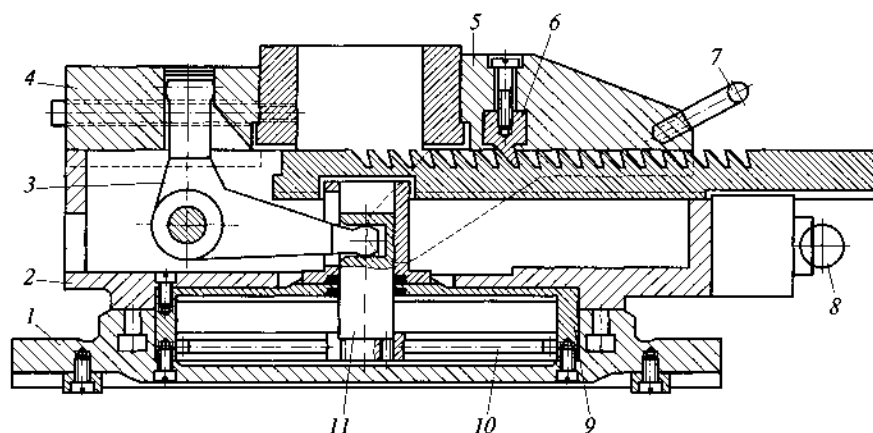


Рис. 5.13. Быстropереналаживаемые пневматические тиски:

1 — основание; 2 — поворотный корпус; 3 — рычаг; 4 — подвижная губка; 5 — неподвижная губка; 6 — планка; 7, 8 — рукоятка; 9 — пневмоцилиндр; 10 — шток; 11 — поршень

Ход зажимной губки — 20 мм. Быстрая переналадка подвижной губки осуществляется поворотом последней рукояткой 7 против часовой стрелки, при этом выступ планки 6 выходит из паза корпуса тисков. После этого губку перемещают в требуемое положение до тех пор, пока выступ планки 6 не войдет в соответствующий паз корпуса.

5.5. Кодирование инструмента

При кодировании инструментов многооперационных станков с автоматической сменой инструмента для автоматического выбора их из магазина инструменты не связываются с каким-либо определенным местом в магазине. При этом допускается любая последовательность загрузки магазина инструментом. Для смены инструмента магазин поворачивается во время работы станка только один раз в положение, при котором инструмент, необходимый для следующего перехода, будет находиться в позиции смены инструмента, поскольку отработавший инструмент возвращается устройством для автоматической смены инструмента в это же гнездо магазина.

При кодировании инструмента на оправку устанавливают в определенной последовательности набор колец разного диаметра (рис. 5.14, а). При повороте магазина оправка, проходя мимо конечного выключателя-датчика, замыкает кольцами его контакты. При совпадении кода оправки, т.е. комбинации колец с

кодом программы, магазин останавливается. При этом гнездо магазина с требуемым инструментом будет находиться в позиции смены инструмента. Поиск инструмента при вращении магазина осуществляется в период работы станка.

Количество колец должно соответствовать количеству позиций конечных выключателей. Фирма Kearney and Traker (США) на многооперационных станках с автоматической сменой инструмента для кодирования инструментов применяет набор из 15 колец, обеспечивающих кодирование 32 767 инструментов без повторения кода. При этом все инструменты, применяемые на станках, имеют свой код. Фирма Milwaukee-Matic (США) применяет систему кодирования инструмента также из 15 колец, обеспечивающую кодирование 32 767 инструментов. В системе применены три группы, каждая из которых состоит из пяти колец.

При кодировании гнезд магазина на оправках клеймят номер, соответственно которому оправка вставляется в соответству-

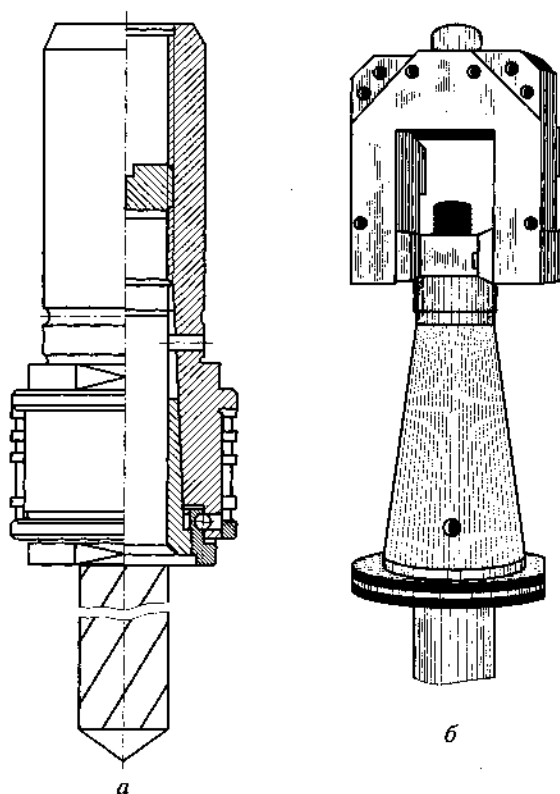


Рис. 5.14. Примеры (а, б) кодирования инструмента

ющее гнездо магазина. Некоторые фирмы на многооперационном станке для выбора инструмента из магазина применяют бесконтактный метод считывания кода. Кодированная втулка установлена на штыре, ввинчиваемом в хвостовик переходной втулки (рис. 5.14, б).

В системе Flash-change быстросменных инструментов (рис. 5.15, а) закрепление и раскрепление конусного хвостовика 2 инструмента в державке 1 осуществляется эксцентриком 3. Для быстрого закрепления инструмента рукоятку 4 поворачивают вниз. При этом цилиндрический эксцентрик 3 входит в цилиндрический паз, выполненный в хвостовике 2 инструмента, закрепляя хвостовик инструмента в конусном гнезде державки и одновременно затягивая хвостовик в осевом направлении. При повороте рукоятки 4 вверх эксцентрик поворачивается в такое положение, при котором его лыска обеспечивает свободное удаление хвостовика отработавшего инструмента из гнезда державки и установку очередного инструмента. Такую простую и надежную систему быстрого закрепления и раскрепления инструмента, обеспечивающую высокую точность установки инструмента, широко применяют многие фирмы, например Devlieg, Universal (США) и др.

Новая система Roto-change Tooling обеспечивает быструю смену инструментов с коническим хвостовиком, устанавливаемых в специальных переходных патронах без выключения вращения шпинделя станка. Корпус переходного патрона (рис. 5.15, б) с конусным хвостовиком и конусным гнездом имеет два ряда радиальных отверстий, в которых установлены шесть шариков 5 и два шарика 6. На наружной поверхности державки установ-

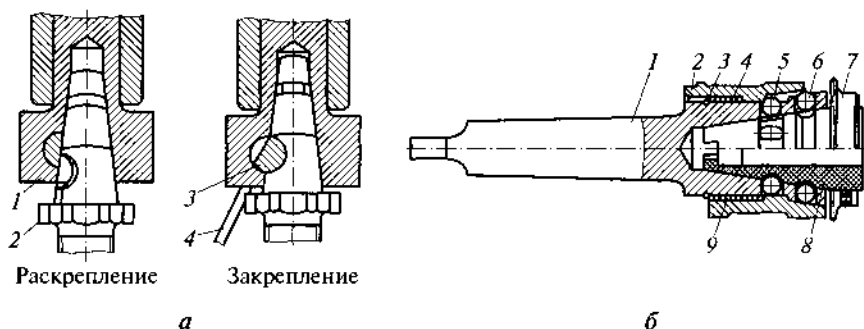


Рис. 5.15. Системы быстросменных инструментов:

а — система Flash-change: 1 — державка; 2 — конусный хвостовик; 3 — эксцентрик; 4 — рукоятка; б — система Roto-change Tooling: 1 — гнездо державки; 2 — втулка; 3 — круглое кольцо; 4 — прежина; 5, 6 — шарики; 7, 9 — кольца; 8 — переходная втулка

лена подпружиненная втулка 2 с внутренней конусной поверхностью. После установки переходной втулки 8 с кольцом 7 в гнездо державки 1 под действием усилия пружин 4, упирающихся в кольцо 9, фиксируемое круглым кольцом 3, втулка 2 перемещается вправо, воздействуя своими конусной и цилиндрической поверхностями на шарики 5 и 6. Последние, перемещаясь в радиальном направлении в отверстиях корпуса 1, попадают соответственно в кольцевой паз и шесть лунок, выполненных на конусной поверхности переходной втулки.

Шарики 6 удерживают переходную втулку в осевом направлении, а шарики 5 предназначены для передачи вращающего момента. Быстрая смена переходных втулок осуществляется перемещением кольца 2 влево. При этом хвостовик переходной втулки легко вынимается из гнезда державки, поскольку при осевом перемещении хвостовика шарики будут выжиматься в радиальном направлении конусной поверхностью переходного хвостовика (как показано на верхней части рисунка). Время, затрачиваемое на смену инструмента, составляет 2 с. Такую систему быстрой смены инструмента применяют фирмы Nikon (Япония), Universal (США) и др.

5.6. Устройства для автоматической смены инструмента

С целью сокращения времени простоя станков, затрачиваемого на смену инструмента, многоцелевые станки в большинстве случаев оснащаются устройствами для автоматической смены инструмента, к которым предъявляются следующие основные требования: минимальное время на смену инструмента, высокая жесткость шпиндельного узла, достаточная емкость накопителя инструментов, компактность и небольшая потребная площадь накопителя, отсутствие ограничения рабочей зоны, долговечность и надежность работы. Устройства для автоматической смены инструмента состоят из следующих компонентов:

- инструментальные магазины, являющиеся накопителями инструмента (блоки режущего и вспомогательного инструментов или инструментальных шпинделей);
- загрузочно-разгрузочные устройства — инструментальные загрузочные автооператоры (манипуляторы), предназначенные для съема и установки инструмента в шпинделе станка;
- промежуточные транспортные устройства (транспортные автооператоры) — носители (перегрузжатели) инструмента, предназначенные для передачи инструмента от магазина к загрузочно-разгрузочным устройствам при больших расстояниях от шпинделя до магазина;

- промежуточные накопительные позиции, являющиеся местом замены инструмента при больших расстояниях магазина от шпинделя и больших емкостях магазина.

Инструментальные магазины — накопители инструментов, предназначенные для хранения инструментов, могут быть подразделены на две основные группы. К первой группе относятся магазины, в которых инструменты, необходимые для обработки определенной заготовки, устанавливаются в требуемой последовательности. Инструменты, как правило, закрепляются в гнездах магазина и не меняются в течение всего времени обработки партии заготовок. Магазин является рабочим органом, воспринимающим усилия резания, и представляет собой многоинструментальную шпиндельную головку. Последовательная смена инструмента осуществляется поворотом револьверной головки. Такие магазины наиболее характерны для станков, главное движение в которых осуществляется заготовкой (токарная группа). Они также находят применение в станках, главное движение в которых осуществляется инструментом (фрезерная, сверлильная группа). Магазины второй группы предназначены только для хранения инструментов. Такие магазины подразделяются на магазины дискового, барабанного, цепного и секционного типов. Наибольшее количество инструментов может быть установлено в цепных и многодисковых магазинах. Из магазинов инструменты транспортируются к рабочему органу станка. Общее перемещение, необходимое для передачи инструмента от магазина к рабочему органу, может быть разделено на два участка, один из которых проходит магазин, а другой — рабочий орган. Большие магазины (цепные, секционные, дисковые), как правило, не перемещаются. Они совершают только движение, необходимое для автоматической выдачи инструментов.

Магазины шпиндельных гильз, являющиеся накопителями инструментальных шпинделей, расположенных параллельно друг другу — вертикально или горизонтально, подразделяют на три типа: кольцевые, барабанные и линейные. На рис. 5.16, *а*...*в* представлен многооперационный станок фирмы Wissbrood (Швейцария) с барабанным магазином шпиндельных гильз. В магазине с горизонтальной осью вращения установлены 20 шпиндельных гильз, шпиндели которых поочередно соединяются с приводом главного движения посредством муфты, а гильзы — с приводом подачи (рис. 5.16, *б*). Смена инструмента при повороте магазина осуществляется после отсоединения муфты шпинделя от привода и расфиксации магазина (рис. 5.16, *в*). После поворота магазина в положение, при котором очередной инструмент занимает рабочее положение, магазин фиксируется, а шпиндель и гильза присоединяются к соответствующим приводам. Пози-

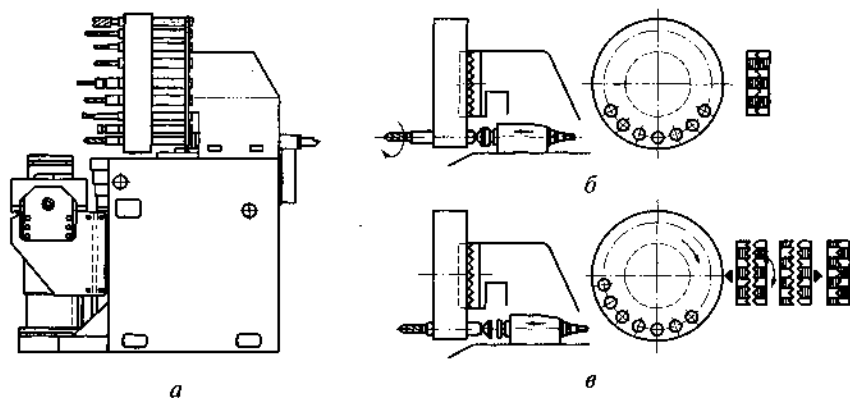


Рис. 5.16. Многооперационный станок с барабанным магазином фирмы Wissbrood:

а — общий вид; *б* — привод подачи станка; *в* — смена инструмента

ционирование магазина осуществляется посредством зубчатой муфты. Точность повторной установки гильз — 0,002 мм. Инструмент может быть установлен в любой последовательности, однако оптимальной является последовательность, соответствующая технологическому процессу. При этом время, затрачиваемое на смену инструмента, будет минимальным, поскольку требуемый поворот головки будет составлять $\frac{1}{20}$ оборота. Гильзы выполняют с одинаковыми наружными диаметрами. Устанавливаемые в гильзах шпиндели выполняют для легких работ быстроходными на шарикоподшипниках, а для тяжелых — более жесткими. Преимуществом устройств для автоматической смены инструмента с магазином шпиндельных гильз перед устройствами с револьверными инструментальными шпиндельными головками является увеличение количества инструментов, большая жесткость шпинделя, меньшие ограничения зоны обработки, поскольку подача инструментов осуществляется перемещением гильзы шпинделя.

Инструментальные загрузочные автооператоры, предназначенные для смены инструмента в шпинделе станка, по количеству захватов подразделяются на одно-, двух- и многозахватные.

Зажим инструментальных оправок в большинстве случаев осуществляется в радиальном направлении за шейку оправок механизмами захвата с подпружиненным поджимом (рис. 5.17, *а*), клещевого (рис. 5.17, *б*) или тисочного (рис. 5.17, *в*) типа. В последнем случае в оправке предусмотрены три отверстия под штыри неподвижной и подвижной губок. Однозахватные автооператоры выполняют с поворотом относительно оси, параллель-

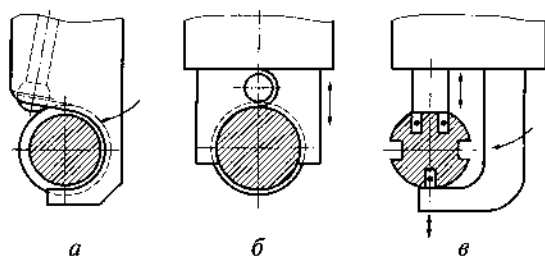


Рис. 5.17. Захваты с радиальным зажимом с приводами главного (а), клещевого (б) и тисочного (в) типов

ной или перпендикулярной оси шпинделя, а также с поступательным перемещением в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя.

В устройствах для автоматической смены инструмента многооперационных станков фирмы Monarch (США) с вертикальным шпинделем и магазином барабанного типа с вертикальной осью вращения емкостью 15 инструментов или горизонтальным цепным магазином применяют однозахватные автооператоры с поворотом относительно оси, перпендикулярной оси шпинделя. Последовательность работы такого автооператора представлена на рис. 5.18. По окончании очередного перехода рычаг автооператора поворачивается к шпинделю (положение I), захват извлекает инструмент (положение II), автооператор поворачивается в направлении магазина (положение III) и устанавливает инструмент в его гнездо (положение IV). Затем захват клеще-

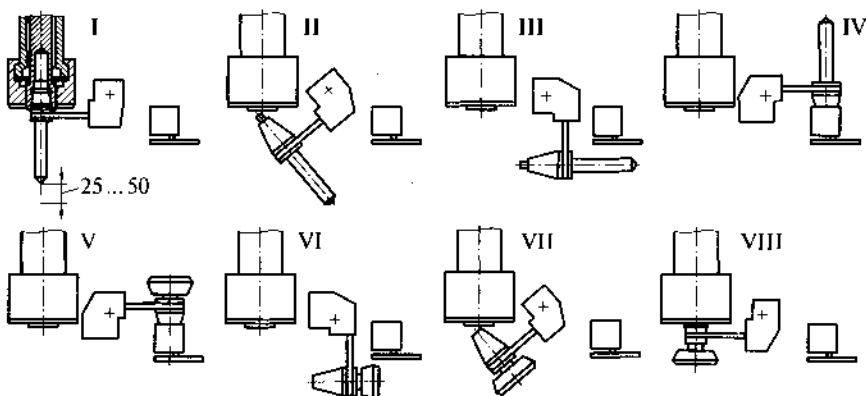


Рис. 5.18. Схема смены инструмента многооперационного станка Monarch:

I...VIII — положения инструмента

вого типа раскрывается, освобождая инструмент. После этого магазин поворачивается, устанавливая очередной инструмент в разгрузочную позицию. Автооператор извлекает инструмент из гнезда магазина (положение V), затем поворачивается в направлении шпинделя (положения VI и VII) и устанавливает новый инструмент в гнездо шпинделя (положение VIII). Время замены инструмента составляет 5,5 с. Конструкция автооператора обеспечивает необходимость для смены инструмента лишь небольшого расстояния (25 ... 50 мм) между концом инструмента и обрабатываемой заготовки, что обуславливает увеличение жесткости шпинделя и автооператора.

Двухзахватные инструментальные автооператоры по виду движения захвата подразделяются на следующие типы: с вращательным движением захвата относительно перпендикулярной оси шпинделя, с поступательным перемещением в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя, и комбинированные.

Наиболее широкое применение получили инструментальные двухзахватные автооператоры с вращательным движением захватов, выполненные в виде двуплечего рычага с двумя захватами с радиальными зажимами. Такие автооператоры широко применяются в автоматических устройствах для смены инструмента с дисковыми инструментальными магазинами, расположенными на шпиндельной бабке, целными магазинами, а также для загрузки инструмента в шпиндель станка из гнезда промежуточных транспортных устройств-перегрузателей инструментов (рис. 5.19). Блок инструмента 2 установлен в шпинделе станка, а блок 1 — в гнезде магазина. Поворотный двухзахватный рычаг 3 снабжен двумя вырезами с подпружиненными плунжерами. Автооператор может вращаться относительно оси и перемещаться вдоль нее. Автооператор работает следующим образом. При смене инструмента автооператор поворачивается против часовой стрелки на 90° в положение, показанное на рис. 5.19, а пунктирной линией. При этом концы рычага входят в кольцевые канавки оправок (рис. 5.19, б) инструментов, установленных в шпинделе и магазине (положение I).

После того как зажимный механизм шпинделя освобождает оправку, оператор, перемещаясь в осевом направлении, выводит оправки из гнезд шпинделя и магазина (положение II) и затем поворачивается на 90° (положение III). При этом отработавший инструмент устанавливается соосно с гнездом магазина, а новый инструмент — соосно с гнездом шпинделя. При перемещении оператора в осевом направлении инструменты с оправками устанавливаются в гнездо шпинделя и магазина (положение IV). После закрепления оправок оператор поворачивается в исходное положение (положение V). На смену инструмента затрачивается 5—6 с. Расположение магазина на шпиндельной

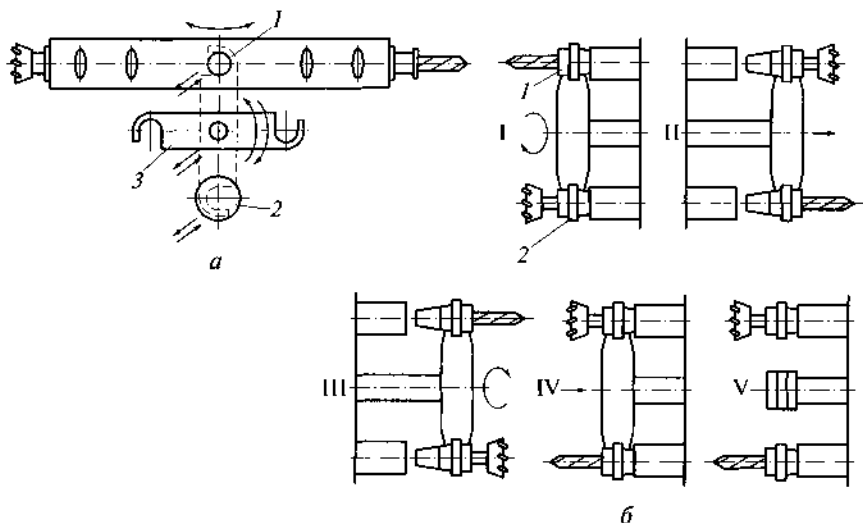


Рис. 5.19. Схема устройства с двухзахватным автооператором:

a — положение автооператора при смене инструмента: 1 — блок инструмента в магазине; 2 — блок инструмента в шпинделе; 3 — поворотный двухзахватный рычаг; *б* — различные (I—V) положения инструмента

бабке не требует дополнительных перемещений автооператора, шпиндельной бабки или магазина для обеспечения требуемого взаимного положения магазина и шпинделя при смене инструмента. Следовательно, смена инструмента может осуществляться не только при нулевом положении шпинделя, т.е. положении, при котором шпиндель будет находиться в исходной точке обработки, но также и при любом положении шпинделя.

Схема смены инструмента посредством двухзахватного рычажного автооператора на многооперационном станке фирмы

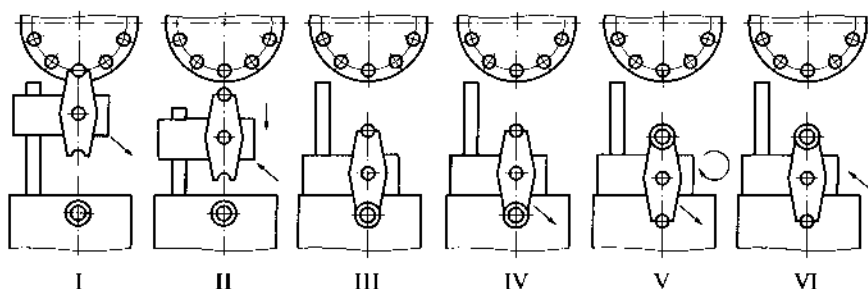


Рис. 5.20. Схема работы устройства для автоматической смены инструмента:

I...VI — положения инструмента

Forest (Франция) представлена на рис. 5.20. Во время обработки заготовки автооператор перемещается вверх, захватывает очередной инструмент, ось рычага выдвигается, извлекая инструмент из гнезда магазина (положение I); автооператор перемещается вниз в позицию ожидания смены инструмента, ось двухзахватного рычага перемещается в исходное положение II; по окончании обработки заготовки автооператор перемещается к шпинделю и захватывает отработавший инструмент (положение III); ось рычага выдвигается, извлекая инструмент из шпинделя (положение IV); рычаг поворачивается на 180° (положение V) и устанавливает новый инструмент в шпиндель (положение VI). Затем автооператор перемещается к магазину, устанавливая в его гнездо отработавший инструмент. При этом инструмент, установленный в шпинделе станка, вступает в работу. Такая конструкция автооператора обеспечивает возможность смены инструмента в любом положении шпинделя.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение установки и закрепления заготовок на станках?
2. Каким образом ориентируются и базируются заготовки на станках?
3. Как устанавливаются и базируются на станках приспособления?
4. Какие установочные элементы применяются для установки деталей? Как можно регулировать установку?
5. Для чего предназначены и как работают универсальные зажимные устройства?
6. Какими способами можно переналаживать зажимные устройства?
7. В чем состоит преимущество быстропереналаживаемых гидравлических зажимных устройств?
8. Как и для чего производится кодирование инструмента?
9. Какие существуют устройства для автоматической смены инструмента?

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ КАК ОСНОВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

6.1. Технологический контроль конструкторской документации

Назначение технологического контроля. *Технологическим контролем* называется контроль конструкторской документации, при котором проверяют соответствие разрабатываемой конструкции изделия требованиям ее технологичности.

Технологичность конструкции изделия — это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Конструкторская документация не регламентирует методы и способы изготовления изделия, а также последовательность их применения. Это относится и к технологической документации. Но данные, содержащиеся в конструкторской документации, в значительной степени влияют на их выбор и применение, поэтому необходимы и обязательны взаимная увязка и согласование конструкторской и технологической документации.

Технологические требования в конструкторской документации разработчик учитывает до начала проектирования технологических процессов. Проверка исчерпывающего и точного учета конструктором этих требований и составляет задачу технологического контроля.

При решении основной задачи — отработки конструкции изделия на технологичность — каждое изделие следует рассматривать как объект проектирования, объект производства и объект эксплуатации (рис. 6.1).

Между характеристиками технологичности конструкции и предъявляемыми к ней основными требованиями существует определенная взаимосвязь (табл. 6.1).

Следовательно, технологичность является основой наилучшего использования конструкторско-технологических резервов для наиболее полного решения задач повышения технико-экономических показателей качества изделия и его изготовления при соблюдении технических требований. В связи с этим достижение высокой технологичности — основная цель технологи-

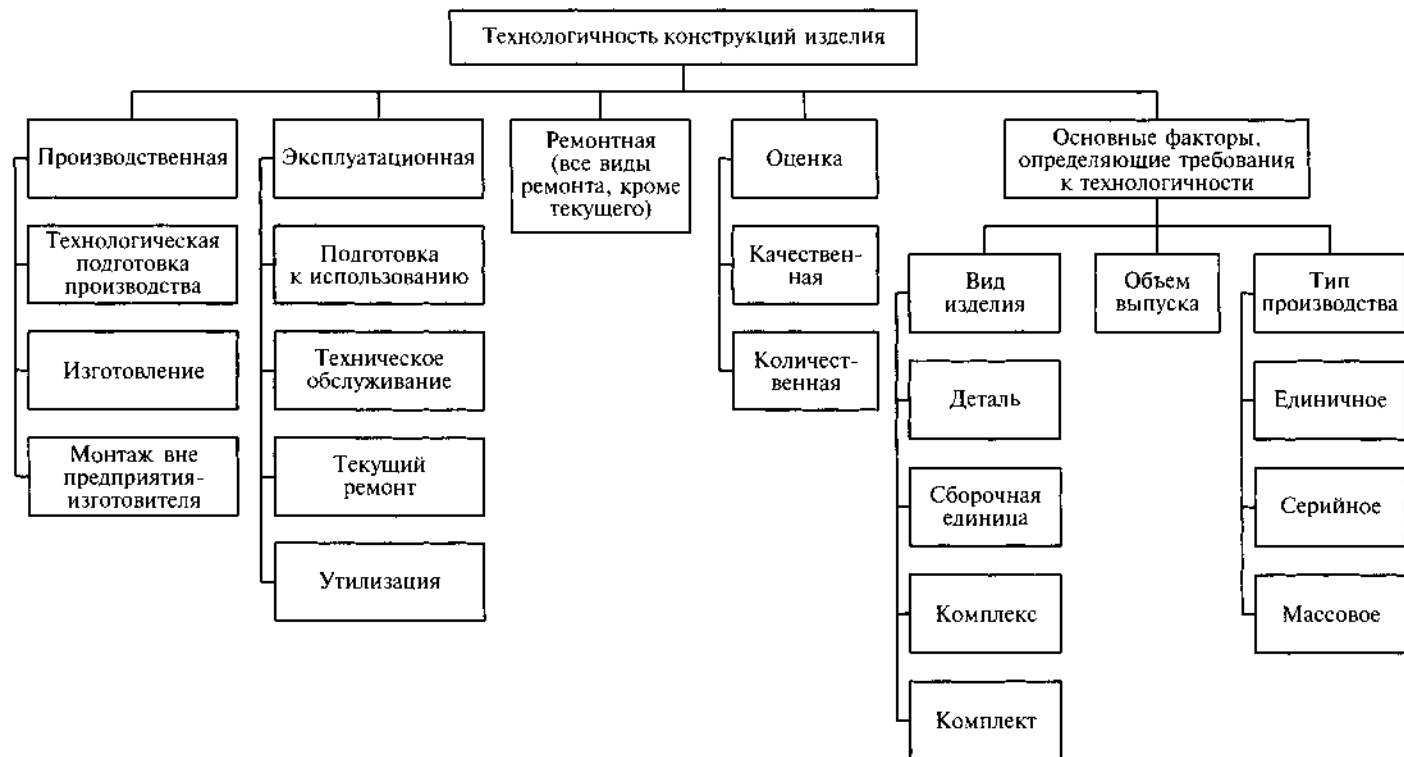


Рис. 6.1. Классификация технологичности конструкций изделия

**Взаимосвязь характеристик технологичности конструкций
и предъявляемых к ней требований**

Основные характеристики технологичности конструкции	Основные требования, предъявляемые к конструкции									
	Сокращение номенклатуры	Типизация, групповая обработка, сборка автоматическая	Степень взаимозаменяемости	Уменьшение припусков на заготовку	Экономия материала	Снижение трудоемкости изготовления изделия	Механизация	Сокращение производственного цикла	Уменьшение затрат на производство	Увеличение коэффициента использования производственных мощностей
Стандартизация, унификация и типизация	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Соответствие материала и заготовок окончательной форме деталей	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Рациональность конфигурации	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Удобство механической обработки, сборки и контроля	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Рациональность технологического маршрута и учет производственных мощностей	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
Технологичность размеров, допусков и шероховатости поверхностей	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. Знак «+» — взаимосвязь проявляется, «-» — не проявляется.

ческой отработки конструкции в период подготовки производства.

Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность. Характер и содержание отработки конструкций

на технологичность зависят не только от стадии проектирования и конструирования изделия, но и от типа производства и объема выпуска, вида изделия и его назначения, уровня современных рациональных технологических методов изготовления, прогрессивности оборудования, оснастки, организации производства. Нельзя эффективно использовать передовую технологию, если конструкция разработана без учета технологичности.

Следует отметить нецелесообразность отработки конструкции на технологичность после создания рабочей конструкторской документации, так как в этом случае невозможны принципиальные изменения (а именно они и дают максимальный эффект). Оработка конструкции на технологичность должна быть составной частью разработки конструкции изделия, начиная с момента разработки технического задания, и сопровождать все стадии разработки конструкторской документации и изготовления опытных образцов и серий изделий.

В зависимости от организации работ различают следующие основные формы технологического контроля.

Внутренний контроль выполняют во время разработки конструкторской документации специалисты организации, занимающейся этой разработкой. Внутренний контроль следует проводить в три этапа.

Первый этап — консультация и предварительный контроль — выполняют в подразделениях разработчиков или на рабочем месте контролера.

Второй этап — проверка графической и текстовой документации, выполненной в оригиналах. Все оригиналы, представляемые на контроль, должны иметь подписи: исполнителей в графе «Разраб.»; технологических контролеров в графе «Пров.».

Третий этап — проверка и подписание (в графе «Т. контр.») окончательно оформленных подлинников графических и текстовых документов (на кальке или другой бумаге, пригодной для размножения, в том числе фотоспособом). Подлинники подписывает контролер при наличии подписей лиц, ответственных за содержание и выполнение технических документов.

Документы, проверенные контролером, подписывают в графе «Т. контр.» При этом если документ последовательно отработан несколькими специалистами, то подписывает этот документ в графе «Т. контр.» исполнитель наиболее высокой должностной категории. Остальные технологи ставят свои подписи на поле подшивки чертежа.

Не допускается исправлять и изменять подписанные технологом подлинники, не сданные в отдел технической документации, без разрешения технолога.

Внешний контроль выполняют специалисты предприятия-изготовителя во время разработки конструкторской докумен-

тации. Число этапов проверки устанавливается договором между организацией-разработчиком и предприятием-изготовителем.

Входной контроль выполняют после завершения рабочего проекта специалисты предприятия-изготовителя, которое не разрабатывает, а получает конструкторскую документацию. Исправления и изменения, выявленные при входном контроле, вносят в конструкторскую документацию по согласованию с организацией-разработчиком.

Технолог, проверяющий чертеж, должен не только хорошо знать современную технологию и внедрять ее в производство, но и рассматривать конструкцию с перспективной точки зрения. Как и при разработке сложных современных конструкций изделий, при отработке конструкции на технологичность в процессе проектирования и конструирования изделия должны обязательно участвовать конструкторы и технологи различных специальностей. Отработку конструкции на технологичность рекомендуется производить технологами по видам работ (литье, штамповка, механическая обработка, термическая обработка и т.д.). При отработке конструкции изделия на технологичность исполнителями должны являться также разработчики конструкторской документации.

Совместная работа конструктора и технолога, как правило, дает положительные результаты при создании технологичных конструкций и позволяет наиболее правильно решать вопросы, возникающие в процессе проектирования и конструирования.

Показатели и методика оценки технологичности конструкции изделий. Для того чтобы технологичность изделия можно было планировать, а в процессе разработки конструкций управлять формированием признаков технологичности, установлена количественная оценка технологичности, основанная на системе следующих показателей:

- базовые показатели технологичности, устанавливаемые в техническом задании на проектируемое изделие;
- показатели технологичности, достигнутые при разработке конструкций;
- уровень технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым).

6.2. Влияние технологических способов изготовления литых заготовок на их конструктивные формы

Для повышения уровня технологичности литых деталей в процессе их конструирования выполняют конструктивно-техно-

логическую доработку на основе поэлементного анализа конструкции по следующей методике.

1. По чертежам сборочной единицы, основным элементом которой является данная литая деталь, оценивают правильность ее назначения и возможность замены всей сборочной единицы одной литой деталью. Одновременно тщательно анализируют другие сборочные чертежи, даже если в них и не предусмотрено использование литья.

2. Определяют рациональность конфигурации детали и способ ее изготовления. При этом предпочтение отдают способам машинной формовки. Если деталь не подходит по размерам для машинной формовки, то прорабатывают возможность ее разделения на элементы — литую и сварную сборочные единицы.

3. Выбирают базовые поверхности отливки и устанавливают их взаимосвязь с базовыми поверхностями механической обработки.

4. Анализом внутренних полостей, литых отверстий, уклонов, толщин и сопряжений стенок, узлов скопления металла в готовой детали или в отливке (с учетом припусков на механическую обработку) определяют методы питания и охлаждения узлов, а также места упрочнения опасных мест введением усачных ребер.

5. Проверяют, не завышены ли требования к точности размеров и шероховатости поверхности, а также ищут возможность заимствования аналогичных деталей из освоенной номенклатуры и унификации отдельных деталей по заготовкам.

При выборе способа литья для изготовления заготовки той или иной детали нужно учитывать следующие факторы: пригодность данного способа для обеспечения необходимого конструктивного формообразования отливки и получения отливки нужных размеров; соответствие металла или сплава, из которых возможно получение отливки данным способом, требованиям, предъявляемым к материалу детали, условиям ее дальнейшей обработки и эксплуатации; технологические возможности данного способа в отношении обеспечения требований, предъявляемых к точности размеров и шероховатости поверхностей отливки; применимость способа в конкретных производственных условиях данного предприятия; технико-экономическую целесообразность использования данного способа с учетом числа отливаемых заготовок.

Литье под давлением — наиболее производительный способ изготовления тонкостенных деталей сложной формы из цинковых, алюминиевых, магниевых и медных сплавов. Наиболее часто применяют сплавы: алюминиевые АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ28

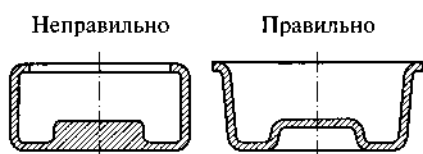


Рис. 6.2. Пример исключения усадочных явлений

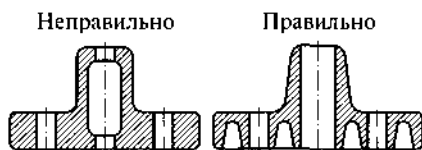


Рис. 6.3. Конструкции с плохим заполнением и недоливом металла в форме

и АЛ32, цинковые ЦА4 и ЦА4М1, магниевые МЛ5 и МЛ6, латунные ЛЦ40С и ЛЦ16К4.

При конструировании деталей, получаемых литьем под давлением, кроме выполнения общих требований конструирования литых заготовок деталей необходимо:

- внутренние полости отверстия конструировать таким образом, чтобы стержни пресс-формы свободно извлекались из них;
- учитывать, что отсутствие радиуса закругления стенок отливки приводит к образованию трещин, а переходы с большими радиусами (вследствие большого скопления металла) — к появлению воздушных и усадочных раковин;
- иметь в виду, что слишком тонкие стенки из-за быстрого остывания металла в форме приводят к плохому заполнению и недоливу, а толстые стенки из-за большого объема воздуха в полости формы и усадочных явлений могут привести к появлению раковин (рис. 6.2, 6.3);
- учитывать последующие деформации отливок, особенно из цинковых сплавов;
- по возможности избегать несимметричных отливок, имеющих тонкие кронштейны или какие-либо другие части, значительно вынесенные из основной массы металла;
- не применять длинных и тонких стержней;
- бобышки и приливы выводить на плоскость разъема пресс-формы или соединять с питателем технологическим ребром;
- избегать образования выступов и выемок, вызывающих необходимость использования составных и подвижных стержней; широко использовать армирование.

6.3. Технологичность заготовок, получаемых горячим пластическим деформированием и холодной штамповкой

Горячештампованные заготовки по сравнению с заготовками, выполненными другими способами (например литьем, сваркой и др.), при несоблюдении технологичности конструкций деталей часто обходятся дороже, поэтому повышению технологич-

ности конструкций заготовок, получаемых горячим пластическим деформированием, следует уделять особое внимание.

В зависимости от серийности производства применяют различные способы изготовления заготовок. При единичном и мелкосерийном производстве заготовки обычно изготавливают *ковкой*. Этим способом можно получить поковки только простой конфигурации. При средне- и крупносерийном производстве применяют горячую *штамповку* на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

При конструировании деталей необходимо учитывать технологические особенности способов и придавать деталям такую форму, которая удовлетворяла бы соответствующим требованиям.

Основные требования при ковке. Деталь, изготовленная ковкой, должна иметь наиболее простые симметричные формы, очерченные плоскостями или цилиндрическими поверхностями с плавными переходами от одного сечения к другому, без значительной разницы поперечных сечений. С усложнением конфигурации кованой детали возрастет стоимость ее изготовления. Детали со значительной разницей в размерах поперечных сечений или сложной конфигурацией рекомендуется, когда это целесообразно, заменить одной для уменьшения числа сопрягаемых поверхностей.

Необходимо стремиться к максимальной унификации деталей. В частности, правые и левые детали симметричных конструкций желательно изготавливать из одинаковых поковок.

Основные требования при штамповке на молотах. При конструировании деталей, получаемых из горячештампованных заготовок, необходимо руководствоваться следующими правилами. Деталям необходимо придавать такую форму, которая обеспечила бы возможность выемки поковки из штампа и не усложняла бы конструкцию штампа. Боковые поверхности детали должны иметь уклон по отношению к вертикальному направлению, т.е. направлению удара. Это обеспечивает возможность выемки поковки из штампа. Вертикальные стенки требуют последующей механической обработки. Уклоны внутренних стенок должны быть больше наружных. Для облегчения процесса штамповки и упрощения изготовления штампов предпочтительны конструкции деталей с симметричными формами и симметричными уклонами выступающих стенок. При штамповке поковок с неодинаковым уклоном стенок возникают усилия сдвига (при одинаковом уклоне этот недостаток отсутствует); все переходы от одной поверхности к другой должны иметь закругления; острые углы недопустимы.

Размеры поперечных сечений детали на различных участках должны быть по возможности одинаковыми; деталь не должна иметь тонких стенок, высоких бобышек. Желательно, чтобы

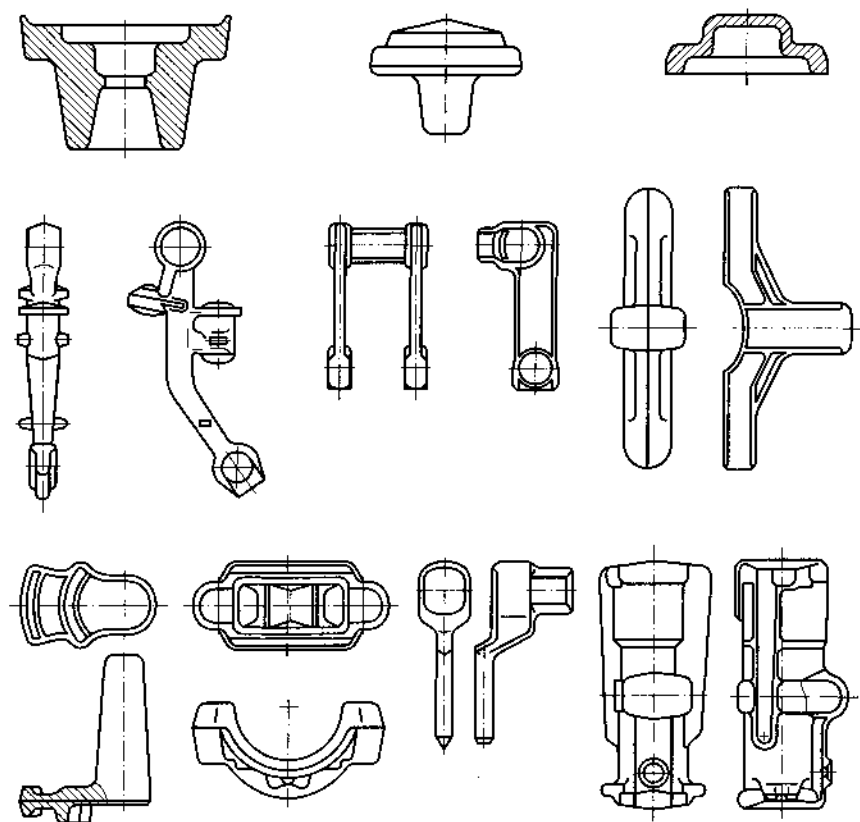


Рис. 6.4. Типовые поковки, получаемые на молотах

площадь поперечного сечения по длине штампованной заготовки изменялась не больше чем в отношении 1:3.

Типовые штампованные заготовки показаны на рис. 6.4.

Основные требования при штамповке на ковочно-штамповочных прессах. Изготовление поковок на кривошипных ковочно-штамповочных прессах обеспечивает ряд технологических преимуществ по сравнению со штамповкой на молотах, основными из которых являются:

- повышенная точность (например, при штамповке сателлитов дифференциала с одновременным получением зубьев достигаемая точность штамповки $\pm 0,12$ мм);
- повышенная производительность;
- сокращение расхода металла благодаря уменьшению напусков и штамповочных уклонов; в отдельных случаях из-за наличия выталкивателей на прессах можно получать поковки без

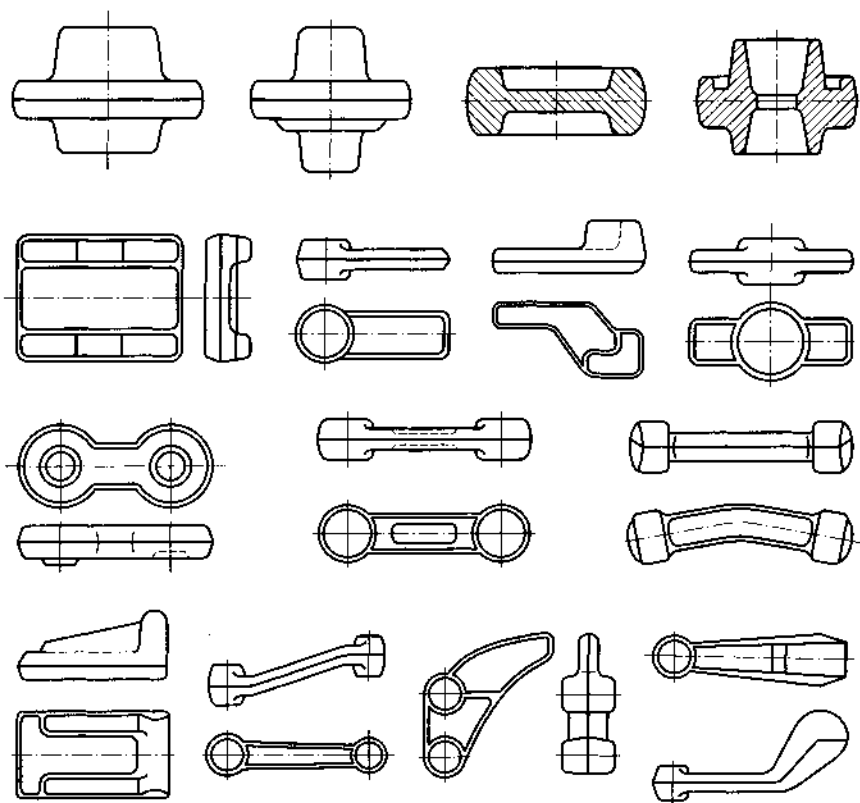


Рис. 6.5. Типовые заготовки, изготавливаемые на прессах

штамповочных уклонов, например детали типа клапанов и стоек;

- улучшенные санитарно-гигиенические условия работы в кузнечных цехах и возможность размещения прессов в механических цехах (при создании механизированных линий).

Типовые заготовки, штампуемые на прессах, показаны на рис. 6.5.

Основные требования при ковке на горизонтально-ковочных машинах. Поковки (детали), штампуемые на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), представлены на рис. 6.6. Наиболее удобно штамповать на ГКМ заготовки, имеющие форму правильных или усложненных выступами тел вращения.

При конструировании деталей, штампуемых на ГКМ, руководствуются следующими правилами.

Форма поковки, предназначенной для высадки, должна допускать деление ее на три части (рис. 6.7) по двум плоскостям

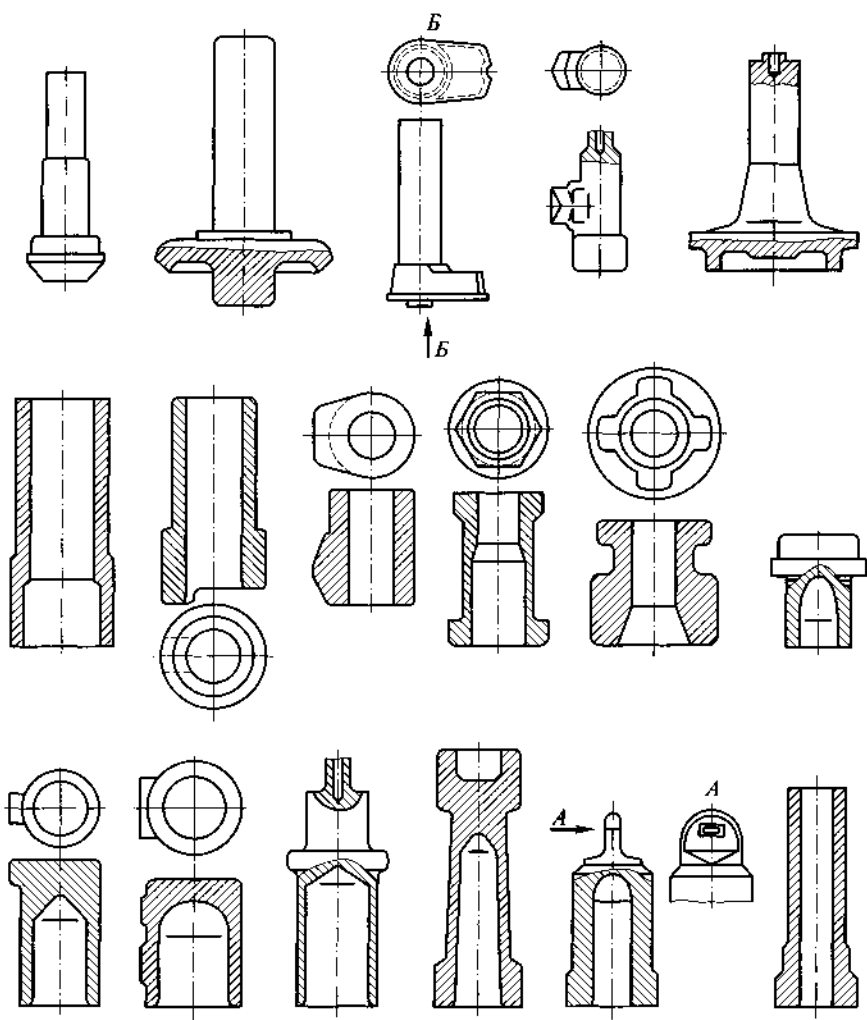


Рис. 6.6. Типовые поковки, изготавливаемые на горизонтально-ковочных машинах

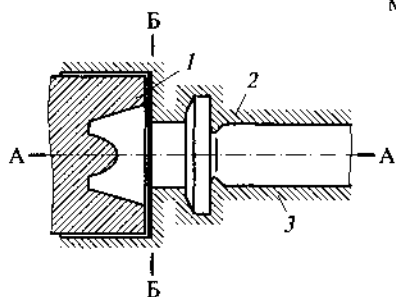
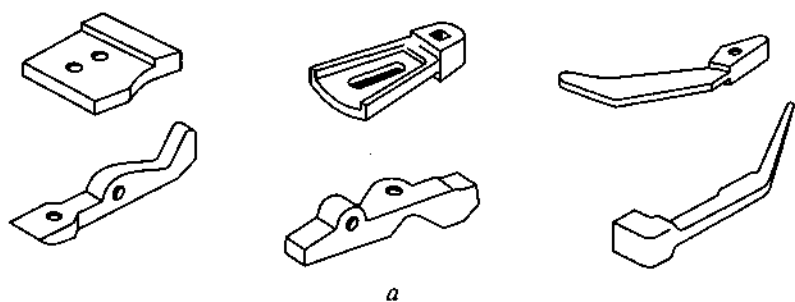
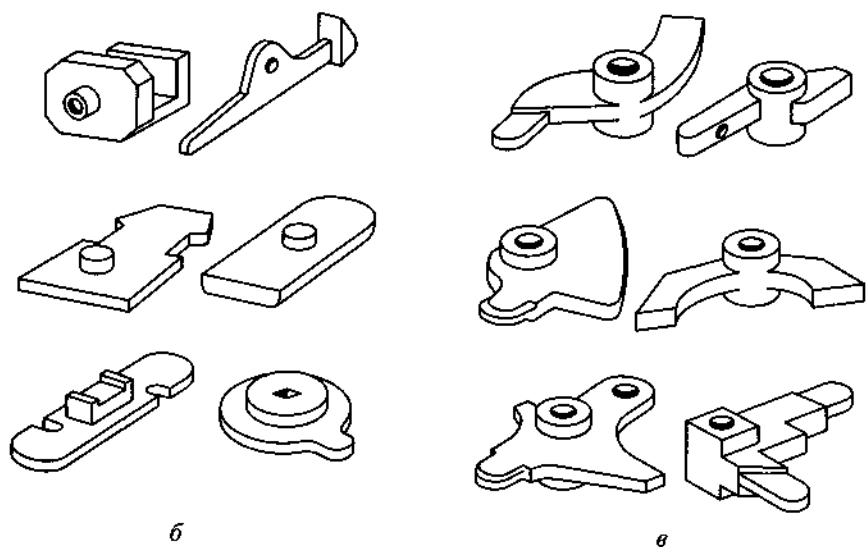


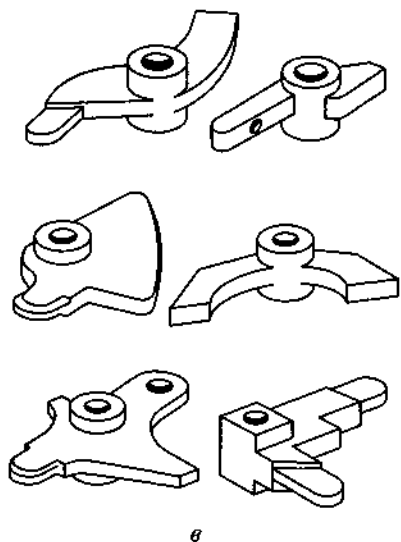
Рис. 6.7. Плоскость разреза поковки, полученной на ГКМ:
1 — пуансон; 2 — неподвижная матрица; 3 — подвижная матрица



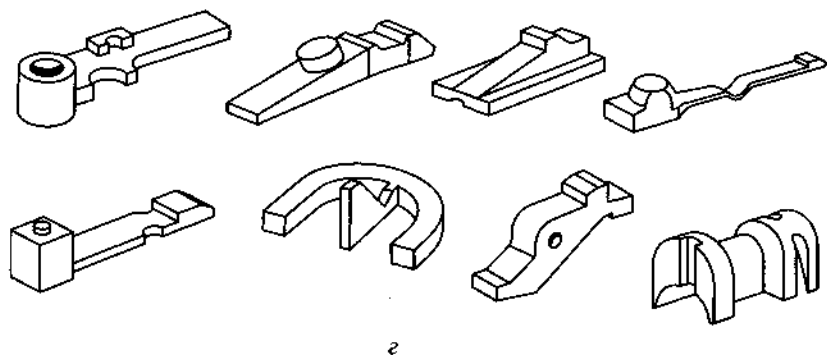
a



b



v



z

Рис. 6.8. Типовые детали, получаемые объемной холодной штамповкой:
a — ступенчатые; *b* — с односторонними бобышками; *v* — с двусторонними бобышками; *z* — переменного сечения с бобышками

разъема, из которых одна (А—А) обычно проходит через плоскость симметрии, а другая (Б—Б) перпендикулярна ей.

Необходимо предусматривать штамповочные уклоны (на цилиндрических участках поковки — длиной более половины их диаметра, не менее 30° на сторону; на буртиках, формируемых в глубоких круговых впадинах матриц, — от 30° до 1°50' на сторону; на стенках глубоких несквозных отверстий — в пределах 30°...3°).

Переходы должны быть выполнены с радиусами скругления не менее 1,5...2,0 мм.

Следует избегать выемок (сужений в продольном сечении поковки) и конических хвостовиков.

Технологичность деталей, получаемых объемной холодной штамповкой. *Объемная холодная штамповка* — один из прогрессивных методов изготовления деталей сложной формы небольших и средних размеров. Площадь горизонтальной проекции деталей, штампуемых в холодном состоянии, обычно не должна превышать 450...500 мм².

Применяя этот способ, наибольшей эффективности достигают при изготовлении деталей сложной формы, обработка которых на металлорежущих станках связана с большой трудоемкостью и значительным отходом металла в стружку. Типовые детали, изготовленные объемной холодной штамповкой, показаны на рис. 6.8.

В холодном состоянии штампуют детали из углеродистых и легированных сталей, а также из цветных металлов и их сплавов.

6.4. Технологичность конструкций механически обрабатываемых деталей

Трудоемкость обработки деталей на металлорежущих станках составляет 35...55 % от общей трудоемкости изготовлений машиностроительных изделий.

Процессы резания следует использовать в следующих случаях: другие процессы не дают возможности получить необходимые из конструктивных условий поверхности (отверстия; всевозможного рода пазы и полужакрытые полости; резьбовые, шлицевые, зубчатые, фасонные поверхности и др.); невозможно обеспечить требуемую точность изготовления поверхностей.

Технологичность конструкции детали, обрабатываемой резанием, зависит от рационального выбора заготовки, в том числе от ее материала, технологичности формы детали, правильного назначения базовых поверхностей и простановки размеров, оптимально заданных точности и шероховатости поверхности.

Выбор материала. В большинстве случаев вязкие, пластичные материалы дают после механической обработки повышенную шероховатость поверхности и, наоборот, при повышенной твердости шероховатость меньше при некотором повышении сопротивления резанию.

В связи с этим необходимо учитывать следующие правила:

- в деталях из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,3 % (Ст2, Ст3; 08 кп; 20) не рекомендуется назначать шероховатость меньше $R_a = 6,3$ мкм;
- среднеуглеродистые стали (35; 40; 45; 50) лучше всего обрабатывать после повышения твердости до $HRC = 25...30$;
- высокоуглеродистые стали (У8, У 10, У12) хорошо обрабатывать в отожженном состоянии;
- детали из алюминиевых сплавов для улучшения обрабатываемости подвергают закалке и старению.

Выбор базовых поверхностей. Технологичность детали во многом определяет правильность назначения базовых поверхностей. Целесообразно совмещать конструктивные, технологические и метрологические базы. Несоблюдение этого правила вызывает необходимость введения технологических размеров, удлинение размерных цепей и ужесточение допусков на составляющие размеры. При невозможности совмещения конструктивных, технологических и метрологических баз необходимо связывать их наиболее рациональным путем, учитывая производственно-технические требования.

Простановка размеров с учетом технологических требований обеспечивает:

- совмещение конструктивных, технологических и метрологических баз;
- получение размеров детали при обработке на станке, настроенном по эталонному образцу;
- применение наиболее простых приспособлений, режущего и измерительного инструмента;
- надежность и простоту обмера детали на станке при обработке и окончательном контроле;
- отсутствие необходимости в пересчете размеров при изготовлении и обмере деталей (выполнение правил простановки размеров между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями);
- рациональную последовательность обработки деталей;
- принцип наикратчайших размерных цепей.

Технологичность конструктивных форм деталей. Технологичность формы детали оценивают с учетом особенностей выбранного технологического метода обработки, конкретных условий и вида производства (массового, серийного, единичного), технологических возможностей и особенностей оборудова-

ния. Детали, обрабатываемые на протяжных станках, должны иметь равномерную жесткость по длине и достаточную прочность; детали, получаемые на станках токарной группы, должны иметь максимальное число поверхностей вращения, что облегчит их полную обработку на одном станке. Отверстия, обрабатываемые на сверлильных станках, целесообразно выполнять сквозными или ступенчатой формы. Детали, обрабатываемые на токарных автоматах, должны иметь минимальное число изменений диаметра сечения. Многорезцовые полуавтоматы наиболее рационально использовать для обработки валов, у которых длины ступеней кратны, а диаметры уменьшаются в одном направлении. В этом случае упрощается наладка станка, значительно уменьшается основное, технологическое, время. Если вал симметричен относительно его середины, то он может быть обработан с обеих сторон при одной наладке. При обработке на станках с программным управлением к конструкциям обрабатываемых деталей в некоторых случаях предъявляются менее жесткие требования (например, сложные фасонные контурные и объемные поверхности можно получить без особых трудностей).

Конструкция детали, независимо от технологического метода обработки, должна обеспечивать простое, удобное и надежное закрепление ее на станке. Деталь должна иметь высокую жесткость. Для закрепления нежестких деталей требуются более сложные и дорогостоящие приспособления, а также значительные затраты времени на их установку на станке. Например, нежесткие валы закрепляют в центрах и одном или нескольких люнетах, в то время как короткие жесткие валы можно быстро и просто установить в трехкулачковом самоцентрирующем патроне. При обработке нежестких деталей нельзя использовать высокопроизводительные режимы резания, так как увеличение подачи и глубины резания приводит к значительному деформированию детали под действием сил резания. Простая конфигурация детали и технологичные базовые поверхности позволяют использовать для ее закрепления простые и дешевые универсальные приспособления (патроны, машинные тиски и др.).

Размеры поверхности детали должны соответствовать нормальному ряду длин и диаметров, так как это позволяет обрабатывать их стандартным инструментом. При обработке детали нестандартного размера требуется более дорогой нестандартный инструмент или выполнение дополнительных операций для получения заданных чертежом размера и формы поверхности (рис. 6.9).

Конические переходы (рис. 6.9, *а*) между ступенями вала и фаски следует назначать под обработку с учетом стандартных токарных проходных резцов с главным углом в плане ϕ , равным 30, 45, 60 и 90°.

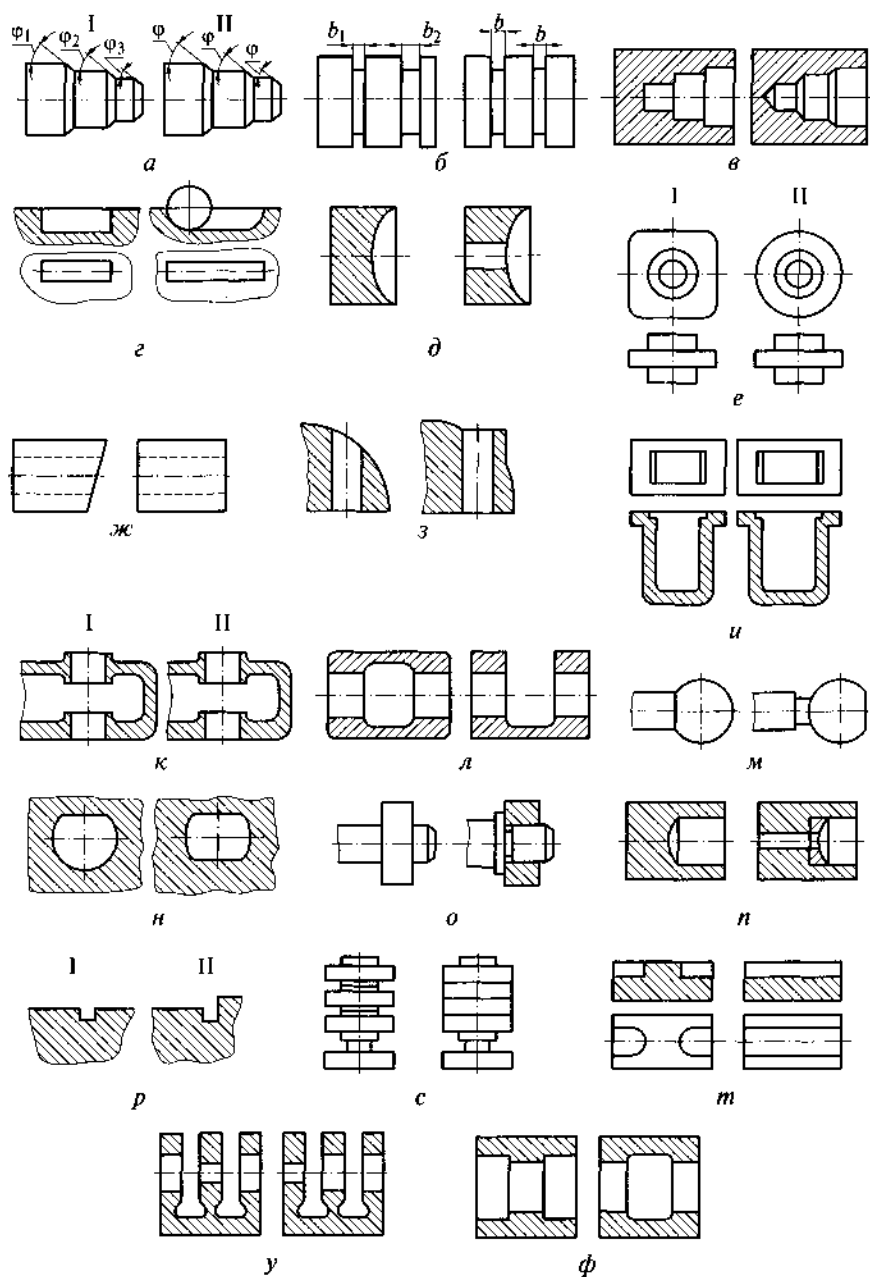


Рис. 6.9. Детали, обрабатываемые на металлорежущих станках:
 I — нетехнологичные конструкции; II — технологичные конструкции; *a...ф* —
 виды поверхностей обрабатываемых деталей

Геометрические элементы детали должны быть унифицированы по форме и размерам. Это сокращает номенклатуру инструмента, повышает производительность обработки. Так, канавки (рис. 6.9, б) одной и той же детали следует назначать одинаковой ширины и обрабатывать одним канавочным резцом с шириной режущей кромки, равной ширине канавки.

Поверхности должны соответствовать по форме стандартному инструменту. Например, глухие отверстия следует проектировать с коническим дном (рис. 6.9, в), образуемым режущей кромкой сверла. Отверстия должны соответствовать по размерам стандартным сверлам. Не следует предусматривать сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более десяти, так как обработка таких отверстий требует применения специальных сверл. Глубина глухих отверстий не должна превышать шести диаметров.

Удлиненные отверстия рекомендуются только в особых, технически обоснованных случаях. При сверлении удлиненными сверлами возможно смещение оси отверстия от заданного направления.

Для глухих отверстий, подвергаемых чистовой обработке, следует указать ее длину, так как по всей длине трудно добиться низкой шероховатости. При проектировании детали типа втулки необходимо избегать глубоких отверстий с двух сторон, так как это требует обработки детали за две установки. Внутренние резьбы лучше выполнять сквозными. Глубина резьбы в глухих отверстиях должна быть согласована с размерами рабочей части метчика. Не рекомендуется назначать резьбы длиной более 1,6...3,0 диаметров, так как при этом нарушаются нормальные условия свинчиваемости деталей.

Форму шпоночного паза (рис. 6.9, г) следует принимать в соответствии с размерами шпоночной или дисковой фрезы. Отдельные участки режущей кромки должны работать приблизительно в одинаковых условиях. Значительное различие в скорости резания на кромке приводит к неравномерному изнашиванию (рис. 6.9, д). Вблизи оси вращения скорость резания мала и инструмент не режет, а сминает материал заготовки. Наличие осевого отверстия существенно облегчает процесс резания.

Необходима безударная работа инструмента, которую обеспечивают плавные вход его в материал заготовки и соответственно выход. Это достигается, в частности, при наличии фасок и канавок для входа и выхода инструмента. Безударную обработку торцов детали обеспечивает замена прямоугольного фланца круглым (рис. 6.9, е). Шлицевые отверстия втулок и муфт не должны иметь выточек в средней части.

Конструктивные элементы деталей не должны вызывать деформаций изгиба инструмента, особенно на его входе и выходе

де из заготовки, поэтому при протягивании (рис. 6.9, ж), сверлении, зенкерования и развертывании (рис. 6.9, з) поверхность, в которую входит инструмент, должна быть перпендикулярна направлению его движения. Это требование имеет особое значение для заготовок, обрабатываемых на агрегатных станках, автоматических линиях и станках с ЧПУ, при большом числе осевого инструмента с недостаточной изгибной жесткостью.

Целесообразно так проектировать детали, чтобы сила резания не изменялась в процессе обработки, так как изменения вызывают погрешности формы. Например, ширина фрезеруемых плоских участков (см. рис. 6.9, и) детали должна быть постоянной. Изменение ширины фрезерования приводит к изменению сил резания.

Свободный доступ к поверхности упрощает процесс ее обработки, поэтому при обработке внутренних торцов (рис. 6.9, к) доступ к ним облегчается увеличением диаметра отверстия для ввода инструмента. Следует также по возможности избегать обработки закрытых поверхностей (рис. 6.9, л).

Упрощение конфигурации детали позволяет облегчить процесс ее обработки. Упрощать деталь можно разделением ее на несколько простых с последующим их соединением запрессовкой, сваркой и др. (рис. 6.9, о, п).

Производительность обработки резко возрастает, если конструкция детали допускает многоступенчатую обработку (рис. 6.9, с). Заготовки следует устанавливать без зазоров так, чтобы выход инструмента из одной заготовки был совмещен с входом в другую заготовку. Предпочтительнее конструкции, допускающие обработку на проход (рис. 6.9, т), например следует заменять полузакрытые пазы сквозными.

Особое внимание нужно уделять технологичности корпусных деталей, для которых характерны высокая стоимость и трудоемкость обработки.

Отверстия в корпусных деталях целесообразно выполнять соосными. Отверстия, к которым предъявляют высокие требования по точности взаимного расположения, рационально обрабатывать, не рас-

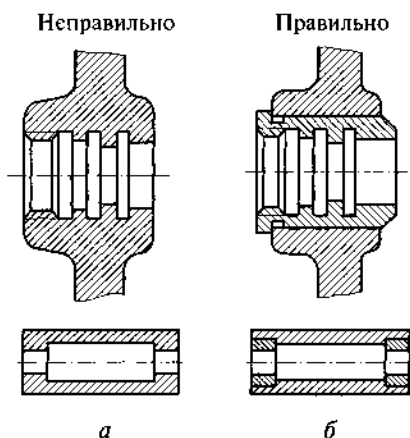


Рис. 6.10. Варианты конструкций корпусов:

а — без втулок; б — с запрессованными втулками

крепляя заготовки. Конструкция деталей должна обеспечивать обработку отверстий за один рабочий ход, а их диаметры должны последовательно изменяться (рис. 6.9, y, ϕ). Изменение конструкции корпуса введением запрессованной втулки значительно облегчает его механическую обработку (рис. 6.10). В деталях, отличающихся по форме от тел вращения, следует избегать резьбовых отверстий большого диаметра, которые требуют обработки резьбовым резцом. В особых случаях рекомендуется выполнять резьбовое отверстие во втулке с последующим закреплением в детали (корпусе).

6.5. Технологичность изделий при сборке

Сборка — наиболее сложный и ответственный процесс в общем комплексе производства изделий.

Основные признаки и группировка конструктивно-технологической классификации видов соединений и сборки, применяемой в машиностроении, установлены ГОСТ 14.320—81. Виды соединений классифицируются по следующим основным признакам: целостность соединения, подвижность составных частей, форма поверхностей, метод образования соединений (рис. 6.11). Целостность соединения характеризует его состояние при

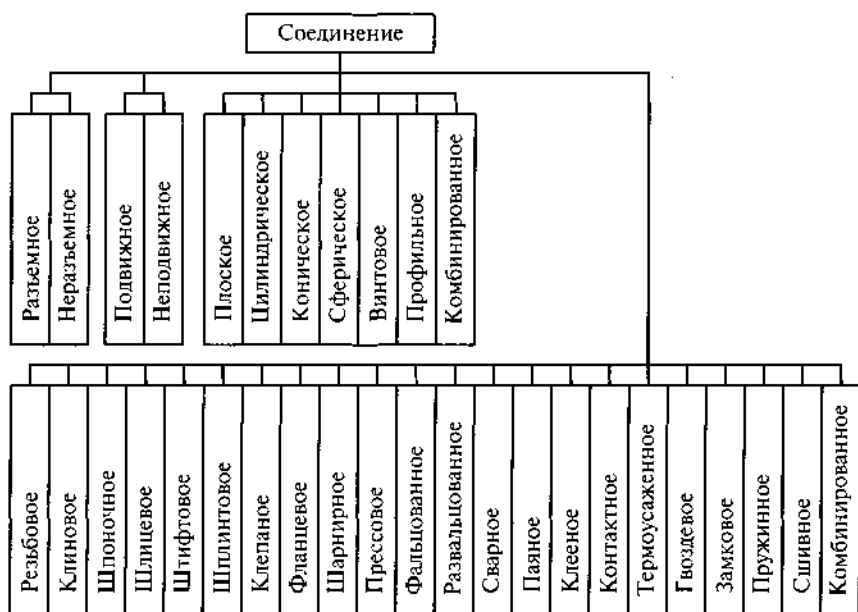


Рис. 6.11. Классификация видов соединений

разборке; подвижность его составных частей — возможность относительного перемещения составных частей в изделии; форма поверхностей — основную геометрическую форму сопрягаемых поверхностей составных частей изделия, а метод образования соединения — конструктивные технологические особенности образования соединений при сборке составных частей изделия.

Виды сборки классифицируют по следующим основным признакам: объект сборки, стадия сборки, организация производства, последовательность сборки, подвижность объекта сборки, механизация и автоматизация сборки, точность сборки (рис. 6.12).

Точность и качество сборки обеспечивают преимущественно соответствующим построением технологического процесса сборки. Однако методы достижения, требуемые точность и качество сборки в значительной степени зависят от конструкции деталей и сборочных единиц, их собираемости и взаимозаменяемости, определяемыми оптимальным построением размерных цепей.

Нередко для улучшения размерной цепи (взаимосвязи) изменяют конструкцию изделия, сборочных единиц и деталей, чтобы, сохранив эксплуатационные качества, снизить трудоемкость изготовления. Размерные цепи следует рассчитывать при выполнении рабочих чертежей опытного образца изделия одновременно с простановкой размеров и назначением допусков.

Если при конструировании изделия не сделан расчет размерных цепей, то при сборке выявляют следующие недостатки: сборочные единицы (детали) не входят в назначенные места и требуется их пригонка; сборочные единицы (детали) входят между определенными элементами конструкции с слишком большими зазорами; сборочные единицы собраны так, что значительно не совпадают оси деталей, которые по условиям работы должны отклоняться друг от друга незначительно.

Одинаковые конструктивные решения при одних и тех же взаимосвязанных размерах позволяют частичным изменением конструкции сборочной единицы значительно увеличивать допуски на неточность изготовления деталей.

Независимо от вида производства (единичного, серийного, массового) конструкция изделия должна состоять из отдельных четко разграниченных сборочных единиц или агрегатов, обеспечивать параллельность и независимость сборки отдельных сборочных единиц, а также простоту связей между последними при следующих условиях.

Число деталей собираемого изделия (сборочной единицы) должно быть минимальным. Этого можно добиться правильным конструированием, применением специальной технологии из-

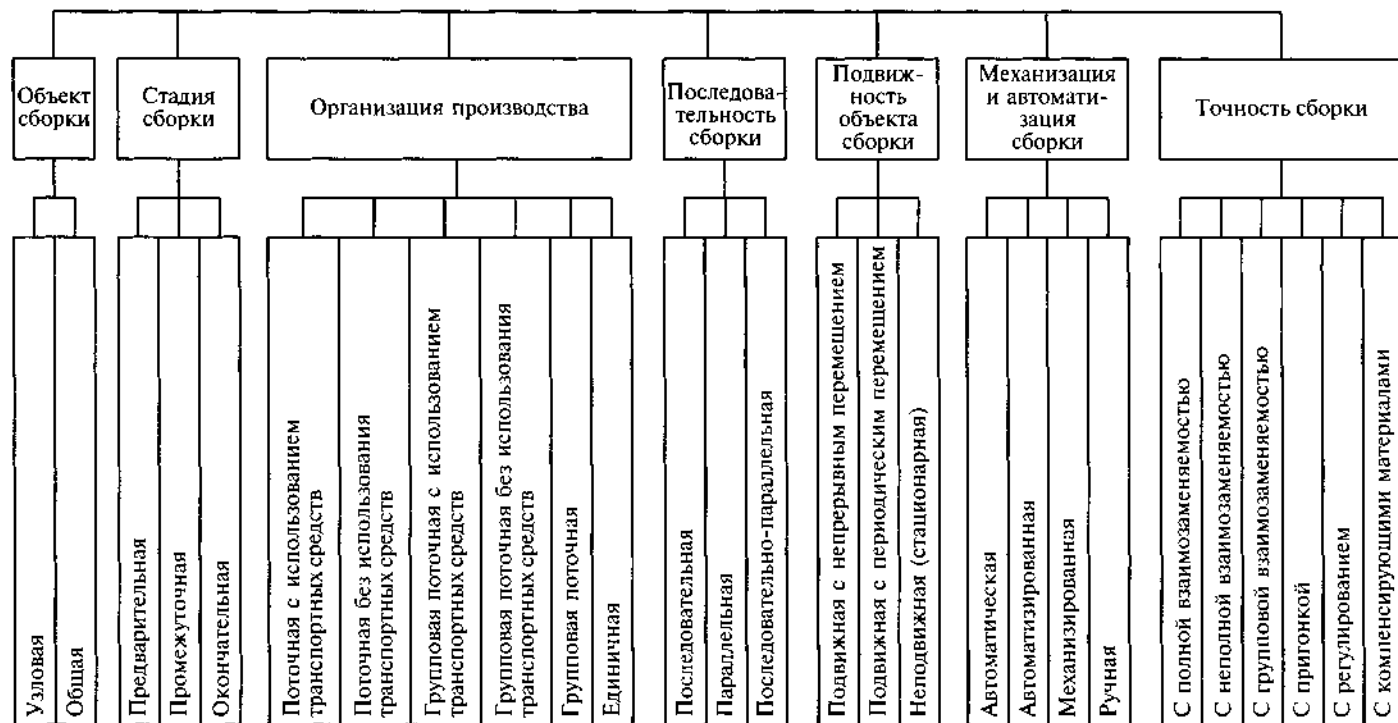


Рис. 6.12. Классификация видов сборки

готовления, например использованием армированного литья и др. Однако уменьшать число деталей следует только после выполнения соответствующего технико-экономического расчета.

Сложные изделия, состоящие из большого числа деталей, следует конструировать по блочному (агрегатному) принципу. Лучшими считаются агрегаты и изделия из 4... 12 деталей.

Следует стремиться к уменьшению числа крепежных деталей. Вместо резьбового крепежа целесообразно применять сварку, расклепку, развальцовку, гибку и др.

Следует избегать применения соединений, которые трудно выполнить, например закручивания проволокой, шпоночных, с пружинами и др.

Многоступенчатые зубчатые передачи к различным механизмам от одного общего привода целесообразно заменять индивидуальными приводами. Один из наиболее удобных способов передачи и трансформации энергии — гидравлический. В ряде отраслей промышленности гидротрансформаторы успешно вытесняют механические редукторы. Значительные преимущества приобретает гидравлика, когда необходимо плавное и бесступенчатое регулирование скорости в большом диапазоне. Применение гидропривода в машинах в ряде случаев не только упрощает сборку, но и улучшает качество машин, обеспечивая синхронность работы нескольких механизмов, плавное регулирование скоростей, снижение динамических нагрузок.

Следует стремиться к такой компоновке изделия, при которой обеспечивается установка комплектующих деталей на базовую деталь простейшим движением.

Крупногабаритные и тяжелые детали должны иметь специальные элементы и устройства для их транспортирования и установки на машину (отверстия, приливы, грузовые цапфы, рымболты).

Детали, входящие в сборочные единицы, должны иметь простую форму (цилиндр, призма и др.). В противном случае необходимо, чтобы они имели явно выраженные базовые поверхности (лучше цилиндрические или плоские) и явно выраженные места (ключи) для надежного ориентирования в загрузочных и транспортных устройствах.

Шероховатость сопрягаемых поверхностей деталей должна быть обоснована, так как значительная шероховатость поверхности может привести к заклиниванию детали в процессе сборки и недостаточно надежной работе загрузочных устройств.

Детали, сопрягаемые в осевом направлении по кромкам поверхностей, должны иметь конструктивные элементы (фаски, направляющие расточки и т. п.), облегчающие самоустановку и самоцентрирование. Для облегчения сборки обычно достаточно выполнить фаску в отверстии (рис. 6.13, а) или на валу

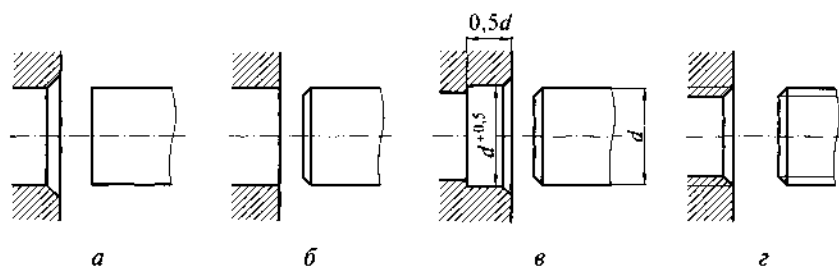


Рис. 6.13. Виды (*a...г*) заходных фасок при сборке

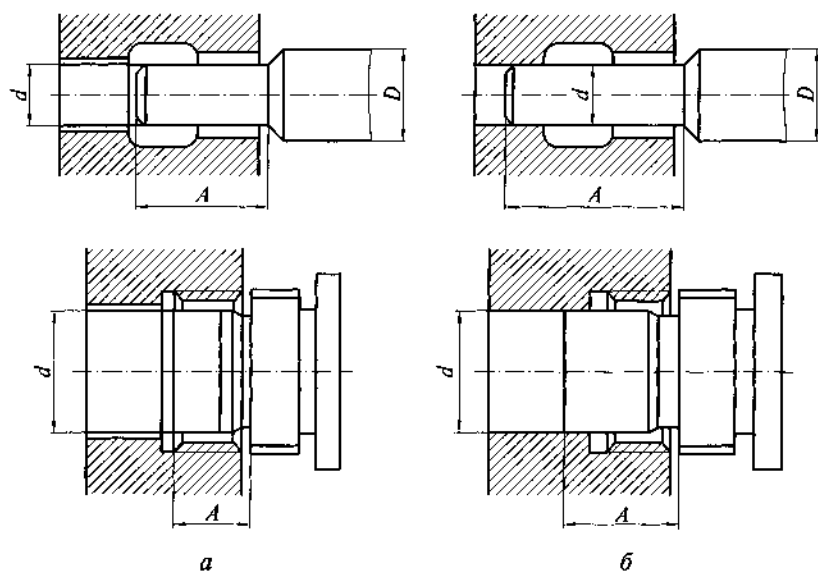


Рис. 6.14. Примеры установки деталей на разных (*а, б*) посадочных поверхностях

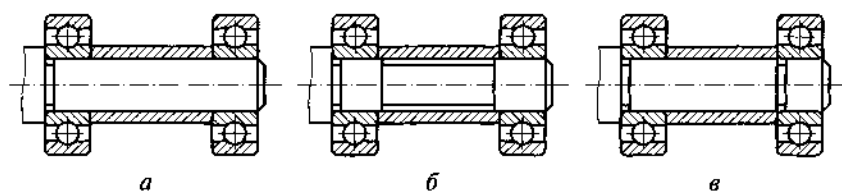
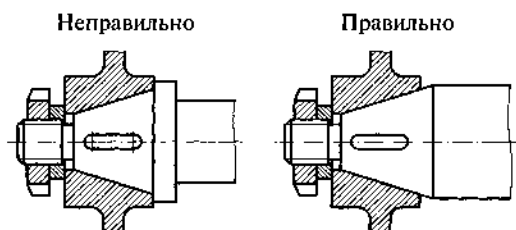


Рис. 6.15. Варианты (*а...в*) установки деталей по посадке с натягом

Рис. 6.16. Конусные соединения



(рис. 6.13, б). Предпочтительны фаски на валу, так как их легче обработать. При посадке с натягом в отверстие желательно предусматривать заходную часть (рис. 6.13, в). Фаски на резьбе (рис. 6.13, г) нужны как для сборки, так и для улучшения условий работы резьбонарезного инструмента. Установка деталей на разные посадочные поверхности должна быть не одновременной (рис. 6.14, а), а последовательной (рис. 6.14, б). Размер A малой ступени должен быть достаточным для обеспечения направления диаметра d .

Следует избегать длинных соединений, особенно при посадке с натягом (рис. 6.15, а). Из трех вариантов, представленных на рис. 6.15, лучшим является вариант б, так как он имеет следующие преимущества: одинаковые диаметры обоих обработанных участков вала и унифицирование подшипников.

Во всех конусных соединениях должен быть предусмотрен достаточный запас натяга для подтягивания соединения в процессе эксплуатации или при ремонте. Не рекомендуется соединение сопрягаемых деталей по нескольким поверхностям, следует ограничиваться одной поверхностью (рис. 6.16).

Контрольные вопросы

1. Каково назначение технологического контроля конструкторской документации?
2. Какие существуют общие правила отработки конструкции на технологичность?
3. Каковы основные требования, предъявляемые к конструкции?
4. Каковы основные характеристики технологичности конструкции?
5. Как влияют технологические способы изготовления литых заготовок на их конструктивные формы?
6. Какие требования технологичности предъявляются к заготовкам, получаемым горячим пластическим деформированием и холодной штамповкой?
7. Как производится отработка на технологичность конструкций деталей, получаемых механической обработкой?
8. В чем состоят особенности отработки изделий на технологичность при их сборке?

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ**7.1. Автоматизация работ в литейных цехах**

К заготовительным цехам машиностроительных предприятий относятся литейные, кузнечные, штамповочные, термические цехи, а также цехи или участки резки проката и сварки. Изделия этих цехов, называемые заготовками, поступают в большинстве случаев для дальнейшей обработки в механические цехи, где на металлорежущих станках им придаются окончательная форма и точные размеры, после этого они поступают на сборку. Только в отдельных случаях детали, изготовленные в заготовительных цехах, не подвергаются механической обработке и отправляются на склад готовой продукции. Примерами таких деталей могут служить отливки оснований уличных фонарных столбов, поковки якорей, штампованные инструменты (лопаты, грабли и др.).

Основные технологические процессы в заготовительных цехах выполняются с помощью специального оборудования: плавильных печей, молотов, прессов, термических печей и т.д. Кроме того, в заготовительных цехах осуществляются транспортные и вспомогательные работы.

В литейных цехах производится плавка металла, затем заливка его в формы, в которых остывший металл приобретает форму детали. Плавка производится в плавильных печах: мартеновских, вагранках или электропечах. Кроме процессов плавки и заливки форм в литейных цехах осуществляются другие работы, необходимые для ведения производственного процесса. Машины и устройства, применяемые для механизации этих работ, могут быть разделены на группы (рис. 7.1). Основная часть машин и установок, используемых для автоматизации работ в литейных цехах, предназначена для выполнения следующих групп работ.

1. Приготовление и загрузка шихты в плавильной печи.
2. Приготовление формовочных смесей, изготовление форм и стержней.
3. Выбивка и очистка отливок;
4. Выполнение специфических транспортных операций.

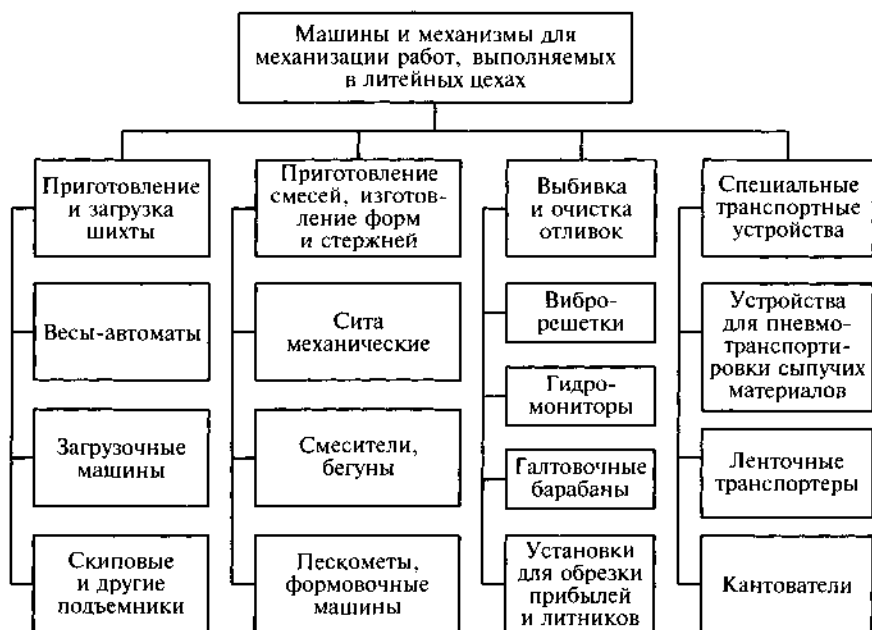


Рис. 7.1. Классификация машин и механизмов для механизации работ, выполняемых в литейных цехах

Приготовление и загрузка шихты. Для автоматизации этой группы работ используются машины и установки в основном двух назначений: дозирующие установки и автоматические весы для приготовления шихты; различные механизмы для осуществления загрузки приготовленной шихты в печи. К последней группе относятся загрузочные машины для загрузки шихты в мартеновские печи, а также всевозможные скиповые, бадьевые и другие подъемники для загрузки вагранок и электропечей.

На рис. 7.2 изображена схема устройства и работы напольной загрузочной машины для мартеновских печей. Основание (рама) 4 машины по специальной широкой рельсовой колее может перемещаться вдоль фронта мартеновских печей. Между машиной и печами по обычной железнодорожной колее подаются платформы 6 с установленными на них специальными ящиками — мульдами 5, в которых находятся составные части шихты, предназначенной для загрузки в печь. Управление работой загрузочной машины выполняет машинист, который находится в кабине 1. Платформа 6 устанавливается в такое положение, чтобы против завалочного окна 7 находилась та мольда, содержимое которой надо выгрузить в печь. Машинист поднимает вверх хобот 3 машины и соединяет его через специальный замок с

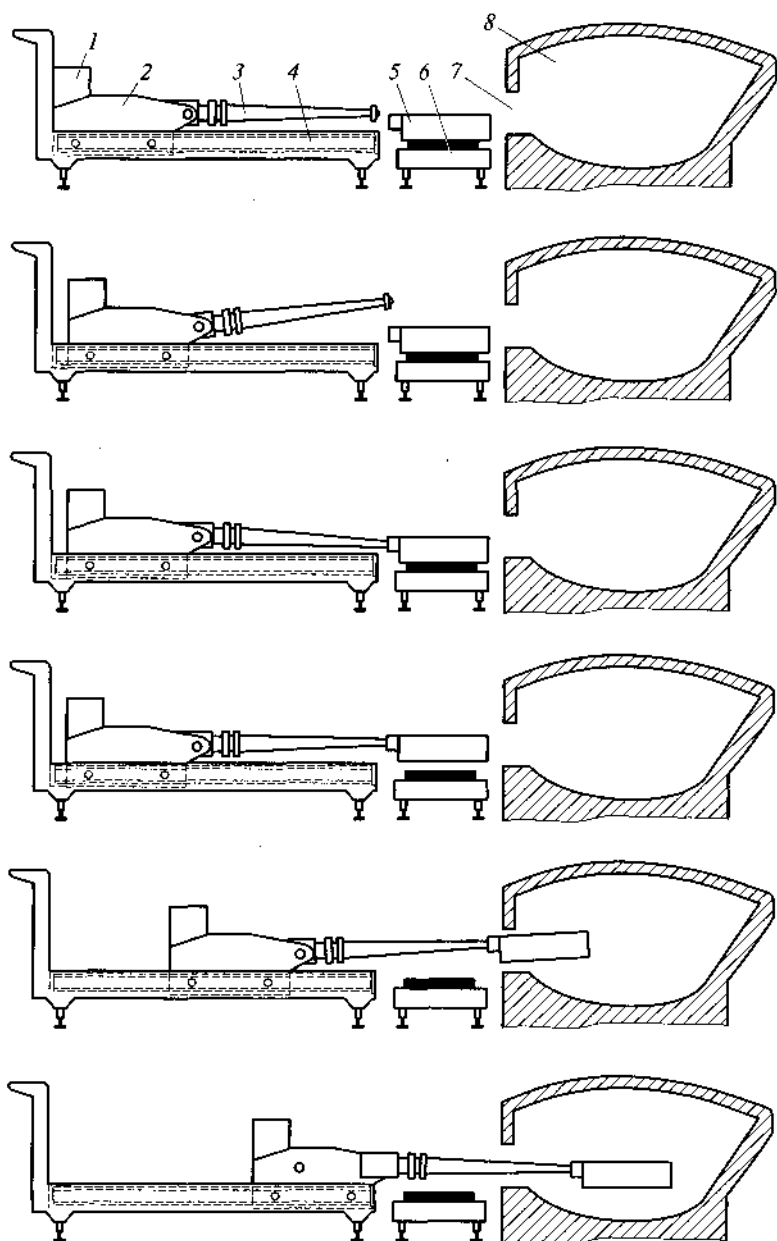


Рис. 7.2. Схема работы завалочной машины:

1 — кабина; 2 — телесжка; 3 — хобот; 4 — рама; 5 — мутьла; 6 — платформа; 7 — завалочное окно; 8 — рабочее пространство печи

мульдой. Затем хобот с мульдой приподнимается, тележка 2 машины перемещается по рельсам рамы 4, мульда 5 вводится в рабочее пространство печи 8 и поворотом хобота опрокидывается.

Приготовление формовочных смесей, изготовление форм и стержней. Основными составляющими формовочной смеси, или, как ее часто называют, формовочной земли, являются песок и глина. Песок и глина в литейных цехах расходуются в больших количествах. Разгрузка платформ с песком и глиной осуществляется либо грейферными кранами, либо скребковыми, ленточными и другими транспортерами.

Процесс приготовления формовочной смеси включает в себя большое количество операций, выполняемых с помощью специальных механизмов, устройств и установок, например: сушка песка и глины в специальных печах и во вращающихся сушильных барабанах; размельчение глины в шаровых мельницах, т.е. в больших вращающихся барабанах, внутрь которых засыпается глина и закладываются металлические шары; смешивание песка и глины на бегунах, специальных лопастных и вращающихся смесителях; транспортировка и раздача готовых смесей с помощью ленточных, ковшевых, скребковых и других транспортеров и т.д.

Схема расположения специального оборудования и транспортных устройств в подготовительных пролетах литейного цеха изображена на рис. 7.3. Из больших складских закромов 1 песок и глина грейферным краном 2 подаются в специальные сушильные печи 14 и сушильные барабаны 13. Ленточными транспортерами 12 и элеваторами 3 песок и глина подаются на раздаточный транспортер 4 смесеприготовительного отделения, откуда они поступают в бункеры 5. В других бункерах хранится отработанная формовочная смесь, подаваемая сюда из литейного пролета после очистки и просеивания. Из бункеров песок, глина и отработанная смесь в необходимой пропорции засыпаются для тщательного перемешивания в бегуны 11, а затем транспортером 10 и ковшовым элеватором 9 передаются в формовочный пролет. Ленточный транспортер 6 подает готовую смесь к приемным бункерам 7 различных формовочных установок и машин 8.

Процесс формовки (заполнение опоки землей и уплотнение ее) в большинстве цехов механизировано. Существуют различные конструкции формовочных машин, в которых уплотнение смеси в опоке производится либо встряхиванием на вибрационном столе, либо прессованием с помощью плиты, прижимаемой сверху специальным устройством.

Выбивка и очистка отливок. Операции выбивки готовых отливок из опок механизированы путем применения вибрационных решеток, гидромониторов и других механизмов.

Устройство вибрационных решеток показано на рис. 7.4. Решетка 1, представляющая собой жесткую раму решетчатой конструкции, шарнирно закреплена на жестком основании 4. Один или два электродвигателя 2 через специальные механизмы сообщают решетке 1 вибрации в вертикальном направлении с частотой до 4000 ходов в минуту. На решетку укладывается опока 3 вместе с землей и отливкой. Благодаря вибрации решетки формовочная смесь высыпается из опоки, размельчается, падает вниз и через бункер 5 попадает на ленточный транспортер 6, который уносит отработанные формовочные материалы обратно в землеприготовительное отделение. Освобожденная от земли отливка остается на верхней поверхности решетки.

Очистка мелких отливок часто производится во вращающихся барабанах, называемых галтовочными. Барабан с загруженными в него отливками закрывается наглухо и вращается с небольшой угловой скоростью, а отливки перекатываются в нем, ударяясь одна о другую и о стенки барабана. Благодаря этому поверхности отливок очищаются от приставшей земли до металлического блеска.

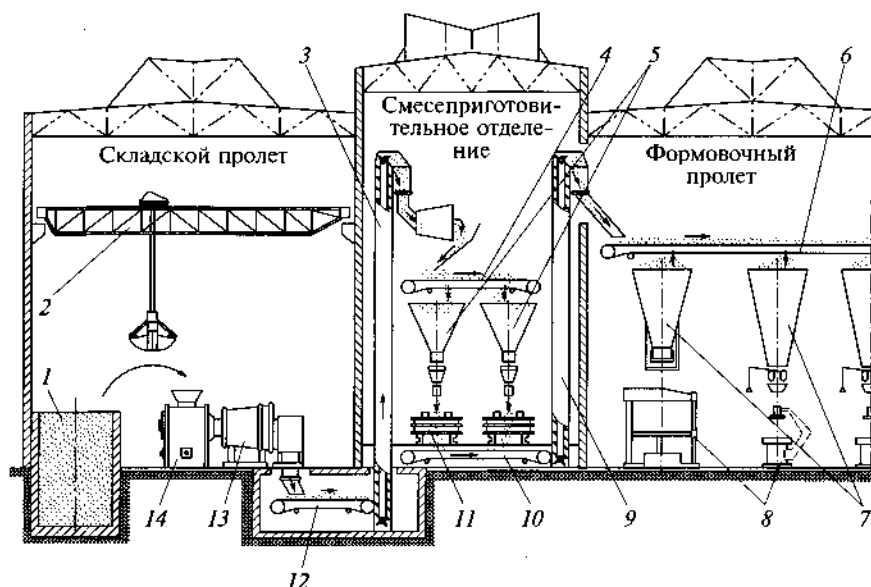


Рис. 7.3. Схема расположения оборудования в подготовительных пролетах литейного цеха:

1 — песок; 2 — грейферный кран; 3 — элеватор; 4 — раздаточный транспортер; 5 — бункеры; 6, 12 — ленточный транспортер; 7 — приемные бункеры; 8 — формовочные установки; 9 — ковшовый элеватор; 10 — транспортер; 11 — бегуны; 13 — сушильные барабаны; 14 — сушильные печи

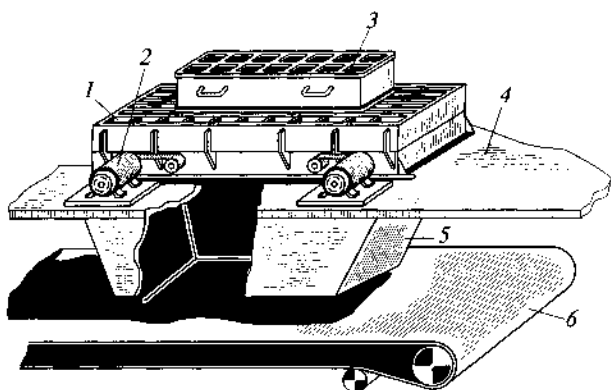


Рис. 7.4. Вибрационная выбивная решетка:

1 — решетка; 2 — электродвигатели; 3 — опока; 4 — жесткое основание; 5 — бункер; 6 — ленточный транспортер

Освобожденные от опок отливки нужно очистить от остатков формовочной земли и отделить от них прибыли и литниковые системы. Для механизации этих операций применяются ленточные и дисковые пилы разных конструкций, а также газорезательные установки, на которых отрезка прибылей и литников выполняется пламенем газовой горелки. Отдельные конструкции таких установок снабжаются механизированным приводом для перемещения газового резака относительно отливки.

Транспортные устройства могут служить основой комплексной механизации литейного производства, например заливочно-формовочные конвейеры. В процессе непрерывного движения тележки такого конвейера осуществляется заливка, остывание отливок, подача на выбивную решетку и установка новых свежих опок, подаваемых из формовочного отделения.

7.2. Автоматизация работ в кузнечно-штамповочных цехах

К основным направлениям автоматизации ручных, тяжелых и трудоемких процессов в кузнечно-штамповочных цехах (рис. 7.5) относятся:

- механизация нагрева материала;
- механизация подачи материала в рабочую зону молотов и прессов;
- применение специальных автоматических ковочных и штамповочных машин;
- использование автоматического управления молотами и прессами.



Рис. 7.5. Классификация машин и механизмов для механизации кузнечно-штамповочных цехов

Нагрев материала перед ковкой и штамповкой является ответственной операцией. Использование для нагрева пламенных печей, работающих на различных видах топлива, связано с тяжелой работой по обслуживанию печей, засорением воздуха цеха различными газами, неизбежной загрязненностью всего помещения цеха. В последние годы все шире в практику работы кузнечных цехов внедряются методы электрического нагрева заготовок.

Нагрев заготовок с помощью электрического тока может осуществляться несколькими способами. Наибольшее распространение имеют индукционные методы нагрева и нагрев методом сопротивления.

Сущность первого способа заключается в том, заготовки помещаются в мощное электромагнитное поле, под влиянием которого в заготовках возникает электрический ток, нагревающий их. Электромагнитное поле создается либо током обычной, так называемой промышленной, частоты (50 Гц), либо токами высокой частоты (например, 2500, 8000 Гц).

При втором способе сквозь заготовку через подводимые к ней клеммы пропускается электрический ток от внешнего ис-

точника и нагрев происходит за счет электросопротивления нагреваемого металла.

Достоинства электрических методов нагрева заготовок заключаются в следующем: быстрота нагрева, удобство автоматизации этого процесса, чистота и компактность нагревательных установок, не загрязняющих и не загромождающих пространство цеха.

Кроме описанных методов, весьма перспективен метод нагрева заготовок, основанный на использовании проходных печей шахтного типа с подвижным подом. Нижняя часть печи, на которую укладываются нагреваемые заготовки, является частью пластинчатого конвейера и непрерывно движется с такой скоростью, чтобы заготовки по выходе из печи имели требуемую температуру.

Подача материала, т.е. заготовок, большой массы в рабочее пространство пресса или молота представляет значительные трудности. Эта работа выполнялась раньше бригадой рабочих с помощью ваг, цепей, рычагов; в настоящее время она осуществляется специальными машинами — ковочными манипуляторами.

Ковочный манипулятор — это мощная машина на колесном ходу (рис. 7.6), которая имеет хобот 2 с захватом в виде клешей 1. Хобот может подниматься и наклоняться, вращаться вокруг своей оси, а весь манипулятор может перемещаться в любых направлениях по полу цеха. Управление всеми движениями манипулятора и его хобота осуществляется машинистом с помощью рычагов и кнопок пульта управления. Манипулятором нагретую

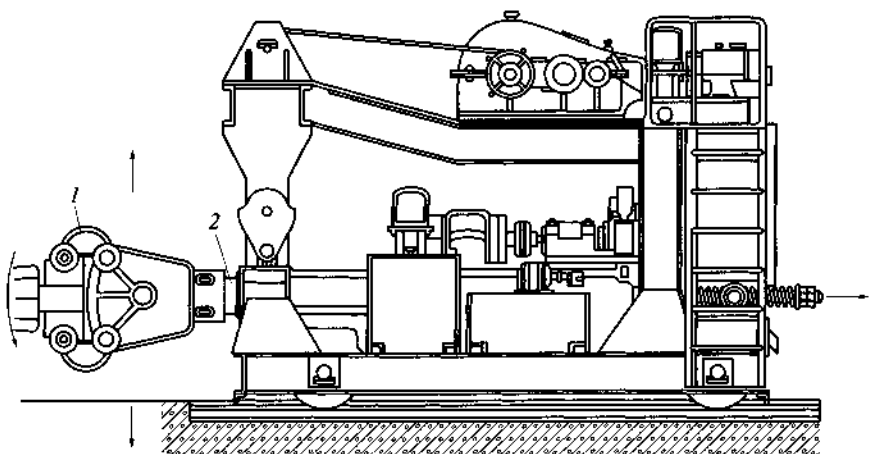


Рис. 7.6. Ковочный манипулятор:

1 — клещи; 2 — хобот

болванку вынимают из печи, подносят к прессу или молоту, устанавливают в нужное положение, наклоняют и, если нужно, вращают. Грузоподъемность крупных манипуляторов достигает 30 т и более.

Одним из самых распространенных способов массового изготовления деталей, особенно из листового материала, является холодная штамповка. Штампованные детали изготавливаются на прессах разной конструкции с помощью штампов, состоящих в основном из матриц и пуансонов. Например, у вырубных штампов матрица представляет собой стальную закаленную пластину с отверстием, соответствующим форме наружного контура детали, а пуансон — стальной закаленный пробойник с наружным контуром, соответствующим отверстию матрицы.

Операция вырубки состоит в следующем: на матрицу укладывают лист материала, под действием пуансона из листа материала вырубает деталь заданной формы.

В области механизации и автоматизации штамповки достигнуты большие успехи. Механизируются и автоматизируются следующие процессы:

- подача материала в штампы и удаление готовых штампованных изделий;
- перемещение штампованных изделий и полуфабрикатов от одного пресса к другому;
- контроль за выполнением производственных и вспомогательных операций и выключение оборудования после окончания работы или при возникновении неполадок и поломок.

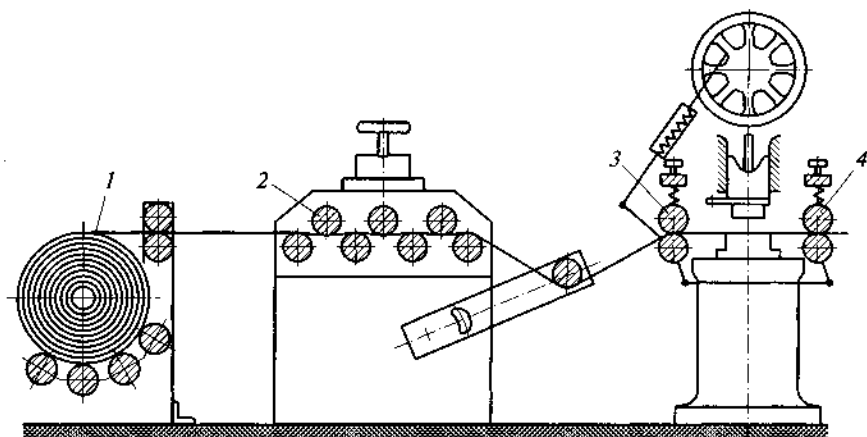


Рис. 7.7. Схема подачи ленты под штамп:

1 — барабан; 2 — правильное устройство; 3, 4 — направляющие валки

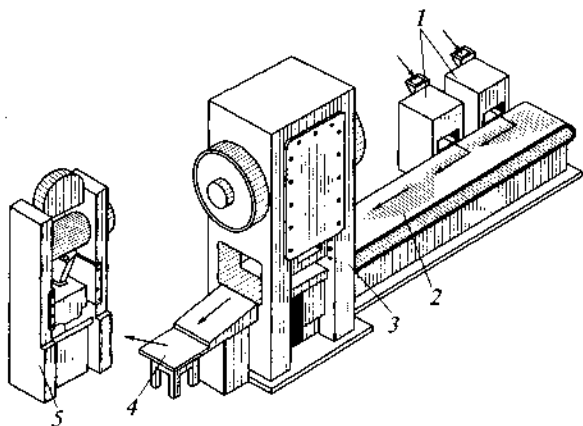


Рис. 7.8. Схема расположения оборудования в поточной линии для штамповки поковок:

1 — индукционные нагреватели; 2 — пластинчатый конвейер; 3 — штамповочный пресс; 4 — стол; 5 — пресс

На этой основе создаются автоматизированные штамповочные участки и поточные линии.

Среди мероприятий по механизации и автоматизации штамповки наибольший удельный вес имеет механизация и автоматизация подачи листового (или ленточного) материала. Схема устройства механизма подачи приведена на рис. 7.7. Материал (лента) находится на барабане 1, с которого он передается на правильное устройство 2, а оттуда после правки ленты подается на направляющие валки 3 и далее — в штамп. Валками 4 отход ленты вытягивается из штампа и поступает на наматывающее устройство вне прессы.

На рис. 7.8 показана схема расположения оборудования в поточной линии изготовления поковок из штучных заготовок. Нагретые в индукционных нагревателях 1 заготовки автоматически сбрасываются на пластинчатый конвейер 2, который доставляет их к штамповочному прессу 3. Отштампованные детали по склизу поступают на стол 4. После обрубки заусенцев на прессе 5 готовые детали транспортером сбрасываются в тару.

В условиях крупносерийного и массового производств механизацияковки и штамповки мелких и средних деталей достигается применением горизонтально-ковочных машин и других ковочно-штамповочных автоматов (гвоздильные и пр.). В подобных машинах автоматически выполняется весь комплекс движений, необходимых для подачи заготовки, ее отрезки, зажима и полной обработки, включая, если это требуется, и осадку концов.

7.3. Автоматизация работ по сварке и резке металлов

Сварка металлов приобретает все большее значение в машиностроительном производстве. Изготовление сварных деталей обходится часто дешевле, чем литых и кованных, особенно в индивидуальном и мелкосерийном производстве. Даже при крупносерийном и массовом типе производства большой экономический эффект приносит применение штампосварных конструкций, что позволяет значительно сократить массу изделий без ухудшения их жесткости и прочности.

Автоматизация сварочных работ проводится в двух основных направлениях:

- использование сварочных автоматов и полуавтоматов различных конструкций и принципов действия;
- применение манипуляторов, кантователей и сварочных приспособлений для установки в требуемое взаимное положение свариваемого изделия и сварочного автомата.

Схема классификации машин и механизмов для механизации работ по сварке и резке металла приведена на рис. 7.9.



Рис. 7.9. Схема классификации машин и механизмов для механизации работ по сварке и резке металлов

Сварочные автоматы и полуавтоматы. Наибольшее распространение имеют сварочные автоматы для электродуговой сварки. На предприятиях используются различные конструкции сварочных автоматов, изготавливаемых различными заводами. Кроме электродуговой сварки при помощи автоматов все более широкое применение, особенно при сварке листов и деталей толщиной более 8... 10 мм, находят методы электрошлаковой сварки. Принцип работы автоматов электрошлаковой сварки показан на рис. 7.10. Свариваемые листы 1 располагают таким образом, чтобы между их соединяемыми торцами оставалась щель.

Сварочный автомат устанавливается на эту щель и удерживается на вертикальных листах, прижимаясь к ним двумя ползунами 2; один из них связан с корпусом автомата скобой, проходящей через щель между листами. В пространство, ограниченное торцами свариваемых листов и ползунами, непрерывно подается сварочная проволока 5, которая, расплавляясь в пламени дуги, заполняет это пространство, образуя ванну 3 жидкого металла. Ванна жидкого металла прикрыта сверху слоем расплавленного шлака 4, предохраняющим металл от окисления. По мере повышения уровня металла в ванне 3 весь аппарат вместе с обоими ползунами постепенно поднимается вверх с помощью приводных роликов, приводимых в движение от двигателя автомата.

Скорость вертикального движения автомата регулируется автоматически по скорости подъема уровня жидкости металла в ванне. Ползуны 6 охлаждаются непрерывно циркулирующей в них водой, отвод тепла происходит и через свариваемые листы, по-

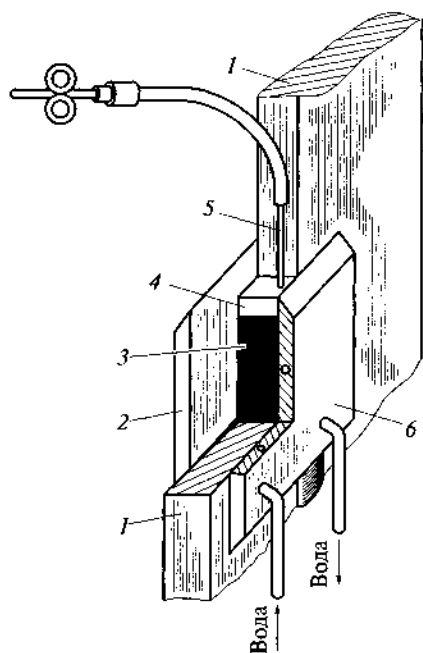


Рис. 7.10. Схема электрошлаковой сварки:

1 — свариваемые листы; 2 — ползуны; 3 — ванна; 4 — шлак; 5 — сварочная проволока; 6 — ползуны

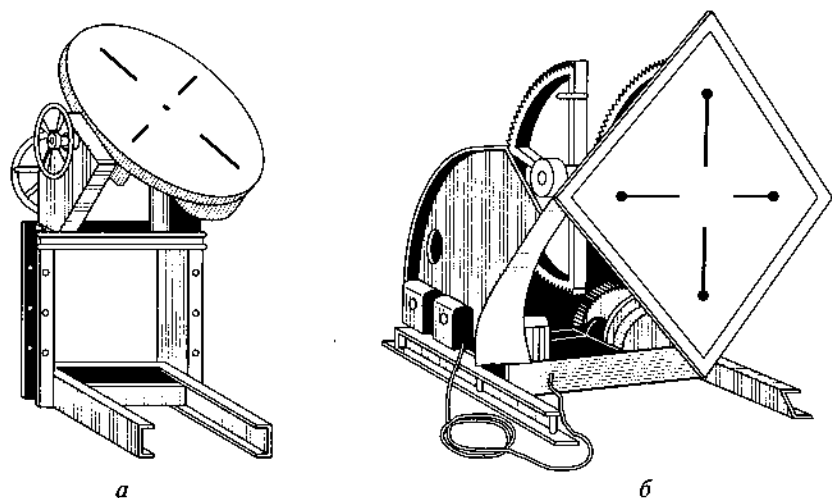


Рис. 7.11. Универсальные поворотные столы:
 а — ручной; б — механизированный

этому ниже ванны металл постепенно остывает и из-под ползунов выходит еще горячий, но уже вполне твердый сварной шов. Этот метод сварки позволяет за один проход сваривать материал толщиной до 100 мм и более.

Сварочные установки и манипуляторы. Для создания удобных условий выполнения ручной или полуавтоматической сварки, а также для возможности использования тех или иных сварочных автоматов свариваемое изделие в процессе сварки часто приходится поворачивать и наклонять. Механизация этих работ достигается применением кантователей, сварочных манипуляторов, роликовых постелей для круглых изделий типа труб или обечаек и др.

На рис. 7.11 изображены конструкции сварочных кантователей типа универсальных поворотных столов. Свариваемое изделие закрепляется на планшайбе стола и может быть вместе с ней повернуто в любое положение благодаря вращению стола и возможности наклона его оси. *Сварочной установкой* обычно называют сочетание сварочного манипулятора или кантователя со специальным дополнительным устройством для перемещения в пространстве самого сварочного автомата. Эти устройства по конструкции напоминают поворотные или велосипедные краны; сварочные аппараты перемещаются по их консолям или закрепляются непосредственно на них самих. Применение сварочной установки позволяет комплексно механизировать процесс сварки.

Контрольные вопросы

1. Какие основные направления автоматизации существуют в литейных цехах?
2. Каковы особенности автоматизации технологических процессов в кузнечно-штамповочных цехах?
3. Какие автоматы, полуавтоматы и другое автоматизированное оборудование применяется при сварке и резке металлов?
4. Для чего применяются манипуляторы в сварочных установках?

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

8.1. Технологические основы металлообработки резанием

Металлорежущие станки предназначены для обработки металла путем снятия стружки. Они обеспечивают изготовление деталей требуемой формы с заданными точностью размеров и шероховатостью поверхности. Обработка может производиться при помощи одного или нескольких инструментов.

В зависимости от способа обработки существуют станки следующих основных групп: токарные, сверлильные, шлифовальные, фрезерные, строгальные.

По степени универсальности и в зависимости от характера производственного процесса различают станки универсальные, специализированные и специальные. Универсальные станки предназначены для обработки деталей широкой номенклатуры и могут выполнять ряд операций. Специализированные станки служат для обработки деталей, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры. Специальные станки предназначены для обработки деталей одного типоразмера.

Выпускаются также многооперационные станки (обрабатывающие центры). Они обеспечивают выполнение большой номенклатуры технологических операций без переоборудования изделий (изменения установочного положения), а также автоматическую смену инструмента. На многооперационных станках могут осуществляться почти все процессы обработки резанием. При одном закреплении сложных корпусных деталей производится обработка всех ее поверхностей, кроме базовой, по которой она закреплена.

Появились также производственные системы, называемые гибкими автоматизированными производствами. Гибкое автоматизированное производство — это группы металлорежущих станков, оснащенных общей системой управления и транспортирования и обеспечивающих технологический цикл серийного выпуска деталей, их контроль и складирование. Современное гибкое автоматизированное производство представляет собой многономенклатурную автоматическую линию, укомплектованную станками с ЧПУ и управляемую от ЭВМ.

Для придания детали требуемой формы и размеров в станках производят перемещение режущей кромки инструмента относительно заготовки. Такое перемещение может быть разделено на главное движение, за счет которого происходит резание металла, и на движение подачи, обеспечивающее перемещение инструмента относительно детали. Для наладочных операций, подвода и отвода инструментов, установки и закрепления заготовки станки имеют вспомогательные движения, которые не участвуют в процессе резания и формообразования.

8.2. Автоматизация подачи и закрепления заготовок и инструментов

Подача деталей на станки и закрепление их для выполнения обработки, а также закрепление и смена инструмента представляют собой важные составные части процессов, выполняемых в механических цехах. Автоматизация этих работ не только значительно облегчает труд рабочих, но обеспечивает также повышение производительности труда, так как сокращает затраты времени на их выполнение.

По назначению и типу конструкции все механизмы, предназначенные для решения указанных задач, могут быть разделены на группы согласно схеме, представленной на рис. 8.1.

Механизмы для подачи заготовок на станки могут быть разделены на три вида. К первому виду относятся индивидуальные подъемные механизмы, которыми оснащаются отдельные станки. Эти подъемные механизмы могут иметь электрический, пневматический или гидравлический привод и выполняются в виде поворотных консольных кранов, индивидуальных подъемных платформ, специальных подъемников с призмами, устанавливаемых между направляющими внутри станины токарных и других станков, и т. п.

К устройствам для перемещения заготовок и полуфабрикатов и для установки их на станок относятся также «механические руки». Они применяются как для отдельных станков, так и для автоматических линий, состоящих из металлообрабатывающих станков и прессов для холодной штамповки.

В крупносерийном и массовом производстве, когда условия работы каждого станка постоянны или изменяются редко и закономерно, большим распространением пользуются механизмы других типов.

Конструкции некоторых станков (револьверных станков, токарно-револьверных автоматов, автоматов продольного точения и др.) позволяют изготавливать детали из прямых или свернутых в мотки (бухты) прутков. Подача прутковых заготовок осуществ-



Рис. 8.1. Классификация механизмов для подачи и закрепления заготовок и инструмента

ляется периодическим перемещением прутка вдоль оси полого шпинделя станка. Готовая деталь, изготовленная из консольно-выступающей части прутка, в конце обработки отрезается и падает; после этого зажимное устройство разжимается и пруток подается вдоль своей оси на необходимую величину.

Эти механизмы сравнительно просты по своему устройству. Захват подаваемого прутка осуществляется пружинной цангой или клиновым устройством, ограничение длины перемещения обычно выполняется упорами, а привод перемещения подающего механизма может осуществляться кулачковыми или поршневыми устройствами.

Значительно разнообразнее и сложнее конструкции механизмов другого типа — автоматических загрузочно-разгрузочных устройств для штучных заготовок. Подобные устройства широко применяются на разных станках. В состав автоматического загрузочно-разгрузочного устройства для штучных заготовок

могут входить механизмы, выполняющие специфические функции:

- накопители для хранения запаса заготовок и ориентации их перед выдачей;
- механизмы поштучной выдачи (отделители, отсекатели), предназначенные для выдачи из накопителя заготовок по одной или иному требуемому количеству;
- автооператоры или питатели (загрузатели, разгрузатели) для переноса заготовки от механизма поштучной выдачи к зажимному устройству станка или для снятия готовой детали из рабочей зоны станка и передачи ее на лоток или в тару.

8.3. Механизация установочных и размерных перемещений рабочих органов станков

Значительная доля времени, расходуемого на обработку деталей, затрачивается на перемещение рабочих органов станков в положения, которые они должны иметь при переходе к выполнению следующего прохода. Различают две группы перемещений: установочные, или холостые, и размерные (рис. 8.2). К первой группе относятся перемещения рабочих органов на более или менее значительные расстояния, что не требует высокой точности исполнения. Целесообразность механизации установочных перемещений определяется необходимостью сокращения затрат времени и физических усилий. Ко второй группе относятся перемещения рабочих органов на небольшие расстояния при относительно высокой точности установки рабочего органа.

В механизмах для осуществления установочных перемещений рабочих органов станков используются различные типы приводов: электромеханический, пневматический, гидравлический и др. Эти устройства в современных станках часто встраиваются в конструкции самих станков и представляют их неотъемлемую часть. Станки старого выпуска оснащаются такими механизмами в процессе их модернизации.

На токарных станках средних и крупных размеров устройствами для механизации установочных перемещений снабжаются не только суппорты, но и задние бабки, а на особо крупных станках — пиноли задних бабок. На фрезерных станках подобные устройства используются для механизации установочных перемещений стола, а на сверлильных — для механизации перемещений траверсы или головки радиально-сверлильного станка и т.д.

Рабочие органы станков, совершающие только установочные перемещения и остающиеся неподвижными в процессе обра-



Рис. 8.2. Классификация механизмов для установочных и размерных перемещений рабочих органов станков

ботки деталей, следует по окончании выполнения перемещения закреплять на базовых деталях станков с помощью специальных зажимных устройств. Только при условии надежного зажима деталей станок в целом приобретет жесткость, достаточную для производительных работ при современных режимах резания. В ряде станков подобные зажимные устройства имеют ручной привод. В этом случае для осуществления требуемого зажима рабочему требуется затратить много сил и времени, поэтому механизация зажимных устройств целесообразна и эффективна. Для зажимных механизмов можно использовать любой вид при-

вода. С целью повышения безопасности работы зажимные механизмы конструируют таким образом, что зажим осуществляется постоянно действующими сильными пружинами, а разжим — пневматическим, гидравлическим или иным приводом. По характеру управления работой зажимных механизмов различаются механизмы, заблокированные с механизмами привода установочных перемещений.

8.4. Автоматизация токарных работ

В условиях мелкосерийного производства и единичных типов производства наибольшее применение в металлообработке получили универсальные токарные станки. По данным Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС), из общего парка универсальных станков 28 % составляют токарные. Производительность токарных станков сравнительно невелика. Это объясняется непроизводительными затратами на частые перестройки, а также наличием большого числа немеханизированных рабочих приемов.

Как известно, время, необходимое для выполнения операции, определяется штучным временем $T_{шт}$.

В состав штучного времени входят:

1) основное время T_o , в течение которого происходит резание, т. е. изменение формы и размеров детали; на токарном оно может быть машинным, машинно-ручным (при ручной подаче) и ручным;

2) вспомогательное время $T_{всп}$, затрачиваемое на установку и снятие детали, смену инструмента, требующуюся для обработки каждой детали, управление станком и измерение (контроль) обработанной детали;

3) время технического обслуживания рабочего места $T_{т.о.}$, затрачиваемое на замену затупившегося инструмента, подналадку станка, сбор стружки;

4) время организационного обслуживания рабочего места $T_{о.о.}$, затрачиваемое на раскладку и уборку инструмента, смазку и уборку станка.

Кроме того, на запускаемую в производство партию деталей нормируется подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$, необходимое для изучения чертежа детали и технологической карты, получения и сдачи инструмента и наладки станка для новой операции.

По результатам обследования ЭНИМС ряда заводов с единичным и мелкосерийным типами производства, общий фонд времени работы для универсальных токарно-винторезных станков распределяется следующим образом (%):

Основное время	26
Вспомогательное время	24
Подготовительно-заключительное время	16
Время технического обслуживания рабочего места	5
Время, затрачиваемое на организационно-технические мероприятия	29
Итого	100

Внедрение скоростного резания, основанного на широком использовании твердосплавного инструмента, позволило уменьшить затраты времени на резание; оно составляет только около $\frac{1}{4}$ всего фонда времени станка. Основные резервы повышения производительности труда, как видно из приведенных данных, заключаются теперь не столько в дальнейшем повышении скорости резания, что в условиях отсутствия автоматики управления вызывает увеличение напряженности и утомляемости рабочего, сколько в улучшении организации труда.

Рассмотрим некоторые примеры механизации и автоматизации различных работ, способствующие повышению производительности труда при токарной обработке. Автоматизация загрузки (питания) токарных станков облегчает работу токаря, одновременно сокращая время на установку и закрепление деталей.

Применяемые загрузочные устройства зависят от геометрической формы, размеров и массы заготовок. Например, для изготовления деталей из прутка можно пропустить его через полый шпиндель станка, применив устройство автоматической подачи прутка в зону обработки. Как упоминалось выше, большое распространение получили устройства для штучных заготовок. При изготовлении деталей крупными партиями для подачи заготовок на линию центров токарных станков из лотка накопителя может быть использован автооператор (питатель).

Механизация работы на токарных станках широко применяется при закреплении заготовок с использованием механических, пневматических, гидравлических и других приводов.

8.5. Автоматизация фрезерных и зубофрезерных работ

Основные направления автоматизации фрезерных работ. Фрезерование — один из основных видов механической обработки. Автоматизация установочных перемещений при фрезеровании уменьшает или полностью сокращает ручной труд, связанный с загрузкой, установкой, зажимом заготовок, освобождением и снятием обработанных деталей.

Автоматизация цикла обработки на фрезерных станках ускоряет выполнение технологического процесса, повышает точность обработки деталей.

Автоматизация обработки фасонных поверхностей осуществляется с помощью копировальных устройств со следящим приводом.

Применение станков с цифровой системой программного управления дает возможность быстро переналаживать станок при переходе от обработки одного вида деталей к обработке другого вида деталей. При этом детали обрабатываются с заданной точностью без непосредственного вмешательства рабочего.

Автоматизация цикла обработки на фрезерном станке в сочетании с оснащением его устройствами для автоматической загрузки, зажима и съема обработанных деталей превращают фрезерный станок в полный автомат.

Уровень и характер автоматизации фрезерных станков зависит от типа производства и особенностей эксплуатации станков в условиях различного типа производства.

В единичном и мелкосерийном производствах разнообразие изготавливаемых на одном станке деталей велико, поэтому универсальные станки должны оснащаться устройствами для быстрых холостых перемещений стола с целью подвода и отвода заготовки к фрезе, а также универсальными быстродействующими зажимными приспособлениями применительно к условиям групповой обработки.

При крупносерийном и массовом производствах широкое распространение получили не только фрезерные полуавтоматы, но и полные автоматы, в которых все движения рабочего цикла автоматизированы и дополнительно установлено устройство для автоматической загрузки, закрепления и съема обработанных деталей.

На современных фрезерных станках стол станка может осуществлять рабочие и холостые быстрые перемещения в трех направлениях; его тоже можно настраивать на автоматическое движение по замкнутому маятниковому или скачкообразному циклам. Для этой цели в боковых пазах стола в определенной последовательности устанавливаются упоры и кулачки, которые управляют перемещениями стола в соответствии с расположением обрабатываемых поверхностей деталей.

Дальнейшей ступенью повышения степени автоматизации фрезерных станков является оснащение их копировальными устройствами. Автоматическое управление движениями стола копировально-фрезерного станка производится следящей системой, которая обеспечивает движение режущего инструмента по траектории, соответствующей траектории движения шупа по отношению к копиру или шаблону. Копировально-фрезерные станки предназначены для обработки штампов, пресс-форм и других деталей, имеющих сложную форму.

Автоматизация циклов обработки на фрезерных станках. Применение устройств, автоматизирующих процесс обработки

на фрезерных станках, приводит к значительному сокращению вспомогательного времени и способствует внедрению скоростных режимов фрезерования.

Автоматический цикл представляет собой сочетание в необходимой последовательности различных движений рабочих органов станка для выполнения требуемой операции механической обработки. Различные автоматические циклы состоят из комбинаций следующих типов движений: быстрый ход стола вперед или назад и рабочая подача стола в одну или другую сторону.

Заготовки устанавливаются по обе стороны стола, и каждая из них обрабатывается своей фрезой с разными направлениями зубьев и разными направлениями резания. Переставные кулачки обеспечивают необходимую последовательность движений и длину хода стола при маятниковом цикле, а также изменение в требуемые моменты времени направления вращения шпинделя станка.

8.6. Автоматизация шлифовальных работ

С развитием машиностроения увеличивается объем работ, выполняемых на станках с применением абразивного инструмента. Это объясняется повышением технических требований к машинам, в том числе к точности выполнения размеров и формы деталей, к шероховатости поверхности.

Процесс обработки на шлифовальных станках состоит из следующих элементов: установка и закрепление заготовки, пуск станка, правка шлифовального круга, подвод круга к изделию, собственно процесс шлифования, отвод круга, остановка станка, контроль обрабатываемой детали, снятие готовой детали.

Основными направлениями механизации и автоматизации шлифовальных работ являются:

- применение механизмов, облегчающих труд шлифовщика при установке тяжелых деталей и шлифовальных кругов;
- механизация балансировки шлифовальных кругов;
- применение быстродействующих приспособлений для установки и закрепления деталей на станках;
- механизация и автоматизация управления рабочими органами станка;
- автоматизация загрузки деталей и их удаления по достижении необходимых размеров;
- автоматизация правки шлифовального круга через определенные промежутки времени;
- автоматизация компенсации износа круга при изменении его размера вследствие выкрашивания режущих зерен и правки;

- применение приборов активного контроля для измерения деталей и подналадки станка.

Степень механизации и автоматизации зависит от типа производства. В мелкосерийном и серийном производствах применение автоматизированного оборудования затруднено вследствие сложности его переналадки. В этих условиях для шлифовальных работ используют главным образом универсальные и полуавтоматические быстроперенастраиваемые станки. В массовом производстве широко применяются высокопроизводительное автоматизированное шлифовальное оборудование, загрузочные и транспортные средства.

Механизация и автоматизация шлифовальных работ достигаются применением механических, гидравлических, пневматических и электрических устройств, механизмов и приборов.

Механизация и автоматизация установки и закрепления деталей на станках. Для сокращения времени на установку и снятие деталей на круглошлифовальных станках применяют механизм быстрого отвода пиноли задней бабки с гидравлическим или пневматическим приводом, а также быстродействующие поводковые устройства. К этим устройствам относятся самозажимные хомутики и поводковые патроны с радиально расположенными подпружиненными зажимными кулачками вместо хомутиков. Одним из положительных качеств такого патрона является автоматическое выталкивание детали из патрона после отвода заднего центра с одновременной установкой кулачков в исходное положение.

В крупносерийном и массовом производствах шлифовальные станки превращаются в автоматы при оснащении их автоматическими загрузочными устройствами. Примером могут служить бесцентрошлифовальные станки с магазином или бункерной загрузкой. Загрузочные устройства несложны и легко встраиваются в систему станка.

Схема работы загрузочного устройства к бесцентрово-шлифовальному станку показана на рис. 8.3. Шибер 4 периодически выдает детали из чаши бункера 2 на конвейер 1, который перемещает их в рабочую зону шлифовальных кругов 3. Подъем и опускание шибера в вертикальной плоскости осуществляются гидравлическим приводом 5.

Автоматизация контроля и подналадки. В процессе шлифования наиболее широко внедрен активный контроль деталей.

Активный контроль, в отличие от обычного, пассивного, осуществляется в процессе обработки детали или сразу после него прибором, органически связанным со станком. Контрольные устройства на шлифовальных станках по результатам измерения подают команды исполнительным механизмам управления, которые поднастраивают его с учетом компенсации износа шлифо-

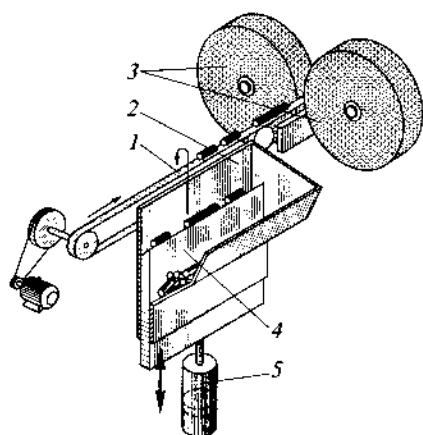


Рис. 8.3. Схема работы загрузочно-шлифовального устройства к бесцентрово-шлифовальному станку:

1 — конвейер; 2 — чаша бункера; 3 — шлифовальные круги; 4 — шибер; 5 — гидравлический привод

вального круга и выключают по окончании процесса шлифования.

Устройства активного контроля, воздействуя на технологический процесс, предупреждают появление деталей с неправильными размерами и, таким образом, являются сред-

ствами для предупреждения брака.

Устройства активного контроля в процессе шлифования могут быть использованы на отдельных автоматизированных станках, на таких станках, которые встроены в автоматические поточные линии, а также на неавтоматизированных универсальных станках. В последнем случае управление станком в соответствии с показаниями прибора выполняется рабочим.

По воздействию на технологический процесс устройства активного контроля можно подразделить на две группы: приборы для контроля деталей в процессе их шлифования и подналадчики.

Приборы первой группы измеряют деталь постоянно в процессе ее обработки и подают сигналы в цепь управления на изменение режима шлифования или выключение станка. Приборы второй группы — подналадчики — контролируют деталь на станке в процессе

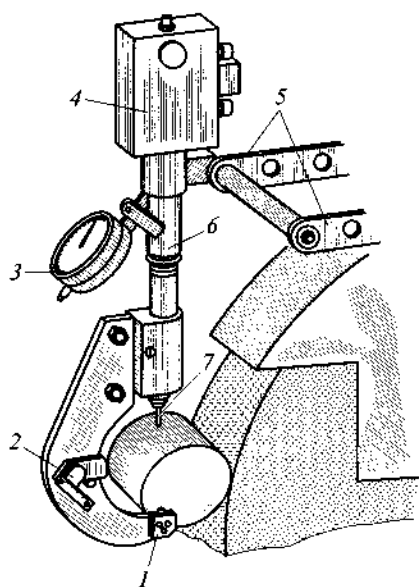


Рис. 8.4. Трехконтактная скоба с размерным датчиком:

1, 2 — наконечники; 3 — стержень индикатора; 4 — контакты датчика; 5 — кронштейны; 6 — корпус; 7 — подвижный наконечник

ее обработки или непосредственно после обработки и автоматически изменяют положение шлифовального круга, тем самым корректируя размеры последующих деталей.

В большинстве устройств автоматического контроля измерительный наконечник прибора находится в постоянном контакте с поверхностью обрабатываемой детали, непосредственно контролируя ее размер.

Для измерения гладких наружных поверхностей деталей часто применяется трехконтактная скоба с размерным датчиком (рис. 8.4). Наконечники 1 и 2 этой скобы являются опорными, а подвижный наконечник 7 связан с измерительным штоком прибора и прижимается к поверхности шлифуемой детали пружиной, которая находится в корпусе 6.

По мере уменьшения диаметра детали измерительный шток опускается, воздействуя своим верхним концом на стержень индикатора 3. При достижении заданного размера замыкаются контакты датчика 4 и в сеть автоматического управления станка поступает электрический сигнал. Этот сигнал воздействует на электромагнит, который выключает станок или переключает его на другой режим работы. В корпусе датчика помещены две лампочки — красного и зеленого цвета — для световой сигнализации. Все устройство подвешивается к станку с помощью кронш-

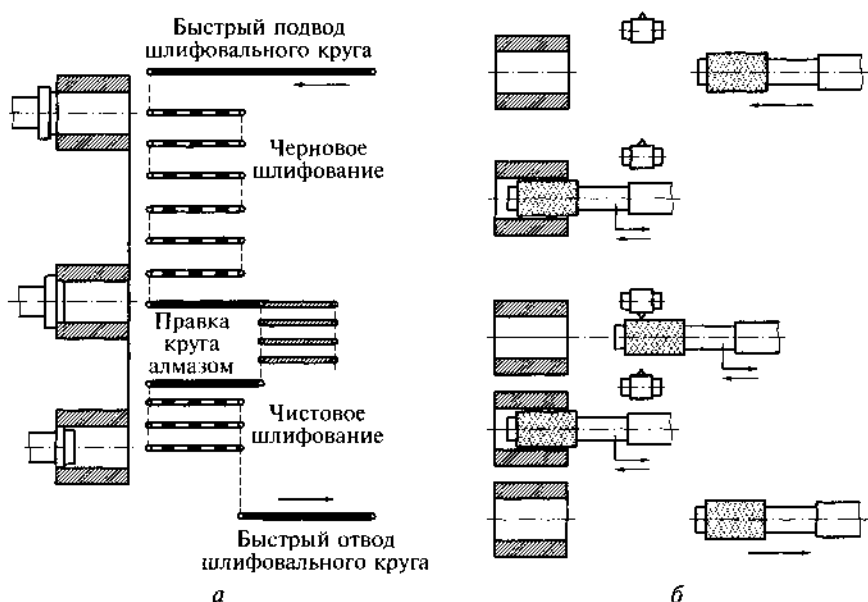


Рис. 8.5. Схема автоматического цикла шлифования отверстия:

а — положение калибров; б — положение шлифовального круга

тейнов 5. Прибор избавляет рабочего от многократных остановок станка для проверки размеров детали и позволяет применять многостаночное обслуживание.

Автоматизация цикла шлифования. При работе шлифовальных станков по автоматическому циклу (рис. 8.5) получили распространение устройства с жесткими калибрами. Они применяются для контроля сквозных цилиндрических отверстий (для контроля глухих и конических отверстий они не пригодны). Такое устройство имеет ступенчатый калибр-пробку, одна ступень которого соответствует размеру начерно отшлифованного отверстия, а другая — окончательному его размеру (рис. 8.5, *а*). Калибр закрепляется на штоке, который проходит внутри шпинделя станка и вместе с ним вращается. Калибр входит в отверстие детали со стороны, противоположной шлифовальному кругу. При каждом выходе круга калибр автоматически подходит к шлифуемому отверстию, стремясь войти в него. Когда отверстие достигает такого размера, что черновой калибр может войти в него, подается сигнал исполнительным механизмом станка на переключения, при которых круг быстро отводится от детали и подводится под алмаз для правки (рис. 8.5, *б*)

После правки начинается чистовое шлифование с уменьшенной поперечной и продольной подачами круга. В конце чистового шлифования, когда диаметр отверстия увеличивается настолько, что в него смогут войти и черновая, и чистовая ступени калибра, автоматически подается команда органам управления для быстрого отвода шлифовального круга и выключения станка. При остановке станка специальное гидравлическое устройство отводит жесткий калибр от детали.

Поле съема шлифованной детали и установки следующей автоматический цикл повторяется.

Контрольные вопросы

1. В чем суть технологических основ металлообработки резанием?
2. Как осуществляется подача и закрепление заготовок на станках?
3. Чем обеспечивается механизация установочных и размерных перемещений рабочих органов станка?
4. Какими способами осуществляется автоматизация токарных работ?
5. Каковы особенности автоматизации фрезерных и зубофрезерных работ?
6. Каковы основные направления автоматизации шлифовальных работ?
7. Как осуществляется автоматизация цикла шлифования?

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

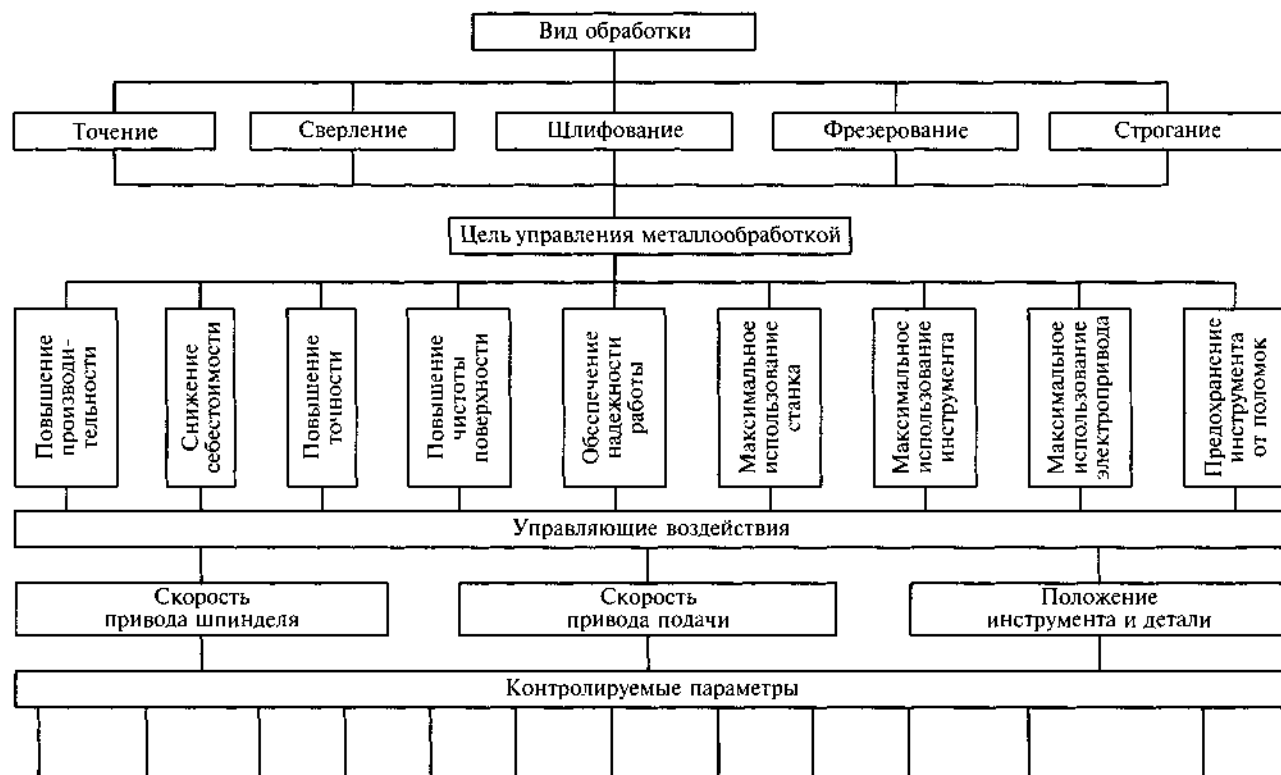
9.1. Функциональные принципы построения АСУ металлообработкой

Возможные пути построения АСУ металлообработкой с учетом информационных признаков и структур управления отражены на рис. 9.1.

К типовым видам обработки на металлорежущих станках относятся точение, сверление, строгание, фрезерование, шлифование.

АСУ металлообработкой обеспечивает автоматизированное управление процессом резания. Целью такого управления может быть повышение производительности обработки, ее точности, снижение себестоимости, повышение чистоты обрабатываемой поверхности, обеспечение надежности работы, максимальное использование технологических возможностей станка, режущего инструмента, электропривода, предохранение инструмента от поломок и др. Показатель качества АСУ определяется одним из перечисленных выше факторов или их совокупностью. При этом к режиму обработки нередко предъявляются противоречивые требования. Как правило, невозможно получить решение, которое бы одновременно удовлетворяло всем требованиям. В этом случае показатель качества устанавливается по компромиссному решению. Достигнуть требуемого показателя качества АСУ можно при помощи изменения управляющих воздействий: скорости привода главного движения, скорости привода подачи, положения инструмента относительно детали. С помощью этих воздействий осуществляется управление процессом обработки.

Текущую информацию о режиме резания и выработку сигналов управления, соответствующих принятому показателю качества, получают с помощью контроля параметров, указанных на рис. 9.1. Для формирования сигналов, пропорциональных этим параметрам, АСУ должна быть снабжена датчиками текущей информации. В зависимости от назначения системы, количества управляющих воздействий и поставленной цели управления число датчиков рабочей информации может быть различным.



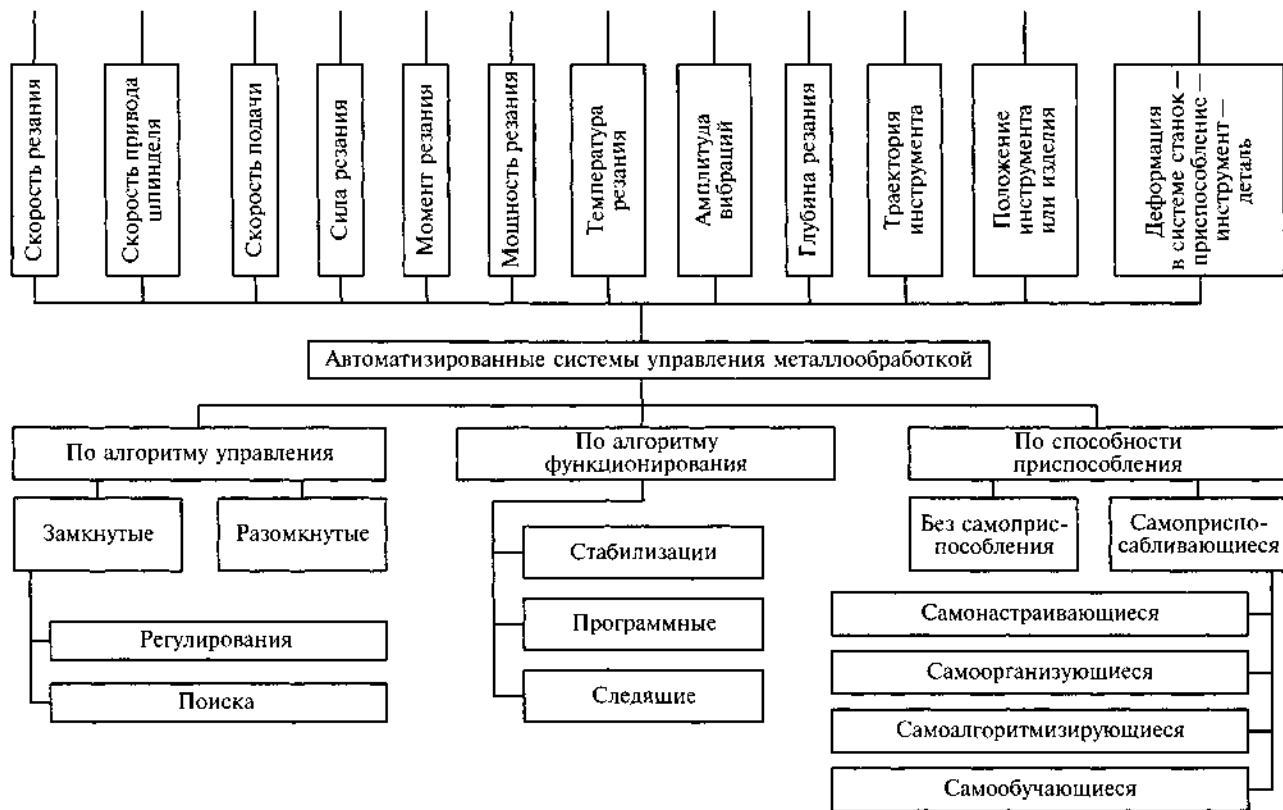


Рис. 9.1. Классификация систем управления металлообработкой

Классификация АСУ металлообработкой базируется на положениях теории автоматического управления и терминологии, установленной ГОСТом. АСУ металлообработкой классифицируется также по алгоритму управления, функционирования, по способности приспособления (адаптации) и другим свойствам. Из представленных на рис. 9.1 самоприспосабливающихся систем управления реализованы пока только самонастраивающиеся системы.

Особенностью АСУ металлообработки являются системы ограничения параметров процесса резания. Эти системы занимают промежуточное положение между АСУ с замкнутой и разомкнутой цепями управления. С их помощью ограничивают контролируемые технологические параметры. Замыкание обратной связи и выработка сигнала управления осуществляются только после превышения контролируемым параметром заданной величины.

АСУ металлообработкой применяются в различных станках, в первую очередь, во фрезерных, шлифовальных, токарных. При этом специфика построения систем во многом определяется процессом стружкообразования.

9.2. Следящие и копировальные системы

Следящие системы относятся к классу автоматических систем с замкнутой цепью. Само название этих устройств говорит об их способности автоматически, без участия человека, следить за каким-либо процессом или за движением какого-либо рабочего органа машины.

Сначала рассмотрим неавтоматическую следящую систему (рис. 9.2). Рабочий, управляя фрезерным станком, внимательно следит за направлением движения режущего инструмента. Изменяя величину поперечной и продольной подач, рабочий направляет фрезу вдоль линии разметки обрабатываемой детали. Система рабочий — станок представляет собой «живую» следящую систему. Задающим элементом в этой системе является линия разметки детали. Рабочий сравнивает две величины: фактическое направление движения режущего инструмента и направление линии разметки. Разность двух направлений фиксируется на сетчатке глаза и направляется в центральную нервную систему.

Центральная нервная система, преобразовав полученный сигнал, посылает его в виде команды в мышцы рук рабочего. В свою очередь, мышцы рук в соответствии с полученным управляющим сигналом изменяют величину поперечной или продольной подачи, приводя всю систему в равновесие.

«Живая» следящая система имеет прямую и обратную связи. Мышцы рук получают управляющие сигналы от центральной нервной системы (прямая связь), а в центральную нервную систему поступают сигналы информации о ходе процесса обработки детали (обратная связь). Таким образом, задача рассмотренной системы — следить за направлением движения фрезы относительно направления линии разметки. Для того чтобы фреза двигалась вдоль линии разметки, необходимо вручную изменять величины поперечной и продольной подачи.

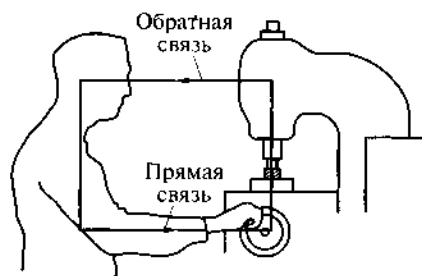


Рис. 9.2. «Живая» следящая система

Автоматические следящие системы нашли большое распространение в самых различных областях народного хозяйства. В металлообрабатывающей промышленности они применяются в металлорежущих копировальных станках при изготовлении деталей сложного профиля: судовых гребных винтов, лопаток газовых и паровых турбин, воздушных винтов самолетов и т. д. В авиации следящие системы автоматически управляют полетом самолета. В астрономии автоматическое устройство телескопа следит за положением небесных тел на небосводе. Ракетные установки со следящей системой в оборонной технике зорко следят за целью.

Следящие системы независимо от назначения и конструкции отдельных элементов имеют общий принцип действия: это системы автоматического регулирования с замкнутым контуром, в которых заданные значения регулируемых величин могут изменяться в некоторых пределах произвольным, заранее неизвестным образом.

Основным элементом автоматических устройств со следящей системой является следящий привод. В машиностроении наибольшее распространение получили электрические и гидравлические следящие приводы вращательного и поступательного движений.

Примером электрической следящей системы вращательного движения является система дистанционной передачи угла с помощью сельсинной связи. В этой системе ротор сельсина-датчика в точности воспроизводит заданный угол поворота.

Схема устройства с гидравлическим следящим приводом поступательного движения показана на рис. 9.3. Масло из резервуара 8 подается насосом 7 к золотнику 4, который направляет поток масла в одну из полостей гидроцилиндра 2. Поршень со

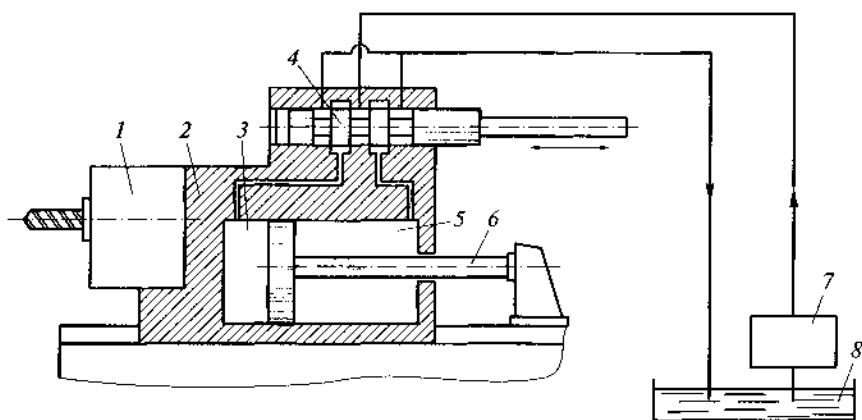


Рис. 9.3. Схема гидравлической следящей системы поступательного движения:

1 — механизм, несущий режущий инструмент; 2 — гидроцилиндр; 3 — левая часть гидроцилиндра; 4 — золотник; 5 — правая часть гидроцилиндра; 6 — шток поршня; 7 — насос; 8 — резервуар

штоком 6 закреплен неподвижно на станке, поэтому поступательное движение совершает гидроцилиндр вместе с корпусом золотника и жестко связанный с ним механизм 1, несущий режущий инструмент. В этой следящей системе режущий инструмент в точности повторяет движение золотника, которое может изменяться произвольным, заранее неизвестным образом. Если переместить золотник 4 влево на определенную величину, то масло от насоса пройдет через корпус золотника в левую часть 3 гидроцилиндра. Корпус гидроцилиндра вместе с режущим инструментом также переместится влево. Масло из правой части 5 гидроцилиндра через золотник пойдет на слив в бак.

Поступательное движение гидроцилиндра 2 влево будет продолжаться до тех пор, пока корпус золотника снова не займет относительно золотника 4 такое положение, при котором доступ масла в гидроцилиндр закрыт.

Копировальные системы являются следящими системами, в которых требуемый закон изменения регулируемой величины задается с помощью копира.

В зависимости от способов задания подачи в электрических копировальных системах различают копировальные системы непрерывного и прерывистого действий.

В системах непрерывного действия профиль обрабатываемой детали образуется при сочетании двух (реже — трех) движений детали и инструмента. При этом профиль детали получается геометрическим сложением двух взаимно-перпендикулярных

перемещений. Одно из этих движений играет роль ведущего движения, называемого задающей подачей. Направление задающей подачи устанавливается неизменным на время всего процесса обработки. Второе движение носит название следящей, или копировальной, подачи и в процессе обработки детали изменяется и по величине, и по направлению, в зависимости от профиля копира.

На рис. 9.4, *а* показана схема образования направления результирующей подачи. Траектория движения щупа определяется контуром копира. Направление результирующей подачи S_p определяется геометрическим сложением задающей S_z и следящей S_c подач.

В системах прерывистого действия профиль, задаваемый копиром, образуется в результате попеременного включения вертикальной и горизонтальной подач стола. Движение стола получается прерывистым, а траектория движения инструмента — ступенчатой (рис. 9.4, *б*).

Из систем прерывистого действия наибольшее распространение в металлообрабатывающей промышленности получили копировальные системы с электроконтактным датчиком и электромагнитными муфтами.

Обрабатываемая деталь 8 и копир 7 устанавливаются и крепятся на столе фрезерного станка так, чтобы щуп 1 оказался над копиром, а фреза — над заготовкой (рис. 9.5). Под действием пружины 3 щуп опускается вниз, а рычаг замыкает контакт 4 электроконтактного датчика.

При включении через контакт 4 замыкается цепь электромагнитной муфты М2, управляющей вертикальной подачей стола вверх. Стол с копиром 7 поднимается до контакта с щупом 1,

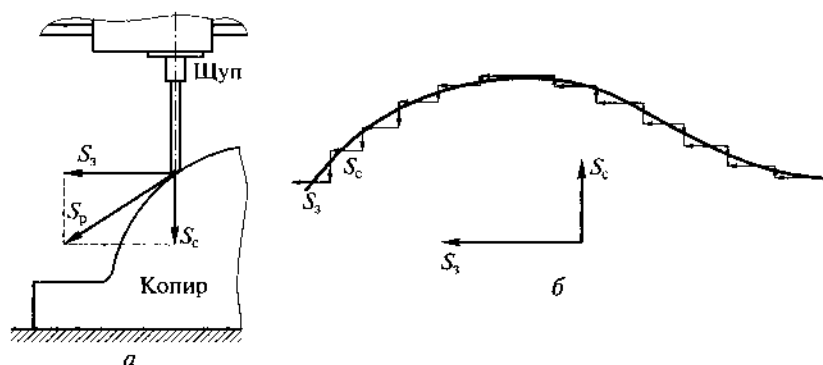


Рис. 9.4. Образование направления результирующей подачи:

а — схема образования результирующей подачи; *б* — ступенчатая траектория движения инструмента

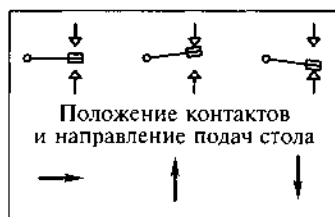
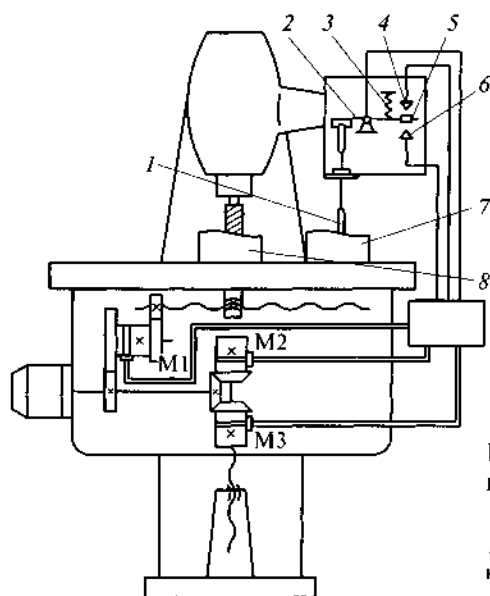


Рис. 9.5. Схема электрокопировального станка с прерывистой следящей системой:

1, 3 — шуп; 2 — рычаг; 4, 5, 6 — контакты; 7 — копир; 8 — обрабатываемая деталь

который, перемещаясь вверх, поворачивает рычаг 2 и включает электромагнитную муфту M2.

В нейтральном положении контакта 5 происходит автоматическое включение продольной подачи через электромагнитную муфту M1. Шуп движется по горизонтальному участку копира. Соответственно фреза обрабатывает прямолинейный участок заготовки 8.

Поднимаясь по восходящему участку копира, шуп замыкает контакт 6. Происходит выключение продольной подачи с одновременным включением вертикальной подачи вниз через электромагнитную муфту M3. Стол опускается вниз. Под действием пружины 3 контакт 5 размыкается. Стол снова получает продольную подачу.

Таким образом, рычаг 2 последовательно замыкает или размыкает контакты 4 и 6, попеременно включая и выключая вертикальную и продольную подачи стола. Электрокопировальное устройство заставляет стол совершать движения, соответствующие контуру копира.

Точность копирования зависит от быстроты срабатывания электромагнитных муфт и расстояния между управляющими контактами. Применяемые в современных моделях станков электроконтактные следящие устройства и электромагнитные муфты срабатывают в течении сотых долей секунды. Это позволяет обрабатывать детали сложной формы с высокой степенью

точности, причем траектория движения фрезы получается почти бесступенчатой.

Принципиальная схема электрокопировальной следящей системы непрерывного действия показана на рис. 9.6.

Электродвигатель 12, равномерно передвигая стол 13, создает задающую подачу S_z . Следящую подачу S_c режущий инструмент получает от электродвигателя 5 через систему шестеренок и ходовой винт 6. Приводом главного рабочего движения является электродвигатель 7, который через шестерни 8 сообщает шпинделю вращательное движение. Основным элементом следящей системы представляет собой измерительное устройство, состоящее из щупа 2, сопротивления 3, контактов *A* и *B*.

При движении щупа на горизонтальном участке копира 1 разность напряжений на контактах *A* и *B* равна нулю. Электродвигатель 5 не работает и фреза 10 обрабатывает деталь по горизонтальному контуру. На восходящем участке копира щуп, поднимаясь, перемещает связанный с ним контакт *A*. На контакте *A* возникает положительное напряжение по отношению к контакту *B*. По цепи, в которой находится усилитель 4, течет ток, управляющий работой электродвигателя.

Электродвигатель через ходовой винт 6 перемещает вверх шпиндельный узел 9 с контактом *B* до тех пор, пока напряже-

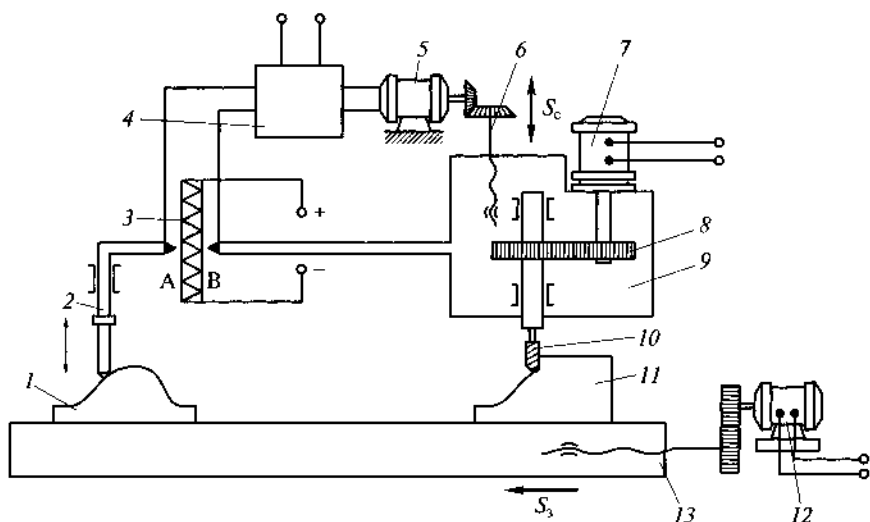


Рис. 9.6. Принципиальная схема следящей системы копировального станка:

1 — копир; 2 — щуп; 3 — сопротивление; 4 — усилитель; 5, 7, 12 — электродвигатель; 6 — ходовой винт; 8 — шестерня; 9 — шпиндельный узел; 10 — фреза; 11 — изделие; 13 — стол

ние между контактами *A* и *B* не станет равно нулю. Но шуп 2 имеет на входящем участке копира постоянное вертикальное перемещение, следовательно, и фреза перемещается вверх.

Режущий инструмент следит за перемещением шупа и воспроизводит его движение, образуя на изделии 11 точную копию профиля копира.

Гидравлические копировальные системы по сравнению с другими системами наиболее компактны и надежны в эксплуатации.

9.3. Системы числового программного управления металлорежущими станками

В металлорежущих станках широкое распространение получило числовое программное управление. Согласно ГОСТ 20523—80 ЧПУ определяется как управление обработкой на станке по управляющей программе, в которой данные записаны в цифровой (числовой) форме. Управляющее устройство в ЧПУ называется устройством ЧПУ, а система, определяемая как совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технологических и программных средств, обеспечивающих ЧПУ, называется системой ЧПУ.

Использование ЧПУ особенно эффективно при мелкосерийном производстве и частой смене номенклатуры обрабатываемых деталей. В этом случае применение традиционных методов автоматизации, характерных для крупносерийного и массового производств, оказывается нецелесообразным, а обработка на универсальных станках, соответствующих единичному производству, требует большой трудоемкости. Системы ЧПУ в станках позволяют повысить производительность и точность обработки, обеспечить гибкость производства, сократить сроки его подготовки и создать высокий технико-экономический эффект. Повышение производительности труда обеспечивается за счет сокращения вспомогательного и машинного времени обработки, автоматизации установочных перемещений, исключения разметочных и измерительных работ. Точность обработки возрастает за счет уменьшения числа установок деталей при обработке, устранения ошибок оператора, возможных при ручной обработке. Применение станков с ЧПУ экономически целесообразно при комплексном оснащении ими участка, цеха, завода, особенно в тех случаях, когда производится сложная и разнообразная обработка, операции по настройке занимают много времени, машинное время мало по сравнению с вспомогательным, обрабатываются сложные детали в условиях мелкосерийного производства, требуется сократить период освоения производства.

Современные системы ЧПУ содержат в своей структуре микроЭВМ и образуют производственные модули (технологические ячейки), автоматизированные участки, автоматические линии и др.

Системы ЧПУ металлорежущими станками классифицируются по различным признакам (рис. 9.7). По виду рабочих движений станка системы ЧПУ могут быть разделены на позиционные, контурные и комбинированные.

Позиционные системы ЧПУ позволяют производить относительное перемещение инструмента и заготовки от одной точки (позиции) к другой. Такое управление используется в сверлильных, расточных и других станках, на которых обработка выполняется после установки инструмента в заданной позиции. Поскольку основной задачей для таких систем является перемещение инструмента (детали) в заданные координаты, их называют также системами координатного управления и управления положением.

Контурные системы ЧПУ позволяют производить обработку криволинейных поверхностей при фрезеровании, точении, шлифовании и других видах металлообработки. В этих системах

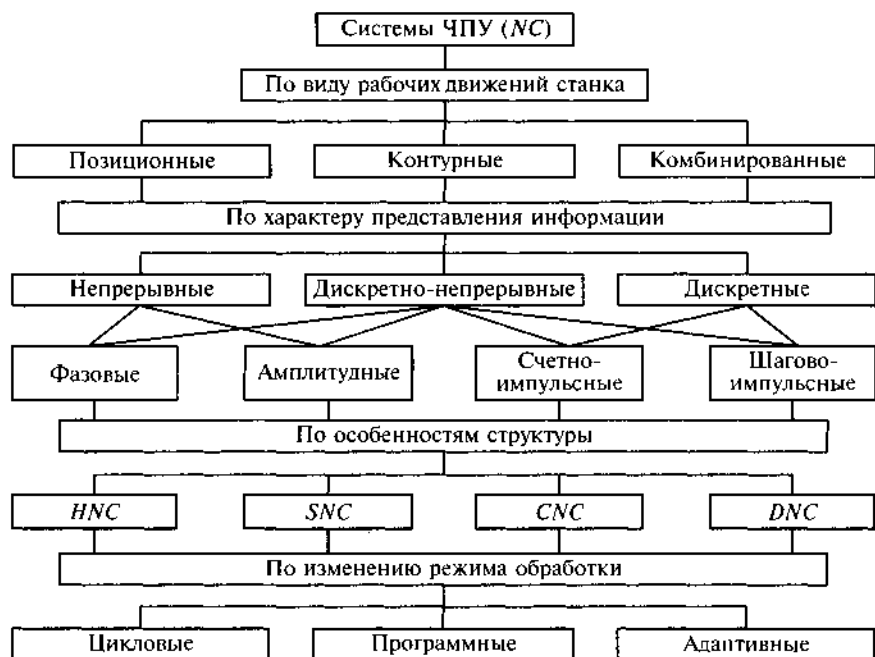


Рис. 9.7. Классификация систем ЧПУ

программируется траектория перемещения режущего инструмента, поэтому их часто называют системами управления движением.

Комбинированные системы ЧПУ представляют собой сочетание позиционных и контурных и называются также универсальными. Они находят применение в многооперационных станках, где требуется позиционно-контурное управление.

При обозначении модели станка с ЧПУ, оснащенного позиционной системой, к ней добавляют индекс «Ф2», оснащенного контурной системой — индекс «Ф3» и комбинированной — индекс «Ф4». Индекс «Ф1» в обозначении модели станка свидетельствует об оснащении станка цифровой индикацией и ручным управлением.

По характеру информации, записанной на программоносителе, различают системы непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные. В непрерывных системах программа записывается непрерывной. Если применяется система с фазовой модуляцией, то программа представляется синусоидальным напряжением, фаза которого пропорциональна программируемым перемещениям; в системах с амплитудной модуляцией перемещениям пропорциональна амплитуда этого напряжения. В дискретных (импульсных) системах информация о перемещениях задается соответствующим числом импульсов. Если механизм перемещения оснащен датчиком импульсов и для учета перемещения используется счетная схема, то систему называют счетно-импульсной. Если исполнительным устройством является шаговый двигатель, то систему называют шагово-импульсной.

В импульсно-фазовых устройствах ЧПУ суммирование импульсов, задаваемых программой, производится в фазовом преобразователе, выходной сигнал которого в виде угла сдвига фазы переменного напряжения пропорционален количеству импульсов программы.

По особенностям структуры системы ЧПУ разбиты на четыре группы, имеющие сокращенное международное обозначение: HNC, SNC, CNC, DNC. Системы HNC (Hand numerical control) представляют собой разновидность систем ЧПУ с ручным заданием программы с пульта управления. Системы SNC (Speicher numerical control) обладают памятью для хранения управляющих программ. Системы CNC (Computer numerical control) содержат в своем составе микроЭВМ для программирования алгоритмов работы и выполнения процесса управления. Системы DNC (Direct numerical control) служат для прямого цифрового управления группой станков, осуществляя хранение программ и их выдачу по запросам станочных систем ЧПУ типов SNC и CNC.

По изменению режимов обработки системы ЧПУ подразделяются на цикловые, программные и адаптивные. Цикловые системы осуществляют движения с повторяющимися циклами. В них применяется кулачковое, аппаратное, микропрограммное и программируемое управления. При кулачковом управлении используют для задания режимов штекерные панели, аппаратное управление осуществляют при помощи релейно-контактной или бесконтактной аппаратуры. Для микропрограммного управления применяют запоминающие устройства микрокоманд, а программируемое управление режимами обработки основано на использовании средств программируемой логики.

В программных системах ЧПУ изменение режимов обработки осуществляется программными средствами с использованием программноносителя или памяти ЭВМ. Применение адаптивного управления позволяет производить автоматическое изменение режима обработки независимо от программы.

Числовое программное управление обеспечивает управление по нескольким координатам, поэтому его широко применяют на многооперационных станках (обрабатывающих центрах) с автоматической сменой инструмента и обрабатываемых деталей.

Среди многооперационных станков наибольшее распространение получили станки для обработки корпусных деталей. С помощью ЧПУ на них осуществляется перемещение заготовки по трем координатным осям, а на станках с поворотным столом осуществляется также и ее вращение. Многооперационные станки снабжены специальными магазинами (до 100 и более), в которых помещается режущий инструмент. Смена инструмента станка производится по команде от системы за 3...5 с.

Для оперативной смены обработанных деталей многооперационные станки оснащают столами-спутниками. При обработке заготовки на столе-спутнике, расположенном на столе станка, на другом столе-спутнике, находящемся на вспомогательном столе, меняют заготовку. Автоматическая смена столов-спутников по командам системы ЧПУ позволяет уменьшить в технологическом цикле время на установку и снятие детали до 30...45 с.

В системах с ЧПУ применяются линейные и круговые интерполяторы, преобразующие информацию, заданную кодом программы, в информацию, представленную в унитарном коде. Важной характеристикой устройств ЧПУ является дискретность задания и отработки перемещений, достигающая 0,001 мм (0,001°).

В настоящее время системами ЧПУ оснащаются практически все виды металлорежущих станков. Технические данные некоторых отечественных и зарубежных систем ЧПУ и области их применения приведены в табл. 9.1.

Технические данные и области применения систем ЧПУ

Наименование системы ЧПУ (страна-разработчик)	Назначение системы	Область применения	Число управляемых координат*	Тип интерполяции	Дискретность задания, мм	Число инструментов	Ускоренная подача, мм/мин
НЗЗ 2М (СССР)	Контурная	Токарные, фрезерные станки, обрабатывающие центры	3	Линейно-круговая	—	100	4800
System 7 (фирма Fanuc, Япония)	То же	Фрезерно-расточные, обрабатывающие центры	4/2	То же	0,001	—	15 000
Nucon 400 (фирма ASSEA, Швеция)	»	То же	4/3	»	0,001	—	15 000
2С 85 (Россия)	Контурно-позиционная	Работотехнические комплексы	8	Линейная и круговая	0,001	99	15 000
2С 42-65 (Россия)	Контурная	Сверлильно-фрезерно-расточные станки	4/3	То же	0,001	99	15 000
2Р 22-31 (Россия)	Контурно-позиционная	Токарные, шлифовальные станки	3/2	»	0,001	1	10 000

Электроника НЦ-31 (Россия)	То же	Токарные станки	2/2	»	0,001	—	—
Размер 2М-5 (Россия)	»	Сверлильно-фрезерные-расточные станки	3/2	»	0,001	—	20 000
Электроника НЦ-80-31 (Россия)	»	Токарные, фрезерные станки, обрабатывающие центры	8/2	»	0,001	—	15 000
2Р 32 (Россия)	Контурная	Токарные, фрезерные станки	3/2	»	0,001	—	15 000

* В числителе указано общее число управляемых координат, а в знаменателе — число координат, которыми можно управлять одновременно.

9.4. Микропроцессоры и мини-ЭВМ в типовых структурах ЧПУ

Широкие возможности для построения устройств ЧПУ открывает применение микропроцессоров и мини-ЭВМ. Алгоритм функционирования станка или группы станков зависит от сложности конфигурации обрабатываемой детали, получения требуемых точности обработки и шероховатости поверхности. Для решения задач обработки деталей простой конфигурации при невысоких требованиях к точности и качеству обработки алгоритм функционирования должен быть достаточно простым. Процессор ЭВМ в этом случае может быть выполнен на базе стандартных блоков, из которых создается управляющее устройство. Оно воспроизводит модель управления станком, допускает параллельное выполнение операций, реализующих несложные функции. Такие управляющие устройства получили название цифровых моделей. Промышленность выпускает такие системы ЧПУ типа Н22, Н33, построенные на микроэлектронных элементах. Они предназначены для управления станками и осуществляют позиционирование, прямоугольное и контурное (в плоскости) управление. Перестройка алгоритмов управления в таких системах невозможна.

Более сложные алгоритмы функционирования требуют переработки большого объема технологической информации, учета многих факторов. Цифровая модель в этом случае существенно усложняется, параллельное выполнение функций управления отдельными операциями затрудняется, а иногда исключается вообще. В связи с этим необходимо управляющее устройство строить по принципу ЭВМ, где операции управления формируются последовательно с помощью центрального арифметического устройства. Усложнение задач управления требует для обработки сложных деталей с высокой точностью применения систем, построенных по принципу цифровой машины. Промышленностью выпускаются такие устройства типа Н55, 2С 85 для управления тремя и более координатами и для движения по сложной траектории (обработка поверхности типа гребных винтов).

Находят применение и гибридные системы, в которых часть операций выполняется аппаратным, а часть — программным способом.

Для специальных станков могут применяться модели с ограничением номенклатуры функций управления; для специализированных станков, обрабатывающих сложные детали с небольшим количеством профилей, применяются устройства, построенные по принципу цифровых машин с небольшой оперативной памятью — системы с аппаратной реализацией функциональных алгоритмов программного управления (АПУ).

Для решения более сложных задач: реализации большой номенклатуры алгоритмов управления, программирования алгоритмов управления, выполнения функций релейно-контакторного управления, самонастройки на оптимальный режим обработки, компенсации кинематических погрешностей станка во время обработки, управления роботами и другими устройствами, обслуживающими станок, — применяются системы ЭВМ с программной реализацией функциональных алгоритмов (ППУ). В этом случае возможно управление группой станков от централизованной ЭВМ.

Применяемые в станках системы ЧПУ принято подразделять на пять уровней (рангов). Четыре ранга охватывают системы управления станками от индивидуальной ЭВМ. Устройством 1-го ранга (рис. 9.8) является станок ЕМ с расположенными на нем приводами, механизмами смены инструмента, датчиками обратных связей. Устройством 2-го ранга является система станочного управления УС по декодированной программе, к которой относятся блоки управления приводами и электроавтоматика станка. Схема типовой системы индивидуального управления 2-го ранга показана на рис. 9.8, а. Устройством 3-го ранга производится отработка кодированной программы при помощи интерполятора DX, получавшего информацию от блока ввода F. Совокупность устройств 2-го и 3-го рангов реализуется с помощью ЧПУ (рис. 9.8, б), обозначаемых также NC. Разновидностью этого устройства являются системы HNC с ручным заданием программы с пульта и системы SNC, имеющие память для хранения всей программы управления. Устройством 4-го ранга является система ЧПУ, обозначаемая также CNC (рис. 9.8, в) и использующая для оперативного хранения и изменения управляющих программ мини-ЭВМ.

Устройство 5-го ранга содержат средние и большие ЭВМ, предназначенные для расчета управляющих программ и осуществляющие управление группой станков.

Управляющие мини-ЭВМ имеют разрядность слов до 32 двоичных разрядов, объем памяти — до 256 Кбайт, реализу-

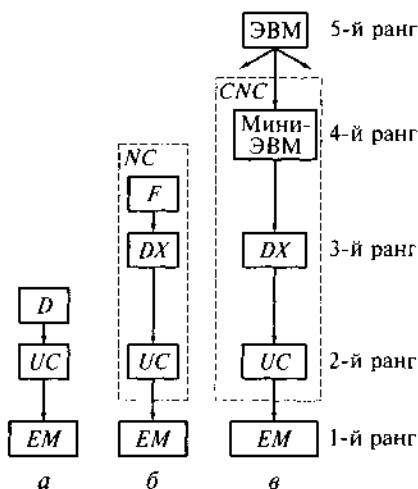


Рис. 9.8. Типовые системы управления от индивидуальных ЭВМ: а — 2-го ранга; б — 3-го ранга; в — 5-го ранга

ют аппаратный принцип умножения-деления и оснащены более чем 100 каналами связи с объектом.

МикроЭВМ отличаются от мини-ЭВМ меньшими разрядностью слова и объемом памяти, реализованы на минимальном числе интегральных схем с большой степенью интеграции и служат для создания автоматических систем управления несложными объектами; устройств связи с мини-ЭВМ, персональными компьютерами (ПК) и др.

Переход от многокристального микропроцессора к однокристальному и, наконец, к микроЭВМ, размещенной на одном кристалле, создает наибольший экономический эффект при реализации упрощенных ЭВМ. Многокристальные микропроцессоры обладают большей функциональной полнотой, вычислительной мощностью и производительностью и наиболее эффективны при построении микро- и мини-ЭВМ для управления более сложными установками и технологическими процессами.

Разработка микропроцессорных комплектов (МПК) на интегральных схемах с большой степенью интеграции позволяет создать универсальный набор интегральных схем с согласованными связями, содержащий один или несколько микропроцессоров, интерфейсов и устройств ввода-вывода.

Функционально микроЭВМ идентична ПК и мини-ЭВМ, однако ее особенностью является применение ограниченного набора интегральных схем с большой степенью интеграции, а также то, что она является частью другой системы управления и конструктивно выполняется на одной-двух платах. Микропроцессор в микроЭВМ выполняет роль центрального решающего и управляющего устройств, он считывает из запоминающего устройства (оперативного — ОЗУ или постоянного — ПЗУ) команды управления, осуществляет их реализацию, при необходимости — временное запоминание, поиск данных, синхронизацию взаимодействия различных устройств. Для запоминания небольшого объема данных вместо ОЗУ и ПЗУ могут быть использованы регистры микропроцессора. Взаимодействие микропроцессора с периферийными устройствами производится при помощи одной-двух шин. Передачу требуемой информации в нужное устройство осуществляет схема сопряжения (рис. 9.9, а), которая координирует работу сопрягаемых устройств во времени и согласует информацию по формату при ее обмене между микропроцессором и периферийными устройствами. В схеме сопряжения (рис. 9.9, б) информация от микропроцессора по шине передается через группы триггеров к периферийным устройствам. Микропроцессор выбирает требуемую группу выходных триггеров по сигналу управления и осуществляет подключение ее к необходимому периферийному устройству. Инфор-

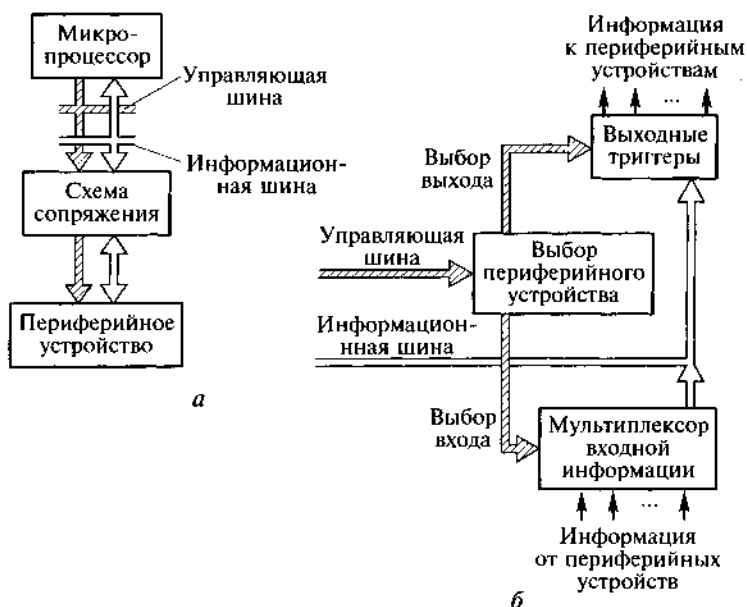


Рис. 9.9. Схемы сопряжения (а, б) между микропроцессором и периферийными устройствами

мация к микропроцессору от периферийных устройств поступает через мультиплексор.

Рассмотрим реализацию некоторых алгоритмов при управлении станками от микроЭВМ и мини-ЭВМ.

Пример. При токарной обработке для получения необходимой чистоты поверхности и повышения стойкости инструмента нужно поддерживать постоянной заданную по программе скорость резания v . При этом угловая скорость двигателя привода шпинделя должна измениться в соответствии со следующим соотношением:

$$\omega = i_p v / 30d,$$

где i_p — передаточное число коробки скоростей; d — обрабатываемый диаметр.

Реализация этого соотношения при управлении с помощью ЭВМ производится устройством, показанным на рис. 9.10, а. Заданная от ЭВМ величина v подается в цифровом виде на вход линейного ЦАП $UZY1$, с выхода которого снимается напряжение $U_d = k_1 v$. Диаметр обработки в цифровом виде (от интерполатора) подается на вход второго линейного ЦАП $UZY2$, в котором преобразуется в напряжение $U_d = k_2 U_\omega d$. Оба напряжения поступают на входы операционного усилителя $A1$, с выхода ко-

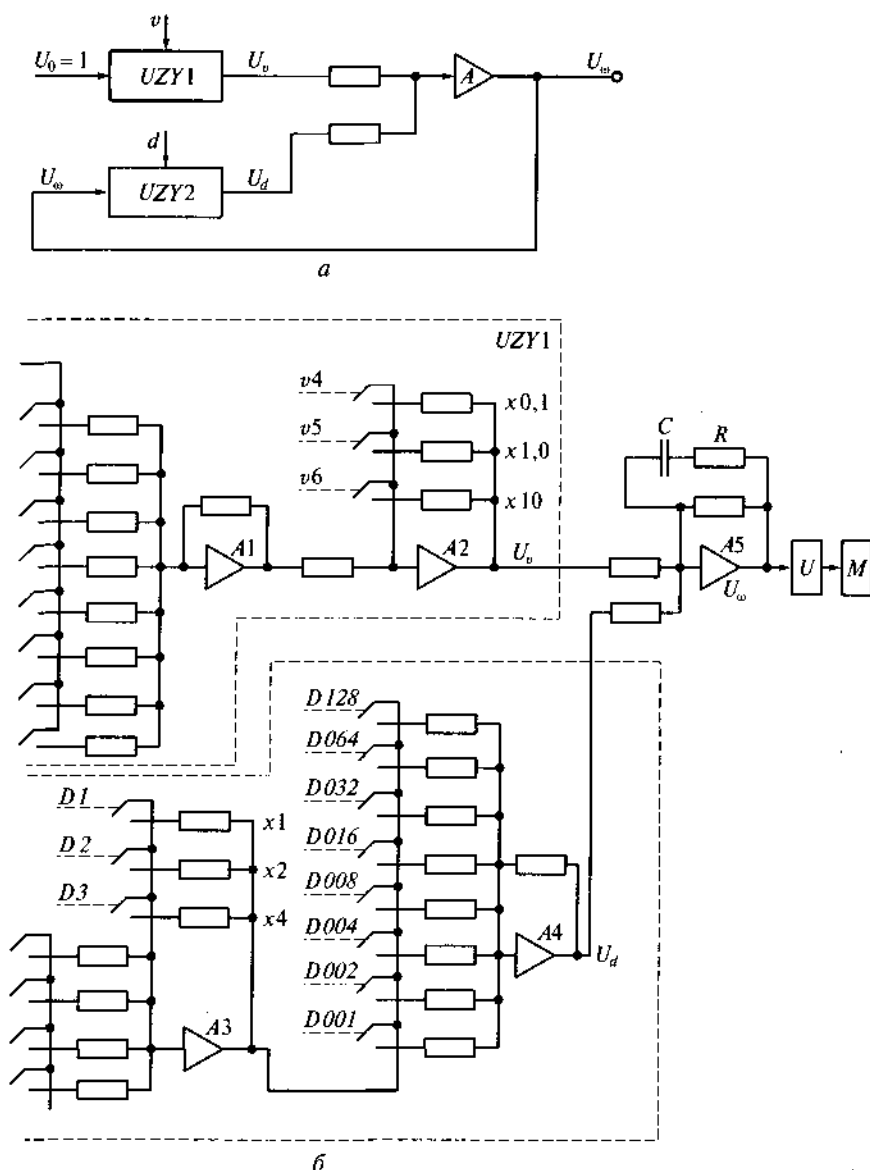


Рис. 9.10. Схемы системы стабилизации скорости резания:
a — функциональная; *б* — принципиальная

торого снимается напряжение U_ω , пропорциональное угловой скорости шпинделя. Это же напряжение подается для преобразования на $UZY2$. Таким образом, $U_\omega = k(U_o - U_d)$, где k — коэффициент усиления усилителя A .

Подставляя значения U_v и U_d , получаем

$$U_{\omega} = k(k_1 v - k_2 U_{\omega} d),$$

откуда

$$U_{\omega} = k k_1 v / (1 + k k_2 U_{\omega} d).$$

При достаточно большом коэффициенте усиления операционного усилителя A ($k = 100 \dots 200$)

$$U_{\omega} = k_1 v / k_2 d.$$

Скорость резания задается от программы трехразрядным числом в двоично-десятичном коде и может иметь значения от 1 до 990 м/мин.

Первая цифра определяет десятичный порядок значения скорости резания, м/мин, выраженного двумя последними цифрами: например, значению $v = 406$ соответствует скорость 0,6 м/мин; $v = 532$ — скорость 32 м/мин; $v = 643$ — скорость 430 м/мин. Погрешность задания из-за дискретности в любом диапазоне не превышает 10 %. Проиллюстрируем реализацию рассмотренного алгоритма аппаратными средствами. Развернутая схема системы стабилизации скорости резания (рис. 9.10, б) построена на пяти операционных усилителях: $UZY1$ скорости резания на усилителях $A1, A2$; $UZY2$ диаметра обработки на усилителях $A3, A4$; выходное устройство выполнено на усилителе $A5$.

Переменный коэффициент усиления усилителя $A1$ зависит от заданной скорости v , значение которой подается в двоично-десятичном коде. Присоединение на вход усилителя различных входных сопротивлений производится бесконтактными ключами, которыми управляют сигналы, выражающие в двоично-десятичном коде значения второй и третьей цифр задания. Вторая ступень $UZY1$ — усилитель $A2$ — служит для задания требуемого десятичного порядка в зависимости от значения первой цифры задания.

На вход усилителя $A3$ приходят четыре сигнала i , соответствующие четырем различным передаточным отношениям коробки скоростей станка. Выходное напряжение этого усилителя служит входным для $UZY2$, который получает информацию в 8-разрядном двоичном коде от интерполятора системы ЧПУ (сигналы $D001 \dots D128$). Цена младшего двоичного разряда 1 мм, что позволяет иметь диапазон диаметров обрабатываемых изделий от 1 до 255 мм. Для расширения этого диапазона подаются сигналы $D1, D2, D3$, выбирающие сопротивления обратной связи усилителя $A3$.

На усилителе $A5$ производится вычитание напряжения U_d , пропорционального диаметру, из напряжения U_v , пропорцио-

нального скорости резания. Сигнал U_{ω} с выхода усилителя $A5$ подается в схему управления тиристорным преобразователем U привода главного движения M . Для обеспечения требуемых динамических характеристик схемы служит RC -цепочка. Устройство позволяет производить стыковку с системами ЧПУ, имеющими на выходе интерполятора не унитарный, а двоичный код. Скорость резания поддерживается с точностью не ниже $\pm 4\%$.

Контрольные вопросы

1. Каковы функциональные принципы построения АСУ металлообработкой?
2. Как работают следящие и копировальные системы?
3. По каким принципам функционируют электрокопировальные следящие системы?
4. В чем сущность систем числового программного управления станками?
5. Каковы области применения различных систем ЧПУ?
6. Какие основные характеристики используются при выборе систем ЧПУ?
7. Каким образом используются микропроцессоры и мини-ЭВМ в типовых структурах ЧПУ?

АВТОМАТЫ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ**10.1. Основные определения**

Машина. *Машиной* называется сочетание механизмов или устройств, осуществляющих определенные целесообразные действия для преобразования энергии или информации, а также для производства полезной работы.

Согласно этому определению можно выделить три основных класса машин: *м а ш и н ы - д в и г а т е л и*, преобразующие один вид энергии в другой (электродвигатели, генераторы, турбины, двигатели внутреннего сгорания и т.д.); *в ы ч и с л и т е л ь н ы е м а ш и н ы*, служащие для преобразования информации (цифровые и аналоговые вычислительные машины), и *м а ш и н ы - о р у д и я*, или *рабочие машины*, служащие для преобразования энергии в конкретную работу для «обработки» данного продукта. С помощью рабочих машин производится изменение формы, свойств, положения и состояния объектов труда. Всякая развитая рабочая машина состоит из двигательного, передаточного и исполнительного механизмов.

Важнейшим в любой машине является исполнительный механизм, состав которого определяет и технологические возможности, и степень универсальности, и наименование машины (токарный станок, установка очистки материалов, холодновысадочный пресс, печатная машина и т.д.).

В любой машине процесс обработки совершается без участия человека, рабочими орудиями в процессе обработки управляет сама машина.

Рабочий цикл. Большинству рабочих машин свойственна цикличность в работе, т.е. периодическая повторяемость отдельных действий и движений, связанная с выпуском дискретной продукции. Наблюдая за работой таких машин, можно заметить чередование рабочих движений исполнительных механизмов, производящих обработку, и вспомогательных движений, не связанных непосредственно с технологическим воздействием, но подготавливающих условия для него.

Так, после пуска машины сначала осуществляются вспомогательные движения: подача и зажим заготовки, включение,

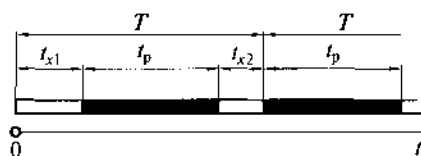


Рис. 10.1. Составляющие рабочего цикла машины

подвод инструментов длительностью t_{x1} (рис. 10.1). Затем происходит обработка длительностью t_p , после чего вновь следуют вспомогательные движения длительностью t_{x2} : отвод инструмента, разжим, выключение, снятие обработанного изделия и т.д.

Если машина функционирует нормально (не произошел отказ в работе), за этим снова следуют подача другой заготовки, ее зажим и т.д.

При этом одни и те же операции повторяются, как правило, через одинаковый интервал времени T , который называется *рабочим циклом*.

Таким образом, рабочий цикл — это интервал времени между двумя одноименными операциями при бесперебойной работе машины, двумя срабатываниями ее основных рабочих механизмов.

Рабочий цикл машины складывается из длительности рабочих и холостых ходов:

$$T = t_p + t_{x1} + t_{x2} = t_p + t_x,$$

где t_p — время рабочих ходов, t_x — время холостых ходов.

Рабочими ходами называют такие движения, благодаря которым производится непосредственное технологическое воздействие на обрабатываемый материал (обработка, контроль, сборка).

Холостыми ходами называются вспомогательные движения, которые служат для подготовки условий, необходимых для обработки (подача заготовок, их зажим, подвод инструментов и т.д.). Некоторые рабочие и холостые ходы могут совмещаться во времени между собой.

За время рабочего цикла машина обычно выдает одно изделие или порцию изделий, т.е. каждый механизм за время цикла при обработке одного изделия, как правило, срабатывает один раз. Графически взаимная координация и последовательность выполнения всех элементов рабочего цикла иллюстрируются циклограммами.

Основным и достаточным условием для рабочей машины является самостоятельное выполнение рабочих ходов, а следовательно, наличие механизмов рабочих ходов.

Если машина, кроме того, производит самостоятельно и холостые ходы, а также управление последовательностью отдельных движений, она представляет собой автоматическую рабочую машину.

Автомат. *Автоматом* называется самоуправляющаяся рабочая машина, которая при осуществлении технологического процесса самостоятельно производит все рабочие и холостые ходы рабочего цикла и нуждается лишь в контроле и наладке.

Таким образом, конструктивным признаком автомата является наличие полного комплекта механизмов рабочих и холостых ходов, осуществляющих все движения рабочего цикла, и механизмов управления, координирующих их работу.

Механизмы рабочих и холостых ходов, выполняющие отдельные элементы рабочего цикла, называются *целевыми механизмами*.

Схема классификации механизмов автомата приведена на рис. 10.2. Как и всякая рабочая машина, автомат имеет двигательный, исполнительный и передаточный механизмы. Однако если неавтоматизированная машина имеет только механизмы рабочих ходов, исполнительный механизм автомата включает в себя механизмы холостых ходов и управления, число и наименование которых в каждом конкретном случае определяются технологическим назначением, принципом действия, типом системы управления и т.д.

Так, для токарно-револьверного автомата представленная на рис. 10.2 схема реализуется следующим образом: 1 — револьверный суппорт; 2 — передний поперечный суппорт; 3 — задний поперечный суппорт; 4 — механизм подачи прутка; 5 — механизм зажима; 6 — механизм реверса шпинделя; 7 — механизм поворота револьверной головки; 8 — механизм быстрого подвода и отвода револьверной головки; 9 — распределительный вал; 10 — вспомогательный вал.

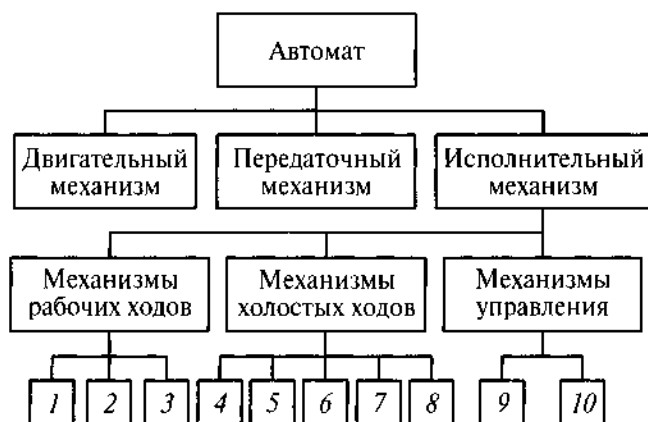


Рис. 10.2. Структурная схема механизмов автомата

Для многопозиционного агрегатного станка-автомата исполнительный механизм согласно схеме, представленной на рис. 10.2, включает в себя следующие механизмы: 1 — сверлильная силовая головка; 2 — фрезерная силовая головка; 3 — резьбонарезная силовая головка; 4 — механизм загрузки; 5 — механизм зажима изделий в приспособлении; 6 — механизм поворота стола; 7 — механизм фиксации стола; 8 — установочный силовой стол; 9 — гидروпанель управления циклом силовой головки; 10 — система управления циклом станка. Машины вакуумной обработки (откачки электровакуумных приборов) имеют следующие механизмы: 1 — вакуумные насосы; 2 — механизм прогрева прибора для обезгаживания; 3 — механизм отпая прибора; 4 — механизм установки и ориентации приборов в патроне; 5 — механизм зажима; 6 — механизм поворота стола; 7 — механизм фиксации стола; 8 — механизм удаления остатка штенгеля; 9 — распределительный вал; 10 — механизм контроля герметичности откачиваемых приборов.

Степень автоматизации машины можно повысить путем введения автоматических механизмов и устройств для регулирования и стабилизации процессов обработки, контроля качества изделий, замены и подналадки инструмента, уборки отходов и т.д. Если работа этих механизмов не связана непосредственно с рабочим циклом автомата, их называют *внецикловыми механизмами*.

Полуавтомат. Если в комплексе целевых механизмов автомата (см. рис. 10.2) отсутствует один из основных его механизмов и этот элемент рабочего цикла выполняется вручную или с помощью средств механизации, то это есть полуавтоматическая рабочая машина. *Полуавтоматом* называется машина, работающая с автоматическим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Такими неавтоматизируемыми операциями являются чаще всего загрузка заготовок и съем обработанных изделий, реже — ориентация изделий и их зажим.

К полуавтоматам относятся зуборезные станки (зубодолбежные, зубофрезерные, зубострогальные). В них рабочий производит вручную загрузку и закрепление заготовок в шпинделе, после чего нажатием кнопки включает автоматический цикл. Инструменты подходят к изделию и производят полный цикл нарезания всех зубьев при соответствующей координации всех рабочих движений; после обработки инструменты и механизмы отводят в исходное положение и станок самовыключается. При этом снимают готовую шестерню, закрепляют новую заготовку и цикл повторяется.

Одним из важнейших определяющих признаков современных автоматов и полуавтоматов является тип системы управления, которая реализует заданную программу работы, координи-

рует работу всех механизмов и устройств машины в течение рабочего цикла и выполняет ряд дополнительных функций.

Исторически первыми развитыми были системы управления на механической основе, где программносителем является распределительный вал с кулачками, число которых соответствует количеству управляемых механизмов. Профиль каждого кулачка обеспечивает нужную скорость, фазу перемещений управляемого механизма; жесткое крепление кулачков на едином валу обеспечивает взаимную координацию действий рабочих органов.

Потребность в автоматизации обработки изделий со сложной конфигурацией (плоских и объемных) вызвала появление копируемых систем управления, в которых программноносителями являются уже не кулачки, а копиры, профиль которых полностью соответствует профилю обрабатываемых изделий. Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие копируемые системы (электрокопируемые, гидроконируемые, фотокопируемые).

Во многих автоматах и полуавтоматах, а также автоматических линиях, особенно с гидравлическим и пневматическим приводами подачи целевых механизмов, применяется система управления, где программноносителями являются упоры, расстановка которых определяет величину перемещений рабочих органов, переключение на различные режимы работы и т.д. Передача и преобразование сигналов, поступающих от упоров, производится электрическим путем, через электросхему управления станком или линией. В последнее время появляется тенденция передачи этих функций непосредственно ЭВМ; при этом упоры остаются лишь как путевые датчики, сигнализирующие о выполнении тех или иных рабочих или холостых перемещений.

Технически наиболее современными являются системы программного управления, в которых программа работы автомата задается как система цифр, которые кодируются на магнитной ленте, перфоленте, а также может задаваться непосредственно на панели управления. Такие системы обладают высокой мобильностью и рядом других преимуществ; на их базе создаются автоматы самого различного назначения.

Принципы программного управления, отработанные применительно к отдельным полуавтоматам и автоматам, все шире начинают применяться и при создании автоматических систем машин — автоматических линий, участков, цехов.

Автоматическая линия. *Автоматической линией* называется автоматически действующая система машин, расположенных в технологической последовательности и объединенных общими средствами транспортировки, управления, накопления заделов, удаления отходов и др.

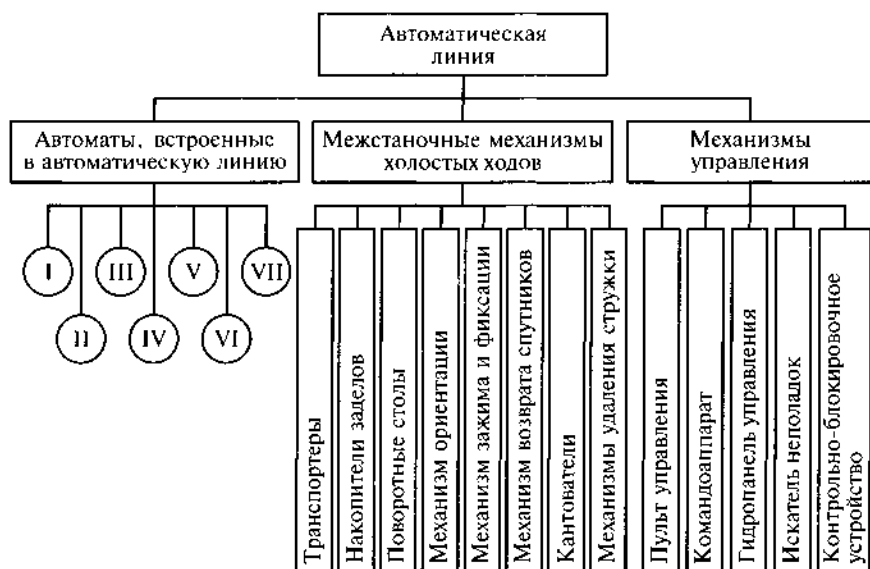


Рис. 10.3. Структурная схема механизмов автоматической линии

На рис. 10.3 представлена схема классификации механизмов автоматической линии, которая характеризуется общностью структуры автомата и автоматической линии как более совершенной рабочей машины, с более развитым исполнительным механизмом. Отдельные автоматы, встроенные в линию, являются конструктивными элементами, выполняющими рабочие ходы, необходимые для выполнения технологических процессов обработки, контроля, сборки, т.е. выполняют те же функции, что и механизмы рабочих ходов в отдельном автомате. Холостые ходы в линиях выполняются механизмами межстаночной транспортировки, изменения ориентации, накопления заделов, удаления отходов и т.д. Система управления линии также выполняет более сложные функции, чем в отдельном автомате, — не только координацию работы отдельных машин, механизмов и устройств при выполнении рабочего цикла линии, но и взаимной блокировки, отыскания неисправностей, сигнализации и т.д.

Автоматический цех. *Автоматическим* называется цех, в котором основные производственные процессы осуществляются на автоматических линиях. Приведенная на рис. 10.4. классификация механизмов и систем автоматического цеха показывает, что он является дальнейшей, более высокой, степенью развития рабочей машины, в которой элементами, выполняющими рабочие ходы, являются уже отдельные автоматические

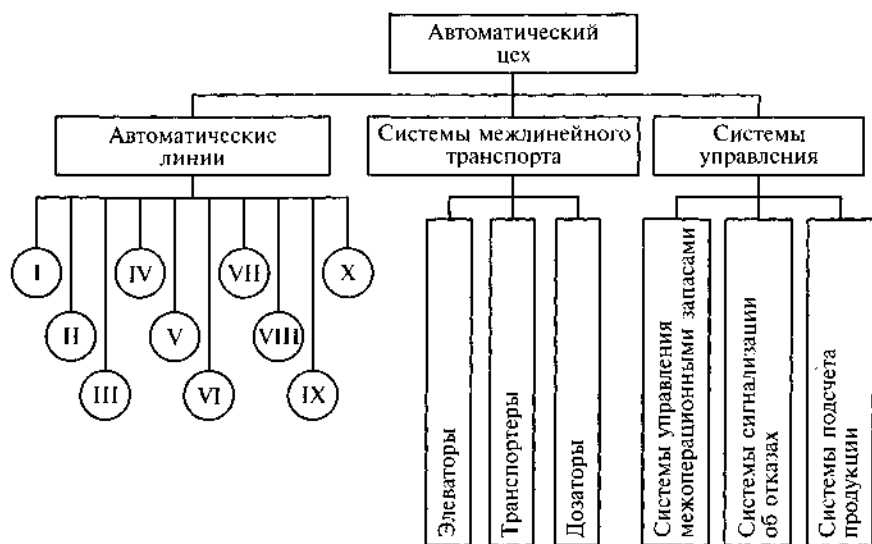


Рис. 10.4. Структурная схема механизмов и систем автоматического цеха

линии. Функции механизмов холостых ходов выполняют системы межлинейной, межучастковой и межстаночной транспортировки заготовок, обработанных изделий и собранных узлов, системы автоматического складирования. Функции управления автоматическим цехом осуществляются уже посредством автоматических систем управления производством на базе вычислительной техники.

Создание и внедрение автоматических цехов создают предпосылки перехода к высшей форме рабочей машины — автоматическому заводу с комплексной автоматизацией всех производственных процессов выпуска самой сложной машиностроительной продукции.

10.2. Машины-автоматы

Первым этапом автоматизации производственных процессов явилась автоматизация рабочего цикла машины, создание машин-автоматов и полуавтоматов. На этом этапе основной конструкторской задачей является создание автоматически действующих механизмов холостых ходов и управления рабочим циклом.

Все бесконечное разнообразие конструкций и компоновок современных рабочих машин можно классифицировать по нескольким признакам, среди которых важнейшими являются:

- технологическое назначение — токарные, шлифовальные, сборочные, намоточные, ткацкие, печатные, упаковочные и т. п.;
- степень универсальности — универсальные, специализированные и специальные;
- степень автоматизации — машины с ручным управлением, полуавтоматы и автоматы.

Для обработки одних и тех же изделий, как правило, могут быть спроектированы или использованы различные варианты машин, отличающиеся друг от друга степенью автоматизации, универсальностью, количеством позиций, принципом действия и т. д. Они отличаются технико-экономическими показателями, которые являются критериями их сравнительной оценки. Основными из них являются: производительность, надежность в работе, стоимость, количество обслуживающих рабочих, себестоимость эксплуатации.

Развитие автоматизации неизбежно связано с улучшением одних показателей, прежде всего с повышением производительности машин и сокращением количества обслуживающих рабочих, и ухудшением других: увеличением стоимости, ремонтосложности, усложнением наладки и обслуживания.

Исторически первой группой машин по степени автоматизации явились *универсальные станки с ручным управлением*. При этом термин «станок» является обобщенным названием технологического оборудования, не только металлорежущего (гибочный станок, намоточный станок, ткацкий станок, печатный станок и др.). Главной особенностью универсальных станков с ручным управлением является то, что рабочие операции выполняются машиной, а холостые ходы и управление последовательностью элементов рабочего цикла — человеком с помощью кнопок, рукояток, рычагов, штурвалов, маховиков и т. д. Универсальные станки, история которых насчитывает много веков, постоянно совершенствуются и в настоящее время широко оснащаются средствами механизации и малой автоматизации для облегчения и ускорения ручных операций. Однако это не меняет их основного характерного признака — необходимости постоянного присутствия человека и его участия в выполнении рабочего цикла.

Универсальное неавтоматизированное оборудование было преобладающим во всех отраслях машиностроения до 20-х гг. XX в., когда увеличение масштабов производства, растущая потребность изготовления большого количества одних и тех же изделий (часовая, автомобильная, подшипниковая промышленность) обусловили широкое применение второй группы — *универсальных автоматов и полуавтоматов*. Их основное преимущество перед станками с ручным управлением — высокая производительность и значительные возможности многостаночного обслуживания.

Обрабатываемые изделия закрепляются в них в зажимных патронах шпинделей, которые смонтированы в шпиндельном блоке. Обработка производится с поперечных суппортов (на каждой позиции) и центрального продольного суппорта во время стоянки шпиндельного блока в зафиксированном положении. Периодический поворот шпиндельного блока обеспечивает последовательный подвод обрабатываемых изделий ко всем инструментам и их последовательную обработку: от черновой обточки до отрезки.

Программоносителем является распределительный вал, расположенный сверху, над шпиндельным блоком и суппортами. Каждый целевой механизм рабочих и холостых ходов управляется от соответствующего кулачка, смонтированного на распределительном валу, через рычажные системы. Рабочий цикл соответствует одному обороту распределительного вала и, следовательно, одному срабатыванию каждого из основных механизмов (суппорты, механизмы подачи и зажима обрабатываемого материала, поворота и фиксации шпиндельного блока и др.). За один цикл выдается одно готовое изделие и подается одна новая позиция обрабатываемого материала.

Кинематическая схема многошпиндельного токарного автомата приведена на рис. 10.5. Как показано на схеме, главный электродвигатель и основные передаточные механизмы расположены в правой стойке. Автомат имеет две кинематические цепи: от электродвигателя к шпинделям — цепь главного движения; от электродвигателя к распределительному валу — цепь подачи.

Главное движение передается через гитару сменных шестерен, центральный вал, ось которого совпадает с геометрической осью автомата, и центральную шестерню, которая соединена со всеми шестернями шпинделей, расположенных по окружности. Привод распределительного вала обеспечивает две скорости его вращения, переключаемые дважды за каждый рабочий цикл. При медленном вращении распределительного вала через гитару сменных шестерен осуществляются все рабочие ходы и технологические операции обработки. При последующем быстром вращении распределительного вала происходят быстрый подвод и отвод суппортов, поворот шпиндельного блока, подача и зажим материала.

На этом автомате выполняются операции обточки, расточки, фасонирования, подрезки, отрезки, сверления, зенкерования, нарезания резьбы, т.е. полный комплекс, необходимый для обработки любой детали — тел вращения длиной, соизмеримой с диаметром. Однако несмотря на наименование универсальность этого автомата значительно ниже, чем универсальность токарного станка.

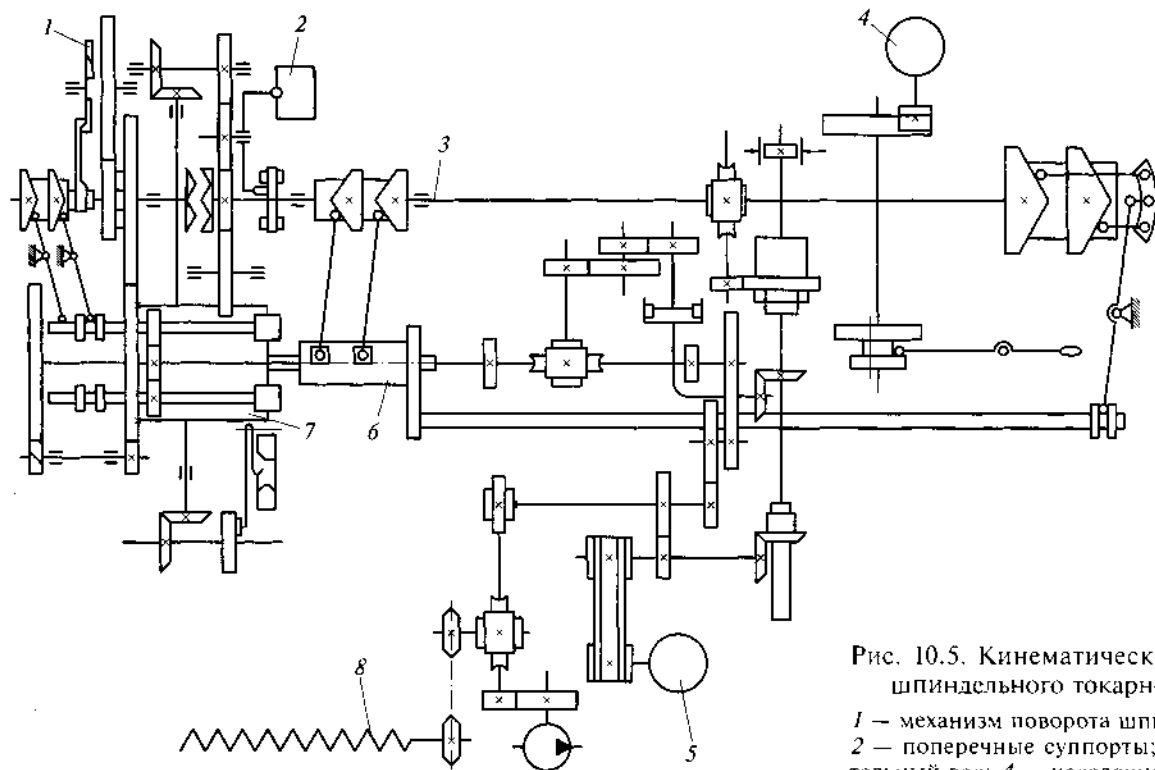


Рис. 10.5. Кинематическая схема многошпиндельного токарного автомата:

1 — механизм поворота шпиндельного блока;
 2 — поперечные суппорты; 3 — распределительный вал; 4 — наладочный двигатель; 5 — главный двигатель; 6 — продольный суппорт;
 7 — шпиндельный блок; 8 — транспортер стружки

Универсальные автоматы превышают по производительности неавтоматизированные станки во много раз благодаря использованию принципов совмещения отдельных рабочих и холостых ходов между собой. Так, в рассмотренном выше токарном многошпиндельном автомате все операции обработки в различных позициях совершаются одновременно и тем самым совмещаются между собой.

В результате токарные многошпиндельные автоматы производительнее станков с ручным управлением до 20 раз. Однако это справедливо лишь при отсутствии переналадки, при обработке одних и тех же изделий, так как мобильность автоматов и полуавтоматов значительно ниже, чем неавтоматизированных станков. Так, переналадка токарного автомата (см. рис. 10.5) занимает несколько часов и требует переналадки программного носителя — замены кулачков, копиров, а также регулировки рычажных передаточных систем; кинематической перенастройки — замены сменных шестерен; замены инструментов и технологической оснастки; регулировки механизмов и устройств — суппорта, зажимных механизмов и т.д.

Поэтому универсальные автоматы типичны для крупносерийного производства и массового производства с быстрой заменой объектов обработки, они широко применяются в различных отраслях машиностроения и приборостроения.

В условиях массового производства стабильной продукции отпадает необходимость в переналадке оборудования. При этом, как правило, весьма велики и масштабы выпуска, а следовательно, требования к производительности технологического оборудования, отсюда появление третьей группы машин — *специализированных и специальных автоматов и полуавтоматов*.

Специализированными называются рабочие машины, которые можно переналадить на обработку узкой группы однотипных изделий. Специальные станки, автоматы, полуавтоматы и автоматические линии проектируются в расчете на изготовление конкретного изделия.

Любое специальное оборудование в той или иной степени является уникальным, что заставляет при проектировании постоянно искать новые оригинальные конструктивные и компоновочные решения, отработка и доводка которых требуют значительного времени. Поэтому общими недостатками специализированных и специальных автоматов и полуавтоматов являются не только высокая стоимость и недостаточная надежность, но и длительные сроки поставки новых машин. На проектирование, изготовление, отладку и освоение новых оригинальных машин требуется, как правило, несколько лет, в течение которых объект производства может устареть. Между тем при смене обрабатываемых изделий подавляющее большинство специаль-

ного оборудования оказывается непригодным и подлежит списанию или модернизации.

Устранить противоречия между растущими требованиями к производительности и мобильности оборудования можно только путем создания машин, сочетающих высокую производительность с широкими технологическими возможностями, короткими сроками проектирования и освоения. Это достигается в том случае, если новые специальные автоматы и полуавтоматы не проектируются каждый раз заново, а komponуются на базе типовых механизмов и устройств, которые можно унифицировать подобно тому, как унифицируют крепежные изделия, подшипники, электродвигатели и др.

В 30-е гг. XX в. началось проектирование специальных машин из унифицированных функциональных узлов, которые к настоящему времени получили широкое применение во многих отраслях автоматостроения. Наибольшее их количество создано для механической обработки корпусных и других изделий, неподвижных при обработке. Такие автоматы и полуавтоматы — четвертая группа — получили название *агрегатных станков*.

Агрегатные станки komponуются из разнотипных унифицированных механизмов и узлов с минимальным количеством оригинальных конструктивных элементов. Они предназначаются обычно для выполнения сверлильных, расточных операций; нарезания резьбы в отверстиях; фрезерования плоскостей, пазов и выступов. Многопозиционный агрегатный станок-полуавтомат имеет следующие основные функциональные узлы: силовые столы, несамодельствующие силовые головки, шпиндельные коробки, поворотный стол с приводом поворота, боковые станины, вертикальные стойки, центральную станину.

Унификация возможна для тех узлов, функциональное назначение которых не зависит от конкретных обрабатываемых изделий. Так, силовые столы как механизмы подачи при любой обработке имеют один и тот же цикл срабатывания: быстрый подвод — медленная рабочая подача — быстрый отвод — остановка в исходном положении. Поэтому силовые столы унифицированы в виде гаммы типоразмеров.

Аналогично унифицируют несамодельствующие силовые головки, которые монтируются на силовых столах и имеют по одному выходному шпинделю. Шпиндельные коробки являются специальными узлами и проектируются применительно к конкретному обрабатываемому изделию, которое определяет и число, и взаимное расположение рабочих шпинделей, несущих режущие инструменты. Аналогично необходимо в каждом случае проектировать и приспособления для закрепления обрабатываемых изделий.

Поворотные столы различных станков имеют одинаковое функциональное назначение — периодический поворот и стоянку в фиксированном положении — и могут отличаться лишь числом позиций и габаритными размерами. Поэтому поворотные столы унифицированы по типоразмерам, отличающимся числом позиций и диаметром стола. Стол унифицируют вместе с механизмом поворота и центральной (круглой) станиной, которая имеет стыковочные присоединительные поверхности для боковых станин и стоек, на которых монтируют силовые узлы (столы, головки).

В результате проектирование агрегатных станков по разработанному технологическому процессу сводится к проектированию шпиндельных коробок и приспособлений. Остальные узлы подбирают из имеющейся номенклатуры типоразмеров и komponуют в соответствии с типовыми компоновочными решениями, одно из которых представлено на рис. 10.6.

Агрегатные станки решают проблемы автоматизации прежде всего массового производства, потому что, как правило, они не предусматривают переналадки на другие изделия.

Новым прогрессивным видом автоматизированного оборудования, которое получило широкое применение лишь в 60-е гг. XX в., являются *станки с числовым программным управлением*, применение которых позволяет решить проблемы автоматизации серийного производства.

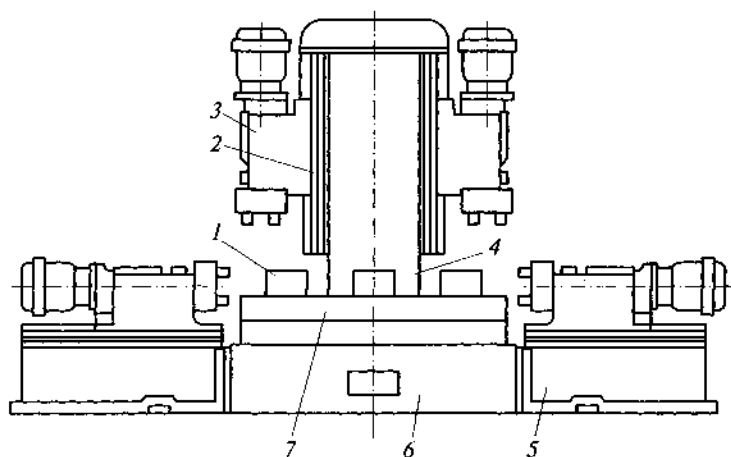


Рис. 10.6. Компоновочная схема многопозиционного агрегатного станка:

1 — приспособления с обрабатываемыми изделиями; 2 — направляющая; 3 — силовая головка с шпиндельной коробкой; 4 — центральная колонна; 5 — боковая станина; 6 — центральная станина; 7 — поворотный стол

В отличие от полуавтоматов и автоматов, в которых программ-носителями являются кулачки или упоры, в станках с числовым программным управлением программа задается с помощью информации, закодированной на носителях информации (например, перфоленте), считываемой и преобразуемой с помощью электронных систем.

На рис. 10.7 представлен многооперационный станок с числовым программным управлением и автоматической заменой инструмента. Станок имеет магазин, в котором помещается комплект инструмента, необходимый для обработки, и механизмы для автоматической замены инструмента в шпинделе по заданной программе. Это дает возможность производить автоматически за один установ весь цикл обработки самых сложных корпусных изделий с выполнением операций фрезерования, расточки, сверления, зенкерования, нарезания резьбы и т.д. Коробки скоростей и подач обеспечивают автоматическое переключение во время холостых ходов, что позволяет на всех операциях применять оптимальные режимы обработки. Многооперационные станки с программным управлением, как правило, имеют два стола, что позволяет совмещать снятие обработанных изделий, установку и выверку заготовок с обработкой.

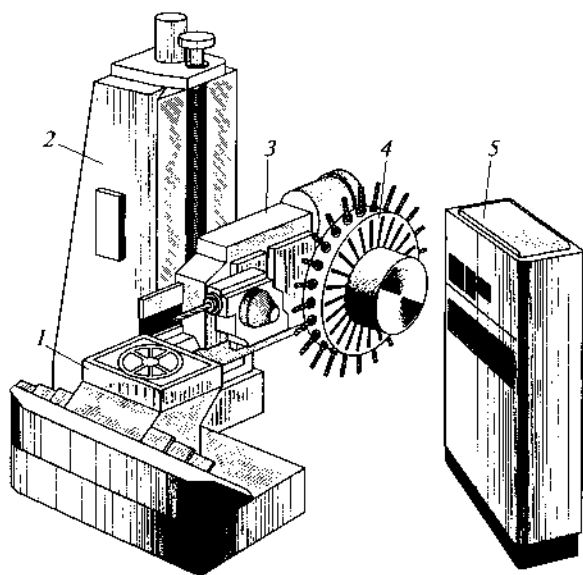


Рис. 10.7. Многооперационный станок с числовым программным управлением:

1 — координатный стол; 2 — стойка; 3 — шпиндельная бабка; 4 — магазин инструментов; 5 — пульт управления

Таким образом, станки с ЧПУ сочетают высокую производительность, присущую полуавтоматам и автоматам, с высокой мобильностью, характерной для универсальных станков. Их создание и внедрение явилось новым этапом развития мирового автоматостроения.

Высшей формой автоматизированного производства на первом этапе являются поточные линии из полуавтоматов и автоматов, в которых основные технологические процессы обработки выполняются автоматически, а межстаночная транспортировка, накопление заделов, контроль качества обработанных изделий, удаление отходов выполняются вручную. В поточных линиях из полуавтоматов, кроме того, вручную выполняются операции загрузки-выгрузки обрабатываемых изделий.

10.3. Автоматические линии

Второй этап автоматизации — автоматизация системы машин. Создание автоматических линий охватывает решение таких конструкторских задач, как создание механизмов межстаночной транспортировки, изменения ориентации, накопления заделов, а также систем управления машинными комплексами.

В настоящее время линии из агрегатных станков получили широкое применение в различных отраслях машиностроения для изделий, неподвижных при обработке, главным образом, корпусных изделий (блоки цилиндров и головки блока цилиндров двигателей, корпуса электродвигателей, редукторов и передаточных механизмов, картеры коробок перемены передач), а также шатунов, коленчатых валов, базовых деталей гидро- и пневмоаппаратуры и т.п.

Типовая планировочная схема автоматической линии из агрегатных станков представлена на рис. 10.8. Линия скомпонована из однопозиционных двухсторонних агрегатных станков, работающих на проход, и разделена на две независимые секции, между которыми находится межоперационный накопитель. В линии имеется 11 рабочих позиций, на которых обрабатываемые одновременно с двух сторон изделия зажимаются и фиксируются в стационарных приспособлениях. Между отдельными технологическими участками 1, 2, 3 располагаются механизмы изменения ориентации в вертикальной 5 и горизонтальной 11 плоскостях. Установка изделий на первую позицию и съем с последней производятся вручную или с помощью подъемно-транспортных средств. Автоматические линии из агрегатных станков, как правило, относятся к линиям с жесткой межагрегатной связью, на которых станки и элементы транспортной системы должны работать в едином жестком ритме, а отказ любо-

Секция I

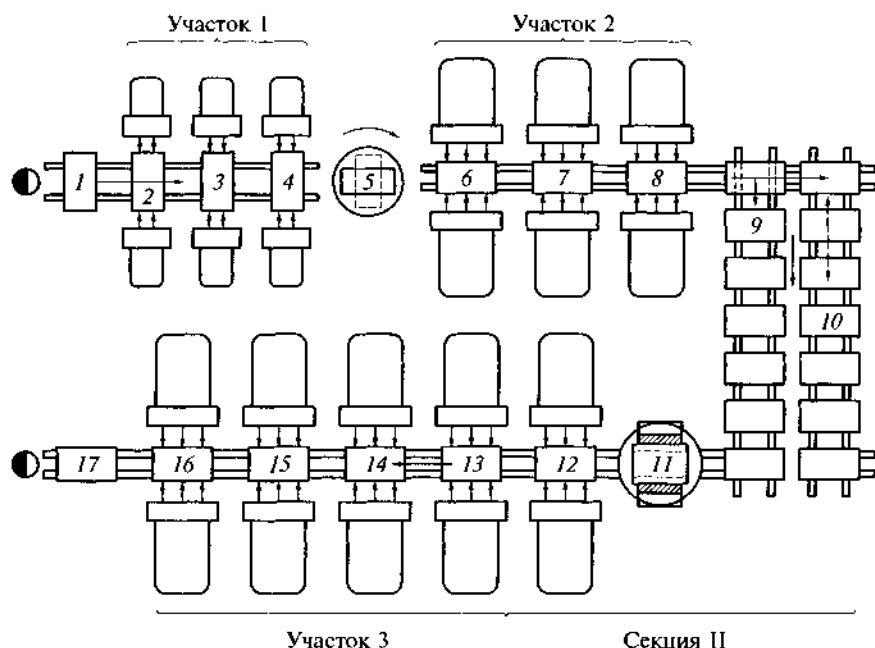


Рис. 10.8. Автоматическая линия из агрегатных станков:

1 — позиция загрузки заготовок; 2... 4, 6... 8, 12... 16 — рабочие позиции; 5 и 11 — поворотные столы; 9 — поперечный транспортер; 10 — межоперационный накопитель; 17 — позиция съема готовых изделий

го элемента (инструмента, механизма, устройства) вызывает останов всей линии. В линиях, разделенных на отдельные секции межоперационными накопителями, жесткая связь осуществляется в пределах одной секции.

Так, согласно рис. 10.8, в едином ритме должны работать все станки технологических участков 1 и 2 (2... 4 и 6... 8), их шаговые транспортеры, поворотный стол 5. Рабочий цикл начинается с движения вперед шагового транспортера участка, который перемещает все изделия в следующую позицию. После окончания хода дается команда на фиксацию и зажим изделий в приспособлениях, после чего следует общая команда на пуск всех силовых головок. Каждая головка в соответствии с видом, характером и режимами обработки выполняет быстрый подвод, медленную рабочую подачу, быстрый отвод и останов. Как только получен последний сигнал о возврате силовых головок, производится разжим изделий и вывод фиксаторов, после чего следует новый ход транспортера вперед — начинается новый рабочий цикл.

Возврат транспортеров в исходное положение совмещается с обработкой, когда изделия закреплены в приспособлениях. В это же время происходит поворот стола 5, на который при ходе транспортера вперед подана деталь с последней позиции технологического участка. За интервал времени до следующего хода транспортера стол поворачивается вперед, деталь снимается транспортером следующего участка, после чего стол возвращается в исходное положение. Рабочие циклы смежных технологических участков, разделенных поворотными столами, или кантователями, смещаются по фазе.

Межоперационные накопители 10 позволяют локализовать действие отказов (при выходе из строя какого-либо элемента останавливается не вся линия, а только одна секция) и тем самым повысить производительность и надежность линии в работе. Если накопитель сквозного типа, через который проходят все изделия, то рабочие циклы смежных секций независимы. При тупиковых накопителях, которые работают на прием или выдачу только при останове одной из секций (см. рис. 10.8), рабочие циклы секций взаимосвязаны.

Автоматические линии из агрегатных станков, как и отдельные агрегатные станки, komponуются в основном из унифицированных узлов: силовых столов и головок, линейных шаговых и поперечных транспортеров, поворотных столов, кантователей, накопителей, гидропанелей, электрошкафов и др. Как и в отдельных станках, оригинальными узлами являются лишь шпиндельные коробки станков, приспособления для закрепления изделий и другие элементы.

Если изделия, предназначенные для обработки на линии, не имеют хорошей устойчивости при установке на базовой поверхности и межпозиционном транспортировании, то их обработка производится на особых приспособлениях-спутниках, которые перемещаются из позиции в позицию, зажимаются и фиксируются в стационарных приспособлениях. Конструктивной особенностью линий со спутниками является наличие специального транспортера возврата спутников в начало линии, где и происходит замена обрабатываемых изделий.

10.4. Выбор технологических методов и маршрута обработки

Как отмечалось ранее, проектирование любого автомата или автоматической линии согласно принятому техническому заданию начинают с разработки технологического процесса обработки, контроля и сборки, в соответствии с которым затем выбирают принципиальную схему машины.

Любой технологический процесс заключается в том, чтобы из сырья или заготовок получить готовое изделие заданной конфигурации и точности в требуемом количестве.

Начальным этапом разработки технологического процесса является выбор технологических методов и маршрута обработки в соответствии с заданной точностью обработки изделий и производительностью. Точность обработки изделий зависит от большого числа факторов, связанных с нестабильностью положений элементов системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД) при ее переходах из одного состояния в другое, особенно из исходного в рабочее.

К числу этих факторов относятся:

- погрешность установки заготовок в приспособлениях с учетом колебаний размеров базовых поверхностей, контактных деформаций, точности изготовления и степени износа;
- упругие деформации системы СПИД под действием переменных нагрузок в условиях переменной жесткости;
- погрешность настройки машины на заданный размер обработки;
- износ инструмента.

Методы оценки ожидаемой точности обработки при разработке технологических процессов с учетом перечисленных факторов подробно рассмотрены в курсе «Технология машиностроения». Сложность и громоздкость аналитических расчетов и большой практический опыт применения типовых технологических методов и процессов обусловили появление типовых рекомендаций по применению процессов и маршрутов обработки в зависимости от требований точности обработки.

При обработке наружных цилиндрических поверхностей различными методами достигаются типовые показатели точности размеров и качества поверхности, приведенные в табл. 10.1.

Таким образом, каждому методу обработки соответствует определенный диапазон классов точности и шероховатости поверхности, а также степеней геометрической точности изделий (некруглости, нецилиндричности изделий и т.д.).

При современных требованиях к изделиям заданная точность достигается обычно только путем многопроходной обработки, начиная от черновых операций со значительным съемом припуска, заканчивая чистовыми, доводочными. Например, для обработки отверстий по второму классу точности в сплошном материале (стальные изделия) требуется пять последовательных операций обработки: 1 — первое сверление, 2 — второе сверление, 3 — зенкерование, 4 — черновое развертывание, 5 — чистовое развертывание (рис. 10.9), которые выполняются пятью последовательно действующими инструментами. Так как в автоматах и автоматических линиях широко применяются прин-

**Типовые показатели точности размеров и качества поверхности
при обработке наружных цилиндрических поверхностей**

Метод обработки	Класс точности размеров	Класс шероховатости поверхности
Черновое обтачивание	5...7	2...3
Чистовое обтачивание	3...3а	4...6
Тонкое алмазное обтачивание	2...2а	7...8
Предварительное шлифование	3	6...7
Чистовое шлифование	2...2а	7...8
Тонкое шлифование	1...2	8...10
Притирка, суперфиниш	1	8...10
Обкатывание, алмазное выглаживание	1...3а	7...11

ципы дифференциации и концентрации технологического процесса, число последовательно действующих инструментов определяет и число рабочих позиций для обработки данной поверхности. Определив число позиций для всех несовмещенных операций обработки, получают общее минимальное число рабочих позиций, необходимое для обработки данных изделий с требуемой точностью, т.е. минимальный технологический маршрут обработки. Увеличение числа позиций можно получить за счет дифференциации отдельных составных операций (например, дробления длины обработки с целью повышения производительности).

В настоящее время в технологии машиностроения имеется большое разнообразие видов обработки, обеспечивающих сходные показатели точности.

Так, обработку плоскостей можно осуществлять строганием, фрезерованием, протягиванием и т.д. В пределах каждого вида можно применять несколько методов, выбор которых определяется, в первую очередь, достигаемой производительностью машин.

Все указанные виды обработки различаются между собой не только качественно, но и количественно. В каждом отдельном случае требуются различные ходы для инструментов и режимы обработки, возникают различные усилия, вследствие чего для каждого способа обработки имеются конструктивно различные станки и автоматы с различными производительностью и мощностью.

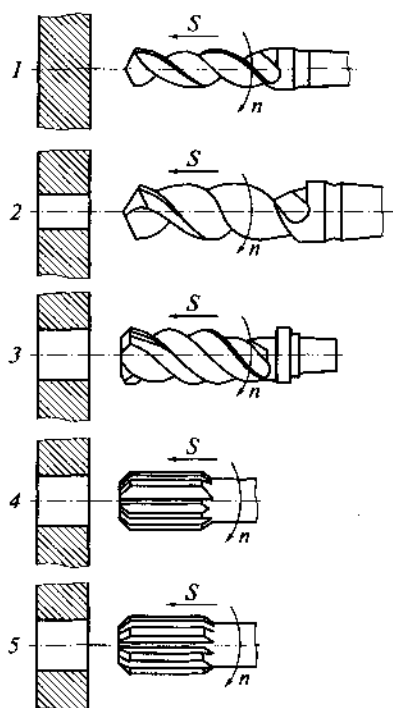


Рис. 10.9. Типовой технологический маршрут обработки отверстия в сплошном материале по второму классу точности

Это положение является исходным при выборе соответствующего технологического процесса, который обуславливает проектирование автоматов и линий. Однако для каждого частного случая учитываются специфические условия (например, малая прочность деталей), которые определяют выбор способа обработки.

Выбор технологических методов и маршрутов обработки является творческим, непрерывно развивающимся, прогрессирующим процессом. Технологиче-

ский процесс, представляющий собой определенное достижение на данном этапе, спустя некоторый промежуток времени, может оказаться устаревшим и поэтому должен уступить место более совершенному с точки зрения качества продукции, производительности и экономичности процессу, который, в свою очередь, явится промежуточной ступенью прогрессивной технологии.

Рассмотрим развитие токарной обработки подшипниковых колец на автоматах и полуавтоматах.

Традиционный метод токарной обработки внутреннего кольца шарикоподшипника из штучной заготовки (наружная обточка) представлен на рис. 10.10. В загрузочной позиции I заготовка с предварительно обработанным отверстием и торцом устанавливается в шпиндель. Последовательность обработки, номенклатура режущих инструментов составлена в соответствии с общими правилами. Представленный метод обработки получил широкое применение. Основным его недостатком является то, что резервы повышения производительности типовых многшпиндельных автоматов практически исчерпаны. В последнее время производительность таких автоматов возросла не более чем на 50 % с учетом не только совершенствования их конструк-

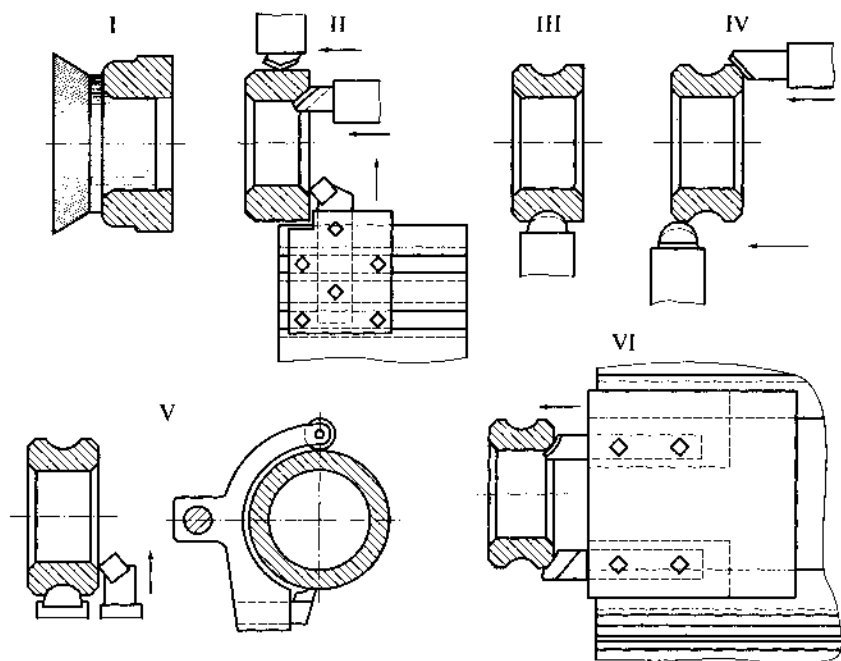


Рис. 10.10. Технологический маршрут токарной обработки колец подшипника на многошпиндельном автомате:

I — позиция загрузки и съема изделий; II... VI — рабочие позиции

ции, но и повышения качества режущих инструментов и обусловленного этим увеличения режимов обработки. Поэтому необходим постоянный поиск и отработка новых прогрессивных технологических методов и маршрутов обработки как основы для создания высокопроизводительных автоматов и автоматических линий.

На кафедре «Станки и автоматы» МГТУ им. Баумана под руководством проф., доктора техн. наук Г. А. Шаумяна успешно разработан новый процесс токарной обработки — попутное точение, на базе которого созданы принципиально новые конструкции токарных станков, в том числе многошпиндельный токарный автомат непрерывного действия.

Рабочие шпиндели многошпиндельного автомата непрерывного действия смонтированы в барабане, который постоянно вращается вместе с центральным валом. Режущие инструменты (резцы) закреплены неподвижно на станине станка. При вращении барабана каждый вращающийся шпиндель, последовательно проходя мимо всех резцов, обеспечивает полную обработку

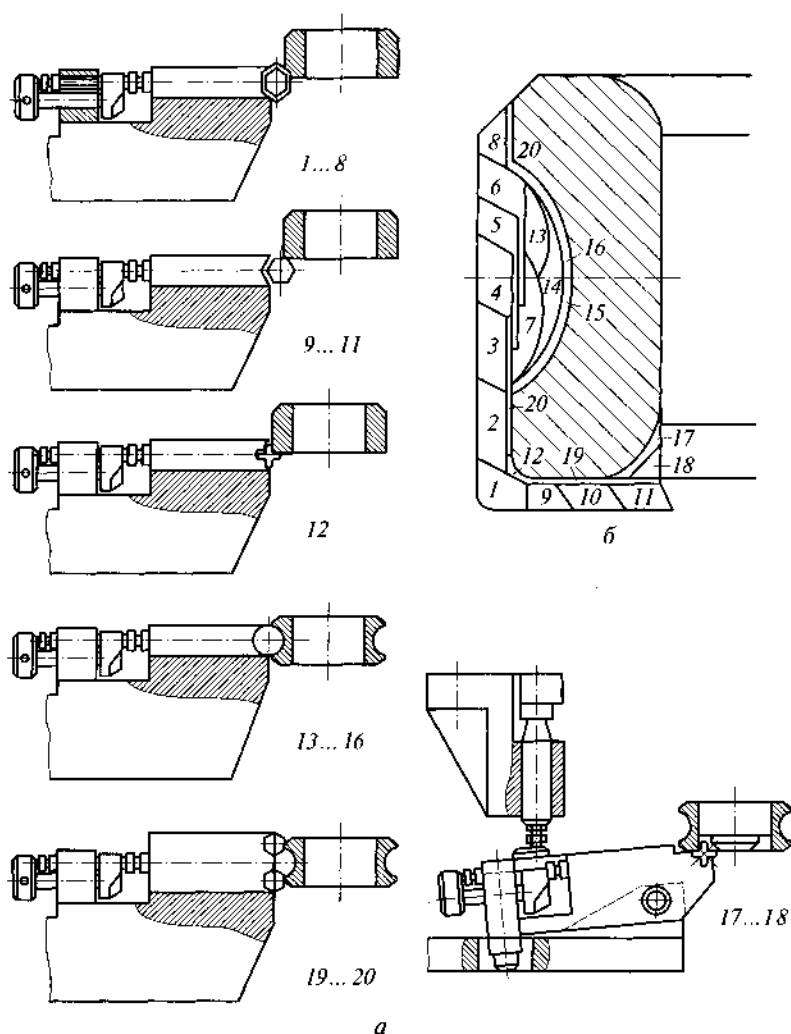


Рис. 10.11. Обработка колец подшипников методом полутного точения:
а — эскизы обработки кольца: 1...20 — номера резцов; *б* — схема снятия припуска

наружной поверхности детали. Загрузка и выгрузка деталей происходят автоматически.

Схема резания для наружной обработки внутреннего кольца шарикоподшипника (рис. 10.11, *а*) предусматривает предварительную и окончательную обработку поясков, желоба, внутренней и наружной фасок и одного торца. Припуск распределен таким образом, чтобы максимально использовать стандартные

неперетачиваемые пластинки твердого сплава одинаковой формы (рис. 10.11, б). Окончательная обработка желоба осуществляется стандартными круглыми пластинками. Торец обрабатывается также одностипными резцами с равномерным перепадом по высоте обработки. Окончательная зачистка торца выполняется одним резцом.

Повышение точности и чистоты обработки по новому методу по сравнению с обычной токарной обработкой достигается вследствие высокой жесткости станка, меньших усилий резания и благоприятного распределения теплоты при резании. Последнее объясняется тем, что наибольшее количество теплоты (60... 65 %) отводится стружкой, примерно 25... 30 % теплоты уходит в окружающее пространство и с охлаждающей жидкостью. Каждый резец участвует в резании очень незначительное время (0,3... 0,5 с), что позволяет при той же стойкости инструмента применять высокие режимы резания ($v = 200 \dots 250$ м/мин, $S_{кр} = 1 \dots 1,1$ мм/об шпинделя) при толщине снимаемого припуска до 1... 1,2 мм.

Использование нового метода обработки позволило создать многошпиндельные автоматы непрерывного действия с производительностью в три-четыре раза выше, чем в существующих конструкциях автоматов последовательного действия при той же потребляемой мощности электродвигателя и меньшей занимаемой площади.

10.5. Функции системы управления

Системы управления, применяемые в современных станках, разнообразны как по своему назначению, так и по конструктивному оформлению. Однако в любом станке, автомате или автоматической линии можно выделить две основные части: *управляющее устройство* и *управляемые узлы* — агрегаты или другие рабочие органы, выполняющие заданный технологический процесс.

Технологический процесс имеет один или несколько параметров (подача, скорость, усилие и т.д.), которые для правильного хода процесса поддерживаются постоянными или изменяются по определенному закону. Управляющее устройство воздействует на управляемый рабочий орган станка в соответствии с программой управления.

Программа работы станка — совокупность команд, которые должен выполнять станок. Механизмы и устройства, обеспечивающие по заданной программе точное и согласованное во времени воздействие рабочих органов и агрегатов станков, автоматов и автоматических линий, составляют систему управления.

Основным назначением системы управления станка является выполнение заданных команд с целью поддержания требуемых значений параметров выполняемого технологического процесса при определенной точности с наибольшей производительностью.

Команды, задаваемые станку в системах программного управления, подразделяют на три категории.

1. Технологические команды, обеспечивающие перемещение рабочих органов станка на заданные расстояния в процессе обработки.

2. Цикловые команды, к которым относятся переключение скорости и подачи, выбор инструмента, включение охлаждения, реверс.

3. Команды на выполнение служебной или логической информации, обеспечивающие правильность отработки станком всех задаваемых ему команд (обозначение адресов, знаки разделения команд, контрольные числа). Эти команды зависят от принятой системы кодирования команд.

Кодирование перемещений тесно связано с выбором системы счисления, в которой цифровую информацию вводят в систему управления. Поэтому при кодировании желательно использовать такой код, который можно было бы применять в любых системах управления.

Кодом называют совокупность буквенных и цифровых символов, каждая из которых однозначно эквивалентна какой-либо команде, необходимой для управления станком.

Станок, работающий в автоматическом режиме, имеет систему управления, заставляющую выполнять его определенную программу без вмешательства человека.

На неавтоматизированном станке оператор составляет порядок обработки и изготавливает деталь. Программа обработки задается ему в виде технологического процесса. Если все функции управления изъять у оператора и передать их станку, то станок должен самостоятельно выполнить всю работу по программе. При этом человек подготавливает станок для выполнения функций, заданных программой.

При ручном управлении станком ошибки, допущенные в программе, можно исправить в ходе обработки. При автоматической обработке корректировать программу простыми средствами, как правило, трудно. Здесь надо предвидеть износ инструмента, изменение температуры, изменение припуска, непостоянство сил трения, жесткость, инерционность механизмов, быстроедействие и ряд других факторов.

На обычном токарном станке при работе резец быстро подводит к обрабатываемой заготовке и начинают обточку. На автоматически работающем станке инструмент / необходимо под-

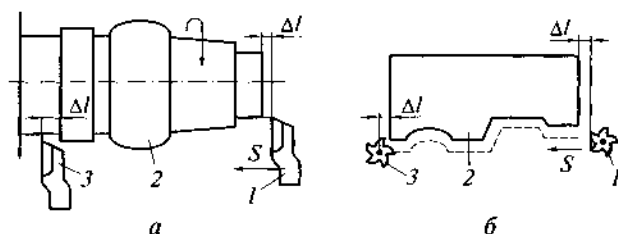


Рис. 10.12. Схема движения инструмента при работе на автомате:
а — при обточке; *б* — при фрезеровании; 1 — инструменты; 2 — заготовка; 3 — положение инструмента

водить к заготовке 2 на медленной скорости и для этого предусматривать величину подвода Δl (рис. 10.12); в противном случае он может проскочить по инерции и врезаться в заготовку на большой скорости, вследствие чего неизбежна поломка. При выходе из резания инструмент также должен быть автоматически выведен в положение 3.

Главное отличие автомата от обычного универсального станка заключается в том, что он по точной программе выполняет определенный повторяющийся цикл работы.

Выбор системы управления во многом зависит от специфики технологического процесса, от конкретных производственных условий, в которых эксплуатируется рабочая машина, и от требований экономики.

Кроме того, система управления накладывает свои особенности на кинематику и конструкцию станков, агрегатов линии, так как кинематика и конструкция станков, транспортных и вспомогательных устройств неотделимы от системы управления. Однако любая система управления, независимо от характера технологического процесса, для которого она предназначена, должна максимально отвечать следующему ряду основных требований: исполнение команд с высокой степенью быстроты и точности; мобильность при смене объекта производства; синхронизация перемещений в различных циклах; высокая надежность работы; автоматическое регулирование процесса обработки и поддержание оптимальных параметров в ходе обработки; простота конструкции, низкая стоимость и удобство обслуживания; многокоординатность и многоинструментность обработки; короткий цикл подготовки программы работы; выполнение большого числа технологических команд (переключение подач, чисел оборотов шпинделя, поворот резцовой головки, включение и выключение охлаждения, смена инструмента); управление продолжительными циклами обработки без смены программноносителя.

**Классификация систем управления рабочими машинами по виду
программоносителя**

Системы управления станков				
Программо-носители	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
	Упоры	Копиры	Кулачки	Перфоленты и магнитные ленты

Системы управления станков-автоматов и автоматических линий можно классифицировать по различным признакам: по принципу синхронизации, степени централизации управления, методу воздействия, виду программоносителя, числу управляемых координат, способу программирования, наличию обратной связи, технологическому назначению, числу потоков информации, виду информации, глубине обратной связи, типу привода и другим признакам.

Любая автоматическая система управления выполняет строго определенный, заранее намеченный (запрограммированный) комплекс операций по обработке изделия, составленный в виде программы работы автомата или автоматической линии в соответствии с принятым технологическим процессом. Поэтому система программного управления имеет элемент или устройство, называемое *программоносителем*, который в той или иной форме содержит программу работы управляемого исполнительного органа.

По виду программоносителя все системы управления рабочими машинами можно классифицировать на четыре группы (табл. 10.2).

Главными характеристиками программоносителя являются метод фиксации программы, наибольшее число команд, которое можно записать (емкость информации), скорость считывания, плотность записи информации, долговечность, длительность работы без потерь информации, наименьшая стоимость, надежность, удобство хранения, удобство транспортирования, простота построения и изготовления, а также быстрота смены программоносителя.

10.6. Роторные конвейерные линии

На базе роторных линий возможна комплексная автоматизация производственных процессов, включающих в себя обработку деталей штамповкой и резанием, сборку, расфасовку, комп-

лектацию, упаковку и маркировку. Это для отдельных видов производства создание цехов-автоматов, оснащенных только автоматическими роторными линиями, дает значительный экономический эффект. Современное состояние комплексной автоматизации производства позволяет установить следующие направления развития технологических роторных автоматов и автоматических линий.

1. Создание узкоспециализированных конструкций, когда технологический роторный автомат или линия предназначены для выполнения одной или нескольких операций обработки одного типа деталей массового производства.

2. Создание специализированных конструкций, в которых одним и тем же видом инструмента, например сверлами различных диаметров, можно обрабатывать однотипные детали. Для этого достаточно в конструкции зажимных приспособлений каждого гнезда ротора предусмотреть сменные или универсальные элементы для крепления деталей. Примером может служить конструкция технологического роторного автомата для сверления отверстий диаметром до 12 мм в различных деталях.

3. Создание универсальных конструкций, позволяющих путем замены инструментальных блоков обрабатывать детали новой номенклатуры. Этот вариант применим только для одинаковых операций, так как конструкция технологического ротора не предусматривает изменения вида движения исполнительных органов.

В отечественной промышленности эксплуатируется более 150 различных моделей автоматических роторных машин и линий каждая из которых без вмешательства человека выполняет от 2...4 до 10...12 технологических операций с производительностью от 30 до 200 шт./мин. Очевидно, что чем больше установленная программа по выпуску одинаковых или однотипных изделий, тем эффективнее используют роторные линии.

Наиболее рационально применять автоматические роторные линии для изготовления малогабаритных деталей простейшей формы, когда для осуществления технологических операций и переходов инструменту достаточно сообщить возвратно-поступательное и вращательное движения или когда технологическая обработка осуществляется перемещением рабочей среды в направлении непрерывно движущегося потока деталей. Из основных технологических процессов автоматические роторные линии наименее целесообразно применять при обработке резанием, так как в этом случае требуется высокая жесткость системы привода рабочего движения, а надежность технологического процесса низкая.

Опыт промышленной эксплуатации роторных линий показывает, что особенно рационально применять их в следующих случаях:

- при производстве штампованных деталей в машиностроительной, приборостроительной, электротехнической, радиотехнической, автотракторной и других отраслях промышленности, где операции обработки давлением перемежаются с термическими и химическими операциями, операциями сборки и контроля, т.е. в структуре технологического процесса сочетаются различные по физической сущности операции;

- при производстве деталей прессованием и спеканием из пластических масс, методами порошковой металлургии, при изготовлении деталей из стекла, резины, метало- и минералокерамики;

- при изготовлении брикетов и таблеток для химико-фармацевтической и пищевой промышленности;

- для выполнения сборочных операций: монтажа, запрессовки, упаковки, заливки, свертывания, а также для комплектации готовых изделий в тару и расфасовки сыпучих и жидких материалов;

- для выполнения термических и термохимических операций, таких как нагрев, отжиг, травление, закалка, сушка, промывка, обезжиривание, фосфатирование, гальванопокрытие и т.п.;

- для выполнения различных видов контрольных операций по измерению геометрических размеров и физико-химических параметров как отдельных деталей, так и готовых изделий.

Схема функционального назначения механизмов, устройств и систем в цехе-автомате, оснащенный роторными линиями, приведена на рис. 10.13. По функциональному назначению и использованию различают три основные категории механизмов технологического ротора.

1. Механизмы рабочих ходов, исполнительные органы которых выполняют основные операции обработки, контроля и сборки, predetermined функциональным назначением автомата; механические, механогидравлические и гидравлические системы приводов технологических движений резцов, пуансонов, штампов и т.п.

Механизмы рабочих ходов осуществляют и рабочие, и холостые ходы продолжительностью T_p и T_x соответственно. Длительность периода T_p определяется технологическими возможностями процесса, длительность периода T_x — структурой приводных механизмов и вариантами компоновки рабочих механизмов в роторе и роторов в линии.

2. Механизмы холостых ходов, исполнительные органы которых служат для выполнения вспомогательных функций по ориентации, подаче, зажиму, центрированию, освобождению и выгрузке обрабатываемых деталей.

3. Механизмы управления движением исполнительных органов, осуществляющих рабочие и холостые ходы: основной

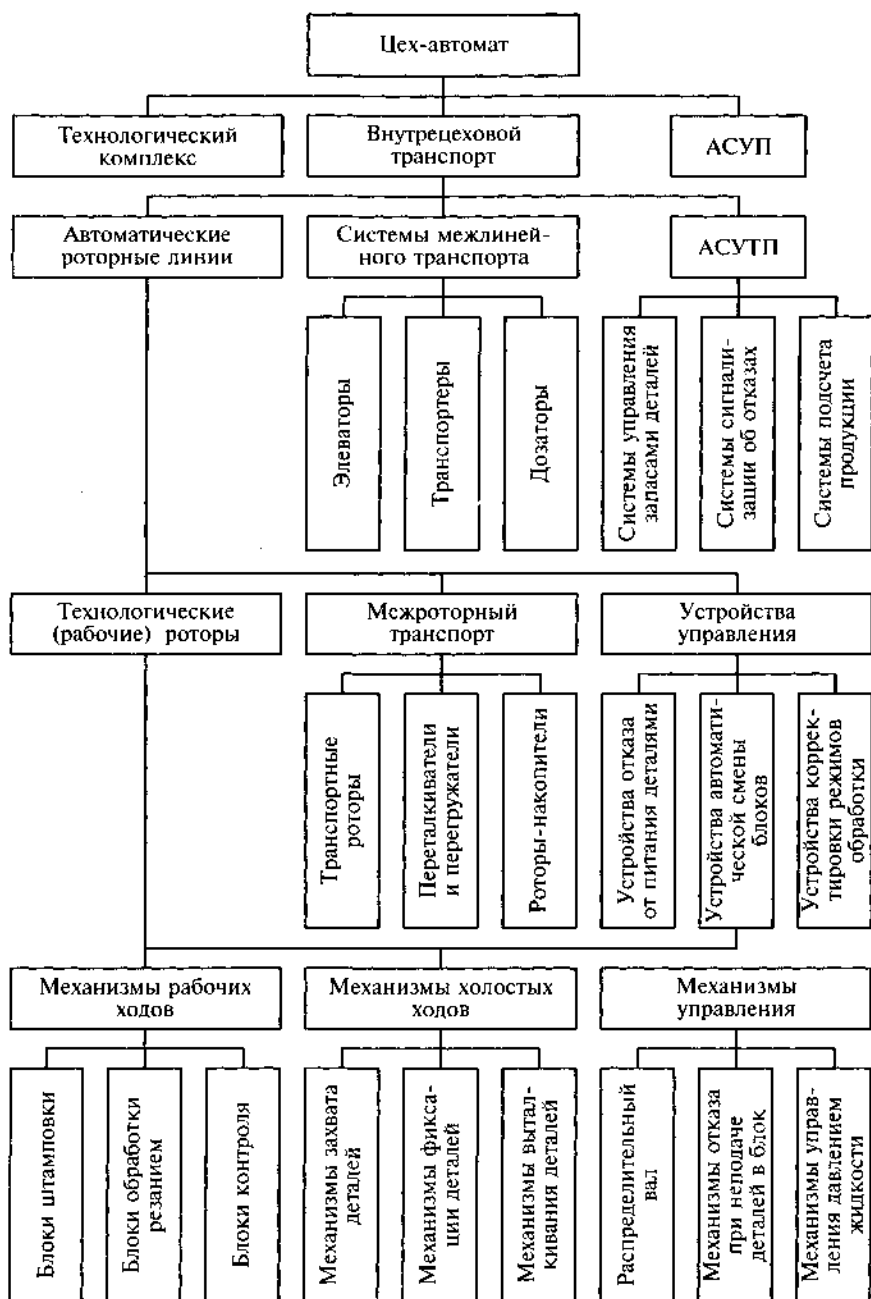


Рис. 10.13. Схема функционального назначения технологических комплексов, систем транспорта и управления в цехе-автомате, оснащенном автоматическими роторными линиями

распределительный вал ротора или узел гидрораспределения, которые обеспечивают заданные законы движения исполнительных органов механизмов рабочих ходов; устройства, обеспечивающие отказ от выполнения рабочих ходов при подаче деталей в инструментальный блок технологического ротора; механизмы и приборы, управляющие расходом и давлением жидкости, подаваемой в систему привода рабочих инструментов, и т. п.

В общем случае технологический комплекс автоматических роторных линий предназначен для выполнения всех операций технологического процесса. Система, представленная на рис. 10.14, а, состоит из отдельных подсистем, объединяемых средствами межлинейного транспорта. Число технологических операций, выполняемых в отдельной автоматической роторной линии, обычно обуславливается спецификой и требованиями принятого технологического процесса. Между соседними авто-

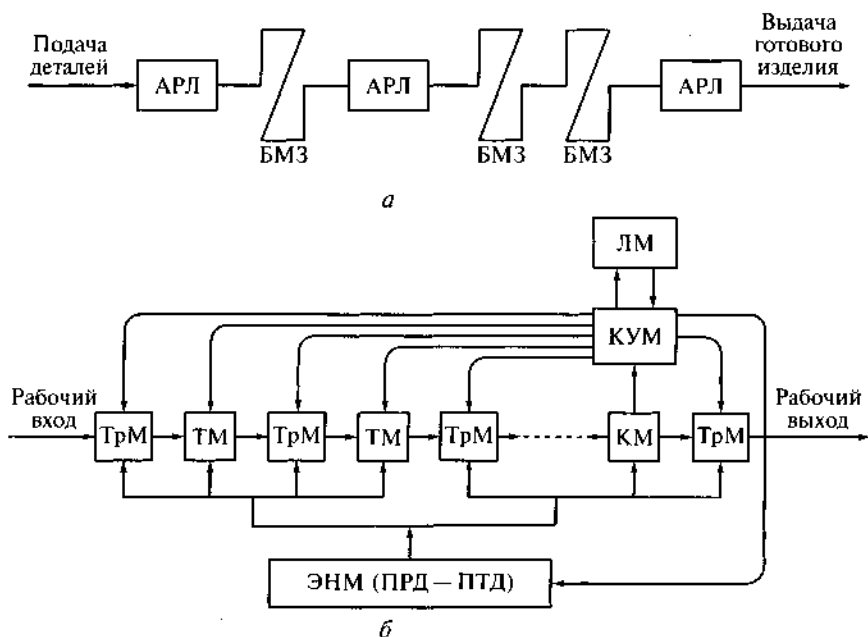


Рис. 10.14. Схемы технологического комплекса (а) и расположения технологических (ТМ), транспортных (ТрМ), контрольных (КМ), энергетических (ЭНМ), контрольно-управляющих (КУМ) и логических (ЛМ) машин в системе (б):

АРЛ — автоматическая роторная линия; БМЗ — бункеры межлинейных запасов деталей; ПРД — привод рабочих движений; ПТД — привод транспортных движений

матическими роторными линиями устанавливают бункеры межлинейных запасов объектов обработки. Система, представленная на рис. 10.14, б, включает в себя следующие виды машин.

1. Технологические (рабочие), выполняющие обработку путем воздействия инструмента или среды на объекты обработки. При обработке могут быть изменены как геометрические параметры, так и физико-химические свойства объектов.

2. Транспортные, осуществляющие передачу, изменение ориентации и плотности потока предметов обработки внутри одной автоматической роторной линии.

3. Контрольные, обеспечивающие сплошной или выборочный контроль предметов обработки.

4. Энергетические, предназначенные для преобразования энергии и движений, создания технологических сред и полей.

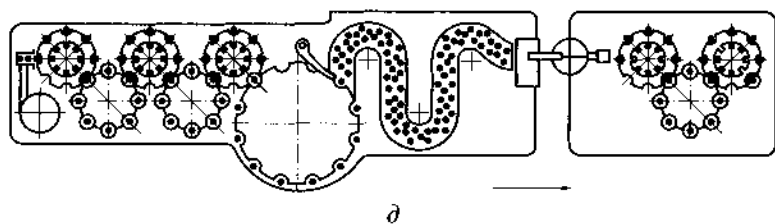
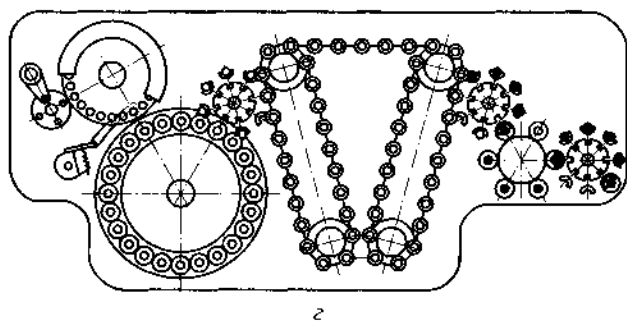
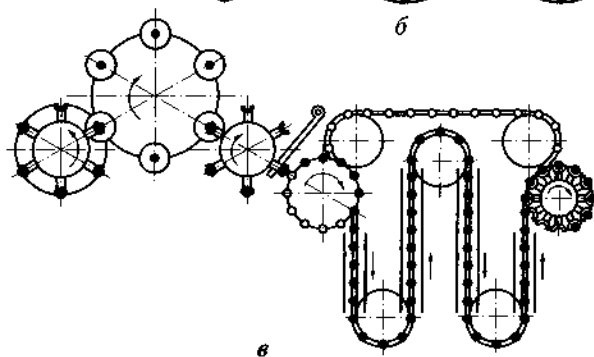
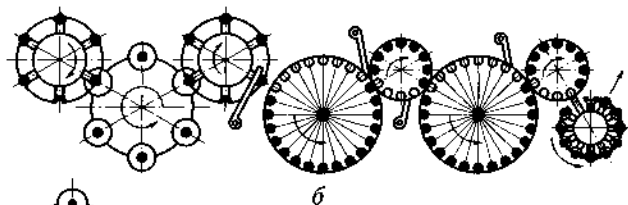
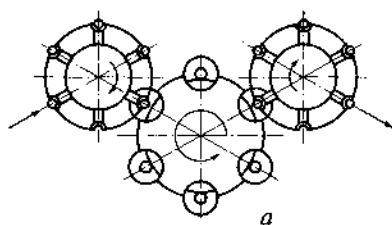
5. Контрольно-управляющие, корректирующие технологические параметры процессов обработки и осуществляющие рассортировку потока предметов обработки.

6. Логические управляющие, предназначенные для принятия решений о частичном отказе от подачи заготовок на технологический вход, смене инструмента на основе результатов обмера предметов обработки, коррекции работы аппаратов и т. п.

Первый класс систем роторных машин представляют автоматические роторные линии (рис. 10.15, а...з), в которых имеется постоянная плотность технологического потока предметов обработки. Операции обработки выполняются как инструментами, так и аппаратами. Межмашинная передача объектов обработки осуществляется с помощью транспортных роторов, переталкивателей, цепных конвейеров и т. п. На протяжении всего периода прохождения деталей внутри линии они сохраняют установленную пространственную ориентацию; сечение технологического потока равно одной детали.

Ко второму классу систем роторных машин относятся автоматические роторные линии (рис. 10.15, д...з), объединяющие технологические роторы инструментальной и аппаратной обработки и отличающиеся от роторов первого класса тем, что в отдельных роторах технологический поток имеет переменную плотность; детали в аппаратах и агрегатах обрабатываются навалом, с нарушением пространственной ориентации. Межмашинную и межлинейную передачу объектов обработки можно выполнять с помощью дисковых роторов, склизов, механических и электромагнитных элеваторов.

В отдельных пунктах детали могут накапливаться в небольших объемах для компенсации неравномерности при прохождении тех или иных аппаратов, возникновении отказов соседних линий и т. п.



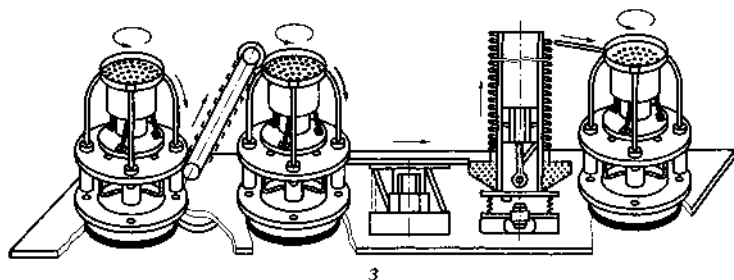
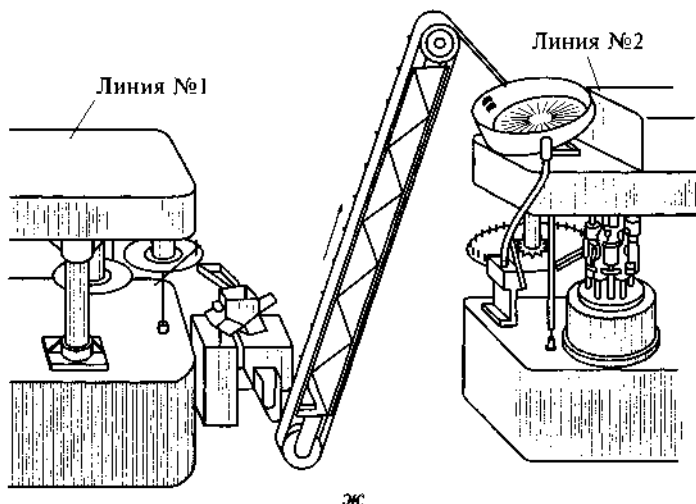
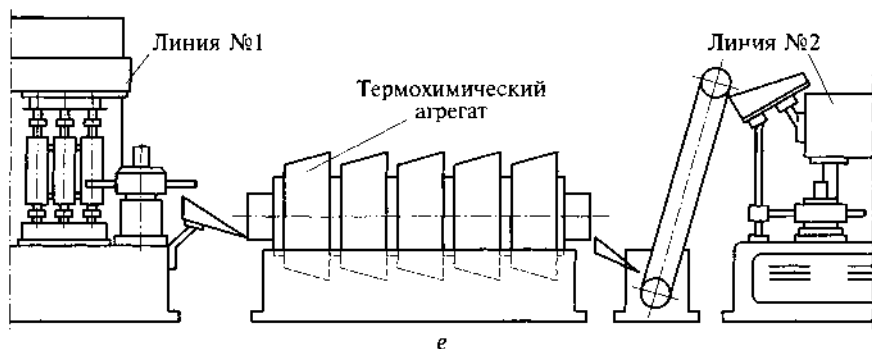


Рис. 10.15. Схемы построения систем роторных машин с передачей деталей с помощью:

a — транспортных роторов; *б* — транспортных роторов и переталкивателей; *в* — транспортных роторов, переталкивателей и цепного конвейера; *г* — транспортных роторов, переталкивателей и цепного многоярусного конвейера; *д* — дисковых роторов; *е* — склизов и механических элеваторов; *ж* — сборников и механических элеваторов; *з* — механических и электромагнитных элеваторов

Контрольные вопросы

1. Что такое «полуавтомат», «автомат», «автоматическая линия», «автоматический цех»?
2. По каким основным принципам классифицируются современные рабочие машины?
3. В каких условиях целесообразно применять специализированные и специальные автоматы и полуавтоматы?
4. Для чего используются агрегатные станки?
5. Каково назначение и каковы области применения многооперационных станков?
6. Как выглядит типовая планировочная схема автоматической линии?
7. Как выбираются технологические методы и маршруты обработки для автоматических линий?
8. Каковы функции систем управления станками-автоматами?
9. Что из себя представляет структура роторной машины?
10. Какие существуют основные конструкции роторных машин?
11. Как работает роторная автоматическая линия?
12. Как автоматизируются процессы металлообработки на роторных линиях?

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

11.1. Общие сведения о роботах

Роботы и робототехника прошли короткий, но стремительный путь развития. Возникновение современных роботов следует отнести к 1959 г., когда в США были созданы первые промышленные манипуляторы с программным управлением. В 1962 г. появились первые американские промышленные роботы «Юнимейт» и «Версатран», созданные соответственно фирмами «Юнимейшн» и «Американ Машин энд Фаундри» и предназначенные для обслуживания технологических процессов: литья под давлением,ковки, механической обработки, точечной сварки, нанесения покрытий. Применение их в автомобильной и металлургической промышленности оказалось экономически выгодно: затраты на приобретение роботов «Юнимейт» или «Версатран» (25...35 тыс. долл. за 1 шт.) окупались за 1,5...2,5 года. Как было сказано в одной из статей, опубликованной в журнале «Машинери мэгэзин», в американской металлообрабатывающей промышленности появился новый тип производственного рабочего, который не состоит в профсоюзе, не пьет кофе в обеденный перерыв, работает 24 ч в сутки и не интересуется пособиями или пенсионной оплатой. Этот рабочий осваивает новую работу за несколько минут и всегда выполняет ее хорошо, никогда не жалуется на жару, пыль и запахи и не получает увечий. Он — промышленный робот.

Роботы можно классифицировать по самым различным признакам. Наиболее общими и содержательными являются классификации по назначению, решаемому классу задач и особенностям управления.

Поскольку с развитием робототехники неизбежно формирование новых поколений роботов и внедрение их в новые области и сферы, классификация по назначению и решаемому классу задач не является завершенной и, в известной мере, характеризует путь развития роботов, а поэтому может быть названа эволюционной.

По назначению и решаемому классу задач роботы всех поколений могут быть разделены на две большие группы: промышленные и исследовательские (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Классификация роботов

Промышленные роботы (ПР) — это роботы, предназначенные для выполнения тяжелой, монотонной, вредной и опасной для здоровья физической работы, а также для выполнения отдельных видов трудоемкой, напряженной и утомительной умственной работы (проектирование, информационное обеспечение, управление).

Соответственно конкретным областям применения имеется ряд разновидностей промышленных роботов.

Промышленные роботы, получившие наибольшее развитие в настоящее время, предназначены для автоматизации основных и вспомогательных операций в различных отраслях промышленности: в машиностроении и приборостроении, в горнодобывающей, нефтехимической, металлургической, атомной и др.

Промышленные роботы, в свою очередь, подразделяются на три группы по производственно-технологическим признакам: производственные, или технологические (ППР), для основных операций технологических процессов; подъемно-транспортные, или вспомогательные (ПТПР), выполняющие действия типа взять — перенести — положить; универсальные (УПР) для различных операций — основных и вспомогательных.

По специализации промышленные роботы подразделяются на специальные, выполняющие строго определенные техноло-

гические операции или обслуживающие конкретные модели технологического оборудования; специализированные, или целевые, предназначенные для выполнения технологических операций одного вида (сварки, сборки, окраски и т. п.) или обслуживания определенной группы моделей технологического оборудования, объединенных общностью манипуляционных действий; универсальные, или многоцелевые, ориентированные на выполнение как основных, так и вспомогательных технологических операций различных видов и с различными группами моделей технологического оборудования.

Исследовательские роботы — это роботы, предназначенные для поиска, сбора, переработки и передачи информации об исследуемых объектах. Такими объектами могут быть труднодоступные или недоступные для человека сферы (космическое пространство, океанские глубины, недра Земли, экстремальные лабораторные условия) либо области, где требуются выявление, переработка и анализ огромной по объему информации, например информационный поиск и разведка, искусство и литература.

Примером современных исследовательских роботов служат автоматические аппараты для исследования космоса и планет. На протяжении уже многих лет мы являемся свидетелями штурма космоса очувствленными роботами. В октябре 1959 г. с помощью советской автоматической станции «Луна-3» впервые удалось сфотографировать обратную сторону Луны, положив тем самым начало прямому изучению лунной поверхности. Советский космический аппарат автоматической станции «Луна-16» 24 сентября 1970 г. доставил на Землю образцы лунного грунта. Аналогичная операция была совершена в феврале 1972 г. автоматической станцией «Луна-20». Очувствленные космические роботы «Луноход-1» (1970 г.) и «Луноход-2» (1973 г.), доставленные на поверхность Луны автоматическими станциями «Луна-17» и «Луна-21» и управляемые человеком-оператором в супервизорном режиме, получили и передали на Землю ценнейшую информацию о поверхности Луны. Эти выдающиеся эксперименты, имеющие не только космическое, но и робототехническое значение, показали, насколько сложным и, казалось бы, невыполнимым может быть задание, даваемое космическому роботу.

11.2. Составные части и конструкции промышленных роботов

Промышленный робот состоит из исполнительного устройства (собственно манипулятора) и устройства управления.

Манипулятор ПР предназначен для выполнения всех его двигательных функций и представляет собой многозвенный механизм с разомкнутой кинематической цепью, оснащенный приводами и рабочим органом, а также, в общем случае, устройством передвижения. Манипулятор состоит из опорных (несущих) конструкций, манипуляционной системы, рабочих органов, привода и устройства передвижения.

Устройство управления ПР необходимо для формирования и выдачи управляющих воздействий манипулятору в соответствии с управляющей программой. Оно состоит из собственно системы управления, информационно-измерительной системы с устройствами обратной связи и системы связи.

Структурная схема промышленного робота представлена на рис. 11.2.

Опорные конструкции служат для размещения всех устройств и агрегатов ПР, а также для обеспечения необходимой прочности и жесткости манипулятора. Опорные конструкции выполняются в виде оснований, корпусов, стоек, рам тележек, порталов и т. п.

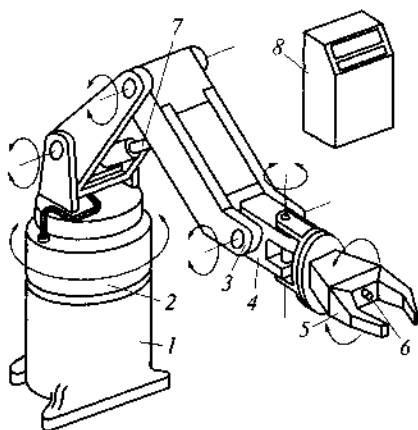
Манипуляционная система предназначена для переноса и ориентации рабочего органа или объекта манипулирования в заданной точке рабочей зоны и представляет собой многозвенный пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью.



Рис. 11.2. Структурная схема промышленного робота

Рис. 11.3. Конструкция промышленного робота:

1 — опорная конструкция (основание); 2 — колонна; 3 — рука манипулятора; 4 — кисть; 5 — рабочий орган (схват); 6 — датчик обратной связи; 7 — привод руки; 8 — блок управляющего устройства с пультом



Рабочий орган манипулятора ПР, необходимый для непосредственного воздействия на объект манипулирования при выполнении технологических операций или вспомогательных переходов, представляет собой захватное устройство или рабочий инструмент.

Привод предназначен для преобразования подводимой энергии в механическое движение исполнительных звеньев манипулятора в соответствии с командными сигналами, поступающими от системы управления, и в общем виде содержит энергоустановку, двигатели и передаточные механизмы.

Устройство передвижения служит для перемещения манипулятора или ПР в целом в необходимое место рабочего пространства и состоит из ходовой части и приводных устройств.

Система управления необходима для непосредственного формирования и выдачи управляющих сигналов и состоит из пульта управления, запоминающего устройства, вычислительного устройства, блоков управления приводами манипулятора и технологическим оборудованием.

Информационно-измерительная система, предназначенная для сбора и первичной обработки информации для системы управления о состоянии элементов и механизмов ПР и внешней среды, входит в состав устройства управления ПР и включает в себя устройство обратной связи, устройство сравнения сигналов и датчики обратной связи.

Систему связи используют для обеспечения обмена информацией между ПР и оператором или другими роботами и технологическими устройствами с целью формулировки заданий, контроля за функционированием систем ПР и технологического оборудования, диагностики неисправностей, регламентной проверки и т. п.

На рис. 11.3 представлена одна из конструкций промышленного робота.

11.3. Технические характеристики промышленных роботов

Технические характеристики современных ПР можно подразделить на основные и дополнительные.

К основным техническим характеристикам ПР относятся номинальная грузоподъемность; число степеней подвижности; величины и скорости перемещения по степеням подвижности; рабочая зона, рабочее пространство и зона обслуживания ПР; погрешность позиционирования или отработки траектории.

Номинальная грузоподъемность ПР — наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки, при которой гарантируются их захватывание, удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик. Для многорукого ПР номинальную грузоподъемность определяют как сумму грузоподъемностей всех его рук. Для некоторых типов ПР важным показателем является усилие (или крутящий момент), развиваемое исполнительным устройством.

По величине номинальной грузоподъемности ПР подразделяются на сверхлегкие (до 1 кг); легкие (свыше 1 до 10 кг); средние (свыше 10 до 200 кг); тяжелые (свыше 200 до 1000 кг); сверхтяжелые (свыше 1000 кг). В настоящее время выпускают до 65 % моделей ПР легкого и среднего типов с грузоподъемностью от 5 до 80 кг.

Число степеней подвижности ПР определяют как сумму возможных координатных движений его рабочего органа или объекта манипулирования относительно опорной системы. Для некоторых типов ПР дополнительно учитывают число степеней подвижности захватного устройства, равное числу степеней свободы всех его звеньев относительно узла крепления к руке робота.

Среди степеней подвижности отдельного манипулятора различают переносные и ориентирующие. Переносные степени подвижности используются для перемещения рабочего органа ПР, ориентирующие — для его ориентации в рабочей зоне. Для перемещения объекта манипулирования в заданное место рабочей зоны без его ориентации достаточно трех переносных степеней подвижности, для полной ориентации — трех ориентирующих. Для переноса и полной пространственной ориентации необходимо шесть степеней подвижности; дальнейшее увеличение числа степеней подвижности повышает маневренность ма-

нипуляционной системы робота, улучшает динамику, однако усложняет конструкцию и программирование, снижает точность позиционирования и увеличивает стоимость ПР. Поэтому предпочитают ограничиваться четырьмя-пятью степенями подвижности; шесть и более применяют лишь в наиболее сложных технологических процессах.

По подвижности ПР подразделяются на три группы: малую (до трех степеней подвижности), среднюю (четыре — шесть) и высокую (более шести). Число степеней подвижности ПР в значительной мере определяет его универсальность. Современные ПР имеют обычно от двух до семи степеней подвижности: самые простые — одну-две; наиболее сложные — семь, иногда и более. В структуре современного мирового парка ПР преобладают конструкции с четырьмя и пятью степенями подвижности (63 %).

Учитывая все большее применение подвижных роботов, наряду со степенями подвижности манипуляционной системы робота следует рассматривать также степени подвижности устройств его передвижения, так называемые координатные. Величины и скорости перемещения рабочего органа по каждой степени подвижности характеризуют геометрию рабочего пространства ПР, а также особенности движения и ориентации переносимого предмета и определяются механикой манипулятора ПР и возможностями привода.

Величины перемещений по линейным координатам задаются в метрах, по угловым — в градусах или радианах; скорости выражаются в метрах в секунду для линейных и градусах (радианах) в секунду для угловых координат.

По величине линейного перемещения или хода рабочего органа различают ПР с малым (до 300 мм), средним (от 300 до 1000 мм) и большим (более 1000 мм) ходом.

Скорости перемещений звеньев манипулятора характеризуют важное качество ПР — быстродействие, от которого зависит время обслуживания технологического оборудования. Обычно скорости линейных перемещений рабочих органов манипуляторов не превышают 1 м/с, хотя имеются отдельные роботы со скоростями до 2 м/с и более. Угловые скорости движений рабочих органов находятся преимущественно в диапазоне 15...360 °/с (0,25...6,3 рад/с).

11.4. Манипуляционная система промышленных роботов

Манипуляционная система (МС) промышленного робота является составной частью манипулятора ПР, обеспечивающей перенос и ориентацию рабочего органа или объекта манипулирования в заданной точке пространства и определяющей фор-

му и объем рабочей зоны ПР, а также характер движений рабочего органа. В совокупности с опорной конструкцией, приводом, передаточными механизмами и рабочим органом манипуляционная система образует манипулятор ПР; при этом часть элементов опорной конструкции, привода и передаточных механизмов может непосредственно входить в состав манипуляционной системы в качестве ее звеньев, что обуславливает применения в робототехнике общего понятия «манипулятор», как в отношении собственно манипулятора ПР, так и его манипуляционной системы.

На рис. 11.4 представлен один из типов манипулятора. Звенья манипуляционной системы обозначены цифрами 1, 2, ..., 7, характер и возможные направления движения звеньев — стрелками I, II, ..., VI. Манипулятор содержит неподвижное звено 1 в виде основания или корпуса ПР, на котором установлено вращающееся вокруг вертикальной оси (в направлении стрелки I) звено 2 — колонна манипулятора. Относительно колонны вертикально (II) движется звено 3 — каретка, в направляющих которой перемещается в радиальном направлении (III) звено 4 — рука манипулятора. К руке, в свою очередь, присоединяется

звено 5, вращающееся (IV) относительно ее продольной оси, и далее звено 6, связанное шарнирно со звеном 5 и вращающееся в направлении стрелки V. В совокупности звенья 5 и 6 по аналогии с рукой человека могут быть названы кистью. Звено 7 представляет собой рабочий орган, в данном случае — механический хват с захватными элементами (губками), которые могут совершать движения (VI), за счет чего обеспечивает

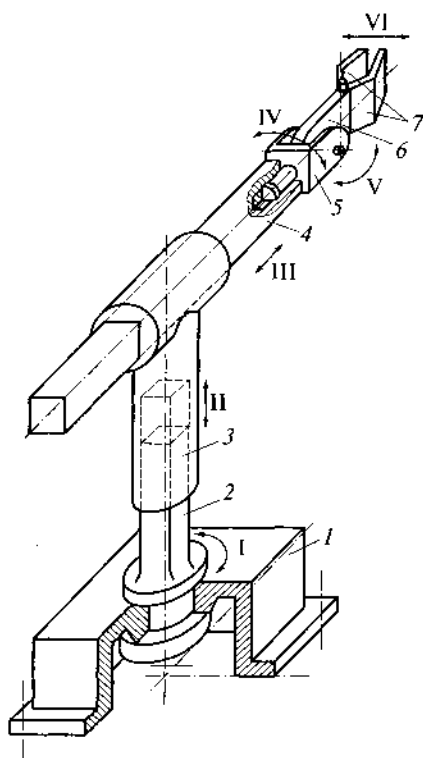


Рис. 11.4. Манипулятор ПР:

1 — неподвижное звено; 2 — поворотная колонна; 3 — каретка манипулятора; 4 — рука манипулятора; 5, 6 — звенья, аналогичные руке человека; 7 — губки; I...VI — направления движения звеньев

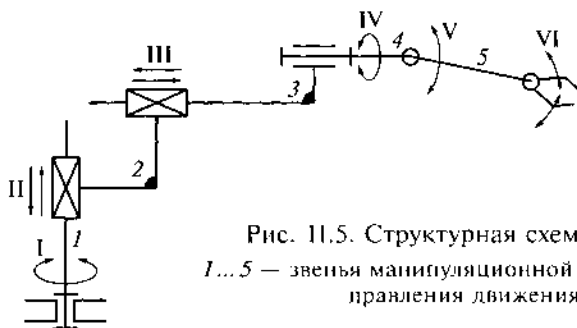


Рис. 11.5. Структурная схема манипулятора:
1...5 — звенья манипуляционной системы; I...VI — на-
правления движения звеньев

ся захват — разжатие объекта манипулирования. Движение вращения руки (IV) часто называют ротацией, а поворота кисти (V) — сгибом.

В рассмотренном манипуляторе движения колонны, каретки и руки в направлениях I, II и III являются переносными, обеспечивающими перемещение рабочего органа или объекта манипулирования в заданное место рабочей зоны ПР; перемещение кисти и схвата в направлениях IV и V — ориентирующими, необходимыми для ориентации рабочего органа или объекта манипулирования. Отдельные движения элементов рабочего органа, например в направлении VI захвата — разжатия губок схвата, относятся к внутренним, поскольку не изменяют ни положения рабочего органа в рабочей зоне, ни его ориентации. При рассмотрении общей кинематики и динамики манипулятора эти движения не учитывают. Структурная схема манипулятора представлена на рис. 11.5.

11.5. Примеры промышленных роботов

Промышленный робот с числовым программным управлением модели М20П.40.01 предназначен для автоматизации загрузки-выгрузки деталей и смены инструмента на металлорежущих станках с автоматическим циклом обработки детали.

Робот может обслуживать один или два станка, образуя с ними комплекс станок — промышленный робот, который может являться базой для создания гибких производственных модулей, предназначенных для продолжительной работы без участия оператора.

Промышленный робот работает в цилиндрической системе координат, оснащен устройством программного управления «Контур-1» или РБ241Б с вводом программы с пульта обучения, кассеты внешней памяти и от ЭВМ высшего ранга. Робот работает в трех режимах: обучение, повторение, редактирование.

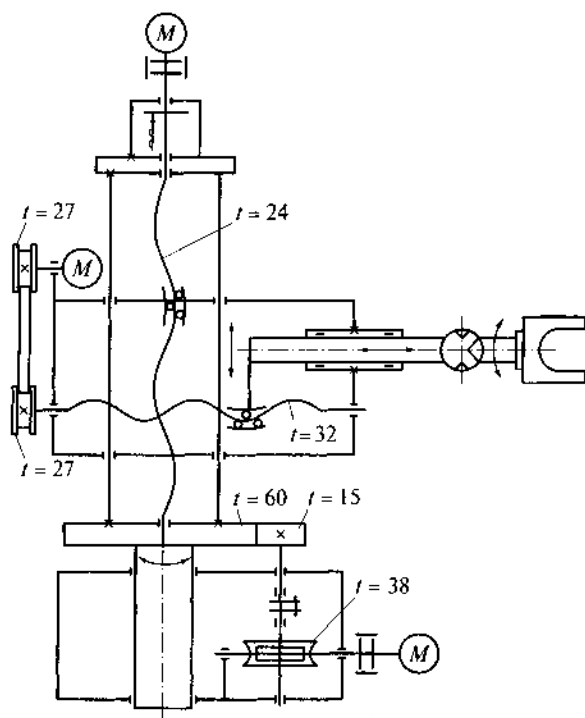


Рис. 11.6. Кинематическая схема робота М20П.40.01

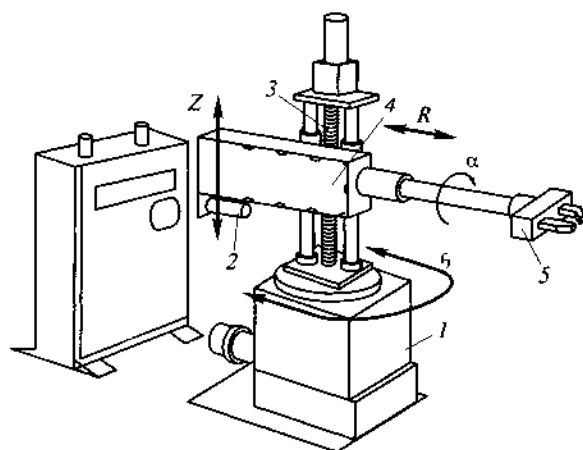


Рис. 11.7. Координаты перемещения робота М20П.40.01:

1 — основание; 2 — привод горизонтального перемещения; 3 — привод вертикального перемещения; 4 — привод перемещения по координате θ ; 5 — привод перемещения по координате α

Кинематическая схема робота М20П.40.01 представлена на рис. 11.6 (t — числа зубьев шестерен и приводных шкивов, шаги винтов), а координаты перемещения робота показаны на рис. 11.7.

Основание робота 1 (рис. 11.7) представляет собой жесткую отливку. Вал, служащий опорой для привода перемещений по оси Z , смонтирован в шариковом сдвоенном радиально-упорном подшипнике и шариковом радиальном подшипнике. На основании робота установлены червячный редуктор с передаточным числом 38 и электродвигатель постоянного тока со встроенным датчиком обратной связи. Червячный редуктор и электродвигатель соединены между собой зубчатой муфтой. Выбор зазора в зубчатом зацеплении производится горизонтальным перемещением червячного редуктора.

Привод вертикального перемещения 3 включает в себя электродвигатель постоянного тока со встроенным датчиком обратной связи, шариковую передачу винт — гайка качения. Электродвигатель и винт соединены между собой зубчатой муфтой. Для исключения падения механизма выдвижения руки при отключении двигателя на верхнем конце винта установлен нормально замкнутый электромагнитный тормоз.

Привод горизонтального перемещения 2 состоит из электродвигателя постоянного тока со встроенными датчиками обратной связи, шариковой передачи винт — гайка качения. Вращение от электродвигателя передается на винт плоскозубчатым ремнем с передаточным отношением 1:1.

Приводом перемещений 5 по координате α служит неполноповоротный пневматический двигатель с двухпозиционным управлением. Специальные стопоры предназначены для фиксации поворота на 90 и 180°. Привод перемещений 4 по координате θ имеет реверсивный пневмодвигатель, волновой редуктор с передаточным отношением 1:159. Вращение от пневматического двигателя передается волновому редуктору через плоскозубчатый ремень.

Для контроля положения используются бесконтактные датчики, импульсы от которых поступают в устройство управления. Конечные выключатели служат для ограничения перемещения по координате α в диапазоне 90...180°.

11.6. Общие сведения о робототехнологических комплексах

При механической обработке деталей с помощью ПР автоматизируют:

- установку заготовок в рабочую зону станка и (при необходимости) контроль правильности их базирования;

- снятие готовых деталей со станка и размещение их в таре (накопитель);
- передачу деталей от станка к станку;
- кантование деталей (заготовок) в процессе обработки;
- контроль размеров деталей;
- очистку базовых поверхностей деталей и приспособлений;
- смену инструментов.

Опыт эксплуатации ПР показывает, что наиболее целесообразной формой роботизации в условиях серийного производства является создание роботизированных технологических комплексов (РТК), на базе которых в перспективе могут быть созданы роботизированные участки, цехи и заводы.

РТК — это автономно действующая совокупность технологических средств производства, обеспечивающая полностью автоматический цикл работы внутри комплекса и его связь с входными и выходными потоками остального производства и включающая в себя единицу или группу технологического полуавтоматического оборудования (например, металлорежущие станки), взаимодействующего с этим оборудованием ПР, вспомогательное оборудование.

На базе одних и тех же моделей станков могут создаваться РТК различных компоновок, комплектуемые ПР, обладающими различными технологическими и техническими возможностями.

Наибольшее распространение получили РТК следующих компоновок: одностаночные, состоящие из одного станка, обслуживаемого подвесным (расположенным над станком), напольным (расположенным рядом со станком) или встроенным в станок ПР; многостаночные РТК линейной или линейно-параллельной компоновки, обслуживаемые подвесными ПР; многостаночные РТК круговой компоновки, обслуживаемые напольными ПР.

Многостаночные РТК линейной и линейно-параллельной компоновки, обслуживаемые подвесными ПР, имеют следующие достоинства: занимают меньшую (по сравнению с РТК круговой компоновки) производственную площадь; обеспечивают возможность переналадки и ремонта оборудования без остановки работы всего РТК; обеспечивают возможность визуального наблюдения за работой оборудования; обеспечивают безопасные условия работы обслуживающего персонала; обеспечивают возможность обслуживания одним ПР трех или более станков.

Достоинством РТК круговой компоновки, обслуживаемого напольным ПР, является то, что ПР этого типа характеризуется малой материалоемкостью и простотой обслуживания.

Основное достоинство одностаночного РТК со встроенным в станок промышленным роботом — минимальная (по сравне-

нию с РТК других компоновок) производственная площадь, требующаяся для размещения комплекса.

11.7. Роботизированные технологические комплексы для механической обработки деталей

Требования к промышленным роботам. ПР должны осуществлять: установку заранее ориентированных заготовок в рабочую зону станка; снятие деталей со станка и раскладку их в тару или укладку в магазин (конвейер); кантование деталей; выдачу технологических команд для управления технологическим оборудованием; транспортирование деталей между станками.

Основные требования к ПР, используемым для автоматизации металлорежущих станков, следующие:

- конструктивные и технологические параметры ПР (грузоподъемность, скорость перемещения рабочих органов, точность позиционирования, размеры рабочей зоны, тип программного управления) должны соответствовать параметрам станков, для обслуживания которых они предназначаются;

- применение ПР должно обеспечить: повышение производительности станков не менее чем на 20 %; повышение качества обработки деталей; повышение коэффициента загрузки станков в 2—2,5 раза; снижение трудоемкости на единицу продукции в 2—2,5 раза;

- ПР должен иметь число степеней подвижности, обеспечивающее необходимый объем операций при обслуживании как станка, так и вспомогательного оборудования РТК;

- достаточная степень универсальности, позволяющая при переходе РТК на обработку нового изделия обходиться минимальной переналадкой ПР;

- высокая надежность, обеспечивающая наработку ПР на отказ не менее 1000 ч;

- наличие зоны безопасности, находясь в которой обслуживающий персонал может беспрепятственно наблюдать за процессом резания и в случае аварийной ситуации принимать соответствующие меры, не подвергаясь при этом возможности быть травмированным ПР.

Роботизированный технологический комплекс КС10.48. РТК КС10.48 предназначен для токарной обработки широкой номенклатуры деталей типа фланцев диаметром 40... 160 мм и массой до 10 кг в условиях мелкосерийного и серийного производств. Заготовки устанавливаются в станок с помощью трехкулачкового самоцентрирующего патрона.

В состав РТК (рис. 11.8) входят: токарно-револьверный станок 1 модели 1В340Ф30; промышленный робот 2 модели

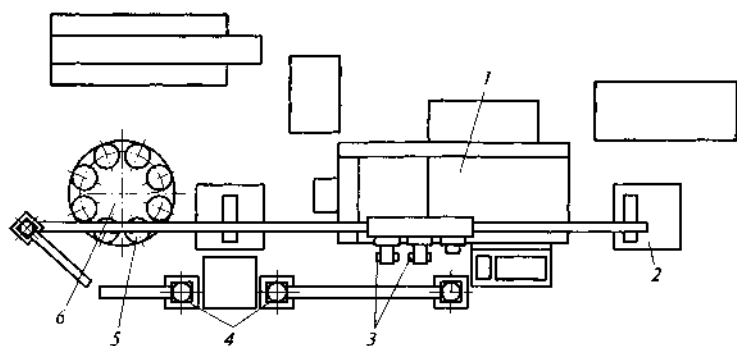


Рис. 11.8. РТК KC10.48 для токарной обработки:

1 — токарно-револьверный станок 18340Ф30; 2 — ПР М20Ц48.01; 3 — захватные устройства; 4 — ограждение; 5 — диск; 6 — дисковый магазин

М20Ц48.01, оснащенный двумя захватными устройствами 3; дисковый магазин 6 с дисками 5; ограждение 4.

РТК имеет линейную компоновку и управляется от устройств ЧПУ промышленного робота (УЧПУ).

Приемная и загрузочная позиции РТК совмещены. На станке производится либо полная обработка детали (с одной установки), либо обработка детали с одной стороны. В последнем случае обработка другой стороны детали производится или на другом РТК, или на том же РТК после его соответствующей переналадки.

Детали устанавливаются на диске с ориентирующими штырями, размещенном на поворотном магазине. Магазин устанавливается так, чтобы две его соседние позиции могли обслуживаться захватными устройствами ПР. Расстояние между двумя руками ПР равно расстоянию между двумя соседними позициями магазина. Когда каретка ПР останавливается в крайнем левом положении, руки ПР оказываются под соответствующими позициями магазина, в результате чего взятие заготовки и укладка обработанной детали производятся одновременно. После выработки стопы заготовок и заполнения стопы обработанных деталей магазин поворачивается на один шаг, подводя под разгрузочную руку пустую позицию, а под загрузочную руку стопу заготовок.

ПР во время работы станка захватывает заготовку и удерживает ее в непосредственной близости от рабочей зоны станка. Когда обработка детали закончена, ПР первым свободным захватным устройством снимает готовую деталь, а вторым — устанавливает на ее место заготовку, после чего обработка возобновляется. Во время обработки этой детали ПР укладывает изделие

в разгрузочную позицию магазина и одновременно свободным вторым захватом берет из стопы заготовку и переносит ее в позицию, расположенную в непосредственной близости от рабочей зоны станка.

Дисковый магазин предназначен для хранения заготовок и обработанных деталей в стопах и выдачи их на позиции загрузки-выгрузки. Магазин включает в себя поворотный стол с приводом, на столе закреплена планшайба; диск фиксируется от поворота пальцем, установленным на планшайбе.

Прежде чем войти в какую-либо зону рабочего пространства ПР, оператору необходимо поднять ограничитель, преграждающий ему путь. При этом срабатывают связанные с ограничителем микропереключатели, прерывающие работу ПР. Для повышения надежности оба микропереключателя работают параллельно.

ПР оснащен двумя одноместными захватными устройствами, которые удерживают деталь (диаметром 40... 160 мм) тремя губками, синхронно сходящимися под углом 120° и центрирующими заготовку. Захватное устройство установлено в опоре качения и может поворачиваться (с помощью толкателя и рычага) вокруг горизонтальной оси. Крепление захватного устройства в руке ПР осуществляется посредством стандартизированного хвостовика.

11.8. Применение промышленных роботов для кузнечно-прессового оборудования, красочных работ и гальванопокрытий

Детали, рекомендуемые для обработки на РТК. Обработка металлов давлением является высокоскоростным процессом, поэтому заготовки должны подаваться на загрузочную позицию кузнечно-прессовой машины поштучно и в строго ориентированном виде. Форма заготовок должна обеспечивать возможность их перемещения и переориентации как при передаче с машины на машину, так и в межштамповочном пространстве в случае многопереходной обработки на одной машине; при этом фиксация заготовки на всех этапах обработки должна быть однозначной. Следовательно, использование ПР целесообразно для автоматизации загрузки-выгрузки простейших типов деталей, имеющих ясно выраженные базы и признаки ориентации, а также поверхности для надежного захватывания и удержания.

Если исходным материалом являются прутки, полосы, лента или проволока, то для автоматизации загрузки оборудования более выгодно применять не ПР, а валковые, клиновые, клещевые и шиберные механизмы подачи, механические руки и пи-

татели различных видов. Удалять же готовое изделие из рабочей зоны можно, используя его падение (под действием собственного веса) под стол пресса, либо с помощью лоткового сбрасывателя, либо посредством движущегося механизма загрузки, подающего очередную заготовку, которая сталкивает готовое изделие.

Заготовки деталей, получаемых методом листовой штамповки, должны:

- занимать фиксированное положение в матрице штампа при передаче ее с машины на машину;
- не сцепляться (заусенцами) между собой при хранении в накопителе и на позиции выдачи;
- иметь неплоскостность и коробление в пределах 2 % их длины или ширины (в зависимости от направления подачи в рабочую зону пресса);
- обезжириваться (во избежание слипания) перед подачей на загрузочную позицию, если они выполнены из немагнитных материалов.

Выбор схемы построения РТК в кузнечно-прессовом производстве определяют следующие факторы: характер технологического процесса; вид технологического оборудования и его технические характеристики; конструкция ПР и др.

РТК на базе однокривошипных прессов. На однокривошипных прессах выполняют следующие листоштамповочные операции: вырубка, пробивка, неглубокая вытяжка (прессы простого действия); глубокая вытяжка; вырубка в сочетании с вытяжкой (прессы двойного действия).

РТК на базе однокривошипного пресса простого действия приведен на рис. 11.9. Устройство 4 поштучной выдачи заготовок установлено около пресса 2. ПР 6 берет заготовку из устройства 4 и передает ее в рабочее пространство пресса 2. Информация к ПР поступает от системы датчиков 3. Готовые изделия с помощью ПР передаются в специальную тару 7. Система управления прессом смонтирована в шкафу 1, а система управления ПР — в шкафу 5.

Методы нанесения покрытий. Наиболее распространенными в машиностроительных отраслях методами нанесения лакокрасочных покрытий являются следующие: пневматическое и безвоздушное распыление; окраска в электростатическом поле высокого напряжения; окраска струйным обливом; окраска окунанием с последующей выдержкой в парах растворителей; окраска электроосаждением.

Основные требования и технические характеристики окрасочных ПР. Как правило, при окрашивании изделий необходимо автоматизировать как подъемно-транспортные операции, так и процесс самой окраски. Основным средством авто-

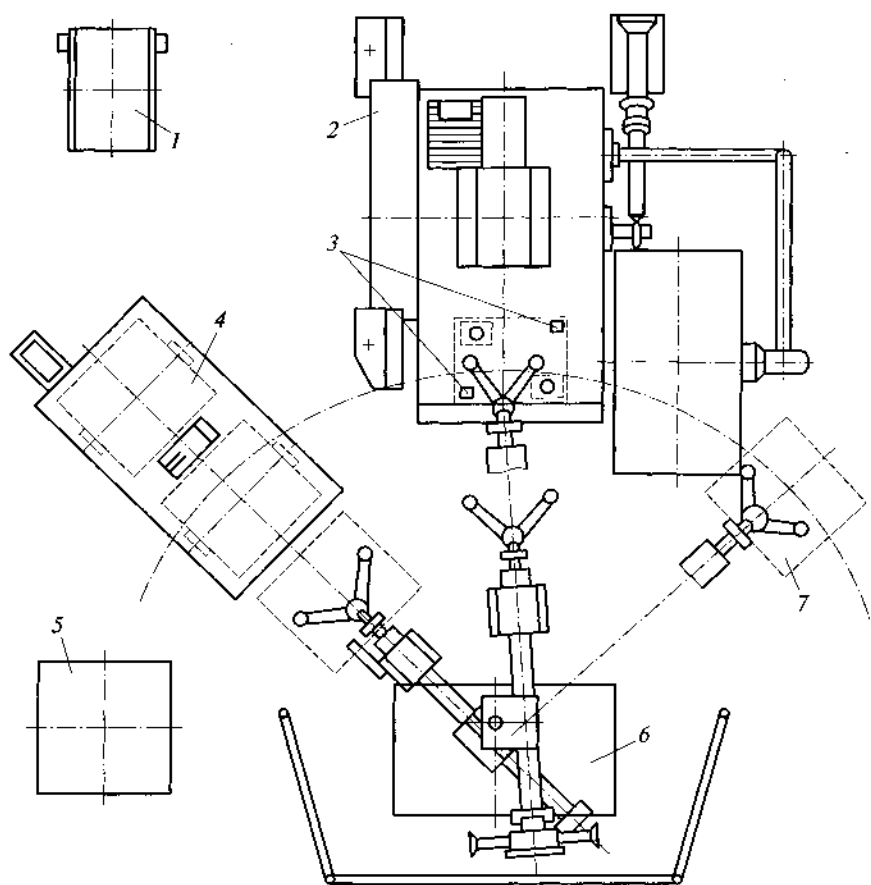


Рис. 11.9. РТК на базе однокривошипного пресса простого действия:
1, 5 — шкафы; 2 — пресс; 3 — система датчиков; 4 — устройство поштучной
выдачи заготовок; 6 — ПР; 7 — тара

матизации транспортных операций являются конвейеры (шаговые и непрерывного действия; с установкой или подвеской деталей; ленточные, пластинчатые, цепные, штанговые и др.). Для перегрузки и установки-снятия деталей используют подъемники, перегружатели, кантователи, роликовые конвейеры и технологические тележки. Окраску в зависимости от применяемого метода выполняют в стационарных ваннах, а также посредством распылителей и других устройств.

В то же время транспортирование и окраску можно автоматизировать с помощью ПР. Для перемещения и окунания (в ванны) подвесок с изделиями используются как специальные,

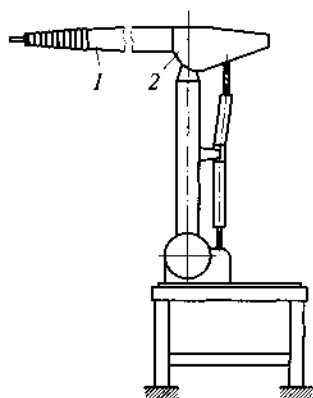


Рис. 11.10. Типовая конструкция окрасочного ПР:
1 — ПР; 2 — манипулятор с распылителем

например предназначенные для обслуживания ванн гальванопокрытий, так и универсальные ПР.

Требования, предъявляемые к ПР, производящим окрасочные операции, в значительной степени определяются спецификой их работы. ПР, работающие в окрасочных камерах, должны иметь герметичное исполнение. Число степеней подвижности и компоновка ПР должны обеспечивать выполнение технологического процесса окраски в соответствии с формой, габаритными размерами и относительными перемещениями изделия. Опыт показывает, что для окраски большинства изделий возможно использование ПР, имеющего 3...5 степеней подвижности при погрешности позиционирования 2...3 мм. Типовая конструкция окрасочного ПР показана на рис. 11.10. Окрасочный ПР содержит не менее пяти степеней подвижности, обеспечивающих возможность реализации сложных пространственных движений.

Важным элементом окрасочных ПР является рука с запястьем, на котором располагается распылитель. Как правило, в стандартном исполнении запястье выполняют в виде двухосного узла, позволяющего изменять положение распылителя по двум взаимно-перпендикулярным осям.

Примеры автоматизации окрасочных операций с помощью ПР. Одним из типовых принципов реализации окрасочных операций является создание окрасочных технологических комплексов, оснащенных соответствующим столом, на котором устанавливается обрабатываемое изделие. В этом случае стол может обладать несколькими степенями подвижности, позволяющими осуществлять требуемое изменение пространственной ориентации изделия относительно окрашиваемого агрегата. В состав комплекса входит ПР, осуществляющий окраску изделий.

На рис. 11.11, а показан комплекс, содержащий окрасочный ПР 3 и поворотный стол 1 (с устройством управления 5), на котором закрепляется изделие 2. УЧПУ 4 обеспечивает выбор требуемой УП обработки изделий, а также синхронизацию работы поворотного стола и ПР.

На рис. 11.11, б показан комплекс, в котором окрашиваемые изделия 3 перемещаются конвейером 2. ПР 5, на котором смонтирован распылитель, осуществляет окраску. Комплекс оснащен блоком 1, контролирующим скорость движения конвейера,

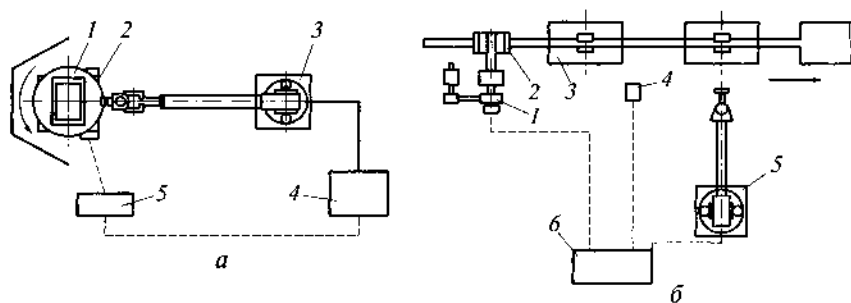


Рис. 11.11. Схема окрасочного технологического комплекса:

а — с постоянным рабочим местом: 1 — поворотный угол; 2 — изделие; 3 — окрасочный ПР; 4, 6 — УЧПУ; 5 — устройство управления; *б* — с конвейерной подачей окрашиваемых изделий: 1 — блок, контролирующий скорость конвейера; 2 — конвейер; 3 — изделие; 4 — датчик; 5 — ПР с распылителем

а также датчиком 4, фиксирующим появление изделия в зоне начала работы ПР. Управление комплексом производится от УЧПУ 6.

Применение ПР для ванн гальванопокрытий. Для обслуживания ванн гальванопокрытий применяются универсальные ПР, установленные стационарно или на подвижной рельсовой тележке, перемещающей ПР вдоль ряда ванн. Некоторые транспортные ПР (имеющие ход по монорельсу 12 и 18 м) предназначены для группового обслуживания ванн, а другие (специализированные ПР) — для обслуживания автоматических линий гальванопокрытий. ПР должны быть защищены от корродирующего воздействия испарений химических растворов, находящихся в ваннах. Грузоподъемность и скорость перемещения ПР должны обеспечивать требуемую производительность автоматической линии.

ПР захватывает подвеску с деталями из гнезд специального магазина и по программе перемещает и опускает ее в ванну с соответствующими растворами. При этом в системе управления ПР программируется время выдержки контейнеров в ваннах и последовательность обслуживания ванн на линии. После окончания обработки подвеска с деталями перемещается в магазин.

Универсальные ПР, размещенные стационарно рядом с установкой для нанесения покрытий или на подвижной тележке, применяют в основном при нанесении покрытий на отдельные детали, требующие дополнительных поворотов и перемещений при выполнении технологической операции.

Более широко для обслуживания автоматических линий применяются ПР тельферного типа (рис. 11.12). Для перемещения ПР вдоль ванн используют подвешенный к перекрытию цеха

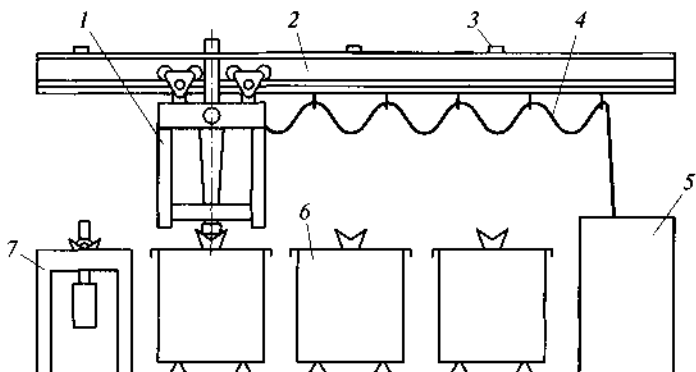


Рис. 11.12. Автоматическая линия нанесения гальванопокрытий с тельферного типа:

1 — тельфер; 2 — монорельс; 3 — позиционные датчики; 4 — кабель; 5 — система управления тельфера; 6 — ванны гальванопокрытий; 7 — позиция выдачи и подготовки подвесок

или к специальным Г-образным стойкам монорельс, который может быть прямолинейным (в однорядных линиях) или замкнутым (в двухрядных линиях). Тельферные тельферы обеспечивают компактность линии, поскольку длина монорельса (особенно, если он подвешен к перекрытию цеха) не влияет на длину линии; свободный доступ к ваннам, что имеет большое значение при их обслуживании и ремонте; снижение металлоемкости тельфера и линии в целом.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяются промышленные роботы в современном производстве?
2. По каким признакам классифицируются тельферы?
3. Из каких составных частей состоят тельферы и каково их назначение?
4. Какие основные технические характеристики характеризуют тельферы?
5. Что из себя представляет манипуляционная система тельфера?
6. Как построена кинематическая схема типового тельфера?
7. Что такое робототехнологический комплекс и каково его назначение?
8. Как используются РТК для механической обработки деталей?
9. Как организованы РТК для кузнечно-прессового оборудования?
10. Каковы особенности РТК для окрасочных работ и для гальванопокрытий?

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ

12.1. Технологичность конструкций для условий автоматической сборки

Многие механизмы и машины в настоящее время имеют такую конструкцию, которая не позволяет автоматизировать их сборку. При разработке этих конструкций предполагалось, что сборка будет производиться вручную, в лучшем случае — с применением механизированного инструмента. В связи с этим при подготовке к автоматизации процесса сборки, т. е. к проектированию автоматического оборудования, приходится анализировать технологичность конструкции изделия исходя из условий автоматической сборки. В случае неудовлетворительной технологичности конструкции ее необходимо пересматривать и изменять.

Прежде чем рассматривать отдельно особенности конструкций, определяющие технологичность, отметим, что технологичность конструкции для условий автоматической сборки не всегда совпадает с технологичностью изготовления отдельных деталей. Технологичность конструкции не может рассматриваться вообще, а лишь применительно к определенному способу сборки. Это означает, что при изменении способа сборки, когда, например, условия базирования оказываются другими, суждение о технологичности также может измениться. Однако можно сформулировать некоторые общие требования к технологичности деталей для автоматической сборки, выполнение которых в большинстве случаев улучшает и технологичность конструкции.

Первое требование — блочность конструкции. Конструкция, расчленяющаяся на отдельные блоки, уже сама по себе представляет определенные удобства для производства, так как из блоков она может изготавливаться на определенном участке. При автоматизации процесса сборки блочная конструкция позволяет автоматизировать сборку отдельных блоков, если конструкция изделия достаточно сложна, чтобы автоматизировать его сборку в целом.

Второе требование — простота конструкции. Имеется в виду конфигурация деталей, их число, расположение в конст-

рукции. Требование простоты конфигурации деталей совпадает с соответствующим требованием, выдвигаемым при обработке деталей. Действительно, при автоматической сборке деталь более простой конфигурации требует и более простых ориентирующих устройств, меньше ступеней ориентирования, более простых питателей и базирующих устройств. Уменьшение числа деталей осуществляется, например, заменой методов крепления и, следовательно, уменьшением числа крепежных деталей, а также объединением деталей, в результате чего образуются более сложные детали, которые могут быть изготовлены современными технологическими методами (пластмассовые детали; детали, отлитые под давлением).

Наиболее удобным для сборки на автоматическом оборудовании является такое расположение деталей в конструкции, при котором в процессе сборки не требуется изменения положения базовой детали, а присоединяемые к ней детали подаются в одном направлении, например сверху. В связи с этим наиболее широко распространена автоматическая сборка изделий и их узлов, имеющих осесимметричную конструкцию, в которой на стержневую базовую деталь надевается несколько других, а также узлов, в которых базовая деталь (плоская или корпусная) имеет отверстия с параллельно расположенными осями, в которые устанавливаются другие детали, как, например, при автоматической сборке блоков и головок цилиндров двигателей.

Точностные требования к конструкции могут быть сформулированы следующим образом. Допуски на сопрягаемые поверхности должны обеспечивать сборку методом полной взаимозаменяемости. Кроме того, должны быть обоснованы расчетом допуски на относительное расположение сопрягаемых и базовых поверхностей, если базирование не может быть осуществлено по сопрягаемым поверхностям. Например, если нет особых требований к конструкции, при ручной сборке соосность наружной и внутренней поверхностей втулки можно особо не оговаривать. Однако при автоматической сборке в случае базирования втулки в приспособлении или в захватном органе автомата по наружной цилиндрической поверхности эксцентриситет этих поверхностей должен быть строго ограничен.

Подготовка к автоматизации сборки изделия требует проведения анализа технологичности конструкции, для чего необходимо четкое установление признаков технологичности деталей и собираемого изделия в целом. Отдельным признакам необходимо дать оценки, которые, в свою очередь, позволят получить общую оценку технологичности. Такая оценка позволяет решить вопрос о возможности автоматизации процесса сборки существующей конструкции изделия, а также определить, по каким признакам оценки технологичности являются наиболее

низкими, с тем чтобы можно было наметить изменения конструкции, позволяющие автоматизировать процесс сборки.

Технологичность деталей можно характеризовать по определенным признакам, приведенным в табл. 12.1.

Применительно к деталям можно установить следующие дополнительные признаки технологичности: отсутствие дефектов, образующих новые элементы формы деталей; отсутствие дефектов, мешающих базированию; отсутствие дефектов, мешающих соединению деталей. Кроме признаков технологичности деталей отметим признаки технологичности изделий (или сборочных единиц): возможность узловой последовательной сборки; технологичность класса соединения; возможность автоматической сборки по точностным критериям.

Для оценки технологичности конструкции введем следующие понятия: оценка признака технологичности a_j^i , где i — порядковый номер признака; j — порядковый номер детали или сборочной единицы; коэффициент значимости признака q_i ; общий коэффициент значимости для детали

$$Q_{\Delta i} = \sum_{i=1}^m q_i,$$

где m — общее число учитываемых признаков.

Коэффициент значимости для изделия (сборочной единицы) Q представляет собой сумму коэффициентов значимости отдельных деталей, к которой добавляются коэффициенты значимости признаков технологичности изделия (сборочной единицы) в целом:

$$Q = \sum_{j=1}^n Q_{\Delta j} + \sum q_v,$$

где n — число деталей в изделии (сборочной единице); q_v — коэффициент значимости признаков технологичности изделия (сборочной единицы).

Коэффициенты значимости, приведенные в табл. 12.1, установлены исходя из опыта оценки технологичности конструкций группы электротехнических изделий. В случае оценки технологичности других видов изделий величины этих коэффициентов могут быть уточнены.

Показатель технологичности для j -й детали или сборочной единицы

$$T_j = \frac{\sum_{j=1}^m q_i a_j^i}{Q_{\Delta j}}.$$

Формы ведомости оценок технологичности

№	Наименование или обозначение деталей (сборочных единиц) изделия	Число деталей (узлов) данного наименования	Группа признаков технологичности											
			1. Форма и устойчивость поверхности			2. Ориентирование и загрузка								
			Признаки											
			1.1. Способность к сохранению формы	1.2. Несцепляемость	1.3. Устойчивость поверхности к повреждению	2.1. Детали формы тел вращения				2.2. Призматические (плоские детали)				
						2.1.1. 1-й класс	2.1.2. 2-й класс	2.1.3. 3-й класс	2.1.4. 4-й класс	2.2.1. 5-й класс	2.2.2. 6-й класс	2.2.3. 7-й класс	2.2.4. 8-й класс	2.2.5. 9-й класс
			Коэффициент значимости											
			q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9	q_{10}	q_{11}	q_{12}
			10	4	1	2	4	6	8	3	5	7	9	10
			Оценка признака											
			a^1	a^2	a^3	a^4	a^5	a^6	a^7	a^8	a^9	a^{10}	a^{11}	a^{12}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Общий показатель технологичности всех деталей изделия (сборочной единицы)

$$T_{\text{д}} = \frac{\sum_{j=1}^m Q_{\text{д}j} T_j}{\sum_{j=1}^n Q_{\text{д}j}}$$

Показатель технологичности изделия (сборочной единицы)

$$T = \frac{T_{\text{д}} \sum_{j=1}^n Q_{\text{д}j} + \sum q_y a_y}{Q}$$

изделия (сборочной единицы)

деталей			5. Признаки технологичности изделия (сборочной единицы)			Показатель технологичности детали	Общий показатель технологичности всех деталей изделия (сборочной единицы)	Показатель технологичности изделия (сборочной единицы)
3. Базирование	4. Собираемость							
технологичности деталей								
3.1. Наличие поверхностей, пригодных для базирования при сборке	3.2. Возможность использования технологических баз в качестве установочных при сборке	4.1. Возможность сохранения ориентации при сборке	5.1. Возможность узловой последовательной сборки	5.2. Технологичность класса соединения	5.3. Возможность автоматической сборки по точностным критериям			
признака								
q_{13}	q_{14}	q_{15}	q_{16}	q_{17}	q_{18}			
10	5	8	10	30	10			
технологичности								
a^{13}	a^{14}	a^{15}	a^{16}	a^{17}	a^{18}	T_j	T_a	T
16	17	18	19	20	21	22	23	24

Оценки по отдельным признакам устанавливаются в диапазоне от нуля до единицы через одну десятую, т.е. 0; 0,1; 0,2; ...; 1,0. При этом в случае полного соответствия детали требованиям данного признака ставится оценка 1,0, а в случае полной непригодности детали условиям автоматической сборки ставится оценка 0.

Приведем оценки признаков технологичности в зависимости от характеристики деталей.

Оценка способности детали к сохранению формы

Характеристика деталей

Оценка a^1

Во всем процессе сборки деталь полностью сохраняет свою форму 1,0

Деталь может деформироваться при воздействии на нее рабочих органов автомата: ориентирующих, подающих, собирающих (чем больше деталь изменяет свою первоначальную форму, тем ниже становится оценка) 1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4

Деталь изменяет свою форму в бункере под воздействием веса других деталей или изменяет свою форму под действием собственного веса 0,3; 0,2; 0,1

Деталь не сохраняет определенную геометрическую форму 0

3-й класс сложности ориентирования деталей

Характеристика деталей

Оценка α^6

Детали простейшей геометрической формы в пределах данного класса, требующие только устройств для первичного ориентирования или несложных устройств для вторичного ориентирования 1,0

Те же детали, имеющие элементы, усложняющие геометрическую форму и, следовательно, усложняющие ориентирование. При этом учитывается также влияние материала детали на ориентирование (чем сложнее деталь ориентировать, тем ниже дается оценка) 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4

Возможность ориентирования детали сомнительна 0,3; 0,2; 0,1

Деталь автоматически ориентировать нельзя 0

5-й класс сложности ориентирования деталей

Характеристика деталей

Оценка α^8

Детали простейшей геометрической формы с тремя плоскостями симметрии, у которых все три координатных размера существенно отличаются друг от друга 1

Те же детали, но имеющие элементы, усложняющие геометрическую форму и, следовательно, усложняющие ориентирование. При этом учитывается также влияние материала детали на ориентирование (чем сложнее деталь ориентировать, тем ниже дается оценка) 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4

Возможность ориентирования детали сомнительна	0,3; 0,2; 0,1
Деталь автоматически ориентировать нельзя	0

С учетом наличия поверхностей, пригодных для базирования деталей при сборке

Характеристика деталей	Оценка a^{18}
------------------------	-----------------

Деталь имеет поверхности, пригодные для базирования при сборке. При этом эти поверхности обеспечивают точное базирование детали при простой конструкции базирующего устройства. В лучшем случае установочные базы совпадают с технологическими базами

Поверхности, используемые для базирования деталей, не являются наиболее удобными и, следовательно, усложняют конструкцию базирующего устройства, увеличивают погрешность базирования. Конфигурация детали может требовать ее перебазирования в процессе сборки. Усложнение базирования и увеличение погрешности базирования приводит к снижению оценки

Поверхности, пригодные для базирования на автоматическом оборудовании, отсутствуют

Основные направления улучшения технологичности конструкций, разработанных без учета требований, предъявляемых при автоматизации сборки, состоят в следующем: при переработке конструкция должна быть расчленена на отдельные блоки (узлы), должны быть упрощены детали и соединения, уменьшено их количество, рационально назначены допуски на размеры, играющие важную роль при автоматическом совмещении деталей.

Изменяя конструкцию деталей, иногда даже незначительно, можно обеспечить возможность эффективной автоматизации процесса сборки. Уже небольшие изменения крепежных деталей позволяют улучшить условия автоматического ориентирования и повысить надежность автоматического получения соединений. Это характерно в основном для винтов и болтов, причем нередко таким образом удается преодолеть затруднения, встречающиеся при автоматизации сборки. Например, образование шлицов на обоих торцах винта (рис. 12.1, а) позволяет ограничиться лишь первичным его ориентированием.

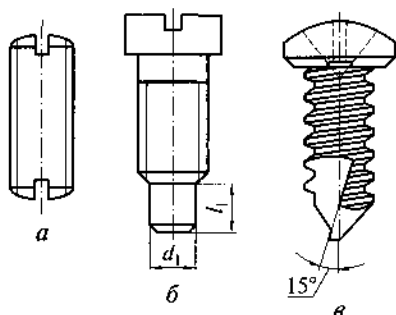


Рис. 12.1. Технологические конструкции крепежных деталей:

а — установочный винт со шлицами на обоих концах; *б* — винт с направляющим концом; *в* — винт, сверлящий отверстие и нарезающий резьбу

С целью устранения перекоса винта, входящего в резьбовое отверстие, применяют винты с направляющей цилиндрической частью стержня (рис. 12.1, *б*), диаметр которой d_1 равен внутреннему диаметру резьбы, а длина $l_1 = 0,9d_1$. Несмотря на некоторое увеличение расхода материала применение этой конструкции винтов при диаметре до М5 оказывается экономически целесообразным.

При скреплении винтом двух или больше деталей, каждая из которых имеет отверстие, бывает затруднено точное соблюдение соосности отверстий. В таком случае обычный винт нередко не может быть завинчен. Выход из положения дают самонарезающие винты, которые в заранее просверленном или пробитом на штампе отверстии нарезают резьбу и одновременно в эту резьбу завинчиваются. При такой технологии сборки отпадает одна из предшествующих операций механической обработки, так как нет необходимости заранее нарезать резьбу в отверстии одной из деталей. В ряде случаев эффективны винты, на конце которых образована режущая кромка, так что при вращении винта сперва сверлится отверстие, затем сам винт нарезает в нем резьбу и завинчивается (рис. 12.1, *в*). В этом случае отпадает даже необходимость заранее сверлить отверстия в соединяемых деталях. Зато сборку производить удобнее, небольшие неточности расположения деталей не нарушают ход процесса сборки.

12.2. Базирование при автоматической сборке

Базирование собираемых деталей на рабочей позиции автомата может производиться различными методами в зависимости от конфигурации деталей и допустимой степени сложности базировочных устройств. Последнее обстоятельство, в свою очередь, зависит от требуемой точности совмещения определенных координат собираемых деталей. Схемы базирования деталей и образования погрешностей установки приведены на рис. 12.2.

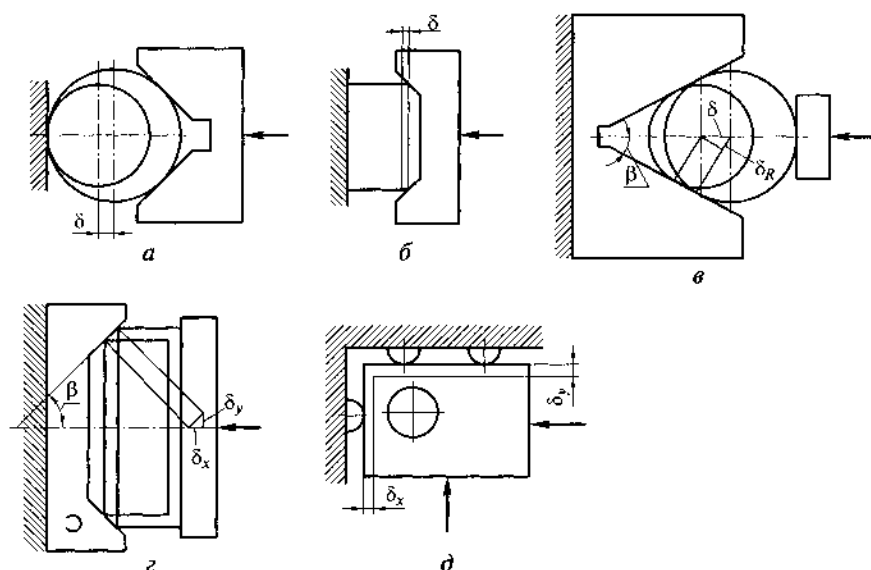


Рис. 12.2. Схемы (а...д) базирования деталей и образования погрешности установки

Крупные плоские или корпусные базовые детали можно базировать на опорную плоскость и два отверстия, особенно если эти отверстия уже использовались для базирования при обработке. Цилиндрические детали типа втулок, шайб, а также детали другой формы, имеющие отверстие, нередко также базируют по отверстию, используя специальный стержень — ловитель. Во время сопряжения собираемых деталей ловитель убирается (рис. 12.3).

Точность автоматического совмещения деталей в процессе сборки является одним из важнейших факторов, определяющих работоспособность оборудования. При этом учитываются точ-

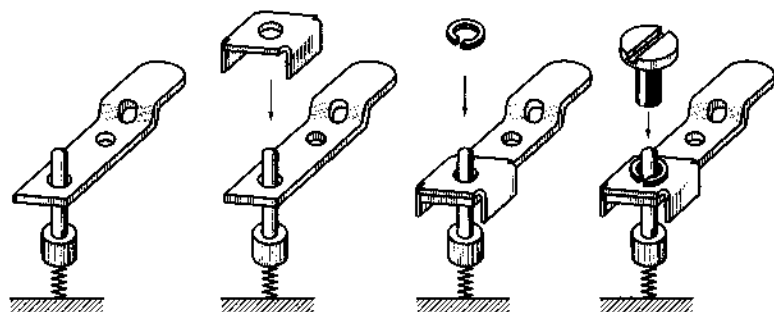


Рис. 12.3. Применение ловителя для базирования деталей по отверстию

ностные показатели как оборудования, так и участвующих в процессе сборки деталей, которые поступают на сборку со своими погрешностями.

Задача точностного расчета сводится к тому, чтобы определить и сопоставить суммарную погрешность относительного расположения собираемых деталей с допускаемой погрешностью, в пределах которой обеспечивается собираемость деталей.

При расчете отклонения относительного положения деталей погрешности систематического характера суммируются арифметически, случайные погрешности — квадратически. Для систематических погрешностей суммарное отклонение

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \xi_i \left(\Delta_{\theta_i} + \alpha_i \frac{\delta_i}{2} \right) - \alpha_{\Delta} \frac{\delta_{\Delta}}{2},$$

где ξ_i — передаточное отношение, характеризующее влияние погрешности составляющего звена на замыкающее; Δ_{θ_i} — координата середины поля допуска звена; α_i — коэффициент относительной асимметрии распределения; δ_i — допуск на размер звена.

Коэффициент α_i определяется по формуле

$$\alpha_i = \frac{M(x_i) - \Delta_{\omega_i}}{\omega_i / 2},$$

где $M(x_i)$ — координата центра группирования распределения; Δ_{ω_i} — координата середины поля рассеяния; ω_i — поле рассеяния составляющего звена.

Индекс i относится к составляющим звеньям размерной цепи, индекс Δ — к замыкающему звену.

Для случайных погрешностей суммарное отклонение

$$\Delta_{\Sigma_c} = t \sqrt{\sum_i \xi_i^2 \lambda'_i \omega_i^2},$$

где t — коэффициент, зависящий от принимаемого процента риска; λ'_i — коэффициент относительного рассеяния.

При нормальном законе распределения, если принять процент риска $P = 0,27$, коэффициент $t = 3$.

Коэффициент λ'_i — отношение среднего квадратического отклонения σ_i к половине поля рассеяния: $\lambda'_i = 2 \sigma_i / \omega_i$.

Для закона Гаусса принимают $\lambda'_i = 1/9$.

12.3. Автоматическая сборка методом искания

Недостатки системы «жесткого базирования» привели к появлению способов автоматической сборки, основанных на са-

моориентировании деталей в процессе сборки друг относительно друга. При этом обычно одна из сопрягаемых деталей жестко крепится, а вторая сопрягаемая деталь получает свободу перемещения в ограниченном пространстве и при этом имеет возможность самоустанавливаться. Простейший способ самоориентирования заключается в колебании входящей внутрь детали (рис. 12.4, *а*) с помощью кулачка с волнистым профилем. Входящая внутрь деталь несколько раз проходит над жестко за базированной деталью и «ищет» место, куда она должна опуститься.

Рижским политехническим институтом предложено вибрационное устройство с двумя электромагнитами, расположенными перпендикулярно друг другу, якоря которых жестко соединены с исполнительным органом сборочного приспособления. Электромагниты 1 и 7 (рис. 12.4, *б*) крепятся к станине сборочного приспособления. Якоря 2 и 6 связаны со сборочным приспособлением 5, в котором установлена одна из соединяемых автоматом деталей 3. Другая деталь подается в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа. Приспособление 5 может перемещаться в направлении действия обоих магнитов.

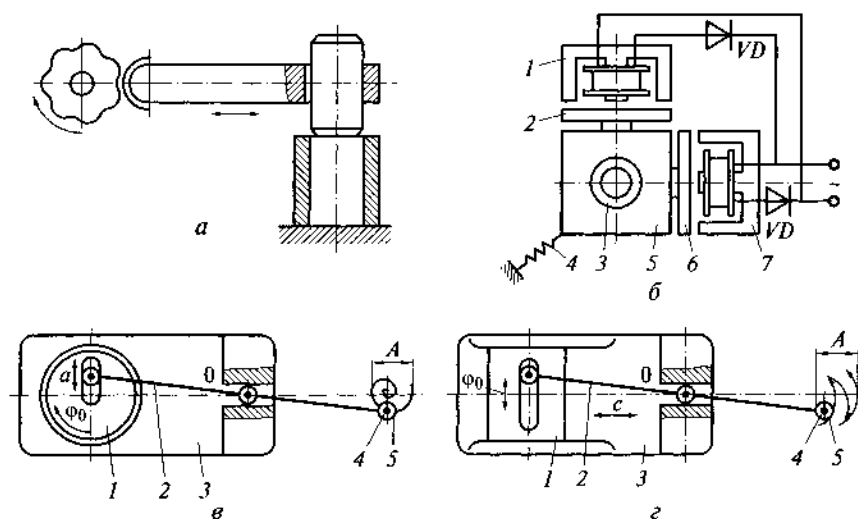


Рис. 12.4. Сборка методом искания:

а — самоориентирование с помощью кулачка с волнистым профилем; *б* — вибрационное устройство с двумя электромагнитами: 1, 7 — электромагниты; 2, 6 — якоря; 3 — соединяемая деталь; 4 — пружина; 5 — сборочное приспособление; *в*, *г* — механизмы с плавающей рабочей частью: 1 — механизм движения; 2 — рычаг; 3 — корпус; 4 — установочное приспособление; 5 — ориентируемая деталь; ϵ — направление движения рычага; Φ_0 — направление движения механизма

Пружина 4 возвращает приспособление в исходное положение. При включении обоих электромагнитов приспособление 5 совершает колебания по круговой или эллиптической траектории, тем самым обеспечивая соединение деталей.

Наиболее универсальными сборочными механизмами, работающими по методу искания, являются устройства с плавающей рабочей частью (рис. 12.4, *в, г*). Агрегатная сборочная головка такого устройства подводится в рабочее положение соответствующим механизмом подачи до упора. В паз корпуса 3 встраивается поворачивающийся в горизонтальной плоскости вокруг плавающей оси 0 рычаг 2, один конец которого связан с механизмом 1 движения ориентации, а другой снабжен установочным приспособлением 4 для ориентируемой детали 5.

Движение ориентации по спирали можно осуществить, если конец рычага кулисно связать с диском механизма движения ориентации (см. рис. 12.4, *в*) и перемещать его одновременно с вращением диска в радиальном пазу от центра. Если же конец рычага кулисно связать с ползуном механизма (см. рис. 12.4, *г*) и сообщить ему возвратно-поступательное движение в пазу ползуна, то можно получить движение ориентации по синусоиде или другой сходной с ней кривой.

Процесс ориентации в этих приспособлениях совершается в два этапа. Собираемые детали предварительно ориентируются подачей до упора 1 (рис. 12.5, *а*), затем сила $P_{сб}$ перемещает вставляемую деталь 2 в направлении сопряжения с деталью 3

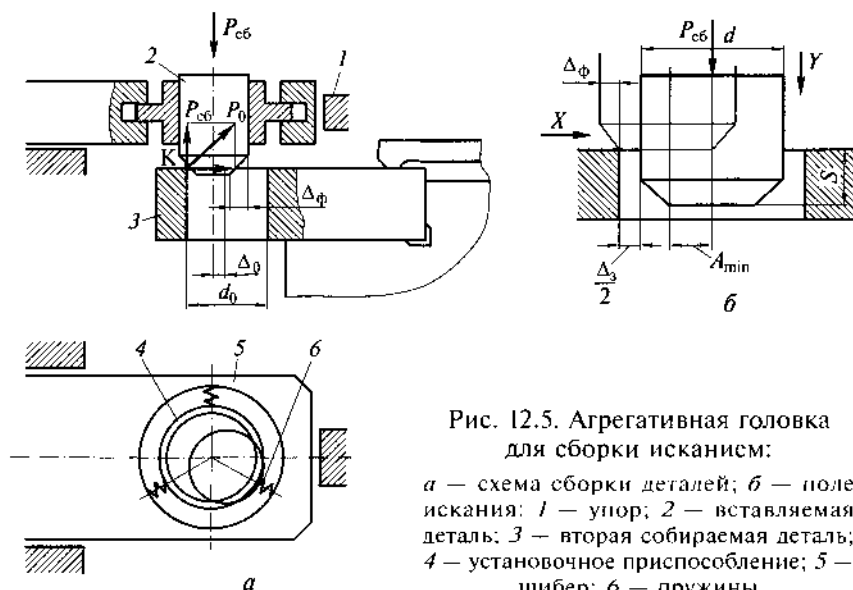


Рис. 12.5. Агрегативная головка для сборки исканием:

а — схема сборки деталей; *б* — поле искания; 1 — упор; 2 — вставляемая деталь; 3 — вторая собираемая деталь; 4 — установочное приспособление; 5 — шибер; 6 — пружины

собираемого узла. Если собираемая деталь встречается препятствие, явившееся следствием недостаточной точности предварительной относительной ориентации Δ_0 , то деталь окончательно ориентируется заходной фаской $\Delta_{\text{ф}}$.

В точке контакта деталей K возникает сила P_0 , под действием которой деталь 2 перемещается в необходимое для сопряжения положение. Плавающее установочное приспособление 4 находится в равновесном центральном положении относительно окна шибера 5 на радиально расположенных пружинах 6. При предварительной установке детали 1 на сборочной позиции автомата ее сопрягаемая поверхность должна находиться в поле искания A (рис. 12.5, б), т.е. в поле перемещения плавающего установочного приспособления.

Для изменения величины поля искания A может быть предусмотрена переналадка.

Величина поля искания

$$A > A_0; \quad \Delta_0 = \sum \Delta_{\text{ф}} + \sum \Delta_{\text{и}},$$

где Δ_0 — точность предварительной ориентации неподвижной детали, мм; $\Delta_{\text{ф}}$ — точность ориентации неподвижной детали, мм; $\Delta_{\text{и}}$ — точность изготовления неподвижной детали, мм.

12.4. Вибрационный способ совмещения деталей при сборке

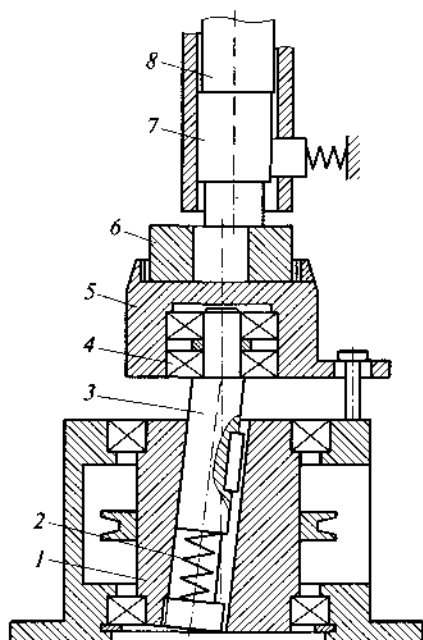
Точность взаимного расположения деталей при их автоматической сборке определяется размерной цепью, в состав которой входят размеры как собираемых деталей, так и частей механизма, осуществляющего сборку. Надежная сборка обеспечивается при условии, что максимальная ошибка совмещения деталей Δ_{Σ} не превышает величину допустимого отклонения Δ .

Размерная цепь, определяющая величину ошибки совмещения Δ_{Σ} , включает в себя обычно большое число размеров. Величина допустимого отклонения обуславливается наличием зазора в сопряжении или направляющих фасок, поэтому условие $\Delta_{\Sigma} < \Delta$ легко выполняется только в отдельных частных случаях. Во многих устройствах для обеспечения требуемой точности совмещения используют специальные ловители, заходные конусы и т.д.

При использовании вибрационного способа совмещения деталей в состав сборочного автомата включают вибрационное устройство, перемещающее на позиции сборки одну из деталей по определенной траектории в плоскости, перпендикулярной направлению соединения деталей. Этим достигается «нашупы-

Рис. 12.6. Устройства с накладным валом для вибрационного совмещения деталей:

1 — ротор; 2 — пружина; 3 — вращающийся вал; 4 — подшипник; 5 — приспособление; 6 — втулка; 7 — валик; 8 — толкатель



вание» или «искание» сопряженных поверхностей деталей в определенной зоне. Существующие вибрационные устройства осуществляют искание в направлении двух координатных осей и обеспечивают надежную сборку деталей типа

вал — втулка при исходной ошибке совмещения $\Delta \Sigma$ их осей, в 7 — 8 раз превышающей допустимое отклонение. Вибрационное устройство, схема которого изображена на рис. 12.6, обеспечивает перемещение втулки 6 при сборке ее с валиком 7 по спиральной траектории. Втулка 6 установлена в сборочном приспособлении 5, которое через подшипники 4 соединено с вращающимся валом 3. Ось вала наклонена под небольшим углом к оси вращения ротора 1. В исходном положении точка пересечения оси вращения ротора с осью вала располагается под подшипником, поэтому приспособление 5 неподвижно. Валик 7 подается на сборку толкателем 8. Если при этом оказывается, что ошибка совмещения деталей $\Delta \Sigma$ не превышает допустимого отклонения Δ , валик беспрепятственно входит в отверстие втулки. Если указанное условие не выполняется, валик 7 (или специальный упор, соединенный с толкателем 8) упирается в торец втулки 6 и перемещает ее вместе с приспособлением 5 вниз. При этом верхний конец вала 3, являющийся осью подшипников 4, смещается относительно оси вращения ротора 1, описывая восходящую спиральную траекторию в проекции на плоскость, перпендикулярную направлению сборки. Этот процесс продолжается до тех пор, пока собираемые детали займут положение, при котором возможно их соединение. После начала соединения деталей приспособление 5 возвращается в исходное положение под действием пружины 2.

12.5. Автоматическая селективная сборка

Автоматические сборочные системы, работа которых основана на методе селективной сборки, могут собирать узлы из ранее рассортированных деталей или подбирать к одной (или нескольким) из измеряемых деталей парную из соответствующей размерной группы.

Примеры автоматизации селективной сборки, когда сортировке подвергается только одна из сопрягаемых деталей, чаще всего встречаются при сборке сборочных единиц, содержащих наряду с другими размерными звеньями одно многопредметное звено. Например, подшипники качения состоят из наружного и внутреннего колец и комплекта тел качения (шариков или роликов). По результатам измерения общей погрешности ($n = 1$) деталей, сочетающихся в любой последовательности, подбирают размерную группу многопредметного звена, исправляющую эту погрешность. Так работают сборочные автоматы при производстве подшипников на ГПЗ-1.

В подшипниковой промышленности Японии подобный способ автоматической сборки получил название способа соответствующего выбора. На нем основана работа автоматической машины для сборки шариковых подшипников, изготовленной фирмой «Токио Сеймицу». Принципиальная схема этой сборочной машины представлена на рис. 12.7.

Наружное и внутреннее кольца из устройств автоматической загрузки 1 и 2 подаются в измерительный блок IV, при этом блок III контроля наличия деталей включает программу последовательности II, выполняемую блоком управления I. Результаты измерения блоком IV (3 — устройство измерения) диаметров сопрягаемых поверхностей наружного A и внутреннего B колец поступают в вычислительный блок V, измерительное устройство 8 которого определяет разность $A - B$. Пройдя через усилитель 9, эта разность в зависимости от своего значения и наличия комплекта шариков в кассетном устройстве 12 поступает либо в устройство 10 выбора комплекта шариков, либо в устройство 11 формирования сигнала некомплектности.

Если имеется комплект шариков, соответствующий величине разности $A - B$, то устройство 13 при наличии сигнала от блока II программы последовательности, сверив для надежности с помощью измерителя 14 номер выбранной группы шариков с их действительным размером, подает команду на механизм 15 управления затвором 16, который пропускает комплект шариков на позицию 17 комплектования с кольцами.

В свою очередь, кольца, успешно пройдя контроль и дождавшись на позициях измерения результата выбора комплекта шариков, поступают в устройство 5, в котором внутреннее

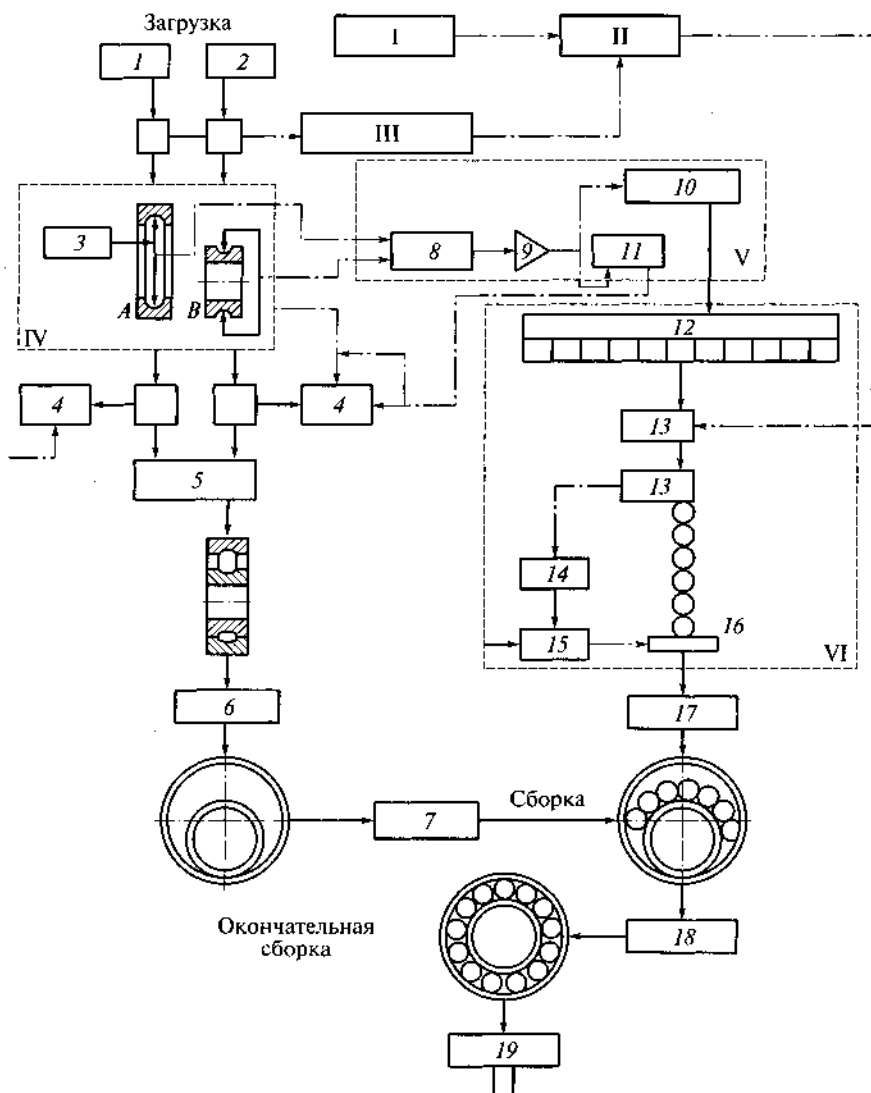


Рис. 12.7. Схема автоматической машины для сортировки и сборки шариковых подшипников:

----- движение деталей; — — — — — прохождение команд

кольцо вставляется в наружное. Затем устройство 6 поворачивает пару скомплектованных колец в положение, удобное для сборки с шариками. На позиции 7 внутреннее кольцо наклоняется относительно наружного так, чтобы в образовавшуюся между ними щель могли быть засыпаны шарики. В таком по-

ложении кольца зажимаются и передаются на комплектующую позицию 17, где и происходит их комплектация с шариками. На позиции 18 происходит окончательная сборка, т.е. внутреннее кольцо устанавливается в выпрямленное относительно наружного положение и собранный подшипник через устройство 19 покидает автомат.

Если в ячейках кассетного устройства 12 шарики размера, соответствующего вычисленной разности $A - B$, отсутствуют, то сочетание внешнего и внутреннего колец, поступивших в блок измерения IV, будет считаться непригодным. Тогда одно из колец сбрасывается с позиции измерения, а на его место подается новое кольцо, после чего описанный цикл повторяется до тех пор, пока не будет подобрано сочетание, для которого в кассетном устройстве имеются шарики соответствующего размера.

12.6. Электромагнитная сборка соединений по цилиндрическим поверхностям

Собрать соединение с натягом значительно проще при наличии теплового зазора. Поскольку величина зазора мала (до 0,002 посадочного диаметра) из-за ограничений температуры нагрева охватываемой детали (или охлаждения охватываемой), во избежание заклинивания процесс сборки должен проходить с достаточно высокой точностью. Поэтому сборочное устройство должно отвечать соответствующим требованиям.

Наиболее просты устройства, в которых относительная ориентация и сопряжение деталей производится с помощью электромагнитных сил. В таких устройствах подвижная деталь затягивается в неподвижную или насаживается на нее. Электромагнитная сборка обеспечивает надежный процесс сопряжения ферромагнитных охватываемых деталей с охватывающими деталями из любых магнитных материалов. Возникающее при этом явление слипания одинаковых по магнитным свойствам материалов в магнитном поле удастся исключить путем придания подвижной детали радиальной вибрации с помощью магнитных сил.

Процесс электромагнитной сборки деталей по цилиндрическим посадочным поверхностям, если подвижная деталь — вал, происходит в следующем порядке. Охватываемую деталь (втулку) нагревают или охлаждают охватываемую деталь (вал). Затем охватываемую деталь 1 (рис. 12.8) устанавливают на базу, расположенную в зоне постоянного поля электромагнита 3 так, чтобы она могла быть подтянута магнитными силами до упора и в процессе сборки оставаться неподвижной. Втулку на базе можно просто закрепить. Вал 5 помещают на базирующее уст-

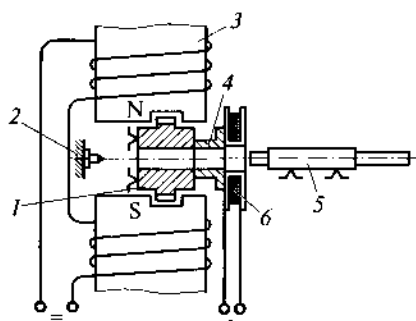


Рис. 12.8. Схема электронагрева детали перед сборкой:

1 — охватывающая деталь; 2 — упор;
3, 6 — электромагнит; 4 — вибрационная шайба; 5 — вал

ройство, расположенное рядом в зоне действия постоянного поля и переменного, создаваемого электромагнитом 6.

С подачей напряжения на электромагниты детали намагничиваются и стремятся занять положение с минимальным запасом потенциальной энергии: втулка, если она не закреплена, подтягивается к упору, а вал начинает движение к втулке. В качестве упора можно использовать стальную вибрационную шайбу 4, устанавливаемую на немагнитный каркас соленоида. В шайбе, являющейся концентратором

напряженности магнитного поля, осуществляется вибрация вала.

Войдя в соленоид, вал займет положение, при котором его ось совпадет с направлением постоянного магнитного потока и упрется своим торцом в левую или правую часть переднего торца втулки. Это будет длиться 0,01 с — до перемагничивания вала под действием переменного магнитного поля (частотой 50 Гц). Как только концы вала поменяют полярность, он притянется к торцу противоположной части втулки. Этот процесс также длится 0,01 с — до следующего перемагничивания.

Таким образом, вал, находясь в соленоиде, колеблется с частотой 50 Гц под действием момента вращения магнитных сил M_v . Одновременно осевая магнитная сила F постоянно стремится переместить вал согласно градиенту поля, т.е. втянуть его в свою центральную зону. Это создает условия для автоматического совмещения (автопоиска) контуров посадочных поверхностей деталей. С момента совмещения контуров начинается процесс сопряжения, в котором продолжают участвовать та же осевая сила и переменный по направлению вращающий момент, действующий с частотой переменного тока. Вращающий момент отбрасывает вал от стенок отверстия постоянно намагниченной втулки, что обеспечивает «неслипание» деталей из одинаковых магнитных материалов и исключает возможность их заклинивания.

Ограничить продвижение вала в отверстии втулки можно либо упором 2, либо таким ее размещением, при котором вал имеет минимальный запас потенциальной энергии, и, следовательно, его остановка будет соответствовать положению в со-

бранном узле. Соединения повышенной точности следует обязательно собирать с использованием упоров. В этом случае втулка размещается ближе к валу.

После остывания деталей и их надежной фиксации в требуемом положении сборочная единица снимается. Процесс автопоиска и собственно сборки длится десятые доли секунды.

12.7. Автоматизация сборки соединений с натягом на основе теплового метода

Одним из направлений решения задачи соединения деталей с натягом является применение тепловой сборки, в процессе которой нагретая охватываемая деталь свободно сопрягается с охватываемой. Образующийся при этом зазор между деталями допускает некоторое смещение и перекося осей, что значительно упрощает ориентацию деталей и облегчает автоматизацию сборочной операции. Особенно это важно в случаях, когда детали, образующие сборочную единицу, имеют значительные габаритные размеры и массу. Для сборки таких соединений путем обычной напресовки необходимы большие осевые силы, что требует мощного и дорогостоящего оборудования. Этого можно избежать при использовании теплового метода, основанного на индукционном нагреве охватываемой детали токами промышленной частоты.

Разработаны в настоящее время индукционные нагреватели для тепловой сборки соединений с натягом обеспечивают сварку за время 0,5 ... 5 мин.

Как правило, установка деталей в индукционный нагреватель и последующая выдача нагретой детали на исполнительный сборочный механизм не представляют сложности. Однако в отдельных случаях могут возникать трудности. Например, при нагреве сердечников роторов электродвигателей для сборки с валами в автоматическом цикле возникала трудность с перемещением деталей в индукторе и их поштучной выдачей на сборочную позицию (рис. 12.9). Это обусловлено тем, что в работающем индукторе детали подвергаются действию магнитного поля, стягивающему их в зону максимальной напряженности, которая находится в середине соленоида. Возникающий удар приводит к повреждению крыльчатки на торце ротора, а также к сцеплению деталей. Возникает также значительное сопротивление принудительному перемещению сердечников, что также может вызвать их повреждение. Поэтому транспортировка и выдача роторов производится с помощью двух направляющих штанг 3 и 6, имеющих специальные кулачки. Штанга 3 совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси индуктора. Обе

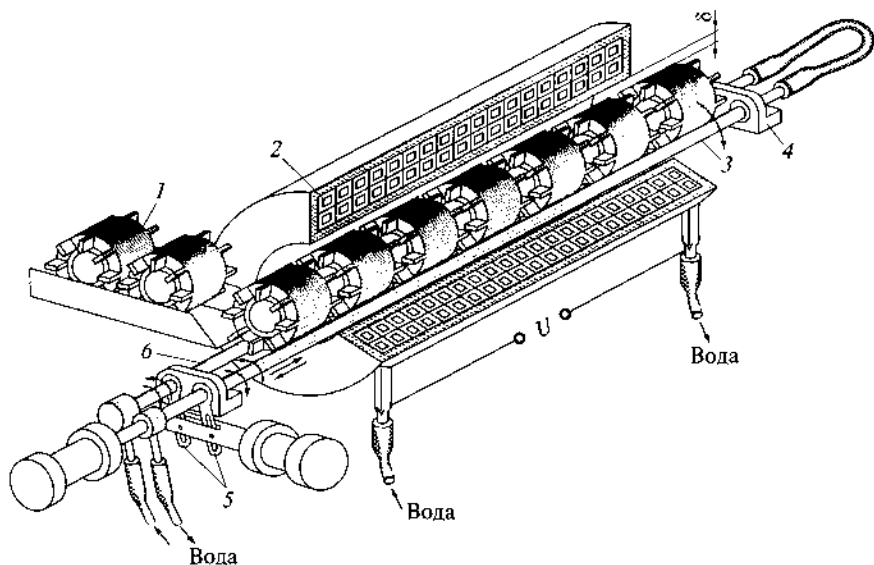


Рис. 12.9. Индукционный нагреватель с поштучной выдачей деталей: 1 — собираемые роторы; 2 — индуктор; 3, 6 — направляющие штанги; 4 — держатель штанг; 5 — устройство поворота штанг

штанги могут поворачиваться вокруг своей оси с помощью устройства 5. В начале цикла штанги 3 и 6 повернуты таким образом, что сердечник беспрепятственно поступает на направляющие и фиксируется кулачком штанги 3. После этого пневмоцилиндр штанги 3 перемещает сердечник на шаг, равный длине сердечника. В конце хода обе штанги поворачиваются в противоположном направлении. Сердечники удерживаются кулачками штанги 6, а штанга 3 возвращается в исходное положение, после чего цикл повторяется.

12.8. Исполнительные механизмы для автоматической сборки цилиндрических соединений

Значительное повышение производительности и рациональную концентрацию сборочных действий иногда можно обеспечить применением механизмов для одновременной сборки группы деталей (рис. 12.10).

При использовании механизма (рис. 12.10, а) втулки 4, 7 и 8, имеющие различные наружные диаметры, выдаются из трехсекционного лотка 6 на призмы подвижного установочного устройства 1 при помощи отсекаателя 5. Установленные на призмах

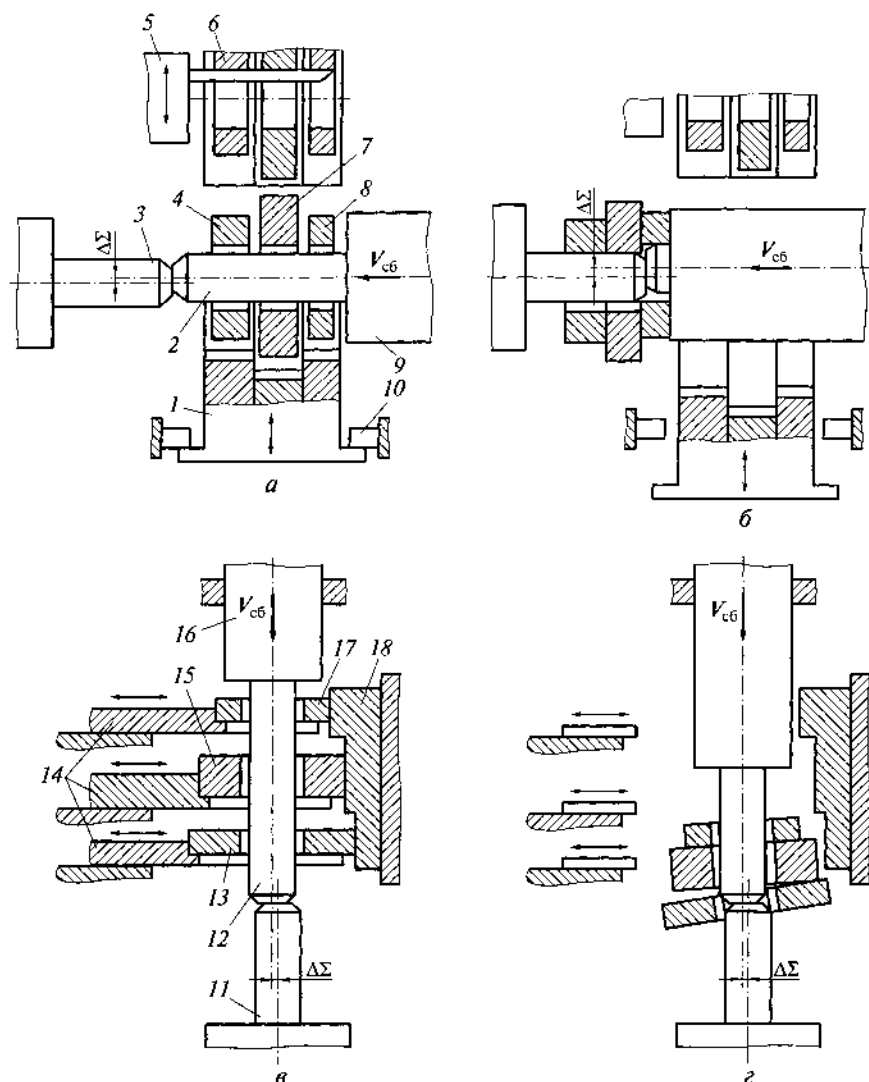


Рис. 12.10. Схемы сборочных механизмов (*а...г*) для одновременной сборки группы деталей:

1 — установочное устройство; 2 — ловитель; 3 — вал; 4, 7, 8 — втулки; 5 — отсекаль; 6 — лоток; 9, 16 — досылатель; 10 — упор; 11 — вал для втулок; 12 — ловитель; 13, 15, 17 — втулки; 14 — шибрные подающие устройства; 18 — упор

втулки «прошиваются» ловителем 3, после чего установочное устройство отходит вниз от упоров 7 (рис. 12.10, б). При дальнейшем перемещении втулок на ловителе торец вала 3, упира-

ясь в торец ловителя, утапливает его, а досылатель 9 обеспечивает сопряжение деталей (рис. 12.10, б).

При вертикальной сборке втулки 13, 15 и 17 (рис. 12.10, в) могут одновременно выдаваться из лотков при помощи соответствующих шиберных устройств 14 до опорных поверхностей упора 18. После этого ловитель 5, перемещаясь вниз, проходит через отверстие втулок. В момент касания ловителя с валом 3 шиберные устройства отходят влево и втулки под действием гравитационных сил падают на вал (рис. 12.10, г). При дальнейшем перемещении вниз ловитель утапливается за счет сжатия своей пружины, а досылатель 16 осуществляет сборку втулок с валом.

Безотказная работа сборочных автоматов и линий зависит главным образом от безотказной работы исполнительных сборочных механизмов, установленных на их позициях. В исполнительных механизмах наиболее ответственной частью, определяющей их безотказность, является устройство, непосредственно выполняющее заданное соединение в зоне сборки. При автоматической сборке гладких цилиндрических соединений с зазором такими простейшими устройствами являются рабочий орган с втулочным гладким ловителем при установке валиков в отверстия (рис. 12.11) и рабочий орган со стержневым гладким ловителем при надевании втулок на валы.

Номинальным положением сопрягаемых поверхностей базовой и присоединяемой деталей является такое, когда их оси лежат на одной прямой. Однако на позициях сборочных автоматов и линий неизбежны перекосы и смещения этих осей.

Как показали исследования, перекосы в пределах $\pm 5'$, имеющиеся перед началом выполнения соединения, не оказывают значительного влияния на собираемость. Поперечные смещения каждой сопрягаемой поверхности, возникающие вследствие погрешностей собираемых деталей и сборочного оборудования, приводятся к одному смещению, которое равно расстоянию между осями этих деталей, взятому по перпендикуляру к рабочему движению сборки.

Погрешность Δ_{Σ} является расчетной величиной, которая складывается из ряда составляющих погрешностей, имеющих случайный характер, и в общем виде может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta_{\Sigma} = f(\epsilon_b, \epsilon_z, \epsilon_{пр}, \Delta_{\phi}, \Delta_d, \Delta_n, \Delta'_{п.ф}, \epsilon'_{пр}, \epsilon'_z, \epsilon'_0),$$

где ϵ_b, ϵ'_b — погрешности базирования базовой и присоединяемой деталей; ϵ_z, ϵ'_z — погрешности закрепления базовой и присоединяемой деталей; $\epsilon_{пр}, \epsilon'_{пр}$ — погрешности положения базовой и присоединяемой деталей; Δ_{ϕ} — погрешность фиксации для базовой детали; Δ_d — погрешность деления для базовой де-

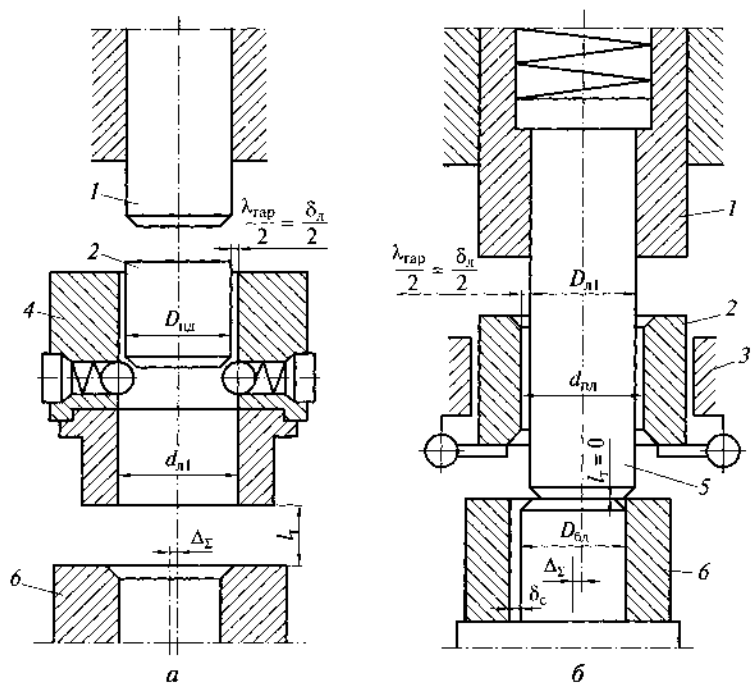


Рис. 12.11. Схема простейших рабочих органов для автоматического соединения цилиндрических деталей с зазором:

а — схема сборки с центровкой валика подпружиненными валиками; *б* — схема сборки с плавающей направляющей втулкой; 1 — досылатель; 2 — присоединяемая деталь; 3 — ориентирующее устройство в зоне сборки с удерживающими элементами; 4 — сборный гладкий втулочный ловитель; 5 — подпружиненный гладкий стержневой ловитель; 6 — базовая деталь

тали; Δ_n — погрешности настройки; $\Delta'_{п.ф.}$ — погрешности позиционирования и фиксации присоединяемой детали (имеет место у исполнительных механизмов типа механической руки).

Когда $\Delta_\Sigma \leq 0,5\delta_c$, где δ_c — диаметральный зазор в выполняемом соединении, цилиндрическое соединение с зазором можно выполнить продольным перемещением присоединяемой детали. В этом случае фаски на обеих собираемых деталях могут отсутствовать.

Когда $\Delta_\Sigma > 0,5\delta_c$ и фасок на собираемых деталях нет, присоединяемая деталь при продольном перемещении упирается своим торцом в торец базовой детали по серповидной площадке и ее движение прекращается — нормальное выполнение соединения невозможно.

Когда $\Delta_\Sigma > 0,5\delta_c$, а хотя бы у одной из собираемых деталей на сопрягаемой поверхности есть фаска $c > \Delta_\Sigma$, где c — величина

радиального катета фаски, то сила p , с которой досылатель действует на присоединяемую деталь, раскладывается на две составляющие. Одна из них действует в направлении рабочего движения сборки, другая перпендикулярно ему. Под действием перпендикулярной (поперечной) составляющей начинаются отжатия присоединяемой детали с ловителем и базовой детали с приспособлением в разные стороны, уменьшающие смещение Δz . Одновременно с этим под действием продольной составляющей начинается продольное перемещение присоединяемой детали.

Когда смещение Δz становится меньше половины диаметрального зазора в соединении δ_c , начинается выполнение соединения. Соединение осуществляется при непрекращающемся действии поперечной составляющей силы P , которая сохраняет возникшее отжатие системы и прижимает друг к другу сопрягаемые поверхности. По окончании выполнения соединения присоединяемая деталь теряет контакт с ловителем, поперечная составляющая силы P быстро становится равной нулю и отжатые элементы системы возвращаются в исходное положение.

Контрольные вопросы

1. В чем состоят особенности технологичности конструкции изделий для условий автоматической сборки?
2. Как оценивается технологичность изделия (сборочной единицы)?
3. Как осуществляется базирование при автоматической сборке?
4. Как производится автоматическая сборка методом искания?
5. Каково назначение вибрационного способа перемещения деталей при сборке?
6. Как осуществляется автоматическая селективная сборка?
7. Как обеспечивается электромагнитная сборка по цилиндрическим поверхностям?
8. Как производится автоматизация сборки соединений с натягом на основе теплового метода?
9. Какими исполнительными механизмами обеспечивается автоматическая сборка?

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ

13.1. Основные направления автоматизации контроля

Контрольные операции в машиностроении занимают большой объем работ. Множество контролеров проверяют заготовки, полуфабрикаты, готовые детали и изделия, чтобы не допустить бракованную продукцию на последующие операции или к потребителю изделия. Автоматизация контроля не только уменьшает необходимость в контролерах, но позволяет стабильно выполнять все запрограммированные действия по проведению контроля и более тщательно проверять контролируемые параметры (размеры, форму и др.) деталей и изделия в целом.

Контроль — это одна из действенных форм борьбы за улучшение качества изделий в соответствии с его основными функциями — профилактикой брака при изготовлении изделий и предотвращением выпуска бракованной продукции. Организационно-технический контроль может быть классифицирован:

- по назначению — проверка линейных размеров, формы, шероховатости поверхности, физико-механических и химических свойств деталей, взаимного расположения и качества соединения деталей в сборочных единицах (соблюдение требуемых зазоров, натягов и т. п.), выполнения функциональных параметров изделия и т. п.;
- количеству измеряемых изделий — на сплошной и выборочный;
- количеству контрольных операций — на пооперационный и окончательный;
- степени автоматизации — на ручной, механизированный и автоматизированный;
- характеру влияния на технологический процесс — на активный и пассивный;
- способу измерения — на прямой, косвенный, комбинированный.

Применение автоматизации контроля, так же как и других операций производственного процесса, должно быть обосновано технически и экономически. Основные соображения, которые-

ми нужно руководствоваться при выборе автоматизации контроля и применяемых измерительных средств:

- рациональная схема контроля, обеспечивающая проверку с заданной точностью и стабильность показаний измерения;
- наименьшие из возможных трудовые затраты на контрольные операции;
- достижение минимального времени на операцию контроля;
- совмещение контроля нескольких параметров в одном контрольном переходе, т.е. использование устройств для контроля нескольких величин одновременно;
- использование наиболее экономичных приборов и устройств;
- применение надежных и долговечных устройств простых в эксплуатации и ремонте с максимальной продолжительностью работы до повторного ремонта.

При выполнении контрольных операций возникают погрешности измерения, образующиеся в результате неправильного базирования контролируемой детали, ограниченной точности контрольно-измерительных средств, погрешностей отсчета, влияния температурных факторов, нерациональной схемы проведения измерения и др. Погрешности измерения разделяют на грубые, систематические и случайные.

Грубые погрешности — это погрешности, которые по абсолютному значению превышают допустимые и свидетельствуют о явном искажении результатов измерения. Они возникают при неправильно настроенном приборе, сбившейся шкале (в результате удара, толчка и др.), плохо закрепленных контрольных приборах, неустойчивых фундаментах и др. Обнаруживаются грубые погрешности измерения проведением контрольных промеров.

Систематические погрешности измерения — это погрешности, которые входят с постоянным значением и знаком в измерения всех деталей. Эти погрешности могут также изменяться по определенному закону и возникать в результате неправильной установки прибора и измеряемой детали, несовершенной конструкции и градуировки прибора, из-за изменения температуры в процессе измерения и других факторов.

Случайные погрешности измерения — это погрешности, которые по значению и знаку могут быть большими или меньшими у каждой из деталей. Они возникают из-за несовершенства конструкции прибора, погрешности отсчета, колебания измерительного усилия, деформации деталей прибора, трения деталей прибора и др.

Чтобы уменьшить влияние погрешностей, следует измерения выполнять при постоянном усилии и температуре (20 ± 2)°C инструментом, цена деления которого не более $1/6$ поля допуска измеряемого значения. Инструмент должен быть годным (срок

действия прибора по паспорту не истек). Проверку его производят через установленное время. Наибольшее значение имеют систематические погрешности измерения: температурные и установки детали. Чтобы уменьшить влияние температурных погрешностей, измерения следует проводить при одинаковой температуре инструмента и измеряемой детали. Иначе необходимо на измеряемый размер вводить поправку

$$\Delta l = l[\alpha_{\text{дет}}(20 - t_{\text{дет}}) - \alpha_{\text{инстр}}(20 - t_{\text{инстр}})],$$

где l — измеряемый размер, мм; $\alpha_{\text{дет}}$ — коэффициент линейного расширения материала детали; $t_{\text{дет}}$ — температура детали, °С; $\alpha_{\text{инстр}}$ — коэффициент линейного расширения материала инструмента; $t_{\text{инстр}}$ — температура измерительного инструмента (принимается равной температуре цеха), °С.

Погрешности установки деталей в измерительные приспособления соответствуют *погрешности базирования*, если деталь при измерении не закрепляется. В ряде случаев, когда измеряются детали, изготовленные с малыми допусками, желательно пользоваться измерительными средствами с большей ценой деления, так как такие приборы проще и дешевле. Достичь этого можно, используя схему расположения установочных элементов приспособления таким образом, чтобы перемещение измерительного штока было бы большим, чем допуск на измеряемый размер детали. Например, при измерении диаметра детали, установленной на призму с углом 60° (см. рис. 13.4, б), перемещение штока составит 1,5 ΔA при колебаниях размеров деталей на ΔA , т. е. если размеры деталей изменятся на 0,02, то шток переместится на 0,03. Таким образом, вместо измерения детали прибором с ценой деления 0,002 (так как цена деления прибора должна быть в шесть раз меньше допуска на измеряемый размер детали) можно производить измерение прибором с ценой деления 0,005.

Все устройства автоматизации контроля состоят из приспособления для установки измеряемой детали, измерительного датчика, промежуточных устройств для усиления сигнала, подаваемого датчиком, иногда реле времени для задержки сигнала и исполнительного устройства для управления сортировочным устройством или станком, на котором обрабатывается и контролируется деталь, а также устройствами для световой или звуковой сигнализации и счета деталей.

При автоматизации контроля необходимо предусмотреть возможность наблюдения за работой контрольных устройств, чтобы своевременно производить регулировку и не пользоваться приборами, начинающими давать ошибочные показания измеряемых параметров.

Экономическую целесообразность перехода от ручного контроля к автоматизированному определяют по выражению

$$A_a \leq [(C_{з,р} - C_{з,а})m + A_p/T_p]T_a,$$

где A_a — стоимость автоматизированных средств контроля, р.; $C_{з,р}$ — затраты на зарплату исполнителям при ручном контроле одного объекта р./шт.; $C_{з,а}$ — затраты на зарплату при автоматизированном контроле одного объекта с учетом того, что наладчик обслуживает ряд автоматических устройств, р./шт.; m — программа объектов контроля в год, шт./г.; A_p — стоимость средств ручного контроля, р.; T_p, T_a — срок службы средств соответственно ручного и автоматизированного контроля, лет.

13.2. Пассивный и активный контроль

Автоматическим контрольным устройством называют такое, которое без участия рабочего выполняет все действия, необходимые для измерения изделия и сопоставления его действительных размеров с заранее заданными. В автоматическом контрольном устройстве имеется блок памяти, в который заносят предельные размеры параметров изделия, чтобы устройство могло сопоставлять измеренные размеры с заданными предельными. Если в результате такого сопоставления устройство сортирует изделия по группам, то его называют *автоматом пассивного контроля* (рис. 13.1, а). Если по результатам сопоставления размеров устройство изменяет ход протекания процесса (уменьшается подача, отводится шлифовальная бабка и др.), то его называют *автоматом активного контроля* (рис. 13.1, б).

Автоматы пассивного и активного контроля содержат ряд одинаковых по назначению деталей устройств, что позволяет унифицировать наиболее надежные и конструктивно совершенные виды таких устройств.

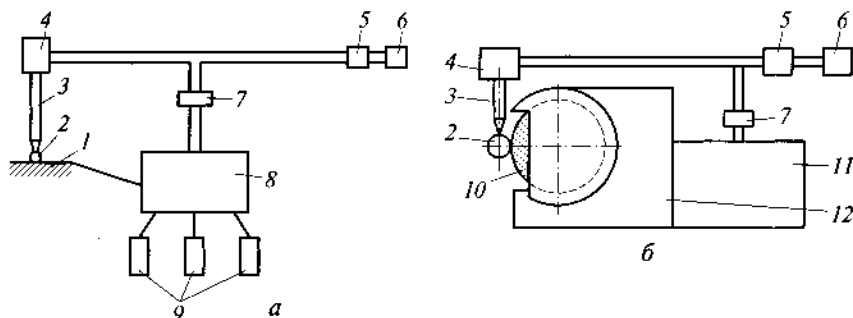


Рис. 13.1. Схемы автоматов пассивного (а) и активного (б) контроля: 1 — измерительное приспособление; 2 — деталь; 3 — шток; 4 — размерный датчик; 5 — счетчик; 6 — сигнализация; 7 — промежуточное звено; 8 — сортировочное устройство; 9 — ящик для рассортирования деталей; 10 — инструмент; 11 — исполнительный механизм; 12 — шлифовальная бабка

Автоматы пассивного контроля. В автоматах пассивного контроля (рис. 13.1, *а*) можно не только сортировать изделия 2, параметры которых измеряются в приспособлении 1, на годные и негодные по заниженным и завышенным размерам, но и сортировать (δ — сортировочное устройство) годные изделия по группам с заранее заданным групповым допуском (9 — емкости для рассортированных деталей), что особенно важно при автоматической сборке деталей. В часовом производстве применяют автоматы пассивного контроля для сортировки балансов часов по моменту инерции и спиралей по крутящему моменту на ряд групп, что позволяет существенно сократить трудоемкость сборочных операций.

Для разделения деталей по группам используют различные конструкции сортировочных автоматов. Часто поток деталей сортируется с помощью шиберов или флажков, приводимых в действие электромагнитами (рис. 13.2). Электромагнит 1, получая сигнал от датчика, срабатывает и флажок 3, поворачиваясь, закрывает канал *б*, чтобы деталь могла пройти в канал *а*. При отсутствии сигнала от контрольного датчика флажок находится в первоначальном положении и деталь направится в канал *б*. Аналогично работают флажки в последующих разделительных каналах. Для уменьшения количества сигналов на электромагниты и упрощения работы сортировочного автомата нужно интервалы измерения деталей разделять пополам. Например, нужно сгруппировать детали, изготовленные на размер $2 + 0,08$, на четыре группы с групповым допуском 0,02. Первый разделитель потока настраивают на размер 2,04, чтобы детали, большие 2,04, отделялись в поток *а*, меньшие — в поток *б*. Детали, поступившие в поток *а*, вновь разделяют на размеры, большие и меньшие 2,06. В потоке *б* разделение происходит на размеры, большие и меньшие 2,02. Таким образом, для определения группы деталей должно быть лишь 1 ... 2 сигнала на срабатывание соответствующих шиберов (2,04 и 2,06 или 2,02). Так, если действительный размер детали 2,03, то измерительный датчик подаст команду на переключение лишь флажка на размер от 2,02 до 2,04. Деталь сразу попадает в канал *б*, а затем из него в канал, открываемый флажком 4. Таким образом, сработал лишь один флажок. Если действительный размер будет 2,07, то сработает флажок 3, открывающий канал *а* (на

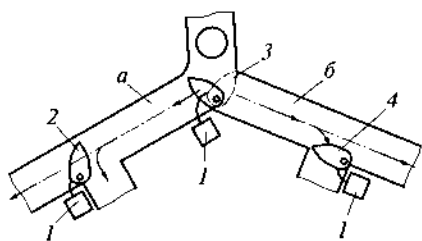


Рис. 13.2. Схема разделителя потока:

1 — электромагнит; 2... 4 — флажки;
а, б — каналы

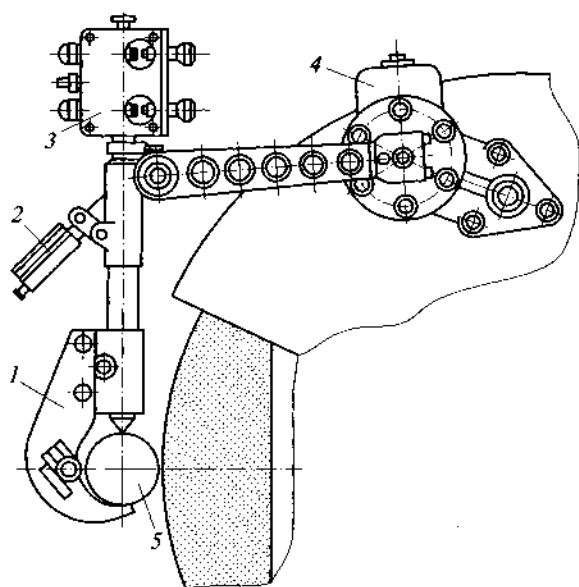
2,04), и флажок 2, открывающий канал на размер, больший чем 2,06.

Автоматы активного контроля. Измерения проводятся в процессе обработки детали. Причем измерять можно непосредственно обрабатываемую деталь (прямой метод), положение инструмента или части станка (косвенный метод) либо деталь и положение инструмента (комбинированный метод). Иногда активный контроль осуществляют не в процессе обработки, а после окончания обработки, когда трудно встроить измерительный штوك в зону обработки. Автомат активного контроля, измерив деталь, может подать сигнал на остановку станка из-за несоответствия заданных размеров, поломки инструмента и других причин. Он же может подавать сигнал и на поднастройку станка.

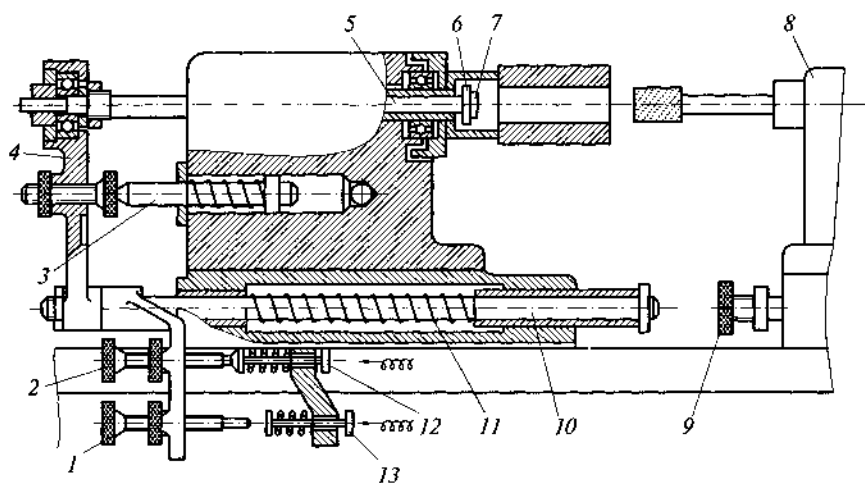
Активный контроль — наиболее прогрессивный метод, так как он не фиксирует брак, а предотвращает его появление, позволяет освободить рабочего от функций управления станком в зависимости от достижения заданных параметров изделия и создает возможность введения автоматической подналадки.

На рис. 13.3, а показана трехконтактная измерительная скоба, предназначенная для измерения при врезном наружном шлифовании. Накидная скоба 1 связана с кожухом шлифовального круга с помощью амортизатора 4. Автоматическое измерение детали 5 и управление процессом шлифования осуществляются с помощью электроконтактного датчика 3. Датчик настраивают по эталонной детали или с помощью расположенного на скобе индикатора 2. Цикл работы станка состоит в следующем. Деталь устанавливается на станке. Измерительная скоба устанавливается на деталь. Затем подводится шлифовальный круг и начинается обработка детали. При уменьшении диаметра детали до значения, соответствующего начерно отшлифованной детали, штук, опускаясь вниз, замыкает контакты, подающие сигнал на переключение подачи с черновой на чистовую. При дальнейшем шлифовании, когда размер детали окажется равным окончательному, штук, продолжая опускаться, замкнет другие контакты, подающие сигнал на отключение подачи и на реле времени, которое отключит станок после процесса выхаживания детали.

На внутришлифовальных станках автоматический контроль при обработке можно осуществлять с помощью калибров 6 и 7 по схеме, показанной на рис. 13.3, б. Калибры закреплены на штоке 5, проходящем через шпиндель станка. Шток и калибры вращаются совместно со шпинделем станка. Калибр 7 сделан по размеру черновой обработки отверстия, калибр 6 — чистового размера. С помощью пружины 11 через штук 10 и кронштейн 4 обеспечивается непрерывное поджатие калибров к торцу дета-



a



б

Рис. 13.3. Активный контроль прямым способом с помощью:

a — трехконтактной скобы: 1 — скоба; 2 — индикатор; 3 — электроконтактный датчик; 4 — амортизатор; 5 — деталь; *б* — калибров: 1, 2 — микрометрические винты; 3, 5, 10 — штоки; 4 — кронштейн; 6, 7 — калибры; 8 — шлифовальная бабка; 9 — упор; 11 — пружина; 12, 13 — контакты

ли. Во время шлифования при движении шлифовальной бабки 8 упор 9 отводит калибры от детали, чтобы не мешать шлифованию. При отходе бабки вправо калибры вводятся в измеряемое отверстие. При входе калибра 7 замыкается контакт 12, подается команда на автоматическую правку шлифовального круга и переход на чистовое шлифование. При входе калибра 6 замыкается контакт 13 и подается команда на окончание работы. Микрометрические винты 1 и 2 служат для регулирования контактов 12 и 13. Штоки 3 и 10 определяют положение кронштейна 4.

13.3. Автоматический контроль линейных размеров деталей

Чаще всего у деталей контролируют наружные и внутренние диаметры, длину, высоту, расстояние между цапфами и отверстиями, биение одних поверхностей относительно других. Рассмотрим устройства для измерения наружных диаметров (рис. 13.4). Конусный калибр (рис. 13.4, а), однопредельная или двухпредельная скоба (рис. 13.4, б, в) при своих перемещениях нажимают на соответствующие чувствительные элементы датчиков, чтобы подать команду на прибор, для сортировки или регулировки работы станка и на приборы для визуального наблюдения. При измерении размера детали от плоскости (рис. 13.4, г) перемещение штока $l = \Delta A$, а при установке детали в призму (рис. 13.4, д)

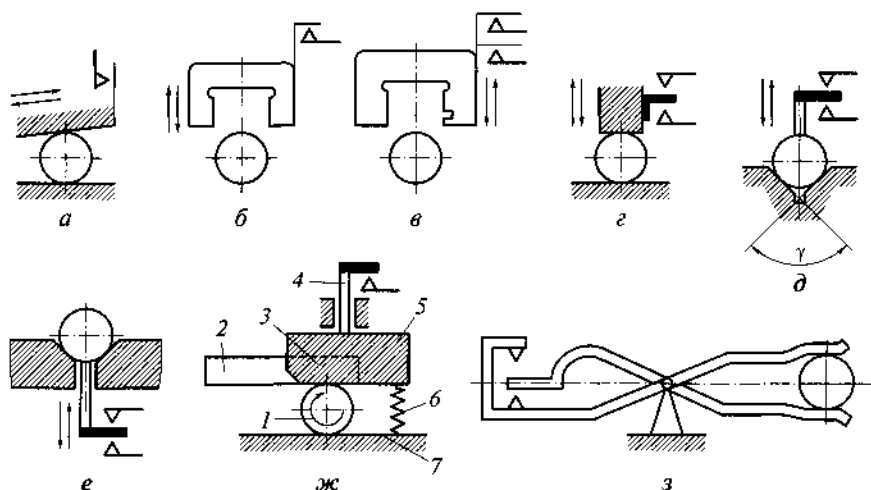


Рис. 13.4. Схемы автоматического контроля (а...з) наружных диаметров

$$I = \frac{\Delta A}{2} + \frac{\Delta A}{2 \sin(\gamma/2)},$$

где γ — угол призмы, ΔA — допуск на размер детали.

Чем меньше угол γ , тем больше перемещение штока.

При измерении по схеме, представленной на рис. 13.4, *е*, перемещение штока

$$I = \frac{\Delta A}{2 \sin(\gamma/2)} - \frac{\Delta A}{2},$$

т.е. перемещение штока очень мало и точность измерительного устройства очень высока.

Если надо измерять изделие в процессе перемещения, то можно применять схемы, представленные на рис. 13.4, *ж*, *з*. В схеме, представленной на рис. 13.4, *ж*, изделие 1 прижимается к плоскому установочному элементу 7 толкателем 2 и губкой 5 с помощью пружины 6. Непараллельность сторон губки 5 — до 0,4 мкм, что обеспечивает высокую точность показания прибора при перемещении штока 4. Толкатель 2 связан с губкой 5 шарниром 3.

В схеме, представленной на рис. 13.4, *з*, размер диаметра измеряется губками-ножницами.

При этих измерениях (см. рис. 13.4, *ж*, *з*) перемещение штока значительно больше, чем допуск на размер детали ΔA .

Контакт датчика необходимо устанавливать на расстоянии

$$L = 1,4l\sqrt{\Delta A/R}$$

от вертикального положения штока. Например, $\Delta A = 0,01$, $R = 100$, $l = 80$, тогда $L = 1,41 \cdot 80 \sqrt{0,01 : 100} = 1,128$.

Таким образом, расстояние, проходимое контактом на штоке, в 1,128 раз больше допуска на размер вала.

Действие автоматических устройств для измерения высоты и длины аналогичны рассмотренным на рис. 13.4, *а*...*з*. Устройства, предназначенные для измерения диаметров отверстий, могут работать по схемам, представленным на рис. 13.5. При контроле однопредельной и двухпредельной пробками (рис. 13.5, *а*, *б*) перемещение их в отверстиях приводит к замыканию контактов для подачи сигнала на сортирующее устройство или в систему управления станком и прибором для визуального наблюдения. Аналогично измеряют конические пробки (рис. 13.5, *в*).

Очень удобно контролировать размер малых отверстий пневмодатчиками. Измерительное сопло подводится непосредственно к торцу отверстия, так чтобы контролируемое отверстие яви-

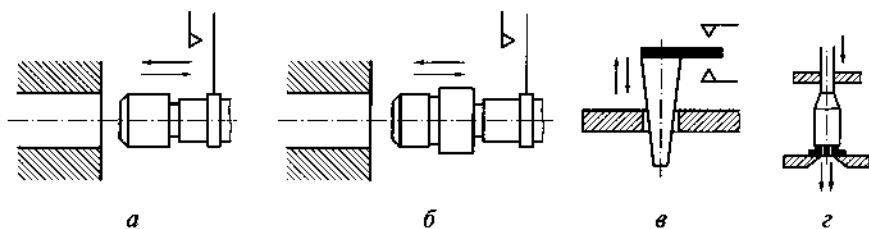


Рис. 13.5. Схемы автоматического контроля (а...г) диаметров отверстий

лось продолжением отверстия сопла (рис. 13.5, г). Такое изменение сечения отверстия сопла приводит к изменению давления в измерительной камере датчика. Датчик градуируется по эталонным отверстиям.

13.4. Автоматический контроль формы деталей

Формы поверхностей детали, заданные чертежом, в результате погрешностей при обработке могут иметь значительные отклонения. У цилиндрических поверхностей образуются: овальность; огранка; некруглость — отклонения формы, появляющиеся в сечении, перпендикулярном оси; конусность; выпуклость; вогнутость; изогнутость — отклонения формы, появляющиеся в сечении вдоль оси.

При повышенных требованиях к правильности геометрической формы детали задаются пределы отклонений от требуемой формы. Измеряют отклонения приборами для пассивного контроля, состоящими из приспособления для установки детали, измерительного устройства, прибора для световой или звуковой сигнализации, транспортного и сортирующего устройства. Для контроля отклонений в поперечном сечении детали цилиндрической формы устанавливают деталь 2 контролируемой поверхностью в призму 1 (рис. 13.6, а) и к проверяемой поверхности детали подводится шток 3 амплитудного датчика. После этого деталь поворачивают в призме на 180...200°. Если колебания формы превысят допустимое значение, то замкнутся один 4 и затем другой 7 контакты датчика благодаря тому, что рычаг 8 повернется и сектор 6 переместит мостик 5.

При контроле отклонения формы поверхности (биения) относительно оси деталь 9 устанавливают в центрах 12 на измерительную базу (ось детали, в данном случае совпадающую с технологическими базами — центровыми гнездами), а к цилиндрической поверхности подводят оправку 11 с амплитудным датчиком или индикатором 10 (рис. 13.6, б). При повороте де-

тали на $180 \dots 200^\circ$ измерительный шток или стрелка индикатора будет отклоняться в одну и другую сторону, так как биение характеризуется изменением размера радиуса окружности в сечении, перпендикулярном оси детали.

Аналогично контролю биения можно проверять перпендикулярность торца оси детали. Для этого деталь *14* (рис. 13.6, *в*) устанавливают на центры или в призму *18* с упором *13* в торец, а к проверяемому торцу подводят шток амплитудного датчика *16* или индикатора. При повороте детали на $180 \dots 200^\circ$ определится биение торца. При проверке параллельности цилиндрической поверхности детали *17* относительно другой *14* измерительную базовую поверхность следует установить в призму, а к

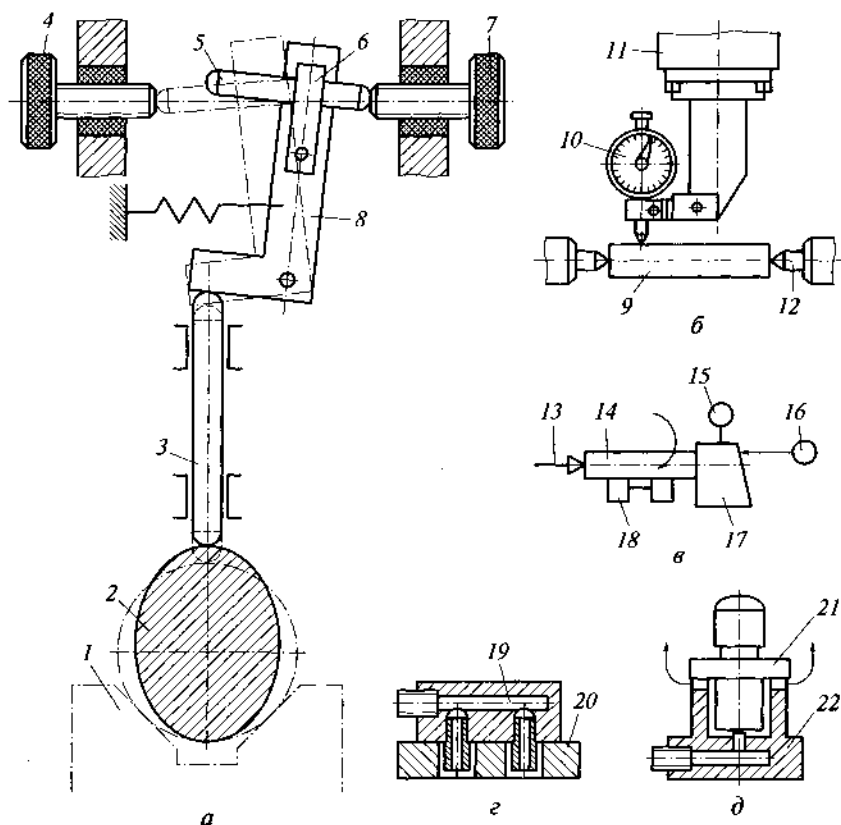


Рис. 13.6. Схемы контроля (*а...г*) отклонений форм детали:

1 — призма; *2, 9, 14, 17, 20, 21* — деталь; *3, 16* — шток; *4, 7* — контакты; *5* — мостик; *6* — сектор; *8* — рычаг; *10* — индикатор; *11* — оправка; *12* — центр; *13* — упор; *15* — датчик; *18* — призма; *19* — сопло; *22* — измерительная головка

проверяемой — подвести датчик 15. При вращении детали в призме колебания измеряемой поверхности выше допускаемых пределов приведут к замыканию контактов датчика. Для контроля отклонений от заданной формы могут быть использованы и пневматические датчики, контролирующие расстояние между двумя отверстиями (рис. 13.6, *г*), размеры между торцом и буртиком (рис. 13.6, *д*) и др. При контроле расстояния между двумя сквозными отверстиями детали 20 в измерительном сопле 19 калибра находятся два канала, вводимые в измеряемые отверстия. При разном межосевом расстоянии отверстий измерительные каналы будут находиться на разных расстояниях от поверхностей отверстий, что и приведет к изменению давления в рабочей камере датчика. При измерениях расстояния от торца детали 21 до буртика деталь буртиком устанавливают на измерительную головку 22. В торце головки находится измерительное сопло. В зависимости от расстояния от буртика до торца торец будет ближе или дальше от измерительного сопла, что и приведет к изменению давления в рабочей камере датчика. Воздух выходит из головки через несколько отверстий.

13.5. Контрольные и контрольно-сортировочные автоматы

При изготовлении деталей массового или серийного производства широко используются контрольные и контрольно-сортировочные автоматы, которые разбраковывают детали на годные и бракованные. Некоторые из них классифицируют бракованные детали по верхнему и нижнему пределам, а также на исправимый и неисправимый брак. Кроме того, контрольные и контрольно-сортировочные автоматы применяются для предупреждения брака и сортировки изделий по группам в зависимости от размера.

Автоматы, как правило, состоят из загрузочного устройства, измерительной системы (станции), транспортирующего, сортировочного и запоминающего устройств. Так как загрузочные устройства контрольных автоматов по конструктивным особенностям и принципу действия не отличаются от загрузочных устройств автоматических линий и машин-автоматов и рассмотрены ранее, в данном разделе они рассматриваться не будут.

Измерительные станции. Измерительные станции служат для получения информации о контролируемом изделии и формирования сигнала в форму, удобную для дальнейшего преобразования и передачи. Они должны обладать высокой точностью измерения, незначительным изменением характеристик при воздействии внешних возмущений, малым гистерезисом передаточных механизмов и преобразовательных устройств,

высокой износостойкостью контролирующих поверхностей и другими качествами. Существует большое разнообразие измерительных станций по принципу действия и конструктивным особенностям. В связи с этим они классифицируются в зависимости от метода преобразования измерительного импульса на механические, электрические (электроконтактные, индуктивные, емкостные и т.д.), пневматические, фотоэлектрические и др.

Базирование цилиндрических поверхностей может осуществляться по плоскости (рис. 13.7, *а*), тогда измерительный накопчик имеет форму ножа, вытянутого вдоль направления ввода деталей *1*, причем протяженность ножа при контроле геометрической формы бывает большой, а при контроле размера — малой. Особое внимание при этом необходимо уделять получению параллельности измерительной и базовой поверхностей. Базирование в призме (рис. 13.7, *б*) позволяет уменьшить влияние на точность контроля овальности. Для прижатия детали к базовой поверхности в конструкции базирующих устройств предусматриваются пружинные упоры *2* (рис. 13.7, *в*), которые устраняют отрыв детали от базовой поверхности из-за воздействия внешних возмущений и ее разворот во время выполнения контрольных операций.

Иногда базируют кольцевую деталь на шарики *5* (рис. 13.7, *г*), что позволяет уменьшить влияние на точность измерения овальности. Шарики располагаются в сепараторе *4*. При контроле штоком *7* перемещается конусный калибр *6*, раздвигая шарики до упора в измеряемый диаметр. Минимальное влияние оказывает овальность детали на точность выполнения контрольных операций при базировании детали на пяти шариках.

Транспортирующие устройства. Транспортирующие устройства в зависимости от вида движения можно разделять на устройства с реверсивным и нереверсивным движением, а в

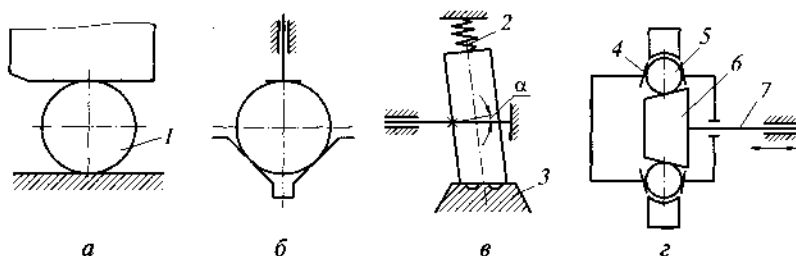


Рис. 13.7. Схемы (*а...г*) базирующих элементов:

1 — деталь; *2* — пружинный упор; *3* — базовая поверхность; *4* — сепаратор;
5 — шарик; *6* — конусный калибр; *7* — шток

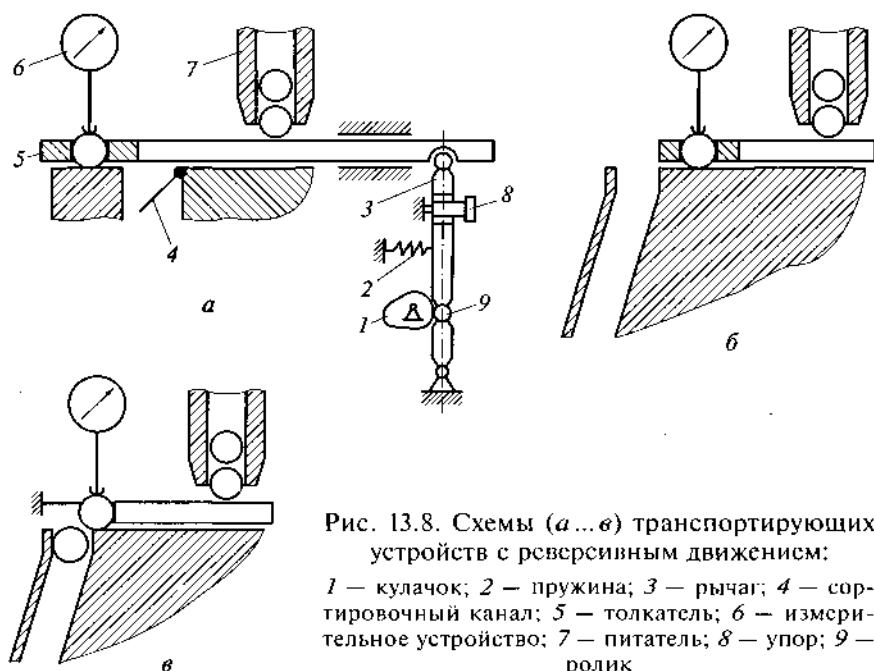


Рис. 13.8. Схемы (а...в) транспортирующих устройств с реверсивным движением:

1 — кулачок; 2 — пружина; 3 — рычаг; 4 — сортировочный канал; 5 — толкатель; 6 — измерительное устройство; 7 — питатель; 8 — упор; 9 — ролик

зависимости от вида траектории перемещения детали — на устройства с движением изделия по прямой и по окружности.

Транспортирующие устройства должны иметь простую кинематическую схему, состоящую из малого числа звеньев, и обеспечивать высокую производительность; удобное расположение контрольно-измерительной станции с возможностью быстрого регулирования и настройки системы; минимальную чувствительность к внешним возмущениям, таким как вибрации, магнитные и температурные поля и т.д.

Детали на измерительную позицию поступают принудительно поштучно в соответствии с циклом работы автомата или их подача осуществляется под действием собственного веса. Для установки одной детали на измерительную позицию под действием собственного веса нужно применять специальные отсекатели; при этом необходимо учитывать, что на деталь действует большое число случайных факторов, вызывающих ее задержку и перекося, что вызывает ненадежную работу автомата. Транспортирующие устройства с реверсивным движением, как правило, относятся к устройствам с прерывистым движением детали с приводом от кулачковых механизмов. Это обеспечивает простоту получения требуемого закона перемещения детали (рис. 13.8). Изделия из питателя 7 (рис. 13.8, а) в момент совпадения отверстий питателя с окном толкателя поступают в тол-

катель 5, который совершает возвратно-поступательное движение от кулачка 1 через рычаг 3. Под действием пружины 2 толкатель 5 перемещается в крайнее левое положение, устанавливая изделие на измерительную позицию 6, а возвращение толкателя в исходное положение (крайнее правое положение) производится кулачком 1, который прокатывается по ролику 9. Точная установка изделия на измерительной позиции осуществляется по упору 8. Выброс изделия в сортировочное устройство осуществляется при обратном ходе толкателя, или в конце его хода (рис. 13.8, б), или последующей деталью (рис. 13.8, в).

Сортировочные устройства. Сортировочные устройства служат для разводки деталей по сортировочным отсекам и по конструктивному исполнению бывают шахтного типа, поворотные, дисковые и в виде транспортера. Эти устройства должны быть удобны для наладки и юстировки, а также для разводки деталей по бункерам. На их работу не должны влиять внешние возмущения, а в конструкции автомата должны быть предусмотрены узлы, предотвращающие порчу деталей при их перемещении.

Сортировочные устройства шахтного типа представляют собой комбинацию наклонных и вертикальных шахт с системой сортировочных заслонок, в которых детали перемещаются под действием собственного веса. Устройства работают без длитель-

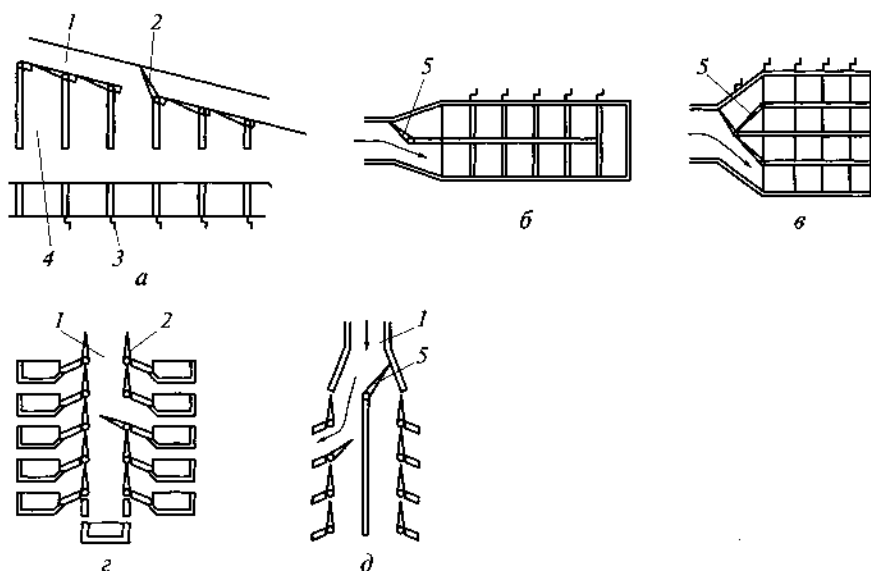


Рис. 13.9. Схемы (а...д) сортировочных устройств шахтного типа:
1 — шахта; 2 — сортировочная заслонка; 3 — ручки поворота заслонок; 4 — сортировочный канал; 5 — центральная заслонка

ной задержки измерительного импульса и представляют собой наклонную (рис. 13.9, *а*) или вертикальную (рис. 13.9, *з*) одно-рядную шахту 1 с системой сортировочных заслонок 2, управляемых электромагнитами. По результатам контроля срабатывает один из электромагнитов, поворачивая заслонку и открывая соответствующий сортировочный канал 4 (см. рис. 13.9, *а*), по которому изделие попадает в сортировочные отсеки автомата. Иногда для сокращения пути движения изделия на входе сортировочного устройства располагают одну (рис. 13.9, *б*) или несколько центральных заслонок 5 (рис. 13.9, *в*) или делают двух-стороннее расположение заслонок (рис. 13.9, *з*, *д*).

Функциональная схема контрольно-измерительной машины с ЧПУ представлена на рис. 13.10.

Программа выполнения контрольных операций задана в блоке числового программного управления (ЧПУ). Сигналы с блока 1 ЧПУ поступают на управление электроприводами 2 и 3 перемещения кареток 6 и 7. Величина перемещения кареток

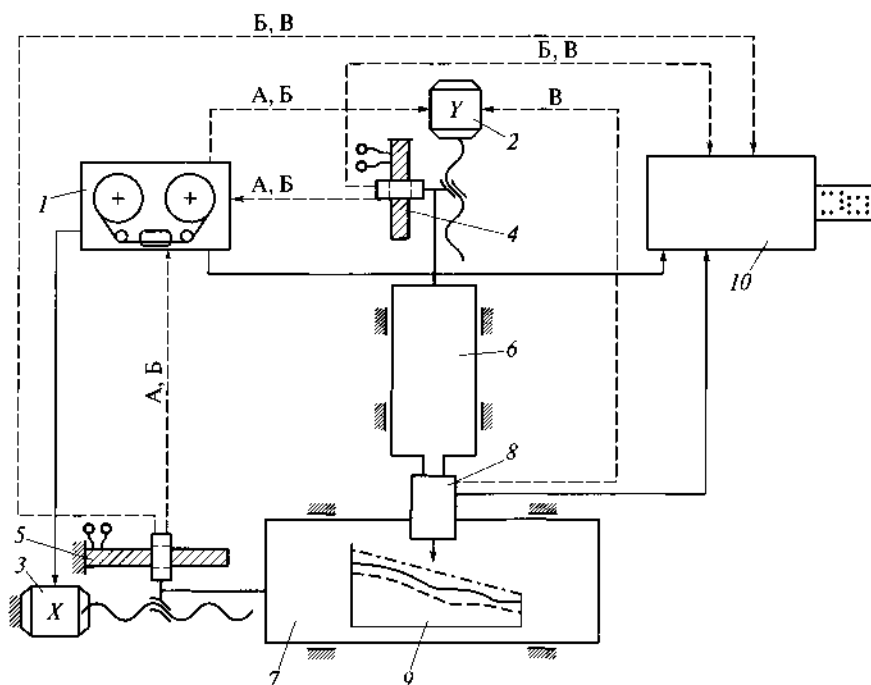


Рис. 13.10. Функциональная схема контрольно-измерительной машины с ЧПУ:

1 — блок ЧПУ; 2, 3 — электроприводы; 4, 5 — датчики обратных связей; 6, 7 — каретки; 8 — наконечник измерительной головки; 9 — деталь; 10 — блок вывода информации; А, Б, В — связи

контролируется датчиками обратных связей 4 и 5, сигнал с которых поступает в блок 1 ЧПУ и блок 10 вывода информации без дополнительной обработки.

При выполнении контрольных операций наконечник измерительной головки 8 должен описывать образцовую траекторию с номинальным контуром. В случае обнаружения отклонений контура измеряемой детали 9 от номинального подается команда для их фиксации в дискретных точках для регистрации в ЧПУ. При работе машины обход образцовой траектории осуществляется точно по программе с блока 1 по связям А или приближенно по связям Б. При этом неточность задания и обработки программы должна лежать в пределах диапазона измерительной головки. Кроме того, можно отказаться от реализации заранее заданной программы по обеим координатам, а привод по одной из них выполнять следящим, что обеспечивается по связям В. Управление машиной на этом режиме работы осуществляется не блоком 1, а головкой 8; при этом в блоке 10 фиксируются показания датчиков координат и показания измерительной головки 8, отражающие погрешность слежения. Выбор измерительных устройств зависит от способа нормирования допустимых отклонений профиля и способа отсчета величины в направлении одной из координат профиля или в направлении нормали к плоскому контуру. Для этого используются обычные датчики линейных перемещений с аналоговым выходом.

В машине осуществляются относительные измерения индуктивным датчиком. Для компенсации динамических ошибок имеется блок автоматической коррекции. Суммарная погрешность измерения не превышает $\pm 0,03$ мм, а нестабильность показателей при многократном измерении одной детали не превышает 0,01 мм.

13.6. Системы автоматического контроля

Автоматические измерительные системы в зависимости от выполняемой ими задачи можно подразделить на системы автоматического контроля, автоматического управления и автоматического регулирования технологического процесса.

Последовательность взаимодействия отдельных элементов автоматических систем можно проследить по структурной схеме, представленной на рис. 13.11. Параметры 1 технологического процесса (рис. 13.11, а) воспринимаются чувствительным элементом 2, а затем сопоставляются в элементе сравнения 3 с заданными (установленными) величинами из задатчика 7. Полученная в результате сопоставления величина поступает в преобразующее устройство 4, где этот импульс преобразуется из од-

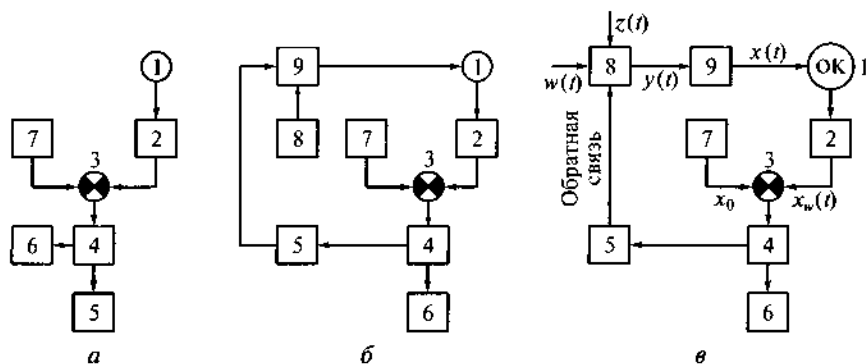


Рис. 13.11. Структурная схема (а...в) последовательности взаимодействия отдельных элементов автоматических систем

ного вида в другой, удобный для усиления и передачи на расстояние. После преобразования измерительный импульс поступает на исполнительный орган 5, который управляет работой электромагнитов, и на измерительный прибор 6 для измерения или записи. Запись результатов измерения может быть графическая или в цифровой форме. По такой структурной схеме в большинстве случаев построены контрольные и контрольно-сортировочные автоматы, не имеющие обратных связей.

Устройства активного контроля, встроенные в конструкцию станка, строятся по структурной схеме, приведенной на рис. 13.11, б. В этих системах имеется обратная связь с приводом станка. Сигналом от исполнительного устройства 5 воздействуют на режим работы оборудования. В процессе работы технологического оборудования обрабатываемые детали нагреваются, а обрабатывающий инструмент и наконечники измерительных устройств изнашиваются, вследствие этого получают погрешности размеров обрабатываемых деталей. Большинство существующих контрольно-измерительных приборов не позволяет компенсировать указанные погрешности. Для их устранения в технологическом оборудовании предусматриваются приборы активного контроля с системой подналадки. Они строятся по структурной схеме (рис. 13.11, в). Такие системы не только контролируют размеры обрабатываемых деталей, но и регулируют работу станка по результатам контроля. Для этого в системе управления имеется корректирующий блок 8, в котором суммируются величины, заданные по программе на входе $w(t)$ с величиной отклонения $X_w(t)$, полученной из блока сравнения. Полученный в корректирующем блоке подналадочный импульс $x(t)$ подается на рабочий орган для изменения режима его рабо-

ты и на компенсацию погрешностей. В зависимости от выполняемых ими функций системы активного контроля можно подразделить на следующие устройства: контролирующие детали непосредственно в процессе обработки; подналадчики; измерительные заслоны (блокирующие); устройства, осуществляющие контроль до процесса обработки. При металлообработке наиболее широко используются подналадочные системы, которые по результатам контроля (при выходе контролируемого размера за допустимые границы) изменяют настройку оборудования или измерительного устройства, управляющего работой оборудования. Приборы активного контроля имеют большое конструктивное разнообразие и в зависимости от способа измерения могут быть подразделены на приборы прямого или косвенного измерения. Устройства прямого измерения (рис. 13.12) служат для диаметральных измерений и бывают двух- и трехконтактные и с жесткими калибрами. Некоторые из них сделаны с плавающими корпусами, а некоторые имеют корпуса, жестко закрепленные на станке.

На рис. 13.12, *а* приведена схема измерительного двухконтактного плавающего устройства, у которого в процессе обработки изделия база измерения *А* непрерывно изменяет свое положение. Для повышения точности таких измерительных устройств

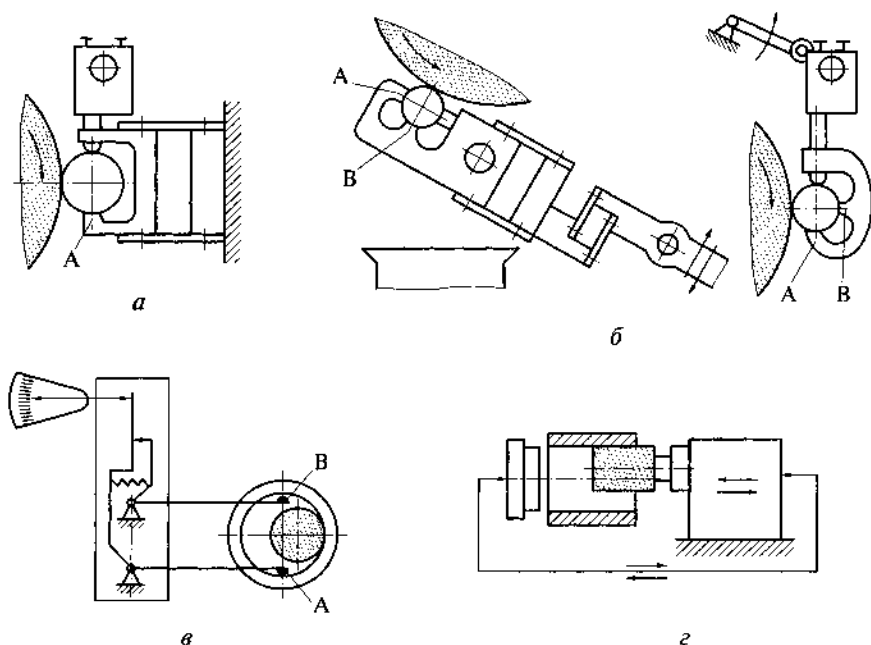


Рис. 13.12. Измерительные устройства (*а*...*г*) прямого измерения

необходимо, чтобы они имели одну степень свободы. Если же измерительное устройство (рис. 13.12, б) имеет три точки контакта с контролируемым изделием, то оно должно иметь две степени свободы, так как в процессе обработки изменяют положение две базовые поверхности: А и В. Трехконтактные измерительные устройства считаются точнее двухконтактных, так как при измерении двухконтактными датчиками сильное влияние на результат измерения оказывают силовые деформации измеряемой детали. Эти погрешности не поддаются корректировке из-за их случайного характера. Величина и характер погрешностей вследствие деформаций в сильной степени зависят от формы контактной поверхности измерительных наконечников, причем наименьшую погрешность имеют приборы, наконечники которых имеют плоскую форму и параллельны друг другу. Кроме того, трехконтактные измерительные устройства меньше подвержены влиянию деформаций из-за изменения температуры и вибраций, так как эти устройства имеют две степени свободы, что позволяет гасить вибрации. Иногда используются измерительные устройства с суммирующим рычагом, в которых при соотношении плеч рычагов, равном 1, перемещение наконечника измерительного прибора равно сумме перемещений наконечников, контактирующих с измеряемым изделием (рис. 13.12, в).

Системы контроля с жесткими калибрами (рис. 13.12, г) широко используются при внутреннем шлифовании. Точность контроля такими системами зависит от попадания стружки и абразивной пыли между калибром и измеряемым изделием и от износа калибра в результате тяжелых условий его работы. Для уменьшения влияния износа на результат измерения осуществляют армирование калибра твердым сплавом.

Исполнительное устройство служит для настройки управляющего устройства в соответствии с сигналами, поступающими от вычислительного устройства; при этом воздействие самонастройки зависит от многих переменных.

С целью повышения точности при производстве деталей применяют различные методы регулирования технологического процесса путем воздействия выходных параметров технологической системы на входные.

Наибольшее распространение получили методы, при которых сравнивают измеряемую величину с заранее заданной эталонной. Однако следует учитывать, что существующие и все более распространяемые системы программного управления не могут обеспечить изготовления деталей без применения размерных обратных связей, которые позволяют компенсировать погрешности, связанные с размерным износом режущего инструмента и тепловыми и силовыми деформациями технологической

системы. Учитывая множество случайных факторов, влияющих на результат измерения, стремятся выделить систематическую и случайную погрешности; при этом необходимо знать причины, вызывающие случайное рассеивание размеров обрабатываемых изделий.

Методы регулирования размеров зависят от времени контроля и подразделяются:

- на контроль до процесса обработки (рис. 13.13, *а*);
- контроль в процессе обработки (рис. 13.13, *б*);
- контроль после обработки (рис. 13.13, *в*);
- комбинированный контроль (рис. 13.13, *г*).

При контроле до обработки по результатам измерения устанавливаются режимы работы оборудования. Точность системы зависит от внешних воздействий, под которыми понимают износ инструмента, колебания припуска и твердости и т.д. При контроле же в процессе обработки отсутствует влияние износа инструмента, что, несомненно, повышает точность изготовленного изделия. На результат измерения в процессе обработки существенно влияют вибрации станка, наличие смазочно-охлаждающей жидкости, отходов обработки и т.д. Если же контроль осуществляется после обработки, то влияние указанных факторов отсутствует. В случае появления деталей с браком можно произвести подналадку станка и устранить погрешности обработки.

Наиболее точной является система комбинированного контроля, обеспечивающая самонастройку в соответствии с изменившимися внешними условиями. По результатам измерения

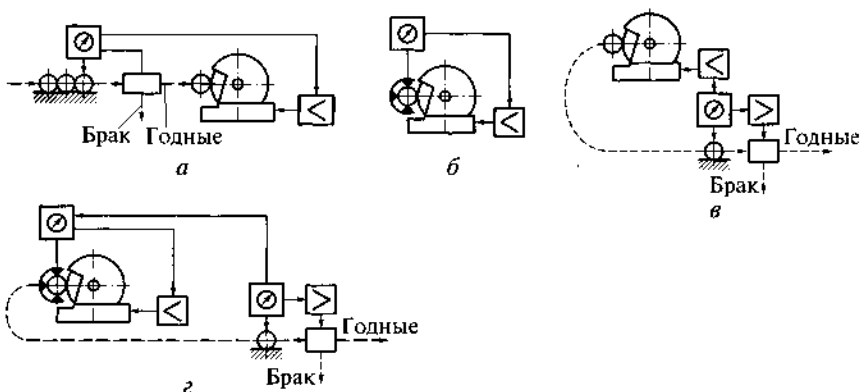


Рис. 13.13. Схема автоматического контроля и регулирования размеров: *а* — контроль до процесса обработки; *б* — контроль в процессе обработки; *в* — контроль после обработки; *г* — комбинированный контроль

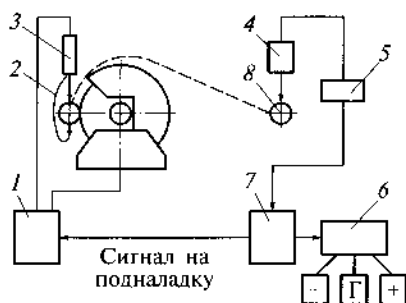


Рис. 13.14. Контроль изделия в процессе обработки:

1 — механизм управления; 2 — измерительная скоба; 3, 5 — датчик; 4 — измерительное устройство; 6 — обрабатываемые детали; 7 — усилитель; 8 — исполнительный механизм

деталей в процессе обработки регулируются режимы работы станка. Кроме того, изделие контролируется после обработки.

По результатам измерения изделия классифицируются на годные и бракованные и производится подналадка контрольно-измерительного прибора, т.е. устраняются погрешности, возникающие за счет износа инструмента и наконечников измерительного прибора, неравномерного припуска и т.д. Как видно из рассмотренной схемы, система имеет адаптивный блок самонастройки, который обнаруживает и накапливает информацию о качестве протекающего технологического процесса и состоянии системы станок — приспособление — инструмент — деталь, а также классифицирует возмущения, действующие на процесс, производит оценку и формирует корректирующие сигналы для управления процессом. Иногда контроль детали осуществляется в процессе обработки (рис. 13.14), для чего на станке устанавливается измерительная скоба 2 с датчиком 3, сигнал с которого поступает на управление механизмом 1.

Так как контроль деталей осуществляется в процессе обработки, то наконечники измерительных приборов под действием абразивной жидкости быстро изнашиваются, поэтому изготавливаемые детали теряют заданную точность, что не фиксируется измерительным прибором.

Для компенсации погрешностей, возникающих из-за износа наконечников, в системе предусмотрено второе измерительное устройство 4 с датчиком 5. Обрабатываемые детали 8 на измерительную позицию устанавливаются автоматически. Если в результате контроля обнаруживается, что деталь имеет размеры за пределами допуска, то сигналом с датчика 5 после его усиления в усилителе 7 поднастраивается датчик 2, смещая его настройку на величину погрешности. Кроме того, сигнал с датчика 5 поступает на исполнительный механизм 6, который разбраковывает изделия на три группы: брак «—», брак «+» и годные.

13.7. Автоматическая сигнализация и защита

Этот вид автоматического контроля заключается в подаче светового или звукового сигнала при достижении контролируемым объектом предельных заранее установленных значений. Кроме того, при нарушении заданного режима работы машины или установки устройства автоматической сигнализации извещают о появлении аварийных режимов работы и неполадок.

Различают четыре типа автоматической сигнализации: командная, контрольная технологическая, предупредительная и аварийная.

Командная сигнализация предназначена для передачи типовых командных сигналов от одного поста управления к другому и обратно. Простейший пример командной сигнализации — это устройство машинного телеграфа на кораблях. При повороте рукоятки машинного телеграфа, расположенного в рубке на верхней палубе, в положение, соответствующее определенной команде, например «Полный вперед», в машинном отделении сигнальное устройство производит эту команду.

Контрольная технологическая сигнализация предназначена для автоматического извещения о включении в работу или остановке отдельных вспомогательных механизмов, положении запорных органов на различных коммуникациях и т. д. К подобным устройствам относятся, например, контрольные лампочки на пульте управления крупного станка, извещающие о том, что насос системы работает, и др.

Предупредительная сигнализация служит для автоматического извещения персонала о возникновении опасных изменений режима, грозящих при дальнейшем их развитии аварией. Эти устройства сигнализируют, например, о необходимости остановки станка или прекращении движения подачи в случаях поломки режущего инструмента, поступлении некачественной заготовки, неправильной установке заготовки в станке, невыполнении предыдущей операции или перехода, наличии стружки в отверстии, в котором должна нарезать резьба, или в случаях, которые могут привести к порче оборудования.

На рис. 13.15 показано устройство предупредительной сигнализации, контролирующее наличие в отверстии стружки, которая может привести к поломке режущего инструмента (метчика) при нарезании резьбы. Деталь с контролируемым отверстием 5 устанавливают строго по оси контрольного щупа 4. Механизм сигнализации получает поступательное движение от гидропривода 1. При наличии стружки в отверстии шток вместе со щупом 4 переместится влево относительно корпуса 3 и, воздействовав на концевой выключатель 2, замкнет электрическую цепь сигнальной лампочки. Если стружка отсутствует, то меха-

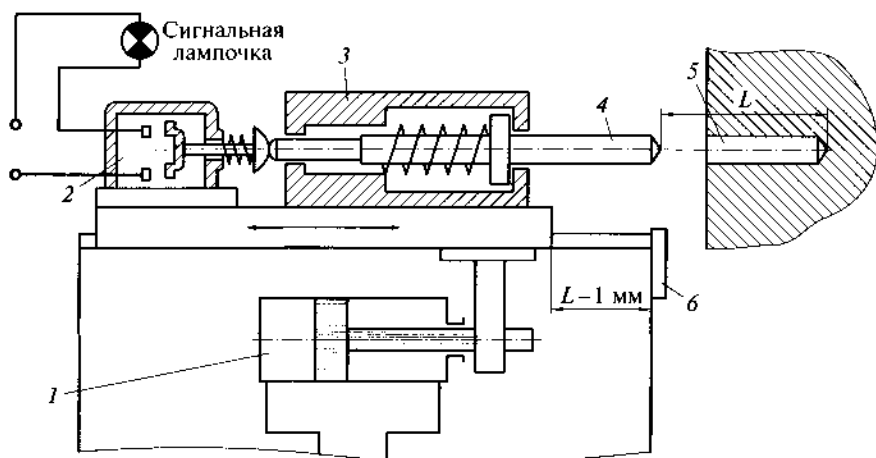


Рис. 13.15. Устройство предупредительной сигнализации:

1 — гидропривод; 2 — концевой выключатель; 3 — корпус; 4 — шуп; 5 — деталь с контролируемым отверстием; 6 — упор

низм предупредительной сигнализации, дойдя до упора 6, вернется в исходное положение. Устройства аналогичной конструкции служат для определения наличия отверстия в детали и для сигнализации о поломке сверл в рабочих органах автоматов и автоматических линий.

Аварийная сигнализация, как правило, имеет комбинированный сигнал (световой и звуковой), который подается при нарушении технологического режима. Звуковой сигнал служит для привлечения внимания обслуживающего персонала, а световой сигнал указывает место нарушения.

Аварийная сигнализация предназначена для автоматического оповещения персонала о произошедшем отключении оборудования.

Устройства автоматической защиты служат для отключения контролируемого объекта при нарушении нормальных режимов работы, например при перегрузке электрического оборудования и коротких замыканиях в электрических цепях, при повышении заданного давления в резервуарах и поломке инструмента на станках автоматической линии.

Примером простейшей автоматической защиты могут служить плавкие вставки, представляющие собой патрон из изоляционного материала со вставкой из легкоплавкого металла, который при коротком замыкании расплавляется, разрывая электрическую цепь.

Особым видом автоматической защиты являются защитно-блокировочные устройства, которые останавливают станок или

прекращают подачу заготовок, предупреждая аварию. Командой для срабатывания защитно-блокировочного устройства являются поломка и износ инструмента, неправильная установка заготовки, некачественная отливка и другие случаи.

Большое значение защитно-блокировочные устройства имеют в автоматических линиях для предотвращения поломки инструмента и оборудования. Если хотя бы на одном станке автоматической линии произойдет значительный износ инструмента или по какой-либо другой причине будет не выполнена операция, защитно-блокировочное устройство остановит линию для устранения неполадок.

Устройства автоматической защиты особенно необходимы для создания безопасных условий работы и для предотвращения аварий.

На рис. 13.16 показано устройство автоматической защиты, установленное на быстроходном прессе. Автоматическая защита состоит в том, что пресс не может быть приведен в действие до тех пор, пока в пространстве под штампом находится какой-либо посторонний предмет или пока из этого пространства не убраны руки рабочего, обслуживающего пресс.

Пресс приводится в действие нажатием на педаль 7. Во время работы пресса пространство 3, подлежащее защите, пересекается потоком света, идущего от лампы 1 через оптическую систему 2 к фотоэлементу 4. Под действием света через фотоэлемент проходит ток, который усиливается в электронном уси-

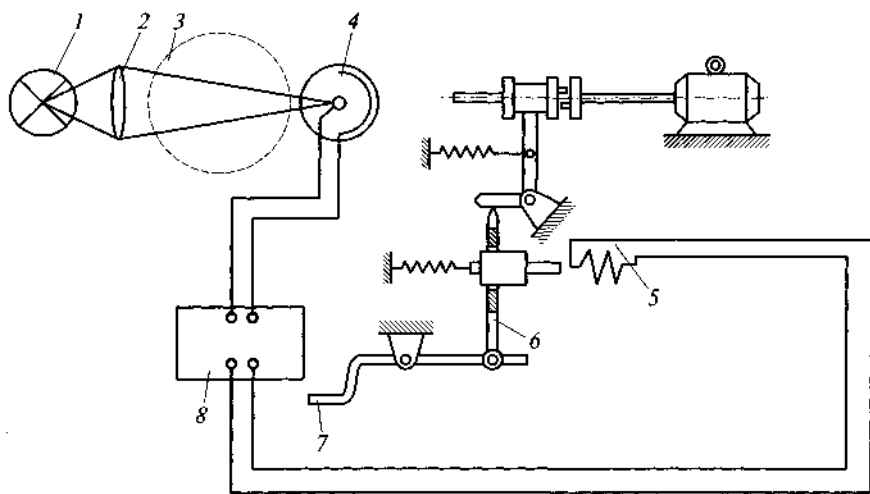


Рис. 13.16. Схема устройства автоблокировки пресса:

1 — лампа; 2 — оптическая система; 3 — пространство, подлежащее защите; 4 — фотоэлемент; 5 — электромагнит; 6 — толкатель; 7 — педаль; 8 — усилитель

лителе 8 до величины, достаточной для работы исполнительного устройства — силового электромагнита 5.

Если защитный световой луч прервать, то отсутствие тока в цепи электромагнита приведет к тому, что якорь электромагнита под действием пружины отклонит толкатель 6 педали 7. В этом случае нажим на педаль не вызовет включения пресса.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные направления автоматизации контроля?
2. Какие погрешности возникают при контроле?
3. Чем отличаются друг от друга пассивный и активный контроль?
4. Как построены автоматы пассивного и активного контроля?
5. Как осуществляется автоматический контроль линейных размеров детали?
6. Чем обеспечивается автоматический контроль формы деталей?
7. Каковы структуры контрольного и контрольно-сортировочного автоматов?
8. Каково назначение измерительных станций контрольных автоматов?
9. Как устроены сортировочные устройства контрольных автоматов?
10. Как построены системы автоматического контроля?
11. Что такое «автоматическая сигнализация» и «автоматическая защита»?

ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ — НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

14.1. Перспективы развития и прогноз выпуска гибких производственных систем в мире

На производительность труда в машиностроении в значительной мере влияет состав выпускаемого металлорежущего оборудования по степени его автоматизации, в связи с чем необходимо определение состава металлорежущего оборудования на планируемый период и перспективу. Многочисленные прогнозы и критический анализ тенденций изменения состава металлорежущего оборудования с начала XX в. позволяют определить изменения, которые с ним произойдут.

Первая половина XX в. характеризуется углублением разделения производства на серийное и массовое, которое предъявляет различные требования к составу металлорежущего оборудования. В единичном и серийном производствах преобладали универсальные станки, большое количество приспособлений, высокая квалификация рабочего. В массовом производстве, наоборот, использовались узкоспециализированные станки и автоматические линии.

Низкая производительность труда при использовании универсальных станков и невозможность использования для быстротечных объектов производства оборудования массового производства значительно тормозили развитие всего производства. В середине XX в. наметились два пути решения указанной выше проблемы. С одной стороны — увеличение партии одновременно обрабатываемых деталей за каждую переналадку за счет нормализации деталей и унификации узлов, их обработки группами, специализации производства; с другой стороны — создание переналаживаемых оборудования и автоматических линий.

Решающим явилось создание ЧПУ и станков типа обрабатывающих центров (ОЦ); последние являются одновременно широкоуниверсальными и полностью автоматизированными станками. С конца 1950-х гг. начался стремительный рост выпуска станков с ЧПУ и типа ОЦ. Началась автоматизация управления станками и всей производственной системой на базе применения ЭВМ. Автоматизация единичного и серийного производства фактически позволит устранить границы, которые существуют

между единичным, серийным и массовым производствами. Широкая универсальность и мобильность, полная автоматизация на базе ЭВМ, блочно-агрегатный метод создания ОЦ и другого оборудования гибких производственных систем (ГПС) дают возможность еще больше повысить производительность труда и применять гибкие системы в массовом производстве.

Анализ развития технологии металлообработки за прошедшее столетие позволяет сделать определенный прогноз состава оборудования к началу третьего тысячелетия.

По данным комитета по использованию ЭВМ в производстве Национального исследовательского совета США, в настоящее время около 15 % производимых в мире станков объединены в ГПС.

Основной скачок в повышении производительности труда произошел на рубеже 1990-х гг., когда ГПС перестали быть экспериментальными; устаревание заводов преодолевается путем внедрения новой организации труда и технологии, соответствующей концепции ГПС.

В начале 1980-х гг. в мире, по зарубежным данным, насчитывалось примерно 125 ГПС (хотя первые из них появились в США еще в 1967 г.), в том числе в Японии — 40, в США — 26, в странах Западной Европы — 25.

В ряде западных стран работы по созданию ГПС ведутся по национальным программам, финансируемым правительствами, что связано с желанием ускорить более широкое внедрение этой новой техники в машиностроении.

Возрастает роль роботов в ГПС. Обычное место роботов будет на загрузке и разгрузке станка, но их можно использовать и для подачи паллет с инструментами с управляемых автоматических тележек на станок или в инструментальные магазины на станке. Роботы появляются на контрольных операциях и там, где необходима комбинация операций перегрузки и транспортировки.

Тесно связана с роботами и техника управляемых автоматических тележек. Автоматические тележки получают повсеместное распространение в ГПС. Обеспечение тележек энергией является еще одной проблемой.

Большинство фирм — создателей ГПС — ведут исследовательские работы по применению лазеров, на базе которых создаются прецизионные бесконтактные измерительные устройства. Основное преимущество их состоит в гибкости: размеры разной величины могут контролироваться практически одним устройством без его переналадки.

Трудной для автоматизации остается настройка режущего инструмента на заданный размер. Чаше всего это производится вне станка. Созданы системы, которые интегрируют станции настройки инструмента вне станка с контрольными устройства-

ми на станке таким образом, что информация об установленном размере на инструменте посылается автоматически на станок вместе с предварительно настроенным инструментом.

Автоматизация производства не будет полной без диагностики различных неполадок и отказов. В будущем, особенно во время «безлюдной» ночной смены, система не должна останавливаться из-за первой же незначительной неполадки или отказа. Необходимо иметь в системе возможности не только для определения неполадок, но и для автоматического их устранения, с тем чтобы система могла продолжать работать.

14.2. Гибкое производство — новая концепция автоматизации производства

Новизна гибкой концепции состоит в том, что ей свойственен не столько поточный способ организации производства, сколько централизованный, предусматривающий как можно более полную, завершенную обработку деталей на одной рабочей позиции, на одном станке, на одной рабочей машине.

Поточная технология, в основе которой заложена дифференциация процесса обработки деталей на многочисленные операции и переходы, выполняемые на различных станках, в связи с ускорением научно-технического прогресса потеряла свои экономические преимущества, так как продукция стала значительно сложнее и ее ассортимент стал изменяться более часто. Детали стали больше пролеживать между станками, выросли заделы и вспомогательные операции. Настало время выбирать между дальнейшей специализацией станков и автоматизацией вспомогательных операций. Например, деталь полностью обрабатывается на пяти станках, что влечет за собой пятикратную загрузку (разгрузку) детали на станок, увеличение времени межоперационной транспортировки и ожиданий. Это усложняет управление и приводит к удорожанию производства. Поэтому требуется создание универсальных многоцелевых станков с тем, чтобы деталь централизованно полностью обрабатывалась на одном станке с одной загрузкой-разгрузкой, за одну операцию и, следовательно, без межоперационной транспортировки, без пролеживаний и ожиданий. Выбор был сделан, появились обрабатывающие центры, а затем и ГПС.

Сущность концепции гибкого производства состоит в том, что она позволяет переходить с выпуска одного изделия на выпуск другого изделия практически без переналадки технологического и любого другого оборудования; если же в каких-то случаях и требуется переналадка, то она осуществляется одновременно с выпуском предыдущего изделия. В гибком производ-

стве, как правило, участвуют в основном операторы с уровнем подготовки техников и инженеров. Применение ЭВМ в управлении гибким производством позволяет осуществлять комплексный подход к автоматизации всех видов работ и процессов — от заготовки (проработки задания на производство нового изделия, конструкторско-расчетных работ, технологической подготовки производства, всего комплекса технологических процессов) до упаковки и отправки изделия потребителю.

Более важным становится управление. Заказы-наряды на работу, производственные программы и график прохождения компонентов по всему технологическому маршруту — все это находится в центральной управляющей ЭВМ и ЭВМ подсистем всего производства. Каждая ЭВМ имеет сеть связанных микропроцессоров, которые управляют отдельными технологическими операциями. Каждая отдельная ЭВМ ведет учет фактического выполнения операций, осуществляет слежение за процессом.

Это, конечно, не означает, что сама технология перестает быть важным элементом в таких системах, но следует подчеркнуть, что настоящий успех гибкого производства достигается за счет организации производства.

Большинство действующих и создаваемых в разных странах мира гибких систем автоматизируют какой-то один технологический процесс: механообработку, сварку, окраску, сборку. Начали появляться гибкие системы в кузнечно-прессовом и литейном производствах. Как правило, эти системы включают в себя автоматизированные на базе ЭВМ конструирование деталей, технологическую подготовку и планирование производства. Однако еще нет примеров сквозной гибкой автоматизации всего комплекса производственных задач, как говорится, «от ворот до ворот» завода, т.е. полной интеграции производства.

14.3. Основные термины и показатели ГПС

Степень автоматизации, степень гибкости, уровень интеграции — это основные характеристики гибкого производства. От этих факторов зависят их стоимость, производительность, рациональные области применения и другие экономические показатели.

Степень автоматизации — это отношение объемов работ, выполняемых без участия и с участием человека, или соотношение времени «безлюдной» работы и времени работы системы, когда требуется какое-либо участие человека. Этот показатель включает в себя и степень надежности работы системы, которая определяется соотношением времени работы и простоев систе-

мы, вызванных отказом оборудования, управления, вычислительной техники и других компонентов системы.

Степень гибкости — это мобильность, объем затрат, с которыми можно перейти на выпуск новой продукции, и величина разнообразия номенклатуры изделий, обрабатываемых одновременно или поочередно.

Уровень интеграции — это количество различных производственных задач, функций, которые увязываются в единую систему и управляются центральной ЭВМ: конструирование, технологическая подготовка производства, обработка, сборка, контроль, испытания и др.

Числовое программное управление вообще или станков в частности — это автоматическое управление путем передачи информации в форме чисел от программоносителя до исполнительного органа, определяющей его движение и выполнение им других функций.

Числовое программное управление позволило создать многоцелевые станки с автоматической сменой инструмента, которые получили название «обрабатывающий центр». ОЦ может предназначаться для обработки корпусных деталей (операции: фрезерование, сверление, расточка, развертывание, нарезка резьбы) или для обработки тел вращения (ТОЦ) (токарные операции, включая отдельные операции фрезерования, сверления, нарезки резьб и др.).

На основе ОЦ создается *гибкий производственный модуль* (ГПМ). ГПМ — это единица технологического оборудования с ЧПУ и средствами автоматизации технологического процесса, автономно функционирующая, осуществляющая многократные автоматические циклы, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве деталей или изделий широкой номенклатуры в пределах его технологического назначения и установленных технических характеристик, имеющая возможность встраивания в гибкую производственную систему (ГПС). В общем случае ГПМ могут включать в себя: накопители, спутники, паллеты, устройства загрузки и выгрузки, замены технологической оснастки, автоматизированного контроля, включая диагностирование, устройство переналадки и т.д.

ГПМ и другие обрабатывающие машины с ЧПУ объединяются в гибкие системы, обобщающим названием которых является «гибкая производственная система» (ГПС).

Гибкая производственная система — это совокупность оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования с ЧПУ и системы обеспечения их функционирования в автоматическом или автоматизированном режиме, обладающая свойством автоматизированной (програм-

мируемой) переналадки при производстве деталей или изделий произвольной номенклатуры в пределах технологического назначения и установленных значений характеристик.

Система обеспечения функционирования ГПС в автоматизированном режиме включает в себя:

- автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС);
- автоматизированную систему инструментального обеспечения (АСИО);
- автоматизированную систему удаления отходов (АСУО);
- автоматизированную систему управления (АСУ).

Все системы обеспечения функционирования ГПС частично или полностью входят в состав *гибкой автоматизированной линии* (ГАЛ) или *гибкого автоматизированного участка* (ГАУ).

В ГАЛ технологическое оборудование расположено в заданной последовательности технологических операций; при этом для изготовления (обработки) какого-либо изделия может требоваться все или только часть оборудования линии. ГАЛ имеет высокую производительность за счет некоторой потери гибкости. ГПС со свободным маршрутом обработки (деталей) образует ГАУ. Это наиболее распространенный вид ГПС.

Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) представляет собой частичную интеграцию ГАЛ, ГАУ другого технологического оборудования с ЧПУ, а также таких систем, как САПР, АСТПП и др.

Эти и другие системы организуют потоки производственной информации, различных показателей деятельности предприятия, статистических данных между различными уровнями управления (от каждого станка, оператора через все организационно-управленческие уровни до директора). Эти системы помогают решать задачи загрузки оборудования, следят за запасами, рассчитывают себестоимость продукции, решают задачи снабжения и сбыта, обеспечивают повседневный, ежечасный, ежеминутный анализ хода производства и принятия решений управленческим персоналом.

Полная интеграция в единую систему всех необходимых систем, которые становятся в этом случае подсистемами, для производства заданной продукции определяет гибкий автоматизированный завод — это завод будущего — полностью автоматизированный, гибкий, работающий 24 ч в сутки, каждый день в году и большую часть времени в «безлюдном» режиме.

14.3. Преимущества ГПС и проблемы их внедрения

Опыт эксплуатации ГПС в различных странах мира, накопленный в последние годы, дает возможность провести анализ

преимуществ организации гибкого производства по сравнению с традиционной организацией производства в зависимости от степени интеграции и уровня автоматизации действующих ГПС.

Основные преимущества ГПС заключаются в следующем.

Увеличение мобильности производства позволяет осуществить:

1) сокращение сроков освоения новой продукции и поставки продукции потребителю, что особенно важно в связи с ростом быстросменяемости продукции — тенденция, которая будет преобладать в будущем. Изменения конструкции изделия могут быть реализованы в кратчайшие сроки. В интегрированном (ГПС, САПР, АСТПП) производстве имеется возможность вносить изменения в конструкцию выпускаемых изделий по ходу производства, чтобы обеспечить удовлетворение спроса, за счет модернизации и постоянного обновления продукции (обеспечения быстрой приспособляемости к изменению объекта производства);

2) повышение гибкости производства, сокращение экономического размера партии до минимума (в отдельных случаях он равен одной штуке) за счет значительного сокращения времени переналадки. Переналадку фактически осуществляют только при переходе на обработку другой группы деталей и не делают при переходе с обработки одной детали на другую внутри группы. При полностью гибком производстве предполагается возможность обработки различных деталей без останова станка на переналадку;

3) улучшение управления производством по всем цехам и своевременное удовлетворение условиям, складывающимся при сборке. Интеграция управления на базе ЭВМ позволяет лучше управлять технологией, следить за работой оборудования, за временем прохождения и местом нахождения каждого компонента производства (детали, инструмента или приспособлений) и своевременно включать в процесс оператора, если это становится необходимым. Интеграция управления гибким производством обеспечивает ускорение прохождения информации по всем отделам, сокращает объем всякого рода «бумажной» работы ИТР, повышает дисциплину плана и графика производства;

4) увеличение производственных мощностей как за счет высвобождения станков, инструмента, приспособлений и оснастки для других производственных задач, выпуска другой продукции, так и за счет возможностей по частям наращивать производственные мощности путем добавления дополнительных станков и оборудования;

5) возможность модернизации, обновления заводов на базе новейших достижений науки и техники без остановки производства и при меньших капитальных затратах.

Увеличение фондоотдачи производства развивается по следующим направлениям:

1) сокращение времени всего производственного цикла. Время «от ворот до ворот» сокращается в среднем в 30 раз;

2) детали проходят полную обработку через всю систему без ожиданий.

Данные фирмы «Фритц Вернер» (Германия) приведены в табл. 14.1. Как видно из таблицы, сокращение времени нахождения изделия в производстве является итогом сокращения практически всех составляющих производственного цикла и прежде всего числа операций, к тому же установка деталей проводится вне станка, во время его работы, а смена палет с заготовкой (деталью) на ОЦ занимает всего несколько секунд, при этом сокращается время цикла обработки каждой детали за счет автоматизации установки и снятия заготовок (доведена до 5...8 с), смены режущего инструмента (до 3 с) за счет более эффективного использования шпинделя станка (больше режет, чем ждет) и автоматического слежения за стойкостью инструмента (сокращаются простои по вине инструмента). Сокращается и машинное время за счет более быстрой смены инструмента, управляющих программ и др. Достигается сокращение времени подготовки производства (в среднем на 50 %, в отдельных случаях — на 75 %);

3) Сокращение числа необходимых станков по сравнению с обработкой того же числа деталей на станках с ЧПУ составляет

Таблица 14.1

Данные по увеличению фондоотдачи производства

Наименование детали	Число операций (установок)		Продолжительность наладки, мин		Машинное время, мин		Длительность производственного цикла, дни	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Корпус манипулятора	15	2	55	—	1100	93	30	2
Паллета	9	2	28	—	425	110	15	2
Промежуточный корпус	8	2	32	—	378	97	20	2
Кольцо	4	2	7	—	168	42	9	2

Примечание. А — традиционное производство; Б — ГПС.

Данные по экономическому эффекту от внедрения гибкого комплекса

Показатель	Работа в две смены		Работа в три смены	
	Гибкий комплекс	16 ОЦ	Гибкий комплекс	16 ОЦ
Стоимость, тыс. р.:				
оборудования и оснастки станков;	1280	2560	1280	2560
управляющего вычислительного комплекса СМ-2М;	375	—	375	—
транспорта	380	25	380	25
Экономия заработной платы производственного и обслуживающего персонала, тыс. р.	93		122	
Экономия затрат на наладку, тыс. р.	20		23	

20...50 %. Более интенсивное использование основного оборудования происходит за счет повышения коэффициента загрузки оборудования (увеличивается до 0,85...0,9 вместо 0,3...0,4). Значение экономического эффекта и его структуру при использовании гибкого производства взамен традиционного можно показать на примере внедрения отечественного гибкого производственного комплекса АЛП-3-2 в сравнении с участком из 16 автономно работающих ОЦ при годовом выпуске 6600 одинаковых по конструкции деталей 50 наименований. Трудоемкость изготовления типовой детали на комплексе — 5,6 ч, на участке ОЦ — 7,56 ч; коэффициент сменности при работе в две смены: комплекса — 2, участка ОЦ — 1,6; в три смены: комплекса — 3, участка ОЦ — 2,2. Коэффициент загрузки оборудования: комплекса — 0,85, на участке ОЦ — 0,7. Производственный цикл: на комплексе — 6 дней, на участке ОЦ — 45 дней. В комплексе АЛП-3-2 используется 8 станков вместо 16 ОЦ на участке. Состав производственного и обслуживающего персонала: комплекса — 36 чел., участка ОЦ — 70 чел. Экономический эффект от внедрения гибкого комплекса показан в табл. 14.2.

Уменьшается разнообразие (число наименований) и число необходимого режущего инструмента за счет более полного использования периода его стойкости, отказа от принудительной смены инструмента. Так, фирма «Ямазки» (Япония) вместо

400 ... 500 различных инструментов, ранее применявшихся в традиционном производстве, при обработке тех же деталей на ГПС использует только 76 видов инструмента, что во много раз увеличивает интенсивность использования каждого инструмента.

Уменьшаются заделы и незавершенное производство, причем это происходит по всей производственной цепочке, включая заделы и запасы в цехах поставщиков покупных комплектующих изделий. Сокращаются межоперационные заделы между станками.

Уменьшение заделов повышает рентабельность производства за счет снижения оборотных средств (стоимость заделов), производственных площадей. Сокращение потребных производственных площадей составляет в целом 30 ... 40 %, вспомогательных площадей — до 75 %.

Значительное увеличение эффективного (расчетного) годового фонда времени работы станков (оборудования) происходит, во-первых, за счет увеличения коэффициента загрузки оборудования до 0,85 ... 0,9, сокращения практически всех видов потерь (исключаются потери, связанные с настройкой и подготовкой станка к работе, межсменные перерывы, перерывы на обед, отдых и др.); во-вторых, за счет повышения коэффициента сменности до 2—3 (соответственно при двух- и трехсменной работе) и возможности работы в «безлюдном» режиме ночью и в выходные дни.

В традиционном производстве из общего годового фонда времени 8760 ч только 600 ч составляет чистое машинное время обработки деталей на станках.

На рис. 14.1 приведено сравнение балансов годового фонда времени в традиционном и гибком интегрированном производствах. Даже если обеспечить работу ГПС только в рабочие дни и по 20 ч в сутки, общий годовой фонд времени использования основных фондов возрастет не менее чем в 5 раз.

Рост производительности труда влияет:

1) на повышение производительности на всех стадиях производства, в том числе при проектировании, технологической подготовке, обработке, сборке, контроле, а также на всех вспомогательных работах (складирование, межцеховой и внутрицеховой транспорт). Опыт эксплуатации больших САПР для сложных изделий показывает, что производительность труда конструктора увеличивается в 4—5 раз, а в отдельных случаях — в 10 раз;

2) возможность обеспечения длительного времени работы без присутствия человека или при ограниченном числе операторов-наблюдателей;

3) сокращение числа персонала. Централизация обработки деталей, управление станками от центральной ЭВМ, устройства

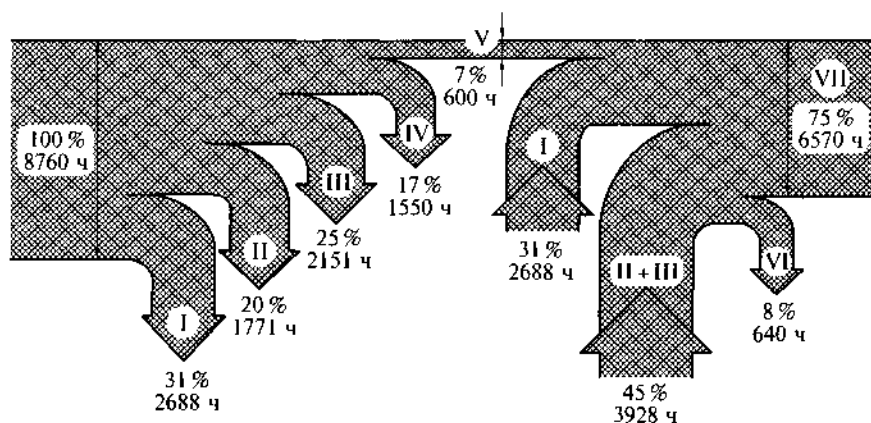


Рис. 14.1. Сравнение балансов годового фонда времени в традиционном и гибком интегрированном производстве:

I — выходные и праздничные дни; II — ночная смена; III — вечерняя смена; IV — потери времени различных видов за время работы оборудования; V — чистое рабочее время в традиционном производстве; VI — потери рабочего времени в ГПС; VII — чистое рабочее время в ГПС

диагностики работоспособности и состояния станков и процессов увеличивают возможности многостаночного обслуживания. Оператор становится управляющим процессами производства, а не оператором станков. Нередки случаи, когда число операторов, обслуживающих ГПС, сокращается в 10—15 раз по сравнению с необходимым числом станочников в расчете на одинаковый выпуск продукции.

На первых этапах внедрения ГПС может увеличиваться число программистов и других инженерно-технических работников, однако и в этом случае общее число персонала сокращается не менее чем на 30 %.

14.5. ГПС в механообрабатывающем производстве

Современная промышленность характеризуется тем, что 75 % всех деталей в машиностроении обрабатываются в условиях мелкосерийного производства партиями от 3 до 50 деталей при номенклатуре 4...5 тыс. типов. Стоимость деталей при такой обработке в 10—30 раз превышает стоимость обработки аналогичных деталей в условиях массового производства. Однако рост быстросменяемости объекта производства и требования потребителя к большому разнообразию продукции расширяют область серийного производства.

Анализ внедренных ГПС в различных странах показывает широкий круг отраслей промышленности, в которых они применяются. Около 40 % ГПС внедрено в автомобильной промышленности, около 30 % — в приборостроении и общем машиностроении, около 20 % — в станкостроении, около 10 % — в аэрокосмической и оборонной промышленности. В автомобильной промышленности ГПС применяются в производстве практически всех деталей двигателя, шасси, заднего моста, а также на сборке кузова и общей сборке двигателя. Отдельные автомобильные фирмы используют ГПС для производства деталей велосипедов, а также землеройных машин. Наиболее распространенными деталями для обработки на ГПС являются части трансмиссии и коробки передач. Отдельные станкостроительные фирмы осуществили комплексный подход в применении высокоинтегрированных ГПС для обработки всех деталей выпускаемой ими серии станков, роботов и другой продукции станкостроения.

В большинстве случаев в станкостроении на ГПС обрабатываются станины, колонны, столы, каретки, салазки, в меньшинстве случаев — детали коробки скоростей и шпинделя. В приборостроении и общем машиностроении ГПС используются для обработки деталей фотокамер, корпусов швейных машин, корпусов турбин, горного оборудования, корпусов насосов и др.

ГПС начали внедряться также в транспортном машиностроении, электротехнической промышленности. В основном (90 %) гибкое производство создано на крупных (свыше 2 тыс. работающих) предприятиях, остальные 10 % внедрены на средних предприятиях.

С точки зрения видов, форм, назначения, размеров, массы или материала обрабатываемых деталей ГПС практически не имеют ограничений. 75 % всех созданных систем предназначены для обработки корпусных деталей, остальные — для деталей типа тел вращения. Большинство систем предназначено для обработки деталей размером от 200 до 1000 мм. Время цикла обработки детали на станке колеблется от нескольких минут до 180 мин при среднем времени обработки 40 мин.

Обычно в машиностроении с точки зрения объема выпуска производство подразделяется на единичное, серийное и массовое. К единичному производству относятся детали, выпускаемые партиями по 10 шт. для крупногабаритных изделий (самолеты, большие турбины, насосы и др.) и по 300 шт. для простых изделий; к серийному производству — соответственно от 10 до 300 шт. (морские двигатели, крупногабаритные электромоторы, промышленные тракторы и др.) и 300 ... 15 000 шт.; к массовому производству — соответственно свыше 200 шт. (крупные изделия) и свыше 10 000 шт. (автомобили, крепежные изделия, холодильники, бытовые приборы и пр.).

Анализ действующих ГПС показывает, что на них обрабатываются детали партиями от 3 до 500 шт. Однако на отдельных ГПС выпускаются детали партиями в несколько тысяч штук.

Применение ГПС целесообразно, когда объемы производства изделий недостаточны для принятия решений о жесткой автоматизации с использованием автоматических линий и когда за ожидаемый срок жизни изделия расходы на создание автоматических линий не могут быть оправданы.

На рис. 14.2 приведена диаграмма, показывающая область применения ГПС по сравнению с универсальными станками,

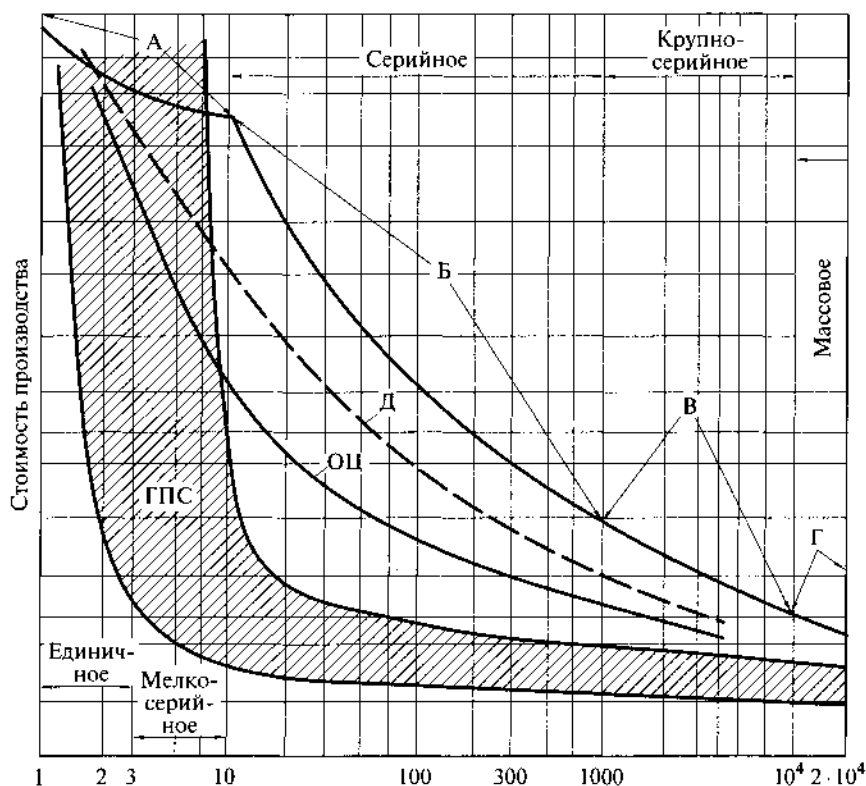


Рис. 14.2. Диаграмма областей применения металлорежущего оборудования в зависимости от размера партии и стоимости производства:

А...Д, ОЦ — традиционное производство; А — универсальное; Б — специализированное; В — специальные станки; Г — автоматические линии; Д — станки с ЧПУ; ОЦ — обрабатывающие центры; ГПС: верхняя граница — не интегрированное производство, нижняя — полностью интегрированное производство

специализированными автоматами, станками с ЧПУ и ОЦ в зависимости от размера партии и стоимости производства.

В зависимости от числа различных типов одновременно обрабатываемых деталей и объема годового выпуска ГПС применяются в следующих областях:

- *специализированное производство* при годовом выпуске от 1500 до 15 000 шт. и числе типов деталей до 8... 10; применяются переналаживаемые высокопроизводительные ГАУ со специальными ОЦ с агрегатными головками, между отдельными ОЦ возможна жесткая транспортная связь. Для увеличения производительности ГАУ со специальными ОЦ может иметь несколько параллельно работающих станков, чередующихся с последовательными высокопроизводительными станками. Такие ГАУ, как правило, имеют модульно-блочную конструкцию и могут легко перестраиваться.

Несмотря на то что капиталовложения на такую ГПС могут быть выше, чем на автоматическую линию, она все же будет более рентабельной вследствие увеличения срока ее жизни при нескольких последовательных модификациях изделия и вариаций изделия. Модифицировать такие ГАЛ и ГАУ на выпуск новой продукции намного легче;

- *многономенклатурное производство* при годовом выпуске от 50 до 2000 деталей и числе типов деталей от 6 до 100; в этой области применяются различные ГАУ, как правило, состоящие из нескольких одинаковых ОЦ и дополнительных станков другого технологического назначения. Несмотря на их высокую стоимость и средний уровень гибкости, такие ГАУ обеспечивают высокую приспособляемость к изменениям объема выпуска продукции и имеют очень высокую производительность;

- *широкономенклатурное производство* при выпуске от 20 до 500 деталей в год и числе типов деталей от 10 до 800; как правило, применяются ГАУ, состоящие из двух-трех одинаковых ОЦ или ТОЦ, или комбинации ОЦ и ТОЦ. Детали обрабатываются полностью с одного установка и на одном станке. Стоимость таких участков в расчете на один станок также высокая, однако гибкость их выше при несколько меньшей производительности ГПС;

- *единичное и опытно-экспериментальное производство* при годовом выпуске от 1 до 25 деталей и числе типов деталей от 200 до практически любой величины. В таком производстве могут использоваться отдельные ГАУ, но больше всего ГПМ и станки с ЧПУ. ГПМ требуют меньше капиталовложений в расчете на один станок, имеют высокую гибкость с точки зрения изменения производственного задания и графика, но меньшую приспособляемость к увеличению объема выпуска и меньшую производительность, чем перечисленные выше системы.

14.6. Выбор деталей для изготовления в ГПС и обработка их на технологичность

Выбор деталей для обработки на ГПС является чрезвычайно ответственным этапом технологического проектирования ГПС. Случайно подобранная, непродуманная номенклатура может привести к неэффективности любых, даже самых совершенных в техническом отношении проектных решений.

Далее перечислены основные критерии выбора деталей для обработки в ГПС.

1. Необходимо подбирать детали, имеющие сходство по габаритным размерам, конфигурации, характеру конструктивных элементов, числу и взаимному расположению обрабатываемых поверхностей и особенно по составу операций и маршруту технологических процессов.

2. Одновременная обработка на ГПС деталей из разнородных материалов создает проблемы, связанные с разделением стружки, ведет к усложнению организации работы ГПС и росту номенклатуры инструментов.

3. На основе опытов эксплуатации первых ГПС можно рекомендовать, чтобы в состав автоматизированной линии или участка входило не менее четырех и не более 12 станков. Точно установленных ограничений по числу переустановок нет, однако в первую очередь необходимо выбирать детали, которые могут быть полностью обработаны не более чем за два-три установка. Минимальная станкоемкость одной операции (по всей номенклатуре деталей) зависит от числа станков в системе, пропускной способности транспортной системы и вспомогательных технологических позиций. Максимальная станкоемкость операции определяется надежностью оборудования ГПС, наличием и степенью совершенства систем адаптации. В первом приближении станкоемкость одной операции должна быть не менее 10—15 мин и не более 2—3 ч.

4. Номенклатура переводимых для обработки в ГПС деталей должна по возможности обеспечивать использование однотипного оборудования. Если необходимо применение специализированных станков разных моделей, в состав ГПС должно входить не менее двух единиц каждой из них. Особое внимание должно быть уделено вопросам совместимости разнотипного оборудования как между собой, так и с основными агрегатами и системами ГПС (одинаковые присоединительные размеры спутников, кассет, хвостовиков вспомогательного инструмента, одинаковые устройства ЧПУ и др.).

5. В первую очередь, на обработку в ГПС необходимо переводить детали, которые могут быть полностью обработаны в ней без прерывания маршрута для выполнения вне системы каких-

либо специфических операций. На основании опыта создания первых ГПС установлено, что отношение трудоемкости операций, выполняемых в ГПС, к общей трудоемкости обработки деталей должно быть не менее 0,8...0,9.

6. На обработку в ГПС можно переводить детали только со стабильной, отработанной технологией. Процесс обработки в ГПС должен обладать высокой стабильностью по параметрам производительности и качества. С этих позиций при выборе деталей необходимо свести к минимуму вероятность возникновения вынужденных отказов системы, связанных с теми или иными особыми характеристиками деталей.

7. Переводу в ГПС подлежат только те типы деталей, которые будут находиться в производстве в течение срока создания и эксплуатации системы. При этом детали могут претерпевать любые конструктивные изменения в пределах технологических возможностей запроектированного оборудования.

8. Перевод наиболее трудоемких операций технологического процесса обработки деталей на оборудование с ЧПУ.

9. Максимальная концентрация операций.

10. Возможность исключения из технологических процессов ручных операций слесарной обработки и доводки.

11. Возможность совместной обработки по общности операций на определенном оборудовании, приспособлениях и применяемым типоразмерам инструмента.

12. Наличие необходимых базовых поверхностей при применении роботов.

13. Организация многостаночного обслуживания.

Выбор номенклатуры деталей тесно связан с вопросами повышения их технологичности.

Особенностью обработки конструкции деталей на технологичность применительно к условиям ГПС является требование сквозной унификации элементов обрабатываемых и базовых поверхностей для всей номенклатуры как единого целого, а не для каждой детали в отдельности. Часть требований технологичности, связанных с основными процессами обработки, может в ряде случаев смягчаться, в то же время появляются новые требования, обусловленные использованием в ГПС промышленных роботов, координатно-измерительных машин, САПР технологических процессов и управляющих программ и др.

14.7. Типовые гибкие производственные модули механообработки

Гибкие производственные модули (ГПМ), объединяя в своем составе совокупность технических систем и устройств, функ-

ционально необходимых для выполнения сложных технологических операций, являются ГПС нижнего структурного уровня. В состав ГПМ для механической обработки входят одна или две единицы основного технологического оборудования с устройствами ЧПУ и вспомогательное оборудование для смены заготовок и инструмента (накопитель, автооператор или ПР), удаления стружки, контроля качества обработки, контроля и подналадки технологического процесса. ГПМ, предназначенный для автономной работы, в автоматическом режиме выполняет многократно заданные циклы обработки, имеет возможность встраиваться в ГПС более высокого уровня.

В зависимости от конкретных целей производства применяются различные по составу оборудования и его расположению ГПМ. Типовые компоновки ГПМ, в состав которых входит один станок, представлены на рис. 14.3.

Токарный модуль для обработки деталей типа тел вращения (рис. 14.3, *а, б*), состоит из токарного станка с ЧПУ 1 и промышленного робота 2, транспортера или накопителя деталей 3; в модуль для обработки корпусных деталей входит обрабатывающий центр 4 с накопителем палет 6 и устройством их замены 5 (рис. 14.3, *в*).

На рис. 14.4 показаны типовые компоновки на базе сдвоенных ГПМ.

Станки соединены между собой автоматической транспортной системой и системой оперирования заготовками и обработанными деталями в робототехнологический комплекс (РТК). Каждый такой гибкий модуль может использоваться как конструктивная единица для построения ГПК, т.е. ГПС более высокого уровня. При формировании ГПК на базе токарных станков с ЧПУ для обработки деталей типа тел вращения транспортирование деталей обычно производится без спутников, благодаря чему упрощается складирование заготовок и готовых дета-

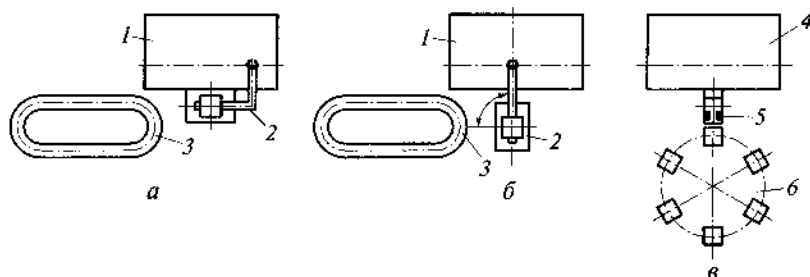


Рис. 14.3. Типовые компоновки ГПМ с одним станком (*а...в*):

1 — станок с ЧПУ; 2 — робот; 3 — транспортер; 4 — обрабатывающий центр;
5 — устройство замены палет; 6 — накопитель палет

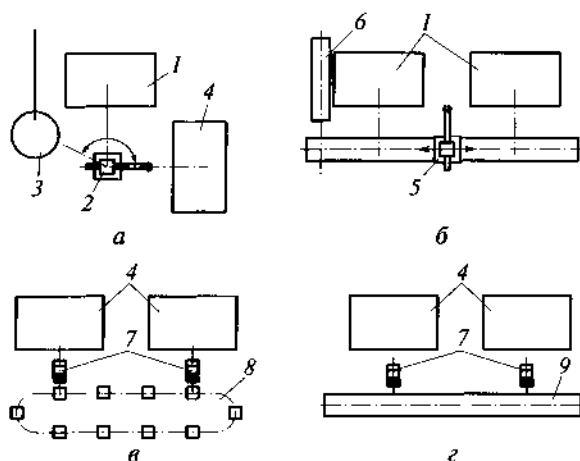


Рис. 14.4. Типовые компоновки ГПМ на базе двойных станков:

а — ГПМ на базе токарного станка с ЧПУ и обрабатывающего центра с ЧПУ; *б* — ГПМ на базе двух токарных станков; *в* — ГПМ на базе двух обрабатывающих центров; *г* — ГПМ на базе двух обрабатывающих центров с транспортером палет; 1 — токарный станок с ЧПУ; 2 — робот; 3 — транспортер или накопитель заготовок; 4 — обрабатывающий центр; 5 — порталный робот; 6 — местный склад; 7 — устройство замены палет; 8 — накопитель палет; 9 — транспортер палет

лей, сокращаются производственные площади. В ГПМ на базе токарных станков с ЧПУ включают специализированные роботы — автооператоры и накопители заготовок. Специализация робота заключается в том, что его приспособляют к работе с конкретным станком; при этом используется минимум рабочей площади, обеспечивается наиболее удобная зона для манипулирования заготовками.

ГПМ на базе токарного станка с передним расположением робота. Робот 3, имеющий схват 4 (рис. 14.5), закрепляется на передней части токарного станка 1. Рядом со станком расположен накопитель 5, в гнезда 6 которого оператор устанавли-

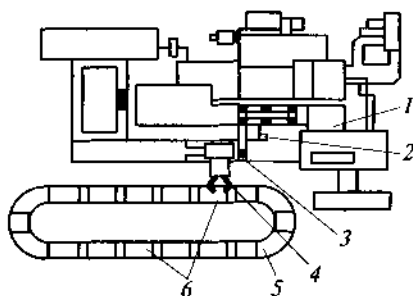


Рис. 14.5. ГПМ на базе токарного станка с передним расположением робота:

1 — токарный станок; 2 — патрон; 3 — робот; 4 — схват; 5 — накопитель; 6 — гнезда

ливает заготовки (ось детали вертикальна). При включении станка робот захватывает из гнезда накопителя заготовку и переносит ее в патрон 2 шпинделя. После зажима заготовки кулачками патрона и отвода рабочего органа робота в позицию ожидания производится обработка заготовки по программе. По завершении обработки снова включается в работу робот, его рабочий орган вводится в зону обработки, схват захватывает деталь; разжимается патрон, деталь выводится из патрона, транспортируется к накопителю и устанавливается в свободное гнездо. Схват разжимается, рабочий орган отводится в позицию ожидания, а накопитель перемещается на шаг. Затем цикл повторяется.

При использовании робота с двумя схватами цикл перемещения заготовки следующий.

В позиции I дверца рабочей камеры станка открывается и схват А перемещается для удаления обработанной детали (рис. 14.6). В позиции II деталь выводится из патрона, схваты А и В поворачиваются на 180° для смены положений. В позиции III заготовка схватом В помещается в патрон: схват А перемещает деталь из зоны обработки; дверца камеры закрывается и начинается обработка детали. В позиции IV схват А помещает деталь на позицию «а» накопителя; схват В захватывает следующую заготовку на позиции «в», накопитель перемещается на следу-

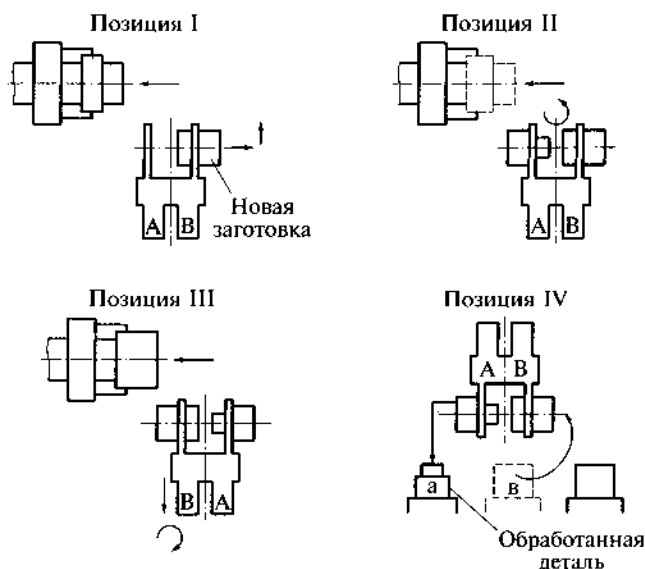


Рис. 14.6. Схема работы ГПМ на базе токарного станка и робота с двумя схватами

ющую позицию и цикл повторяется. В результате при использовании робота с двумя захватными устройствами сокращается вспомогательное время и повышается производительность работы модуля.

ГПМ на базе токарного патронного станка высокой точности (ТПК-125-ВА). Модуль выполнен по схеме, представленной на рис. 14.3, а, предназначен для патронной обработки высокоточных деталей из сталей и цветных сплавов: расточки и обточки цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьб, подрезки торцов, проточки канавок и др. Станок обладает высокой стабильностью положения режущего инструмента при его автоматической смене, обеспечиваемой специальной конструкцией револьверной головки. Установка и смена деталей автоматизированы с помощью пневматического робота. За один установ модуль может производить предварительную и финишную обработку большого количества поверхностей. Компенсация износа инструмента осуществляется с помощью системы электронной коррекции.

Основные технические характеристики модуля ТПК-125-ВА

Диаметр изделия, обрабатываемого над суппортом, мм	200
Наибольший рекомендуемый диаметр обработки, мм	125
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	100
Диаметр обрабатываемого изделия при автоматической загрузке, мм	4...60
Длина обрабатываемого изделия при автоматической загрузке, мм	4...40
Шаг нарезаемой резьбы, мм	20
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
продольное	210
поперечное	110
Диапазон рабочих подач, мм/мин:	
продольной	0...240
поперечной	0...120
Скорость быстрых ходов, мм/мин:	
продольных	1000
поперечных	500
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	50...4000
Изменение частоты вращения шпинделя в автоматическом цикле обработки	Бесступенчатое
Мощность привода шпинделя, кВт	1,75
Дискретность перемещения, мм:	
по оси X	0,002
по оси Y	0,001

Дискретность шага резьбы, мм	0,002
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,1$
Вместимость магазина робота, шт.	20
Габаритные размеры, мм	1810×920×1720
Масса, кг	1850

ГПМ на базе токарного станка 16K20Ф3. Этот модуль построен по схеме, показанной на рис. 14.6, б, и предназначен для обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения. Он включает в себя токарный станок 16K20Ф3 с ЧПУ, робот для автоматической загрузки и тактовый стол, выполняющий одновременно функции накопителя и транспортера деталей.

Основные технические характеристики модуля 16K20Ф3

Наибольший диаметр изделий, мм:	
устанавливаемых над станиной	500
обрабатываемых над суппортом	215
Наибольшая длина обрабатываемых изделий, мм	900
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	53
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	22,4
Подача, мм/об:	
продольная	0,01...20
поперечная	0,005...10
Скорость быстрых ходов, мм/мин:	
продольных	7500
поперечных	5000
Шаг нарезаемой резьбы, мм	0,01...40,95
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Габаритные размеры станка (с роботом и тактовым столом), мм	5270×2355×1600
Масса станка, кг	4500
Количество одновременно управляемых координат:	
станка	2
робота	1
Наибольшее программируемое перемещение, мм	9999,999
Система отсчета	Абсолютная и в приращениях
Ввод данных	С клавиатуры или перфоленты
Грузоподъемность робота, кг:	
суммарная	10
одной руки	5
Число степеней подвижности робота (без захвата)	6
Число рук робота	1

Число захватов руки робота	2
Число программируемых координат робота	6
Наибольший вылет руки робота, мм	630
Масса робота, кг	110

ГПМ на базе токарного станка с фронтальным (передним) расположением рабочего органа робота. Этот модуль предназначен для обработки в патроне сравнительно коротких заготовок. При обработке деталей типа валов и необходимости захвата заготовки одновременно двумя схватами применяют модули на базе токарного станка с верхним порталным расположением робота. Подобный модуль разработан Владимирским станкостроительным заводом на базе токарного многооперационного станка. Над станком (рис. 14.7) располагаются двухрельсовые направляющие 2, по которым перемещается каретка 1, несущая два рабочих органа 3 с схватами 4. Заготовки валов помещаются в таре на столе 5. Специальные подставки стола 6 предназначены для размещения коротких заготовок, обрабатываемых в патроне. Цикл работы модуля аналогичен рассмотренному ранее. Верхнее расположение робота позволяет надежно транспортировать длинные детали типа валов, улучшить обзор рабочей зоны в процессе загрузки-разгрузки, связать тару с автоматизированным складом цеха. При обработке коротких заготовок один рабочий орган робота служит для забора заготовки из тары (устройства загрузки-разгрузки) и загрузки в патрон шпинделя станка. После обработки одной стороны рабочий орган извлекает заготовку, разворачивает ее на 180° и ставит ее вторым концом в патрон шпинделя; второй рабочий орган робота служит для извлечения из патрона шпинделя готовой детали и ее доставки в тару.

ГПМ КС10.48.01 для токарной обработки внутренних и наружных поверхностей тел вращения с прямолинейным и

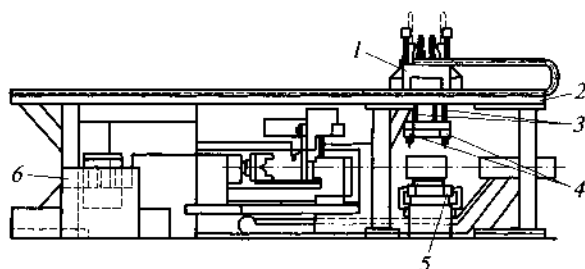


Рис. 14.7. ГПМ на базе токарного станка с фронтальным расположением рабочего органа робота:

1 — каретка; 2 — двухрельсовые направляющие; 3 — рабочие органы; 4 — схваты; 5 — стол

криволинейным профилем в автоматическом режиме загрузки заготовок, выгрузки и складирования готовых деталей. В состав модуля входят: токарно-револьверный станок 1В340ФЗО с ЧПУ, ПР портального типа М20Ц48.01 и дополнительные устройства для хранения и транспортирования заготовок и готовых деталей. Модуль оснащен системой ЧПУ типа «Электроника-НЦ-31».

Основные технические характеристики модуля КС10.48.01

Производительность (средняя), шт./ч	17
Диаметр обрабатываемых деталей, мм	40 ... 200
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	100
Наибольшая масса обрабатываемой детали (типа фланца), кг	10
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	45 ... 2000
Дискретность перемещений револьверного суппорта, мм:	
продольных	0,010
поперечных	0,005
Грузоподъемность робота, кг	10
Мощность главного привода станка, кВт	6
Габаритные размеры, мм	6000×2800×3000
Масса, кг	5500

Аналогичную схему построения имеет автоматизированный модуль на базе токарных станков, разработанный Московским станкостроительным заводом им. С. Орджоникидзе. Модуль включает в себя два токарных станка с одним роботом, имеющим две пары рабочих органов с схватами (см. рис. 14.4, б).

ГПМ для обработки корпусных деталей формируются на базе многооперационных станков с ЧПУ (обрабатывающих центров), которые оснащаются устройствами для автоматической смены обрабатываемых деталей (см. рис. 14.3, в) и локальными транспортными системами с накопителями (магазинами) спутников. Эти устройства обеспечивают автоматическую загрузку станков и их переналадку при переходе на обработку деталей другого наименования, облегчают встраивание модулей в ГПК.

ГПМ на базе станка типа «обрабатывающий центр». Этот модуль представлен на рис. 14.8. Накопитель (магазин) 6 спутников цепной конструкции совершает потактовые односторонние перемещения от привода 5. С помощью механизма подачи спутник 4 из магазина передается на трехпозиционное челночное устройство 1, обеспечивающее автоматическую смену спутников на станке 2. Когда стол 3 находится в рабочем положении (позиция В) и ведется обработка очередной заготовки, челночное устройство смещается вправо. Спутник с заготовкой

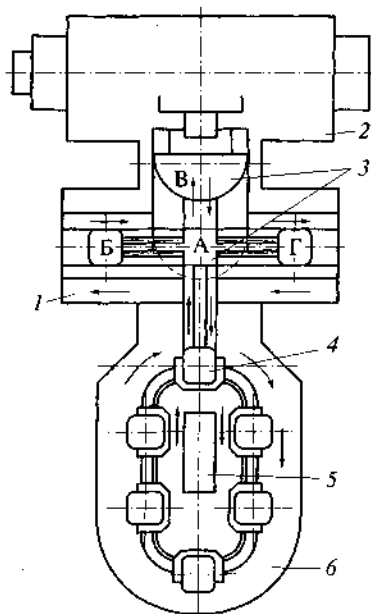


Рис. 14.8. ГПМ на базе обрабатывающего центра:

1 — челночное устройство; 2 — станок; 3 — стол; 4 — спутник; 5 — привод; 6 — накопитель

из магазина перемещается сначала на позицию А, а затем, при возврате челночного устройства в исходное положение, — на позицию Б. После завершения обработки детали на станке стол 3 перемещается на позицию А, спутник с обработанной деталью перемещается на позицию Г. На стол устанавливается следующий спутник с заготовкой (с позиции Б). После возврата стола в рабочее положение спутник с обработанной деталью с позиции Г последовательно переходит на позицию А, а затем возвращается в

магазин. Такая схема обеспечивает согласованность работы станка и магазина спутников при изготовлении деталей с различным машинным временем их обработки.

По аналогичной схеме работают ГПК на базе обрабатывающих центров ИР-500, которые входят в состав автоматизированного станочного комплекса АСК-20, разработанного Ивановским станкостроительным производственным объединением.

В ГПК для обработки корпусных деталей наряду с обрабатывающими центрами используются сверлильно-расточные и фрезерные станки с ЧПУ. Так, в составе ГПК для объемной обработки сложных деталей применяется специализированный вертикально-фрезерный станок МА655АЗ с ЧПУ. Он предназначен для обработки (фрезерования плоскостей и пазов, сверления, зенкерования, развертывания и предварительного растачивания отверстий) деталей сложной криволинейной формы — типа дисков, плит, а также корпусных деталей из сталей, титановых и других легких сплавов. Станок оснащен устройством для автоматической смены инструмента.

Основные технические характеристики станка МА655АЗ

Размеры рабочей поверхности станка, мм 1070×500
Наибольшие перемещения, мм:
продольное (станка) 1000

поперечное (салазок)	500
вертикальное (фрезерной головки)	640
Рабочая подача, мм/мин	5... 2400
Точность позиционирования стола, мм	$\pm 0,02$
Точность обработки по контуру, мм	$\pm 0,05$
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20... 2500
Число инструментов в магазине	8
Потребляемая мощность (общая), кВт	17
Габаритные размеры, мм	2600×2930×3440
Масса, кг	10 000

14.8. Гибкий сборочный модуль

Предприятия приборостроения выпускают в больших объемах средства вычислительной техники и устройства ЧПУ к металлорежущим станкам. В их составе широко используются ТЭЗы (типовые элементы замены) — электронные блоки, в которые входят печатные платы с установленными на них интегральными микросхемами и электрорадиоэлементами. Годовой объем изготовления ТЭЗов на предприятиях составляет от 10 тысяч до миллиона штук при их номенклатуре до 500 шт., различных по схемам и габаритным размерам, что затрудняет организацию крупносерийного производства.

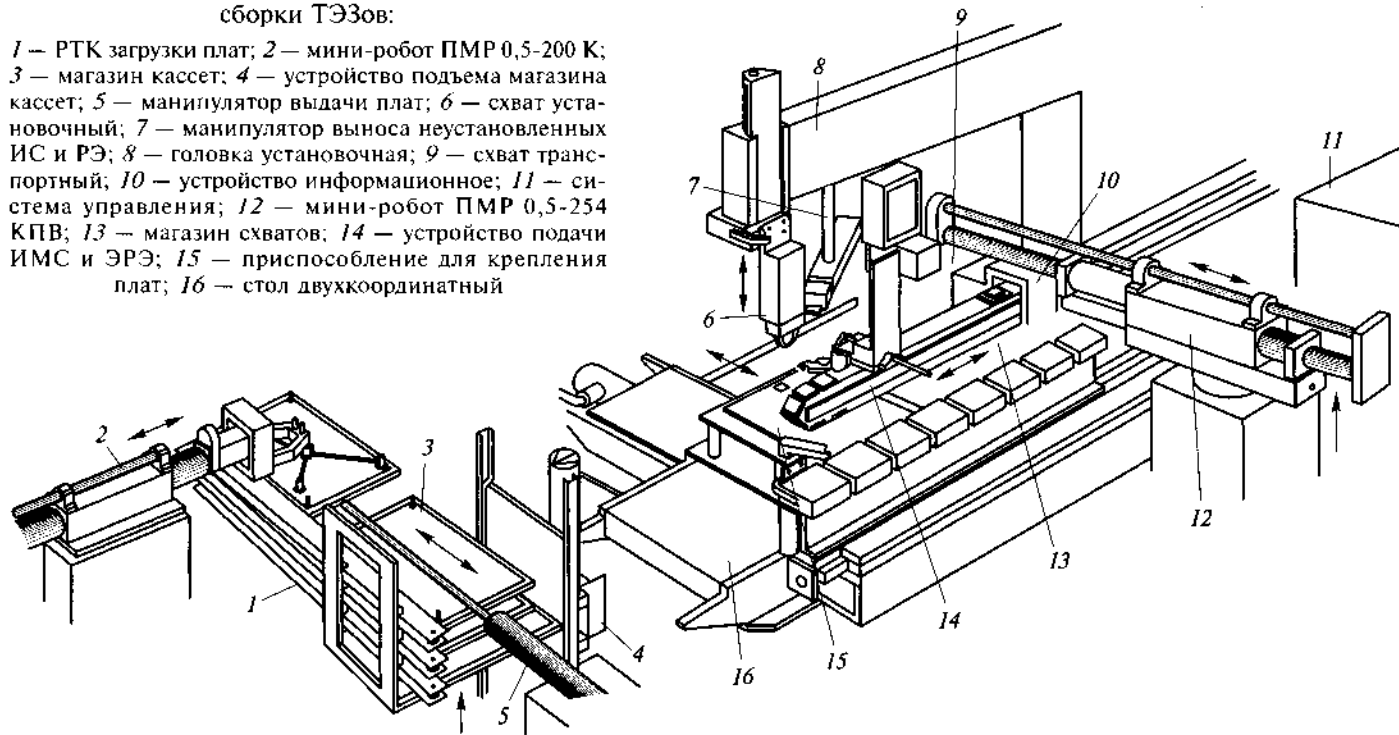
К тому же средства вычислительной техники и устройства ЧПУ постоянно совершенствуются, что требует частого обновления номенклатуры ТЭЗов. Организация автоматизированного производства в этих условиях чрезвычайно затруднена, и сборка ТЭЗов (монтаж элементов на печатные платы) выполняется в основном вручную, являясь одной из самых трудоемких операций. Использование сборочных автоматов, разработанных в других отраслях, оказывается невозможным в условиях ГПС.

С целью совершенствования производства ТЭЗов, сокращения трудоемкости их изготовления, повышения качества разработан типовой ГПМ(с) (рис. 14.9), который выполняет следующие операции:

- автоматизированный программируемый поиск электрорадиоэлементов и интегральных микросхем, подачу их из магазинов в кассеты-спутники транспортной системы по программе, изменяющейся в зависимости от типов собираемых ТЭЗов;
- транспортирование пульсирующим конвейером ЭРЭ и ИМС в кассетах-спутниках в зону схвата — в постоянно закрепленную координату;
- передачу электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и интегральных микросхем из зоны схвата в зону установки на печатную плату

Рис. 14.9. Типовой ГПМ(с) для организации ГПС сборки ТЭЗов:

1 — РТК загрузки плат; 2 — мини-робот ПМР 0,5-200 К; 3 — магазин кассет; 4 — устройство подъема магазина кассет; 5 — манипулятор выдачи плат; 6 — схват установочный; 7 — манипулятор выноса неустановленных ИС и РЭ; 8 — головка установочная; 9 — схват транспортный; 10 — устройство информационное; 11 — система управления; 12 — мини-робот ПМР 0,5-254 КПВ; 13 — магазин схватов; 14 — устройство подачи ИМС и ЭРЭ; 15 — приспособление для крепления плат; 16 — стол двухкоординатный



в постоянно закрепленную координату роботом, имеющим сменные установочные головки, замена которых осуществляется по программе;

- подачу печатных плат на двухкоординатный стол с координированием и фиксацией плат на столе;

- позиционирование печатной платы по двум координатам одновременно в соответствии с местом установки данного ЭРЭ и ИМС по задаваемой программе;

- установку ЭРЭ и ИМС на печатную плату с одновременной зиговкой, подрезкой и подгибкой выводов с обратной стороны платы;

- передачу собранного ТЭЗа роботом в транспортную кассету.

Модулем управляет локальная система управления, которая может обеспечивать его работу и в автономном режиме и в составе ГПС сборки ТЭЗов.

Система управления модулем обеспечивает:

- автоматическое выполнение всех перечисленных ранее операций;

- автоматическое повторение всех операций при сборке однотипных ТЭЗов;

- автоматический переход на сборку ТЭЗов другого типа по программе.

Модуль ГПМ(с) обеспечивает:

- производительность установки элементов на плату 1200 шт./ч;

- автоматизированную сборку 400 типоразмеров различных ТЭЗов по полной номенклатуре;

- удвоение производства ТЭЗов на существующих производственных площадях;

- снижение на 40 % трудоемкости сборки ТЭЗов;

- снижение на 60 % удельного веса ручного труда при сборке ТЭЗов;

- условное высвобождение 40 рабочих;

- повышение качества, надежности и долговечности собираемых ТЭЗов за счет повышения стабильности технологического процесса в результате его автоматизации.

ГПМ(с) сконструирован из унифицированных элементов, однако в связи с особенностью процесса монтажа ЭРЭ в качестве перепрограммируемого элемента здесь используется двухкоординатный стол; монтаж выполняют цикловые ПР, которые также оснащены системой автоматической смены головок и унифицированной тарой.

Это обусловлено тем, что при переходе от сборки одного типа ТЭЗов к другому возникает необходимость программной переналадки координатных перемещений печатных плат, а состав движений и их последовательность при монтаже ЭРЭ остаются неизменными.

14.9. Эффективность применения ГПС

Эффективность ГПС складывается из технической, организационной и экономической эффективности.

Техническая и организационная эффективность внедрения ГПС при переходе от универсального оборудования с ручным управлением или автономно работающего оборудования с ЧПУ к ГАЛ и ГАУ достигается путем повышения эффективности использования технологического оборудования за счет минимизации времени переналадки его на выпуск другой продукции, а также путем освобождения оператора от постоянного наблюдения за работой оборудования и перехода к многостаночному обслуживанию.

Становится возможным круглосуточно выполнять операции обработки разных деталей одной группы в любой последовательности, т. е. переходить к «безлюдной» (а точнее, к трудосберегающей) технологии.

Экономическая эффективность применения ГПС по сравнению с автономно эксплуатируемым оборудованием образуется в основном за счет:

- сокращения затрат (экономии основных фондов) на закупку оборудования в связи с уменьшением его числа, так как в 2—3 раза повышается производительность оборудования и улучшается его использование;
- уменьшения затрат на строительство производственных площадей под уменьшенное число оборудования;
- экономии фонда заработной платы в связи с сокращением (в 2 раза и более) состава производственного и обслуживающего персонала (с 91 до 47 человек при использовании в три смены, например, ГАУ механической обработки АЛП-3-2);
- уменьшения вложений в оборотные фонды, так как уменьшается производственный цикл изготовления продукции, ее партионность, необходимые запасы и т. п.

Кроме того, во всех случаях уменьшаются потери от брака и во многих случаях сокращаются затраты на оснастку.

К числу показателей экономической эффективности внедрения гибких производственных систем относятся: фондоотдача, годовой экономический эффект (экономия приведенных затрат) Э и коэффициент окупаемости

$$K_{ок} = T_{ок} / T_{ок.н},$$

где $T_{ок}$ — срок окупаемости затрат; $T_{ок.н}$ — нормативный срок окупаемости.

Срок окупаемости $T_{ок}$, лет, определяют по формуле

$$T_{ок} = (K_1 - K_2) / (C_1 - C_2),$$

где K_1, K_2 — единовременные затраты соответственно до и после внедрения ГПС; C_1, C_2 — технологическая себестоимость единицы выпускаемой продукции по изменяющимся элементам затрат соответственно до и после внедрения ГПС.

Нормативный срок окупаемости $T_{ок.н}$, лет, определяют по формуле

$$T_{ок.н} = 1/E_n = 6,7$$

при нормативном коэффициенте эффективности $E_n = 0,15$.

Обязательным условием окупаемости является зависимость $T_{ок} < T_{ок.н}$. Желательно, чтобы внедренные ГПС окупались не более чем за 2,5...3,5 года. Разностью $K_1 - K_2$ оцениваются дополнительные капитальные вложения и затраты, необходимые для внедрения ГПС. Разность $C_1 - C_2$ составляет условно-годовую экономию средств от внедрения ГПС. Величины K_1 и K_2 подсчитывают соответствующим суммированием капиталовложений и единовременных затрат на оборудование, ЭВМ и технические средства управления, транспортно-складское оборудование и системы инструментального обеспечения, технологическую оснастку, производственные, вспомогательные и бытовые площади с учетом (прибавлением) затрат на подготовку и освоение производства, оборотные фонды в незавершенном производстве и прочих единовременных затрат.

Величины C_1 и C_2 представляют собой суммы затрат на заработную плату производственных, вспомогательных рабочих, ИТР и обслуживающего персонала (с начислениями); на наладку оборудования; на амортизацию и текущий ремонт оборудования, ЭВМ и технических средств АСУ, основного транспортно-складского оборудования, систем инструментального обеспечения, дорогостоящей оснастки и площадей; на изнашивание инструмента и приспособлений специального назначения; на освоение производства и потери от брака.

Если все перечисленные затраты подсчитать с учетом соответствующих нормативов, то годовой экономический эффект от внедрения ГПС составит:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) N - E_n (K_1 - K_2) + C_3 \Delta_{рп},$$

где N — число единиц продукции, выпущенной за год; C_3 — социальный эффект на одного высвобожденного работника; $\Delta_{рп}$ — число высвобожденных работников.

Внедрение гибких производственных систем не только дает большой технико-экономический эффект, но и вызывает важные социальные изменения в производстве. Большая социальная эффективность внедрения ГПМ, ГАЛ и ГАУ проявляется в повышении культуры труда обслуживающего персонала, улучшении режима его работы (в частности, за счет высвобож-

дения от работы в ночное время), исключении ручного тяжелого физического труда, улучшении техники безопасности и сокращении производственного травматизма.

Контрольные вопросы

1. Что такое «гибкая производственная система» (ГПС) и в каких случаях целесообразно ее создание?
2. Каковы перспективы применения ГПС в машиностроительном производстве?
3. Почему ГПС является новой концепцией в машиностроении? В чем сущность этой концепции?
4. Какими показателями характеризуется ГПС?
5. Какие подсистемы включает в себя система обеспечения функционирования ГПС и каково их назначение?
6. Как организована транспортно-складская система ГПС?
7. В чем состоят основные преимущества ГПС?
8. Какое место занимают ГПС в механообрабатывающем производстве?
9. Как осуществляются выбор деталей для изготовления в ГПС и их обработка на технологичность?
10. От каких факторов зависят техническая, организационная и экономическая эффективность ГПС?
11. Какие существуют типовые компоновки гибких производственных модулей?

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

15.1. Место и роль складов в современном производстве

Задачи дальнейшего совершенствования и интенсификации промышленного производства путем повышения уровня его механизации и автоматизации могут быть успешно решены посредством комплексного совершенствования всех звеньев производственного процесса, в том числе и складского хозяйства предприятий. Для повышения общей эффективности общественного производства, в том числе с гибкой технологией, необходимо использовать имеющиеся в складском хозяйстве следующие резервы:

- сокращение запасов и ускорение оборачиваемости материальных ценностей; повышение ритмичности и организованности основного производства и работы транспорта; сохранение и повышение качества продукции, материалов, сырья; снижение капитальных затрат, улучшение использования основных производственных фондов по складскому хозяйству и предприятию в целом; уменьшение общей трудоемкости производства и себестоимости промышленной продукции;

- улучшение использования территории промышленных предприятий;

- снижение простоев транспортных средств у складов и транспортных расходов по внутривозовскому транспорту; высвобождение рабочих от непроизводительных погрузочно-разгрузочных и складских работ для использования их в основном производстве.

Склады на промышленных предприятиях играют важную роль в общем технологическом процессе производства, они поддерживают или задают ритм производства. Можно даже утверждать, что именно склады являются «организаторами» производства, так как любой процесс производства (на отдельном участке, в цехе или в целом на предприятии) начинается и заканчивается на складах. Поэтому от уровня технической оснащенности и организации работ на этих складах зависят организованность, общий ритм и эффективность производственного процесса.

Большую роль складов можно объяснить тем, что они служат не только для временного накапливания грузов. Кроме операций складирования грузов на них выполняют внутрискладские разгрузочные, транспортные, погрузочные, сортировочные, комплектовочные и промежуточные перегрузочные операции, а также некоторые технологические операции, которыми начинаются или заканчиваются производственные процессы (подборка технологических комплектов, предмонтажная подготовка, ориентация и фиксирование заготовок на кассетах и спутниках, технический контроль и т.д.).

Таким образом, цель создания и функционирования любого склада состоит в том, чтобы принимать с транспорта (например, внутривозовского) грузопоток с одними параметрами, перерабатывать и выдавать его на другой транспорт (например, внутрисистемный транспорт ГПС) с другими параметрами и выполнять это преобразование с минимальными приведенными затратами. Схематично это представлено на рис. 15.1.

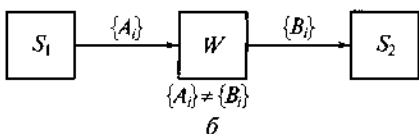
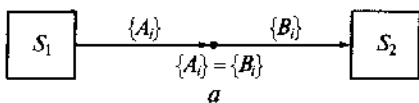
Если необходимо передавать грузопоток из пункта S_1 (например, со склада комплектующих изделий) в пункт S_2 (например, на производственный участок ГПС) и на этом грузопотоке параметры транспортных партий не требуется менять (по составу, количеству грузов, таре и упаковке, времени прибытия и отправления и т.д.):

$$A_1 = B_1; A_2 = B_2, \dots, A_n = B_n,$$

то нет необходимости создавать склад в данном пункте и грузы можно сразу передавать с внутривозовского транспорта на производственный участок ГПС (рис. 15.1, а).

Если на рассматриваемом грузопотоке необходимо изменять параметры транспортных партий:

$$A_1 \neq B_1; A_2 \neq B_2, \dots, A_n \neq B_n,$$



то на этом грузопотоке следует создать склад W для преобразования транспортных партий. Таким образом, транспортно-складские комплексы — это технические объекты, в которых выполняют операции складирования и перемещения грузов в целях преобразования параметров грузопотоков (геометрических, физических, временных). Склады промышленных предприятий целесообразно классифицировать на склады

Рис. 15.1. Условия необходимости создания склада W на грузопотоке $S_1 \dots S_2$

прибытия (материалы, комплектующие изделия), промежуточные производственные склады (заготовки, полуфабрикаты, инструмент, технологическая оснастка) и склады отправления (готовая продукция). Склады ГПС-участков относятся к промежуточным производственным складам.

По срокам хранения грузов возможны семь групп складов:

- 1) непосредственной перегрузки грузов (срок хранения $\tau_{\text{хр}} = 0$);
- 2) временного хранения ($0 < \tau_{\text{хр}} \leq 5$ сут);
- 3) краткосрочного хранения грузов (срок хранения грузов $5 < \tau_{\text{хр}} < 20$ сут);
- 4) со средними сроками хранения ($20 < \tau_{\text{хр}} \leq 40$ сут);
- 5) длительного хранения ($40 < \tau_{\text{хр}} \leq 90$ сут);
- 6) долгосрочного хранения ($90 < \tau_{\text{хр}} \leq 365$ сут);
- 7) многолетнего хранения ($\tau_{\text{хр}} > 365$ сут).

Склады классифицируют также по размерам порций прибытия и отправления грузов.

Размеры выдаваемых порций грузов могут колебаться даже на одном и том же складе. Для склада сравнительно мелких и легковесных грузов можно условно разделить порции выдачи грузов на мелкие (до 5... 10 кг), средние (10... 15 кг), крупные (50... 300 кг) и весьма крупные (свыше 300 кг). На складах более крупных грузов, естественно, масса партий грузов будет больше, соответственно: до 100 кг, 100... 500 кг, 500... 1000 кг и свыше 1000 кг. Для легковесных грузов размеры партий будут другими, но общий методический подход сохраняется. Для некоторых видов грузов целесообразно порции приема и выдачи измерять не в единицах массы, а в штуках (например, 50 деталей или заготовок, 100, 200 и т.д.).

По высоте хранения грузов различают три основных группы одноэтажных складов:

- 1) низкие — с полезной высотой зоны складирования до 5 м;
- 2) средней высоты — с полезной высотой зоны складирования от 5 до 8 м;
- 3) высотные — с высотой зоны складирования грузов свыше 8 м.

По уровню механизации и автоматизации склады подразделяют на пять типов: немеханизированные, механизированные, высокомеханизированные, автоматизированные и автоматические. Характерными особенностями отдельных групп этих складов можно считать следующие:

- 1) в немеханизированных складах — применение ручного труда при перегрузках, перемещениях и складировании грузов;
- 2) механизированных — применение средств механизации с ручным управлением для обслуживания зоны хранения грузов;
- 3) высокомеханизированных — использование средств механизации с ручным управлением на операциях складирования,

перемещения, погрузки и выгрузки и отсутствие ручных работ на этих операциях;

4) автоматизированных — применение на высокомеханизированных складах полуавтоматических механизмов с вводом команд на клавиатуре или перфокартами на операциях перемещения или складирования грузов;

5) автоматических — использование на автоматизированных складах автоматических механизмов с вводом команд от ЭВМ по каналам связи.

По технологии работы склады подразделяются на комплекточные и склады с пакетной переработкой грузов.

По виду складирования склады подразделяются на штабельные и стеллажные.

По взаимному расположению хранилища и экспедиций склады подразделяются на поточные и тупиковые.

По типу строительной части склады подразделяются на закрытые склады, навесы, открытые площадки, однопролетные и многопролетные, одноэтажные и многоэтажные.

По расположению на генеральном плане завода склады подразделяются на отдельно стоящие и блокированные с производственными корпусами.

15.2. Связи складов с производственными участками и промышленным транспортом

Склады промышленных предприятий представляют собой неотъемлемую часть общего технологического процесса производства. Они влияют на общий ритм и организацию производства, внутризаводские грузопотоки, простои внешнего транспорта на грузовых фронтах в предприятии, компоновку генеральных планов предприятий, общие капитальные затраты на строительство новых, реконструкцию, расширение и техническое перевооружение действующих предприятий, цехов, участков, общую себестоимость промышленной продукции.

Основными факторами, обуславливающими тесную взаимосвязь складского хозяйства промышленного предприятия с основным производством, являются следующие:

- единая цель деятельности в составе промышленного предприятия;
- технологические связи (последовательная переработка одних и тех же грузов, общий ритм);
- транспортные связи (внутризаводские перевозки, оборотная тара, грузопотоки);
- совместное расположение на одной промышленной площадке;

- единство и взаимосвязь архитектурных и объемно-планировочных решений;
- подчинение одной и той же управляющей системе;
- общие экономические показатели эффективности производства.



Рис. 15.2. Классификация компонентов взаимодействия транспорта и складов промышленных предприятий на основе профакторного анализа

Автоматизация складских работ обеспечивает хорошие возможности для комплексной механизации и автоматизации всего производства, особенно с применением современных средств вычислительной техники, с разработкой АСУ ТП и АСУ предприятием. Без создания автоматических складов невозможно создание гибких автоматизированных производственных систем. Роль транспортной подсистемы в ГПС более ограничена. Она служит только для перемещения грузов со складов на производственный участок и с этого участка на склады. При создании автоматизированных транспортных подсистем ГПС целесообразно укрупнять транспортные партии грузов, перемещаемые внутри гибкого производства, а также стремиться к уменьшению расстояний перемещений и планированию наиболее простых, непересекающихся трасс движения транспортных средств, без встречных грузопотоков и с минимальным числом транспортных средств и видов транспорта в ГПС.

К факторам, обуславливающим взаимодействие транспорта и складов промышленного предприятия, относятся следующие: передача грузопотока, обмен информационными потоками, пространственные сочетания устройств в пунктах погрузки и выгрузки, компоновочные схемы размещения складских и транспортных объектов. Эти факторы характерны для всех видов промышленного транспорта (внешнего, внутризаводского, внутрицехового и внутрисистемного транспорта ГПС) и всех типов складов (материально-технического снабжения, комплектующих изделий, технологических, инструментальных, готовой продукции).

На рис. 15.2 представлена примерная классификация компонентов взаимодействия транспорта и складов промышленных предприятий, составленная на основе пофакторного анализа.

15.3. Тенденции развития складов

Общие требования экономической эффективности, предъявляемые к складам как к объектам промышленного и транспортного строительства, приводят к коренной перестройке самого подхода к проектированию и созданию складов. Это вызвано развитием новых тенденций в организации складского хозяйства и значительным прогрессом в технологии складирования грузов и технических средствах оснащения складов.

С развитием промышленного производства все более проявляется влияние на его эффективность транспортно-складских и погрузочно-разгрузочных операций, что приводит к повышению требований со стороны производственной подсистемы промышленного предприятия, цеха, ГПС к складской и транспортной

подсистемам. В связи с этим происходит совершенствование техники и технологии складирования и переработки грузов на складах, растут потребности промышленности, системы материально-технического снабжения, транспорта и торговли в более крупных и оснащенных современными средствами складах, экономически эффективных в эксплуатации. В соответствии с этими требованиями все более широко осуществляется механизация складов с помощью применения транспортных конвейерных систем, кранов-штабелеров. При этом сокращается продолжительность транспортных операций, необходимых для приема грузов на склад и выдачи их из склада, обеспечивается быстрый доступ к грузу. Складирование грузов на стеллажах дает возможность наиболее полно использовать объемы складов.

Этапы развития и характеристика технологии механизации и автоматизация складов показаны в табл. 15.1.

Основные тенденции развития техники переработки и складирования тарно-штучных грузов на складах следующие:

- применение высотных стеллажей для складирования грузов и кранов-штабелеров для их обслуживания;
- отказ от строительства многоэтажных складов, размещение складов в одноэтажных зданиях большой высоты;
- максимальное использование объема складского здания для хранения грузов;
- использование штабелирующих машин с поворотными и выдвижными грузоподъемниками, напольных электроштабелеров, способных высоко поднимать грузы, с полуавтоматическим и автоматическим управлением;
- применение специальных типов стеллажей для наиболее полного заполнения объема складов при хранении грузов: тупиковых, проходных, гравитационных, передвижных;
- широкое развитие пакетных перевозок грузов для комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ;
- детальная разработка технологии и организации складских работ;
- создание автоматизированных систем для транспортировки грузов внутри складов с использованием конвейеров, автоматических тягачей и тележек, напольных и подвесных транспортных роботов;
- комплексная автоматизация складов с использованием ЭВМ, работающих в режиме «он-лайн», т.е. в реальном масштабе времени.

Механизация складских работ является первым этапом, необходимым для реализации второго этапа, характерного для развития современных складов, — автоматизации складов. Автоматизация еще более увеличивает перерабатывающую способность складов и обеспечивает сокращение численности

Этапы развития и характеристика технологии механизации и автоматизации складов

№ эта-па	Этап	Технические средства			Технологии и управления	Квалификация работников, образование
		погрузки и разгрузки	транспортирования	складирования		
1	Склад с ручны-ми работами (СРР)	Вручную	Вручную и с при-менением тележек	Вручную, штабель, навалом	Технология отсут-ствует, размеще-ние произвольное	Без образо-вания
2	Механизиро-ванный склад (МС)	Вручную с применением поддонов	Электропогруз-чики	Штабель, стеллажи, электропогрузчики и мостовые краны-штабелеры	Размещение про-извольное, управ-ление вручную	Специальная подготовка, инструктаж
3	Высокоме-ханизиро-ванный склад (ВМС)	Конвейеры, электро-погрузчик	Электропогруз-чики, конвейеры	Высотные стеллажи и краны-штабелеры	Размещение по раскладке, техно-логические инструкции	Среднее образование
4	Автоматизиро-ванный склад (АС)	Конвейеры, электро-погрузчик	Электропогрузчи-ки и конвейеры	Высотные стеллажи, автоматизированные краны-штабелеры	Размещение по раскладке, перфо-карты, пакетный режим ЭВМ	Среднее техническое образование
5	Адаптивная автоматиче-ская складская система (ААСС)	Погрузочно-разгрузочные конвейерные, пакетоформи-рующие маши-ны, электро-погрузчик	Конвейеры с авто-матическим адре-сованием, автома-тические тележки, транспортные роботы	Высотные стеллажи; автоматические стеллажные краны-штабелеры и наполь-ные штабелеры с программным управлением	АСУ ТП, управ-ление в реальном времени от ЭВМ	Высшее специальное образование

складских работников, снижает простои оборудования и персонала и себестоимость складских работ.

Особое развитие за последнее время получила автоматизация складских работ с применением ЭВМ. При этом автоматизируют как отдельные механизмы (краны-штабелеры и конвейеры), так и целые системы штабелирующих машин и конвейеров различных типов.

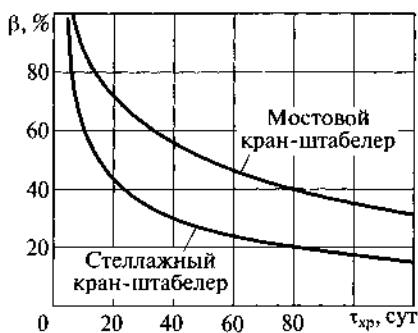
Для правильного создания гибких производств важными особенностями складов тарно-штучных грузов являются их укрупнение, увеличение размеров, числа мест хранения, количество подъемно-транспортных машин, размеры и числа перерабатываемых партий грузов. Применение автоматизации складских работ на складах с большой оборачиваемостью грузов обеспечивает наибольший экономический эффект (рис. 15.3).

Число вариантов складов по технической оснащенности, способам складирования, типам и параметрам складской тары, стеллажного и штабелирующего оборудования, по технологии сортировочных и комплектовочных работ, по уровню механизации и автоматизации, компоновочным решениям достигает многих тысяч почти в каждом случае проектирования. Примеры транспортно-складских комплексов для отдельно стоящих складов представлены на рис. 15.4... 15.6.

По техническому оснащению зоны хранения грузов в автоматических складах ГПС основными можно считать следующие склады:

- с клеточными стеллажами и автоматическим стеллажным краном-штабелером (складским роботом);
- клеточными стеллажами и автоматическим мостовым краном-штабелером (мостовым складским роботом);
- гравитационными стеллажами и автоматическим стеллажным краном-штабелером (каретками-операторами);
- автоматические элеваторные; автоматические подвесные (на основе подвесного толкающего конвейера с автоматическим адресованием грузов).

Рис. 15.3. Процент β увеличения производительности кранов-штабелеров в результате их автоматизации в зависимости от срока хранения грузов на складе $\tau_{\text{хр}}$



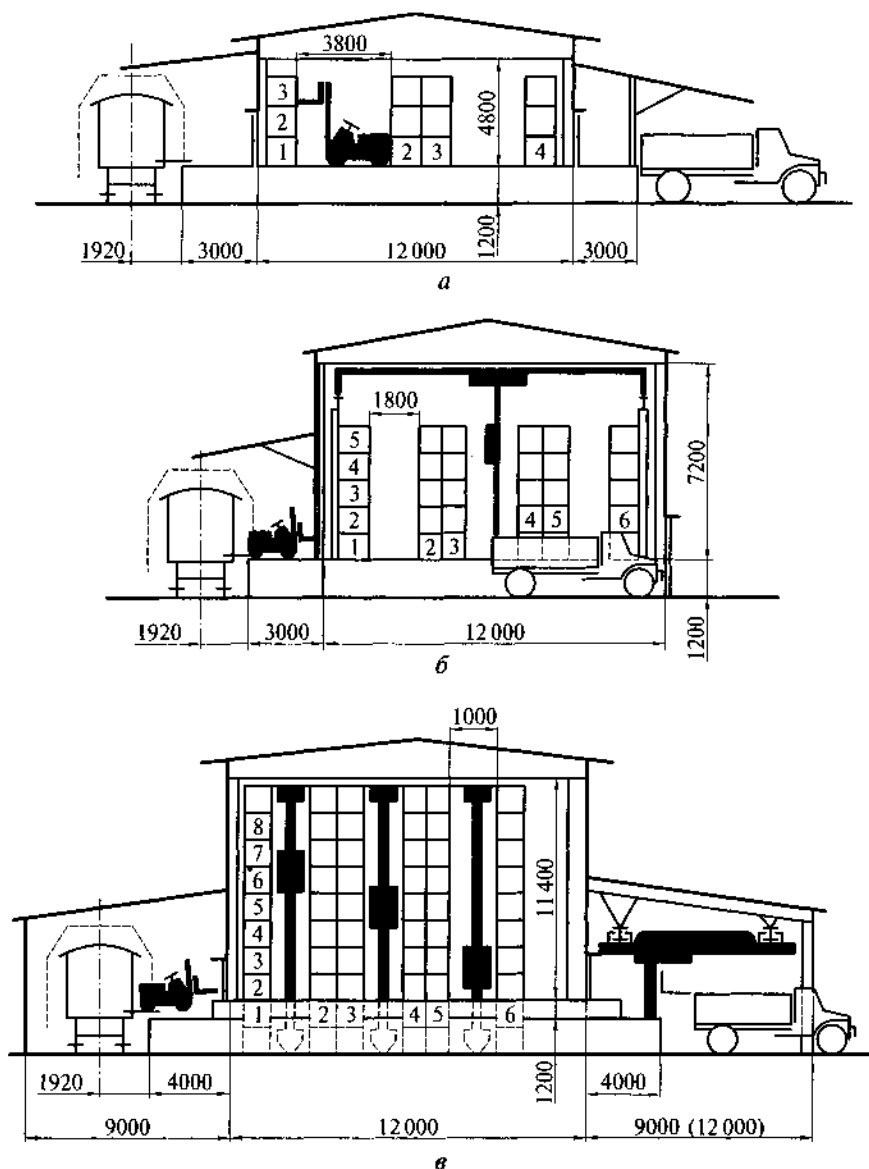
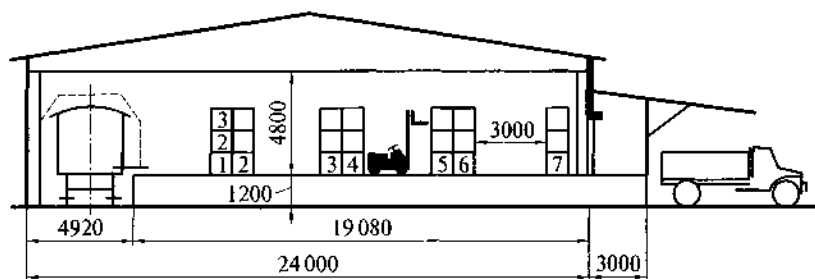
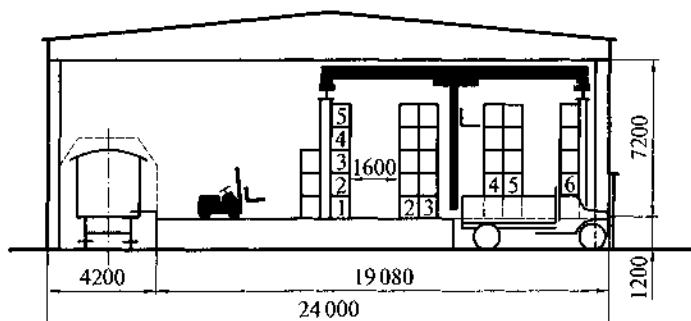


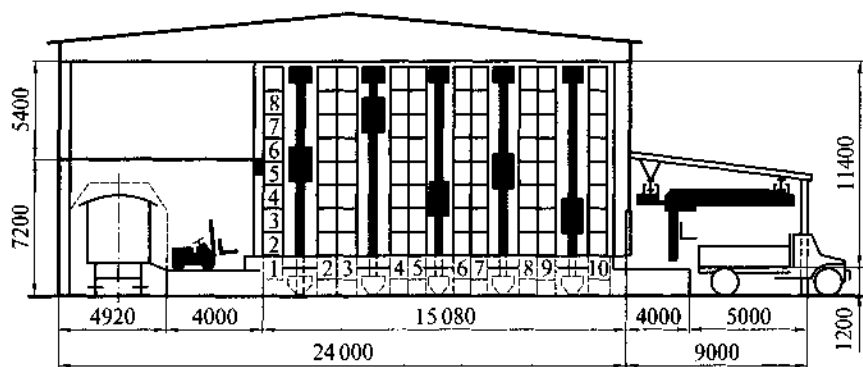
Рис. 15.4. Механизированные и автоматизированные склады с рядным складированием грузов, наружным подходом железнодорожного пути и электропогрузчиками (*а*), мостовыми (*б*) и стеллажными (*в*) кранами-штабелерами



a



б



в

Рис. 15.5. Механизированные и автоматизированные склады с рядным складированием грузов, внутренним вводом железнодорожного пути и электропогрузчиками (*а*), мостовыми (*б*) и стеллажными (*в*) кранами-штабелерами

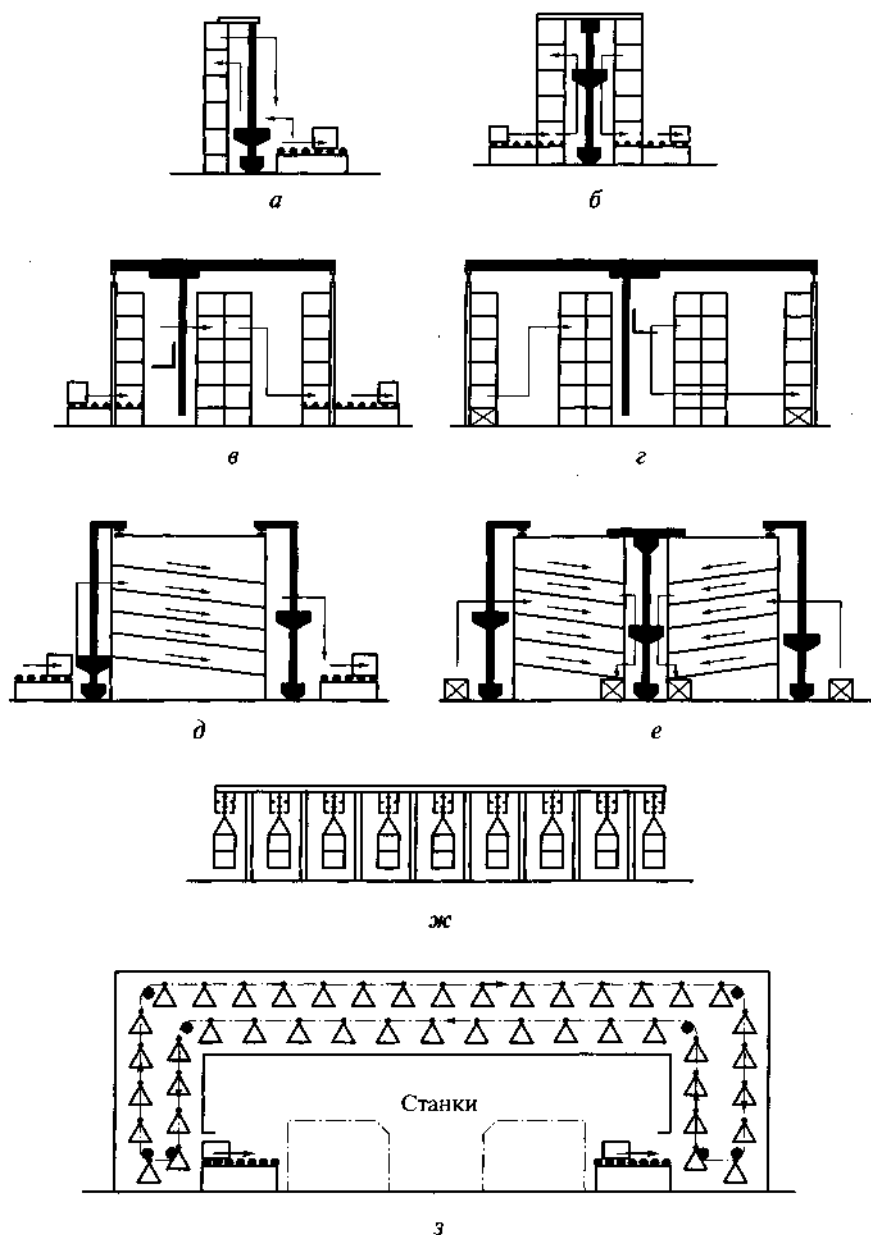


Рис. 15.6. Варианты механизированных и автоматизированных производственных складов со стеллажными кранами-штабелерами (*а*, *б*), с мостовыми кранами-штабелерами (*в*, *г*), с гравитационными стеллажами (*д*, *е*), подвесной склад на основе подвешного толкающего конвейера (*ж*), элеваторный склад (*з*)

В технологическом процессе механизированного и автоматизированного склада имеются два взаимосвязанных уровня: грузовые операции (перемещения грузов) и сопутствующая им переработка информации, обеспечивающая четкий ритм грузовых работ. Всего на складах насчитывают до 40 различных технологических операций (разгрузка, распаковка, сортировка, взвешивание, укладка в складскую тару, складирование, оформление документов и т.д.).

ЭВМ печатает на складах следующие основные виды документов: товарно-транспортные накладные; ярлыки приема грузов; комплектовочные ведомости; приказы на отпуск грузов; ведомости принятых, выданных (за смену, за сутки) и имеющихся на складе грузов.

Грузы загружают на транспорт при помощи электропогрузчиков, кранов-штабелеров, конвейеров, перегрузочных роботов и манипуляторов или других механизмов и отправляют потребителям. Загрузку пакетированных грузов в большегрузные контейнеры ведет бригада грузчиков под руководством бригадира. Бригадир распределяет груз внутри контейнера, руководствуясь погрузочным листом, который составляют на каждый контейнер. Для закрепления грузов в контейнере используют различные обвязочные ленты, проволоку, полипропиленовую сетку, зажимы, распорки и деревянный крепеж.

При приеме сырья, материалов, заготовок на автоматизированный склад осуществляют следующие технологические операции:

- разгрузка груженых поддонов с транспортного средства внутрицехового транспорта на приемное устройство;
- проверка соответствия фактически поступивших грузов по количеству и качеству сведениям, содержащимся в сопроводительном документе;
- ввод информации о поступивших грузах в ЭВМ;
- получение от ЭВМ на экране дисплея информации об общем количестве таких грузов на складе с учетом поступившего количества и адреса наиболее рационального расположения этого груза в стеллажах склада;
- подача команды автоматическому крану-штабелеру на установку поступившего груза на стеллажи (нажатием кнопки «Исполнение», если работой склада полностью управляют ЭВМ, или набором программы действия автоматическому крану-штабелеру на пульте оператора склада, если склад работает в автоматизированном режиме);
- сброс информации о поступившем грузе с дисплея одновременным вводом ее в долговременную память ЭВМ или оформление приема груза (при полуавтоматизированном учете грузов на складе).

При выдаче со склада полуфабрикатов и заготовок в производственную подсистему выполняют следующие основные технологические операции:

- получение сигнала с рабочего места в виде номера робототехнологического комплекса (РТК), названия, шифра и числа деталей, которые необходимо к нему подать, — при работе склада в автоматизированном режиме, и только номер РТК, запрашивающего заготовки, — при автоматическом режиме работы АСС;
- ввод поступившего запроса на заготовки в память управляющего вычислительного комплекса (на автоматизированном складе) или автоматическое поступление такого запроса в УВК — при автоматическом режиме работы склада;
- высвечивание на экране дисплея решения управляющей ЭВМ с адресом поддона с полуфабрикатами или заготовками, которые целесообразно выдать со склада на запрашивающий РТК (при автоматизированном управлении участком и транспортно-складской подсистемой);
- набор оператором после визуального контроля и согласия с ЭВМ команды автоматическому крану-штабелеру на выдачу поддона с грузом из адреса, появившегося на экране дисплея (на автоматизированном складе), или нажатие кнопки «Исполнение» — при автоматическом управлении в режиме «он-лайн» непосредственно от управляющей ЭВМ;
- выдача автоматическим краном-штабелером груженого поддона из заданной ячейки стеллажного хранилища на перегрузочное устройство;
- подача сигнала краном-штабелером о выполнении команды (загорается лампочка на пульте управления);
- ввод оператором в память ЭВМ сведений о выдаче груза определенного наименования из определенной ячейки (при автоматическом управлении складом непосредственно от ЭВМ это выполняется автоматически после отработки краном-штабелером заданной команды);
- ожидание поддоном, выданным из зоны хранения склада, подхода транспортного средства транспортной подсистемы ГПС (в случае использования циклических транспортных средств);
- автоматическая перегрузка поддона с заготовками с накопителя на транспортную подсистему ГПС.

15.4. Оборудование автоматических складов

Для механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ на складах применяют разнообразное подъемно-транспортное оборудование общего назначе-

ния, а также специализированное складское оборудование, специально сконструированное и выпускающееся для механизированных и автоматизированных складов тарно-штучных грузов.

По универсальному подъемно-транспортному оборудованию (электротали, краны, конвейеры и т.д.) сведения можно найти в справочниках.

Оборудование для механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ выбирают на основании разработанного технологического процесса складирования и переработки грузов. При этом во всех случаях предпочтение необходимо отдавать серийно выпускаемому промышленностью оборудованию.

Штабелирующее оборудование. От правильного выбора штабелирующих машин, которые служат для перемещения грузов в зоне хранения, в значительной степени зависят вместимость, перерабатывающая способность склада и все основные технико-экономические показатели. Из общих затрат по зоне складирования грузов капитальные затраты на штабелирующее оборудование (без учета устройств автоматизации) составляют около 15 %.

Штабелирующее оборудование подразделяют на две большие группы: крановое (краны-штабелеры) и напольное оборудование (электропогрузчики и электроштабелеры).

Преимуществами кранового штабелирующего оборудования по сравнению с электропогрузчиками являются большая высота складирования, высокий коэффициент использования объема склада, высокая производительность, возможность полной автоматизации.

Преимуществами напольных штабелеров перед с кранами-штабелерами являются более низкая стоимость; отсутствие связей со стационарными строительными конструкциями; большая маневренность; легкость перехода из одних проходов в другие, без сложных и дорогих передаточных устройств; большие скорости передвижения (до 160 м/мин); наиболее полное использование объема склада (практически полное использование всей высоты здания).

Габаритные схемы и основные параметры серийно изготавливаемых стеллажных и мостовых кранов-штабелеров межотраслевого применения конструкции СКБС представлены на рис. 15.7, 15.8.

Кранами-штабелерами можно управлять в трех основных режимах: автоматическом от ЭВМ, работающей в реальном масштабе времени, полуавтоматическом (с вводом команд на клавиатуре или промежуточными носителями информации) и ручную.

Устройства для перемещения и перегрузки грузов. Грузы на складе находятся в движении, которое осуществляют с помо-

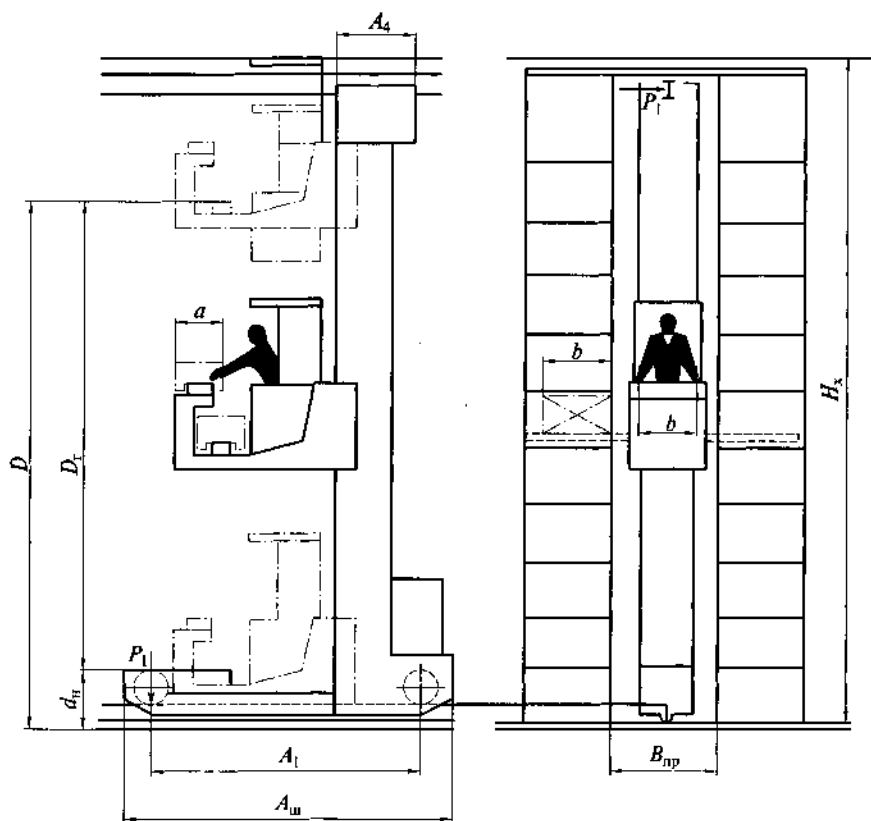


Рис. 15.7. Габаритная схема и параметры стеллажных комплектовочных кранов-штабелеров:

D — максимальная высота груза над полом; D_r — высота подъема груза; d_n — высота нижнего положения груза; $H_с$ — высота склада; $A_ш$ — длина штабелера; a, b — размеры груза; $B_{пр}$ — ширина прохода; P_l — нагрузка на штабелер

щью средств внутрискладского транспорта и перегрузочных устройств (их принимают и выдают, перемещают и т.д.).

Процессом перемещения называется совокупность операций по передвижению груза в пространстве без изменения его геометрических форм, размеров и физико-химических свойств. *Операция перемещения* представляет собой часть процесса перемещения и выполняется с помощью одного или нескольких совместно работающих механизмов. Одной из таких операций перемещения является транспортирование, т.е. перемещение груза на складе по определенному маршруту от места погрузки до места разгрузки. *Перегрузка* — это операция перемещения груза с одного транспортного средства на другое или с одного места хранения на другое.

Перемещений и перегрузок на крупном складе можно выделить несколько: разгрузка грузов с транспортных средств; транспортировка грузов с участка сортировки к зоне хранения; перекладка грузов из транспортной в складскую тару; передача грузов в зону действия штабелирующих машин; обратная передача грузов из зоны действия штабелеров на участок комплектации; передача грузов с участка комплектации на участок временного накопления в ожидании отправки потребителю; перемещение пустой тары; погрузка грузов на внутризаводской и внутрисистемный транспорт ГАПС и т. д.

На автоматических складах применяют следующие типы перегрузочных устройств:

- консольные столы и накопители, встроенные в конструкции стеллажей;
- стационарные столы точного позиционирования (с фиксирующими устройствами для точной установки тары или кассет);
- столы и тележки двухпозиционные поворотные или передвижные, одно- и двухъярусные (первая позиция — перегрузка с внутрицехового транспорта на перегрузочное устройство или в обратном направлении; вторая позиция — перегрузка на автоматический кран-штабелер и в обратном направлении; один ярус — для приема груза, второй — для выдачи груза);

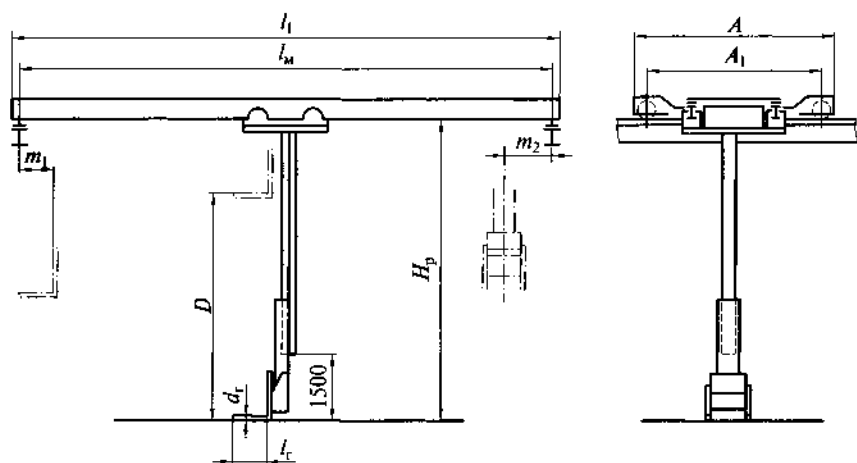


Рис. 15.8. Габаритная схема и параметры мостовых опорных кранов-штабелеров (без кабины):

l_1 — длина моста; l_m — расстояние между опорами моста; m_1, m_2 — расстояния от груза до опор моста; H_p — высота моста; D — высота подъема груза; l_r, d_r — соответственно ширина и толщина подвески для груза; A — ширина каретки моста; A_1 — расстояние между опорами каретки

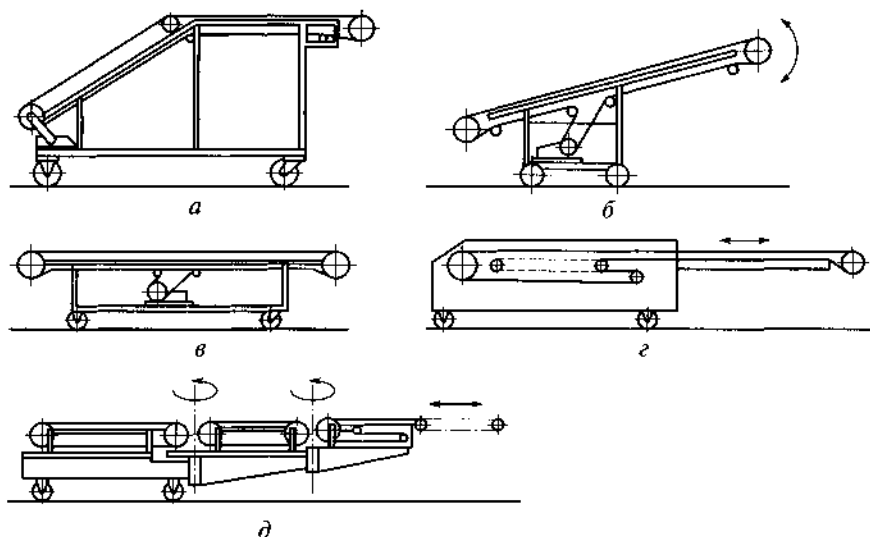


Рис. 15.9. Конструктивные схемы конвейеров для погрузки и разгрузки штучных грузов с транспортных средств:

а — конвейер с наклонной и горизонтальными частями; *б* — конвейер с изменяемым углом наклона; *в* — горизонтальный конвейер; *г* — конвейер с изменяемой длиной; *д* — конвейер с поворотными звеньями

- конвейеры (роликовые, цепные, пластинчатые, тележечные, ленточные) с позицией точной установки грузов (одно- и двухъярусные);
- специальные перегрузочные устройства и накопители (горизонтальные, вертикальные, карусельного типа и т.д.);
- перегрузочные роботы и манипуляторы;
- столы поворотные и подъемные, взаимодействующие с транспортными;

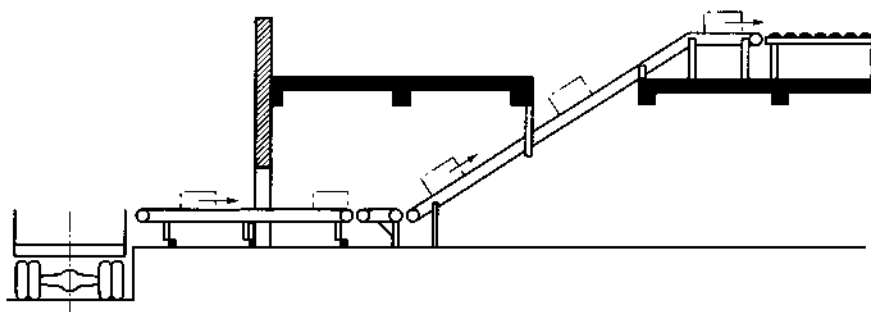


Рис. 15.10. Конвейерная система для разгрузки и приема грузов на склад

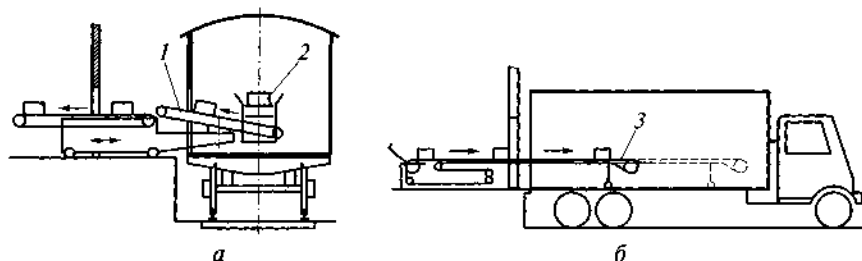


Рис. 15.11. Схема установки конвейерной машины для разгрузки грузов из вагонов с телескопическим концевым и промежуточным поворотными конвейерами (а) и телескопического конвейера для загрузки автофургонов (б) с выдвижной секцией:

1 — промежуточный поворотный конвейер; 2 — телескопический концевой конвейер; 3 — конвейер с выдвижной секцией

- столы и конвейеры, встроенные в конструкции стеллажей на уровне первого и других ярусов стеллажей;
- толкатели и подъемники.

Для механизации погрузки и разгрузки на складах непакетированных грузов из подвижного состава железнодорожного и автомобильного транспорта наиболее рациональным видом оборудования являются передвижные или телескопические конвейеры — ленточные, роликовые, пластинчатые (рис. 15.9... 15.11) и конвейерные погрузочно-разгрузочные машины (см. рис. 15.11, б).

Контрольные вопросы

1. Какова роль складов в современном производстве?
2. Какие виды складов существуют и чем они характеризуются?
3. Как осуществляется связь складов с производственными участками и промышленным транспортом?
4. Каковы основные тенденции развития складов?
5. Какое оборудование существует на автоматических складах?
6. Какие штабелирующее оборудование и устройства для перемещения грузов применяются на автоматизированных складах?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов / А.М.Корытин, Н.К.Петров, С.Н.Радимов, Н.К.Шапарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Балабанов А. Н. Технологичность конструкций машин. — М.: Машиностроение, 1997.
3. Васильев В. Н. Организация и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1986.
4. Волчкевич Л. И., Кузнецов М. М., Усов Б. А. Автоматы и автоматические линии. Ч. 1. Основы проектирования / Под ред. Г.А. Шаумяна: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1976.
5. Вороненко В. П., Схиртладзе А. Г., Брюханов В. Н. Машиностроительное производство. Учебник для сред. учеб. заведений/ Под ред. Ю.М.Соломенцева. — М.: Высш. шк.: Изд. центр «Академия», 2001.
6. Камышный Н. И. Автоматизация загрузки станков. — М.: Машиностроение, 1977.
7. Капустин Н. М., Дьяконова Н. П., Кузнецов П. М. Автоматизация машиностроения: Учебник для вузов / Под ред. Н.М.Капустина. — М.: Высш. шк., 2002.
8. Касилов В. В. Технологические основы проектирования автоматического сборочного оборудования. — М.: Машиностроение, 1976.
9. Кузнецов Н. М., Волчкевич Л. И., Замчалов Ю. П. Автоматизация производственных процессов: Учебник для вузов / Под ред. Г.А. Шаумяна. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1978.
10. Кузнецов Ю. И. Технологическая оснастка к станкам с программным управлением. — М.: Машиностроение, 1976.
11. Лебедевский М. С., Федотов А. И. Автоматизация в промышленности: Справочная книга.: Лениздат, 1976.
12. Маликов О. В. Склады гибких автоматических производств. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1996.
13. Малов А. Н., Иванов Ю. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. — М.: Машиностроение, 1974.
14. Научные основы автоматизации сборки машин / Под ред. М.П.Новикова. — М.: Машиностроение, 1976.
15. Прейс В. В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. — М.: Машиностроение, 1986.
16. Программное управление станками и промышленными роботами: Учебник для ПТУ / В.А.Косовский, Ю.Г.Козырев, А. Н. Ковшов и др. — 2-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 1989.
17. Теория и проектирование контрольных автоматов / Л. Н. Воронцов, С. Ф. Корндорф, В. А. Трутень, А. В. Федотов: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1980.

18. *Торган В. С., Торган А. В.* Основы автоматизации технологических процессов в приборостроении: Учебник для приборостроит. техникумов. — М.: Высш. шк., 1985.

19. *Шишмарев В. Ю.* Гибкие производственные системы в приборостроении: Учеб. пособие для вузов. — М.: МГТУ, 1996.

20. *Шишмарев В. Ю.* Технический контроль в приборостроении. Учеб. пособие для вузов. — М.: МГТУ, 1996.

21. *Шишмарев В. Ю., Каспина Т. Н.* Машиностроительное производство: Учебник для студ. сред. проф. образования. — М.: Изд. центр «Академия», 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основные направления автоматизации производства	5
1.1. Основные понятия и определения	5
1.2. Производственный и технологический процессы	8
1.3. Типы и виды производства	15
1.4. Основные преимущества автоматизации производства	17
Глава 2. Пути повышения производительности и эффективности производства	21
2.1. Основные положения теории производительности машин и труда	21
2.2. Основные пути повышения производительности	29
2.3. Экономическая эффективность и прогрессивность новой техники	35
2.4. Мероприятия по повышению производительности труда и эффективности производства	40
Глава 3. Технологические процессы — основа автоматизированного производства	51
3.1. Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства	51
3.2. Типовые и групповые технологические процессы	54
3.3. Особенности проектирования технологических процессов изготовления деталей на автоматических линиях и станках с ЧПУ	57
3.4. Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых АПС	59
3.5. Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки	60
3.6. Выбор технологического оборудования и промышленных роботов для автоматизированного производства	61
Глава 4. Автоматизация загрузки заготовок	69
4.1. Задачи автоматизации загрузки	69
4.2. Классификация заготовок	70
4.3. Питание станков бункерным материалом	71
4.4. Питание станков прутковым и ленточным материалом	72
4.5. Питание станков штучными заготовками	72
4.6. Классификация деталей, ориентируемых в бункерных загрузочных устройствах	79
4.7. Классификация бункерных загрузочных устройств	85

Глава 5. Автоматизация установки и закрепления заготовок и инструмента	91
5.1. Назначение установки и закрепления заготовок	91
5.2. Ориентация заготовок на станках	92
5.3. Установка приспособлений	95
5.4. Зажимные устройства	101
5.5. Кодирование инструмента	110
5.6. Устройства для автоматической смены инструмента	113
Глава 6. Технологичность конструкции как основа автоматизации производства	120
6.1. Технологический контроль конструкторской документации	120
6.2. Влияние технологических способов изготовления литых заготовок на их конструктивные формы	124
6.3. Технологичность заготовок, получаемых горячим пластическим деформированием и холодной штамповкой	126
6.4. Технологичность конструкций механически обрабатываемых деталей	132
6.5. Технологичность изделий при сборке	138
Глава 7. Автоматизация заготовительных цехов	144
7.1. Автоматизация работ в литейных цехах	144
7.2. Автоматизация работ в кузнечно-штамповочных цехах	149
7.3. Автоматизация работ по сварке и резке металлов	154
Глава 8. Автоматизация процессов механической обработки	158
8.1. Технологические основы металлообработки резанием	158
8.2. Автоматизация подачи и закрепления заготовок и инструментов	159
8.3. Механизация установочных и размерных перемещений рабочих органов станков	161
8.4. Автоматизация токарных работ	163
8.5. Автоматизация фрезерных и зубофрезерных работ	164
8.6. Автоматизация шлифовальных работ	166
Глава 9. Системы управления станками	171
9.1. Функциональные принципы построения АСУ металлообработкой	171
9.2. Следящие и копировальные системы	174
9.3. Системы числового программного управления металлорежущими станками	180
9.4. Микропроцессоры и мини-ЭВМ в типовых структурах ЧПУ	186
Глава 10. Автоматы и автоматические линии	193
10.1. Основные определения	193
10.2. Машины-автоматы	199
10.3. Автоматические линии	207
10.4. Выбор технологических методов и маршрута обработки	209

10.5. Функции системы управления	215
10.6. Роторные конвейерные линии	218
Глава 11. Применение промышленных роботов и роботизированных технологических комплексов	227
11.1. Общие сведения о роботах	227
11.2. Составные части и конструкции промышленных роботов	229
11.3. Технические характеристики промышленных роботов	232
11.4. Манипуляционная система промышленных роботов	233
11.5. Примеры промышленных роботов	235
11.6. Общие сведения о робототехнологических комплексах	237
11.7. Роботизированные технологические комплексы для механической обработки деталей	239
11.8. Применение промышленных роботов для кузнечно- прессового оборудования, красочных работ и гальванопокрытий	241
Глава 12. Автоматизация технологических процессов сборки	247
12.1. Технологичность конструкций для условий автоматической сборки	247
12.2. Базирование при автоматической сборке	254
12.3. Автоматическая сборка методом искания	256
12.4. Вибрационный способ совмещения деталей при сборке	259
12.5. Автоматическая селективная сборка	261
12.6. Электромагнитная сборка соединений по цилиндрическим поверхностям	263
12.7. Автоматизация сборки соединений с натягом на основе теплового метода	265
12.8. Исполнительные механизмы для автоматической сборки цилиндрических соединений	266
Глава 13. Автоматизация контроля	271
13.1. Основные направления автоматизации контроля	271
13.2. Пассивный и активный контроль	274
13.3. Автоматический контроль линейных размеров деталей	278
13.4. Автоматический контроль формы деталей	280
13.5. Контрольные и контрольно-сортировочные автоматы	282
13.6. Системы автоматического контроля	287
13.7. Автоматическая сигнализация и защита	293
Глава 14. Гибкие производственные системы — новая концепция автоматизации производства в машиностроении	297
14.1. Перспективы развития и прогноз выпуска гибких производственных систем в мире	297
14.2. Гибкое производство — новая концепция автоматизации производства	299
14.3. Основные термины и показатели ГПС	300

14.3. Преимущества ГПС и проблемы их внедрения	302
14.5. ГПС в механообрабатывающем производстве	307
14.6. Выбор деталей для изготовления в ГПС и отработка их на технологичность	311
14.7. Типовые гибкие производственные модули механообработки	312
14.8. Гибкий сборочный модуль	321
14.9. Эффективность применения ГПС	324
Глава 15. Автоматизация транспортно-складских производственных систем	327
15.1. Место и роль складов в современном производстве	327
15.2. Связи складов с производственными участками и промышленным транспортом	330
15.3. Тенденции развития складов	332
15.4. Оборудование автоматических складов	340
Список литературы	346

Учебное издание

Шишмарев Владимир Юрьевич
Автоматизация технологических процессов
Учебное пособие

Редактор *Т. П. Манухина*
Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *Д. В. Вавилов*
Корректоры *Т. В. Кузьмина, Н. Л. Котелина*

Изд. № А-1260-І. Подписано в печать 28.06.2005. Формат 60×90/16.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага тип. № 2. Усл. печ. л. 22,0.
Тираж 5000 экз. Заказ № 6226.

Издательский центр «Академия».
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бутилова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (095)334-8337, 330-1092.

Отпечатано с готовых диапозитивов издательства на ОАО «Тверской полиграфический комбинат»

170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5. Телефон: (0822) 44-42-15

Интернет/Home page-www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail)-sales@tverpk.ru

