

П. И. ВОЛЧКЕВИЧ, М. П. КОВАЛЕВ, М. М. КУЗНЕЦОВ

---

# Комплексная автоматизация производства

Л.И.ВОЛЧКЕВИЧ, М.П.НОВАЛЁВ, М.М.КУЗНЕЦОВ

# Комплексная автоматизация производства



МОСКВА « МАШИНОСТРОЕНИЕ » 1983

ББК 34.5

В67

УДК 621:65.011.56

Редактор С. И. БУЛАТОВ

Рецензент канд. техн. наук доц. Я. А. БЕКИРОВ

**Волчкевич Л. И. и др.**

**В67**      **Комплексная автоматизация производства/Л. И. Волчкевич, М. П. Ковалев, М. М. Кузнецов. — М.: Машиностроение, 1983. — 269 с., ил.**

1 р. 40 к.

Изложены методы инженерных расчетов и обоснований при решении проектно-конструкторских задач на уровне автоматизированных систем машин для массового и серийного производства. Особое внимание уделено сравнительному анализу и выбору оптимальных структурно-компоновочных вариантов систем машин на этапе технического предложения, расчету и проектированию систем автоматического управления, методам реализации обратной связи — от эксплуатации к последующему проектированию.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и эксплуатацией автоматических систем машин.

**В**  $\frac{2203000000-047}{038(01)-83}$  47-83

**ББК 34.5**  
**6П5.4**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, утвержденными XXVI съездом КПСС, предусмотрен переход к массовому применению высокоэффективных систем машин и технологических процессов, обеспечивающих комплексную механизацию и автоматизацию производства, техническое перевооружение его основных отраслей. Это требует дальнейшего развития методов расчета и проектирования автоматизированного технологического и вспомогательного оборудования, а также систем управления. Создание и эффективное внедрение автоматических систем машин для условий массового и особенно серийного производства — сложная и трудоемкая задача, решение которой включает такие этапы, как разработка технологического процесса; выбор структурно-компоновочного варианта систем; разработка кинематических, гидравлических, пневматических схем, блок-схем управления и т. д.; конструктивная разработка механизмов, транспортно-загрузочных устройств, инструмента, приспособлений; разработка планировок и общих видов; изготовление и сборка; приемо-сдаточные испытания. Чем сложнее автоматическая система машины, тем больше вариантов ее построения; при этом сложность и ответственность технических решений смещаются на ранние стадии разработки — стадии технического задания и технического предложения.

Выбор принципиальных проектных решений автоматизированных систем машин в целом, их структурно-компоновочных вариантов базируется на расчетах производительности, надежности, экономической эффективности, которые пока разработаны слабо и в технической литературе освещены недостаточно. Авторы книги ставят своей задачей систематизированное изложение методов выбора и обоснования оптимальных структурно-компоновочных решений автоматических систем машин в целом на основании сравнительных и оптимизационных расчетов производительности, надежности в работе и экономической эффективности. При этом все расчеты и обоснования рассматриваются применительно к конкретным стадиям проектирования и тем задачам, которые на этих стадиях решаются.

## ВВЕДЕНИЕ

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

Комплексная автоматизация базируется на непрерывном совершенствовании технических средств (от простейших механизмов до сложных электронных систем: числового программного управления, электронных вычислительных и управляющих машин и др.); на широком использовании общности методов и средств автоматизации на различных стадиях производственного процесса; на применении методов унификации. Это значительно расширяет (по сравнению с неавтоматизированным производством) вариантность возможных технических решений в конкретных условиях. Согласно расчетам автоматическая линия токарной обработки вала коробки передач автомобиля ЗИЛ может быть построена более чем по 600 технически возможным и инженерно целесообразным вариантам, сравнительная оценка и выбор которых отнюдь не очевидны. Поэтому одной из важнейших черт современного научно-технического прогресса машиностроения является развитие научных основ формирования инженерных решений при проектировании и эксплуатации машин. Все больше технологических, конструктивных, компоновочных решений должно выбираться не только с позиций обеспечения определенных кинематики и прочности или по конструктивным соображениям, но в первую очередь на основе научных исследований и эксперимента при высокой квалификации разработчиков — конструкторов и технологов. Стираются грани между проектантами и исследователями; умение проводить научные исследования становится для инженера необходимостью.

К специалистам по комплексной автоматизации и механизации производства предъявляются следующие практические требования: 1) умение решать проектно-конструкторские задачи на уровне автоматизированных систем машин с комплексным охватом основных технологических и вспомогательных процессов, включая обработку деталей, контроль и сборку изделий, их транспортировку и складирование, ремонт и обслуживание; 2) умение реализовать весь процесс создания новой техники — от технического задания на проектирование до получения акта о внедрении; 3) умение выбрать оптимальную степень механизации и автоматизации проектируемых систем в каждом конкретном случае, владение современными методами технико-экономического обоснования, сравнительного анализа и оптимального отбора проектных решений; 4) владение навыками проведения научных исследований, методами научного обоснования технических решений. Все это заставляет по-новому подходить и к научным основам инженерной профессии.

Разработка локальных технологических процессов, расчет и конструирование отдельных механизмов и устройств решаются на основе знаний технологии, сопротивления материалов, механики и др., что позволяет выполнить технологические, прочностные и кинематические расчеты. Для решения задач проектирования и эксплуатации автоматизированного технологического оборудования, особенно систем машин, указанные критерии уже недостаточны; по ним, например, нельзя рассчитать ни число рабочих позиций, ни вид межагрегатной связи, ни вместимость накопителей

Большинство технологических, конструктивных, компоновочных и эксплуатационных параметров автоматизированных систем машин выбирают на основе таких разделов науки о машинах, как теория производительности машин, теория надежности машин, инженерная теория экономической эффективности, теория автоматического управления и регулирования, теория структурного построения машин-автоматов и их систем, теория оптимального синтеза и т. д., которые в совокупности и составляют научно-теоретические основы комплексной автоматизации. Инженеры, занятые проектированием и эксплуатацией автоматизированного оборудования, должны владеть системным подходом при поиске оптимальных решений многовариантных задач автоматизации производства. При выработке такого подхода во многом может быть полезен материал предлагаемой книги.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК КОМПЛЕКСНАЯ КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

## 1.1. СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Автоматизация производства включает комплекс мероприятий по разработке новых прогрессивных технологических процессов и проектированию на их основе высокопроизводительного оборудования, выполняющего рабочие и вспомогательные операции без непосредственного участия человека. Под комплексной автоматизацией понимают обычно автоматизацию многооперационных технологических процессов и создание систем машин, выходящих по своим возможностям за рамки отдельных процессов и даже стадий производства.

Развитие автоматизации на современном этапе характерно смещением центра тяжести разработок с массового на серийное производство, составляющее основную часть машиностроительной отрасли. Другая характерная особенность современной автоматизации — расширение арсенала технических средств и, как следствие, многовариантность решения задач автоматизации производственных процессов.

Стратегия комплексной автоматизации машиностроительного производства как основа технической политики определяется рядом аспектов в том числе: 1) правильным пониманием содержания и основной направленности работ по автоматизации; 2) объективной оценкой во времени перспективности и целесообразной области применения новых методов и средств автоматизации, их сочетанием и взаимосвязью с известными, традиционными. Рассмотрим эти аспекты более подробно.

Автоматизация производства трактуется часто как процесс замещения функций человека устройствами и системами управления и контроля, т. е. отождествляется с внедрением автоматики. При этом считается, что технологические процессы, конструкции и компоновки машин остаются в основном прежними. Это неверно. Содержание производства составляют технологические процессы, именно в них закладываются все потенциальные возможности качества и количества выпускаемой продукции, эффективности производства; система управления (от ручной до автоматической самоорганизующейся) есть лишь форма реализации этих возможностей. Поэтому автоматизация производства в машиностроении представляет собой комплексную конструкторско-техно-

гическую задачу создания новой техники, таких высокоинтенсивных технологических процессов и высокопроизводительных средств производства, которые недоступны для непосредственного выполнения человеком.

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

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

Чрезвычайную актуальность в рамках стратегии автоматизации приобретает проблема правильной, объективной оценки и разумного внедрения новейших методов и средств автоматизации. Любое техническое новшество, сколь бы перспективным оно ни было, проходит ряд стадий: идея — макет — опытная конструкция (способная лишь функционировать) — надежно работающая конструкция — экономически эффективная конструкция. Каждая стадия характеризуется совершенствованием параметров, систему которых в первом приближении можно свести к формуле: «быстродействие — надежность — стоимость». И лишь когда эти параметры укладываются в технико-экономические допуски, данное новшество созревает для производственного внедрения. Поэтому в технической политике недопустимо как запаздывание с разработкой первичных идей, так и реализация недостаточно созревших решений. Нередки случаи, когда автоматизация приводит не к сокращению дефицита рабочей силы, а лишь к переносу его в другие отрасли с общим обострением этого дефицита в масштабах народного хозяйства.

Один из принципиальных вопросов стратегии комплексной автоматизации — оптимальное сочетание новейших методов и средств с традиционными. В автоматических машинах и системах для массового производства широко используются принципы дифференциации и концентрации операций, совмещения их во времени, что и составляет основу высокой производительности и эффективности. В подавляющем же большинстве современных станки с ЧПУ — одношпиндельные. Поэтому в условиях стабильной работы, без переналадок, производительность многошпиндельных



агрегатных станков-полуавтоматов в десятки раз выше, чем многооперационных полуавтоматов, а стоимость ниже. В опытном производстве, где номенклатура изделий не повторяется, необходим широчайший диапазон переналадок технологического оборудования, который можно обеспечить лишь при использовании ЭВМ. В стабильном же производстве, с постоянной номенклатурой выпускаемой продукции, серийная обработка производится лишь потому, что масштабы выпуска не позволяют загрузить каждую единицу оборудования одними и теми же изделиями. Здесь участки из универсальных станков-полуавтоматов с ЧПУ или технологических комплексов с управлением от ЭВМ может заменить один переналаживаемый многошпиндельный агрегатный станок-полуавтомат, на котором несколько деталей обрабатываются одновременно десятками инструментов, производительность его несоизмеримо выше, чем одноинструментных станков, а переналадка значительно короче. Поэтому выпуск лишь одношпиндельных станков с ЧПУ с технологическими и компоновочными схемами, унаследованными от неавтоматизированного производства, следует считать правомерным лишь на ранних этапах их развития. Неизбежен массовый переход к использованию многошпиндельных и многопозиционных станков с ЧПУ, начиная с простейших, выполняющих параллельную обработку нескольких деталей по одной программе. Системы с распределительными валами, кулачками и копирами, по-видимому, еще долго будут преобладающими при автоматизации управления в массовом производстве, несмотря на то, что в их конструкции мало электроники и нет адаптации. Системы ЧПУ, прямого цифрового управления от ЭВМ и др. мобильны и поэтому эффективны при автоматизации серийного, а в будущем и единичного производства. Их значимость для массового производства не в замене сложившихся технических решений, а в их дополнении, в реализации невыполнимых ранее функций управления, в первую очередь — организационно-экономических. Так, применение АСУ ТП с функциями технической и статистической диагностики работы автоматических линий должно стать основой высокопроизводительной эксплуатации линий, сокращения их простоев по техническим и организационным причинам.

Комплексная автоматизация машиностроения сегодня — это комплекс сложных проблем, от решения которых непосредственно зависит эффективность машиностроительного производства.

## **1.2. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕРИЙНОГО И МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

При современном уровне научно-технического прогресса основной формой производства становится комплексно-автоматизированное и высокомеханизованное производство. Любые новые неавтоматизированные технологические процессы и оборудование

должны рассматриваться как частное, вынужденное решение, когда в конкретных условиях производства еще не созрели технические или экономические предпосылки для его автоматизации.

Длительное время основным направлением комплексной автоматизации машиностроения было решение задач, связанных с массовым производством, где создано и внедрено множество машин-автоматов и полуавтоматов, автоматических и поточных линий: 80—90 % таких деталей, как блоки цилиндров и головки блоков двигателей, валы коробки передач, массовые подшипники и др., обрабатываются на автоматических линиях. Однако это оборудование как правило является специальным, т. е. на обработку других деталей не переналаживается. Поэтому серийное производство длительно базировалось только на универсальном неавтоматизированном оборудовании (токарные станки, кривошипные прессы, сварочные посты и др.), малопроизводительном, но достаточно мобильном (быстро переналаживаемом на обработку других деталей). Переломным моментом в автоматизации серийного производства явилось появление машин с числовым программным управлением, сочетавших высокие производительность и мобильность благодаря наличию систем управления на электронной основе. Первоначально с ЧПУ строились главным образом металло-режущие станки-полуавтоматы токарной, фрезерной, расточной и сверлильной групп. В настоящее время с ЧПУ выпускаются сварочные машины, прессы, станки для электрофизической и электрохимической обработки, термическое оборудование и др. Можно отметить некоторые тенденции развития оборудования с ЧПУ, характерные для современного этапа научно-технического прогресса.

**Первая тенденция** — переход от станков-полуавтоматов к автоматам, что диктуется требованиями повышения производительности и экономической эффективности. Станки с ЧПУ в несколько раз дороже обычных станков той же производительности. Поэтому они во многих случаях окупаются только при круглосуточном использовании (трехсменная работа по сравнению с двухсменной эквивалентна увеличению выпуска продукции в полтора раза). Однако на машиностроительных предприятиях режим работы производственных подразделений обычно двухсменный. Чтобы обеспечить круглосуточную работу станка при двухсменном обслуживании, станок снабжают автоматическим магазином для заготовок и обработанных изделий, вместимость которого обеспечивает работу в течение одной смены. Так, для станков по обработке корпусных деталей такие магазины выполняют в виде транспортера с шаговым перемещением, где детали закрепляют на специальных приспособлениях-спутниках (рис. 1.1). Работа транспортера включается в единый программируемый рабочий цикл станка. В простейшем случае станок имеет одну рабочую и две холостые позиции (рис. 1.1, а). Если за смену станок обрабатывает три-четыре детали, может применяться компоновочная схема, пока-

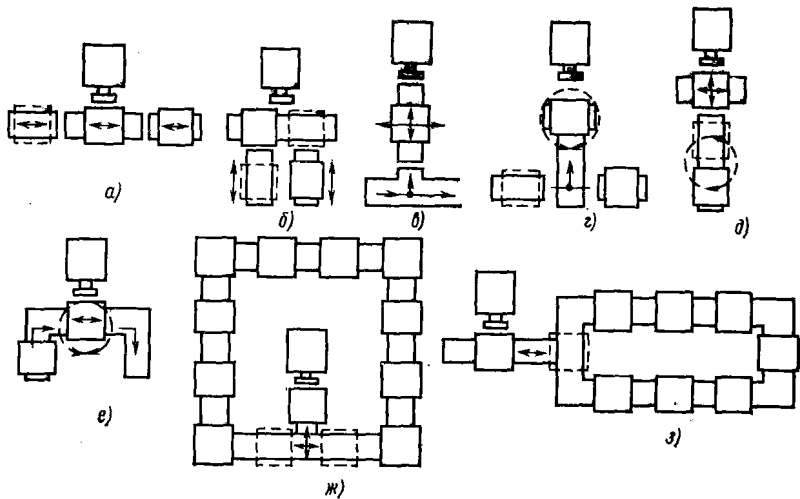


Рис. 1.1. Планировочные схемы станков-автоматов с ЧПУ, снабженных автоматическими магазинами-накопителями

званная на рис. 1.1, б. При дальнейшем увеличении числа деталей, обрабатываемых автоматом в течение рабочей смены, применяют конструкции с боковым транспортированием и поперечным заталкиванием деталей (рис. 1.1, в). Если при этом необходима обработка каждой детали с нескольких сторон, применяют схемы, приведенные на рис. 1.1, г, д, е. При значительной вместимости магазинов-накопителей их компонуют как замкнутые системы (рис. 1.1, ж, з). Обработка всей партии производится автоматически, без обслуживающего персонала, на участке остается лишь дежурный наладчик. Загрузка магазина заготовками производится в вечернюю смену, снятие готовых изделий — в утреннюю.

**Вторая тенденция** — переход к многоинструментной и многопозиционной обработке. Сколько бы ни было инструментов в магазине обычного станка с ЧПУ, в любой конкретный момент происходит обработка только одной детали одним инструментом, т. е. отсутствует совмещение операций как важнейший фактор повышения производительности. Последовательная, без совмещения обработка всех элементов сложных деталей занимает длительное время. Так, обработка станин станков продолжается 6—40 ч. Для сравнения можно отметить, что интервал времени выдачи блоков цилиндра двигателей автомобиля на автоматической линии с дифференциацией и концентрацией операций составляет 1,0—1,5 мин. Поэтому принципы, разработанные и реализованные при автоматизации массового производства, должны быть перенесены на оборудование для серийного производства. В простейшем случае это означает параллельную обработку

соответствующими инструментами нескольких одинаковых деталей, закрепленных на одном столе. Другой способ реализации принципов совмещения операций — создание однопозиционных станков с многосторонней обработкой детали одновременно несколькими инструментами. По такому способу создаются и токарные станки, и станки для обработки корпусных деталей.

Наиболее радикальное решение рассматриваемых принципов — это создание станков с многошпиндельными коробками, что позволяет вести обработку конкретных деталей одновременно многими инструментами.

Общий вид такой системы со сменными шпиндельными коробками показан на рис. 1.2. На четырехпозиционный зажимной поворотный стол 1 загрузочным устройством 2 подается обрабатываемая деталь 3, закрепленная на поддоне (приспособлении-спутнике) 4. Спутники до и после обработки перемещаются автоматически по транспортеру 5. Обработка деталей на поворотном столе производится устройством силовой головки 6, к которой по очереди подключаются многошпиндельные головки 7. Их комплект находится на замкнутом транспортирующем устройстве, представляющем собой магазин с автоматическим шаговым перемещением. Вся система работает в едином автоматическом цикле, который может задаваться как от индивидуального пульта управления, так и от управляющей вычислительной машины.

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

Недостатком такого компоновочного решения является необходимость в значительной производственной площади. Поэтому

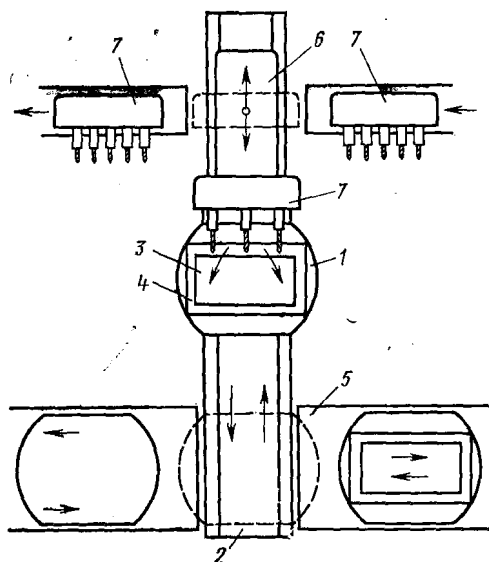


Рис. 1.2. Станочная система с ЧПУ и сменными шпиндельными коробками для многоинструментной обработки

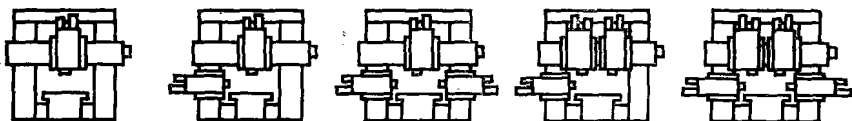


Рис. 1.3. Гамма продольно-фрезерных и расточных станков с ЧПУ

для обработки мелких корпусных деталей стремятся скомпоновать комплект многошпиндельных коробок непосредственно вокруг головки с вертикальной осью. Так, вертикально-сверлильный многоинструментный станок с ЧПУ типа 2175МФ2-1 Стерлитамакского станкостроительного завода им. В. И. Ленина имеет восемь многошпиндельных коробок, одну силовую головку и многопозиционный стол с автоматическим поворотом на заданный угол. В каждой позиции стола можно закреплять несколько мелких деталей, многошпиндельная коробка может производить обработку сразу на всех рабочих позициях, в то время, как на загрузочной позиции производится замена обрабатываемых деталей. Таким образом, станок сочетает принципы многоинструментной и многошпиндельной обработки (действуют сразу несколько десятков инструментов) и, хотя эквивалентен обычным агрегатным станкам, имеет широкие возможности переналадок.

**Третья тенденция** развития автоматизированного оборудования для серийного производства — создание унифицированных конструкций вместо специально разрабатываемых в каждом конкретном случае. В простейшем виде это создание гаммы оборудования на одной базе. На рис. 1.3 показана гамма продольно-фрезерных и расточных станков, имеющих единое компоновочное решение и номенклатуру основных узлов, но отличающихся числом и взаимным расположением силовых головок. Благодаря этому деталь может обрабатываться одновременно с двух-трех сторон пятью различными инструментами. Такое решение — результат опыта агрегатного станкостроения, накопленного при автоматизации массового производства. Имеются и другие идеи этого направления, например — унификация оборудования с различной степенью автоматизации.

С точки зрения автоматизации унификация выполнялась, как правило, «по горизонтали», т. е. в единую гамму включались, например, универсальные токарные станки с ручным управлением а токарно-револьверные автоматы имели свою гамму, свои типоразмеры и т. д. Между тем весьма перспективна унификация оборудования «по вертикали». Например, применительно к оборудованию для обработки корпусных деталей все станки единой гаммы можно компоновать из нормализованных, конструктивно автономных функциональных узлов, число которых определяется степенью автоматизации. Базовая модель — многооперационный станок-автомат с автоматическим магазином деталей и магазином

инструментов, управляемый от ЭВМ, т. е. оборудование с высшей степенью автоматизации. Все остальные модели формируются на основе базовой путем «вычитания» функциональных узлов со снижением степени автоматизации. Например, первая модификация — станок-автомат с индивидуальным пультом ЧПУ; вторая — станок-полуавтомат без магазина деталей, с ручной загрузкой и съемом; третья — станок-полуавтомат без инструментального магазина и механизма его замены, т. е. с ручной заменой заготовок и изделий, и т. п. Последняя модель — обычный станок с ручным управлением фрезерно-расточной группы, с координатным столом и шпиндельной стойкой. Разумеется, каждая модель может иметь гамму типоразмеров в соответствии с уже сложившейся практикой унификации. Унификация оборудования как «по горизонтали», так и «по вертикали» позволит значительно повысить его экономичность и надежность в работе.

**Четвертая тенденция**, которая все более влияет на развитие средств автоматизации серийного производства, — это переход от индивидуальных пультов программного управления (где программноносителями служат магнитная лента, перфолента и др.) к специальным управляющим мини-ЭВМ, что стало возможным благодаря успехам микроэлектроники и вычислительной техники. Переход от элементов с малой степенью интеграции, которые применялись в традиционных пультах ЧПУ, к большим интегральным схемам (БИС) позволяет резко уменьшить габариты управляющих устройств, повысить надежность в работе, расширить функциональные возможности управления. Следующим шагом является переход от специальных БИС к универсальным — так называемым микропроцессорам. Они включают помимо процессорных элементы постоянной и оперативной памяти, а также элементы связи с внешними устройствами. Путем комбинации этих элементов можно строить малогабаритные управляющие устройства, выполняющие широкий круг функций по обработке информации и управлению исполнительными органами в соответствии с заданной программой работы, сигналами датчиков и т. д. Поэтому отпадает необходимость в специальных программноносителях, лентопротяжных механизмах, считывающих устройствах и др.

И наконец, наиболее общей тенденцией развития средств автоматизации серийного производства является переход от отдельных, не связанных между собой станков с индивидуальными процессорами, к автоматизированным технологическим комплексам, управляемым от ЭВМ, т. е. переход от локальной автоматизации к комплексной. Такой комплекс включает: а) комплект технологического оборудования, необходимого и достаточного для обработки определенного типа деталей (валов, шестерен, корпусов и др.); б) транспортно-накопительную систему; в) автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУ ТП), которая реализует не только непосредственно управля-

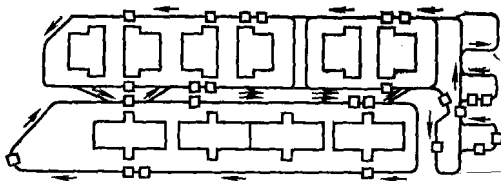


Рис. 1.4. Планировочная схема автоматизированного технологического комплекса с управлением от ЭВМ

ющие (технологически необходимые), но и информационные функции (учет работы оборудования и количества изделий, экономические показатели работы комплекса, техническую диагностику и т. д.).

Такие системы строятся для весьма широкой номенклатуры обрабатываемых деталей с различными методами и маршрутами обработки. Поэтому в основе их лежит гибкая межагрегатная связь, т. е. независимость функционирования технологического оборудования, и сложная транспортно-загрузочная система для обеспечения широкой вариантности транспортных маршрутов. Планировочная схема автоматизированного технологического комплекса с 10 единицами технологического оборудования приведена на рис. 1.4. Подробнее данные системы рассмотрены в п. 9.1.

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

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

висимых модулей, каждый из которых включает станок и автооператор, перемещающийся по направляющим с верхней компоновкой.

В автоматизированной обработке тел вращения типа колец одна из важнейших тенденций — создание комплексных автоматических линий, в которых сводится к минимуму или вообще исключается токарная обработка. Одними из первых систем такого типа были автоматические линии обработки подшипников карданных валов, где холодной штамповкой формировалась заготовка кольца, близкая по форме к окончательно обработанной детали. Это позволило сделать токарную обработку отделочной операцией. У нас в стране создан автоматический поток по производству колец шарикоподшипников без токарной обработки. Впервые в мировой практике для производства подшипников качения применен технологический процесс, при котором точные заготовки колец выполняются штамповкой из прутка и раскаткой с дальнейшей обработкой шлифованием с высокими режимами.

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

Одной из особенностей научно-технического прогресса машиностроения на современном этапе в условиях как массового, так и серийного производства является широкое распространение промышленных роботов. Оно обусловлено, с одной стороны, массовой необходимостью в автоматизации многокоординатных перемещений деталей или инструментов, с другой — достигнутыми успехами в создании механизмов автоматической загрузки (автооператоров и манипуляторов), систем автоматического управления и регулирования и др.

Промышленные роботы строятся для выполнения двух основных видов работ: а) технологических процессов (сварки, окраски, сборки и др.), когда захваты роботов манипулируют главным образом технологическими инструментами (сварочными электродами, краскопультами, сборочными инструментами); такие роботы являются технологическими машинами или их составными частями; б) вспомогательных процессов (загрузки и съема деталей, их транспортирования между агрегатами и т. д.), когда захваты роботов манипулируют штучными изделиями; эти роботы могут обслуживать технологическое оборудование самого различного технологического назначения, они обычно автономны и невстраиваемы. По своей структуре роботы универсальны, т. е. имеют комплекты функциональных элементов, позволяющие реализовать



любые из перечисленных видов работ, однако большинство конструкций имеет более узкое назначение. Сейчас промышленные роботы внедряются во многих отраслях машиностроения; это требует, с одной стороны, анализа и обобщения опыта их конструирования и эксплуатации и, с другой — дальнейшего формирования правильного отношения к ним.

Важнейшее преимущество промышленных роботов — возможность реализации циклов перемещений любой сложности с оптимальными режимами, с быстрой переналадкой, длительным поддержанием параметров процесса на необходимом уровне, что невыполнимо при ручных работах. Основные недостатки промышленных роботов, помимо их значительной стоимости, — невысокие быстродействие и точность позиционирования. Применительно к различным технологическим задачам значимость этих преимуществ и недостатков неодинакова. При сварке и окраске адаптация в управлении процессами позволяет поддерживать их параметры более стабильно, чем это может делать человек. Иные условия при транспортировании, загрузке и особенно сборке, где решающее значение приобретают такие факторы, как точность позиционирования и быстродействие при значительных перемещениях, совмещение различных действий во времени. Операции автоматической загрузки и сборки, связанные с перебазированием конструктивных элементов, — самые ненадежные в технологическом цикле. Так, исследования работоспособности специализированных загрузочных механизмов — автооператоров-показали, что в токарных автоматах на долю указанных операций приходится до 70 % всех отказов. Наличие последних не исключено и при внедрении роботов, поскольку отказы обусловлены такими объективными причинами, как наличие стружки, нестабильность размеров деталей, погрешности позиционирования и др. Эти причины могут быть устранены лишь длительной доводкой конструкций.

Вместе с совершенствованием конструкций роботов, переходом от просто функционирующих к быстро и надежно работающим, необходим научно обоснованный поиск наиболее благоприятных условий их работы при первичном внедрении. Можно указать, например, на загрузку многопозиционных машин, которая совмещается с обработкой, на транспортирование очень тяжелых и очень мелких деталей и т. п. Исследования конкретных условий эксплуатации роботов и вытекающих отсюда требований к ним должны стать основой совершенствования их конструкций.

### **1.3. ВАРИАНТНОСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Вариантность решения задач технологической подготовки неавтоматизированного производства, как правило, невелика. Так, токарная обработка вала-фланца (рис. 1.5) может быть полностью