

Государственный комитет СССР по народному образованию

В. Г. АЛЕКСЕЕВ, К. И. БИЛИБИН, Г. М. ПЬЯНОВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ**

**Издательство МГТУ
1991**

Государственный комитет СССР по народному образованию

В.Г.Алексеев, К.И.Билибин, Г.М.Пьянов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ**

Утверждено редсоветом МГТУ
как учебное пособие



Издательство МГТУ

1991

БЕК 30.2-6* 3,В
А47

А47 Алексеев В.Г., Билибин К.И., Пьянов Г.М. Проектирование сборочно-монтажного производства печатных узлов: Учеб. пособие / Под ред. Б.И.Белова. - М.: Изд-во МГТУ, 1991. - 124 с., ил.

ISBN 5-7038-0548-1

Рассмотрены основы построения систем автоматизированного проектирования и автоматизации сборочно-монтажного производства печатных узлов на базе интеграции в единое целое всех звеньев системы проектирование - подготовка - производство.

Для студентов, а также для специалистов в области автоматизации проектирования и производства.

Табл. 6. Ил. 29. Библиогр. 10 назв.

Рецензенты: П.Б.Оганджян, В.И.Дожигов

БЕК 30.2-6* 3,1

ISBN 5-7038-0548-1 © МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1991.

Список сокращений

АРМ	- автоматизированное рабочее место
АРМ-К	- АРМ комплектации
АРМ-П	- АРМ пайки
АРМ-С	- АРМ сборки
АСВБД	- автоматизированная система ведения базы данных
АСВТД	- автоматизированная система ведения технической документации
АСОДУ	- автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления
АСОТП	- автоматизированная система организационно-технологического проектирования
АСТПП	- автоматизированная система технологической подготовки производства
АСУ	- автоматизированная система управления
АСУ-К	- АСУ комплектации
АСУ МТП	- АСУ материально-технической подготовки
АСУ ОТП	- АСУ организационно-технологического проектирования
АСУП	- АСУ предприятия
БД	- база данных
БД УТЗ	- БД учета труда и зарплаты
БДЭ	- БД комплектующих элементов
ВК	- ведомость комплектующих
ВМ	- ведомость материалов
ГК	- группкомплект
ГМД	- гибкий магнитный диск
ГПМ	- гибкий производственный модуль
ГПС	- гибкая производственная система
ГГЦ	- групповой технологический процесс
ДВК	- диалоговый вычислительный комплекс
ИАСУ	- интегрированная автоматизированная система управления
ИМС	- интегральная микросхема
ИСЗ	- информационно-справочный запрос
ИУС	- информационно-управляющая система
КД	- конструкторская документация
КДА	- контрольно-диагностическая аппаратура
КС	- карта себестоимости
КСО	- карта состояния обработки
КТД	- конструкторско-технологическая документация
КТР	- карта трудоемкости и расценок

КТС	- комплекс технических средств
КТТ	- конструктивно-технологический тип
ЛВС	- локальная вычислительная система
ЛС	- локальная сеть
ЛСП	- ЛС предприятия
ЛСУ	- ЛС участка
ЛСЦ	- ЛС цеха
МГК	- модуль группкомплекта
МД	- магнитный диск
МК	- маршрутная карта
МЛ	- модуль лужения
МНИ	- машинный носитель информации
МТД	- материально-техническая документация
МТП	- материально-техническая подготовка
МФ	- модуль формовки
НК	- накопитель комплектующих
НМД	- накопитель на МД
ОП	- объект проектирования
ОПД	- организационно-плановая документация
ОС	- операционная система
ОТК	- организационно-технологический комплект
ОТП	- организационно-технологическая подготовка
ОТС	- организационно-технологическая система
ОЭД	- организационно-экономическая документация
ПВК	- персональные вычислительный комплекс
ПД	- производственная документация
ПОС	- производственная операционная система
ПЛ	- печатная плата
ППП	- пакет прикладных программ
ПР	- промышленный робот
ПС	- производственная система
ПУ	- печатный узел
ПЭВМ	- персональная ЭВМ
РТК	- робототехнический комплекс
РЭС	- радиоэлектронные средства
САПР	- система автоматизированного проектирования
САПР-К	- САПР-конструктор
САПР-Т	- САПР-технолог
СГК	- суточный группкомплект

СК	- состав комплекта
СМК	- сборочно-монтажный комплекс
СМП	- сборочно-монтажное производство
СМС	- светомонтажный стол
СППП	- система "проектирование - подготовка - производство"
ССЗ	- сменно-суточное задание
СТЗ	- система технического зрения
СТО	- средства технологического оснащения
СУБД	- система управления базой данных
ТД	- технологическая документация
ТП	- технологический процесс
ТПП	- технологическая подготовка производства
ТС	- технические средства
ТПП	- типовой технологический процесс
ТТТ	- транспортно-технологическая тара
УК	- участковый комплект
УТП	- управляющая технологическая программа
ЦК	- цеховой комплект
ЦКС	- центральный комплекточный склад
ЭВС	- электронно-вычислительные средства
ЭРЭ	- электрорадиоэлемент

ВВЕДЕНИЕ

В книге рассматривается широкий круг вопросов, связанных с автоматизацией проектирования и сборочно-монтажного производства электронных модулей. Вопросы эти связаны с использованием средств интерактивной графики и автоматизированного проектирования с числовым программным управлением (ЧПУ), автоматизированным управлением технологическими процессами, робототехникой, групповой технологией, интегрированным управлением производством и гибкими производственными системами (ГПС) [1-8].

Эта книга ИМЕЕТ ту отличительную особенность, что в ней собраны воедино вопросы автоматизации проектирования и производства изделий и сделана попытка продемонстрировать их взаимную связь.

Системы автоматизации проектирования и автоматизации производственных процессов являются тем самым средством интеграции и автоматизации практически всех сторон деятельности по разработке и изготовлению изделий, которое позволяет повысить эффективность и увеличить производительность труда.

В настоящее время характерной тенденцией в автоматизации производства является переход от концепции автоматизации "снизу-вверх" (выражающейся в создании "островков автоматизации" как в технологической, так и информационно-управляющей сфере) к концепции "сверху-вниз", т.е. к интеграции в единое целое всех звеньев системы проектирование - подготовка - производство.

Термин "интегрированные производственные системы" чаще всего используется в широком смысле: охватывает как технологическую, так и информационно-управляющую часть производства.

Для организационно-управляющей части СППП будем использовать термин ИАСУ (интегрированная автоматизированная система управления).

Рассматриваемое сборочно-монтажное производство печатных узлов (СМП ПУ) является лишь составной частью предприятий, изготавливающих радиоэлектронные (РЭС) и электронно-вычислительные средства (ЭВС). Поэтому ИАСУ СМП ПУ является составной частью более общей системы - ИАСУ предприятия.

В книге изложены основные принципы построения ИАСУ СМП ПУ; определены ее функциональная и организационная структуры, место

ИАСУ СМП ПУ в ИАСУ предприятия, функциональные, информационные и организационные связи ИАСУ СМП ПУ с подсистемами ИАСУ предприятия; даны методологические основы создания ИАСУ СМП ПУ с использованием технологии построения концептуальных моделей сложных систем (в этом процессе получают существенную часть информации, используемой для правильного выбора организационно-технологической структуры СМП ПУ на стадии предпроектных изысканий создания ГПС СМП ПУ).

I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

I.1. Вводные замечания

Производственную систему СМП ПУ можно расчленить на две подсистемы: организационно-технологическую (ОТС) и информационно-управляющую (ИУС).

Основными элементами, определяющими особенности ОТС, являются объекты производства печатных узлов, технологические процессы и оснащение, форда и виды организации материальных потоков в СМП ПУ.

1.2. Конструктивно-технологические особенности печатных узлов

Объектами производства в СМП являются электронные печатные узлы, или электронные модули 1-го уровня. Для СМП ПУ характерна большая номенклатура печатных узлов (ПУ), малая серийность, быстрота обновляемости. Современные ПУ характеризуются огромным разнообразием конструктивно-технологических особенностей, что обусловлено следующим (1-3).

1. Функциональным назначением ПУ. По этому признаку можно выделить три группы ПУ: логические (цифровые), памяти, специальные (цифроаналоговые, вторичные источники питания и т.п.). Функциональное назначение ПУ влияет на различие элементного состава по типам и номиналам элементов.

В элементный состав логических ПУ входит много интегральных микросхем (ИМС); могут быть использованы также диодные, транзисторные, конденсаторные и резисторные матрицы и блоки. Дискретные ЭРЭ применяют редко. Для логических ПУ характерна разнородность элементного состава по номиналам элементов. Так, среднее

количество ИМС одного номинала на штате составляет обычно 3-4 шт. Большая разнородность по номиналу наблюдается и между отдельными ПУ. Вследствие этого уровень использования каждого ПУ в составе аппаратуры невелик. Вместе с тем логические ПУ - основной конструктивный элемент ЭВС.

Элементный состав ПУ памяти по типам используемых элементов близок к логическим ПУ, однако характеризуется более высокой однородностью как внутри, так и между отдельными ПУ, а также более высокой степенью применимости в аппаратуре. Это объясняется тем, что запоминающее устройство, так на уровне блоков (модулей), так и на уровне ПУ, проектируется путем повторения нужного количества элементов памяти (ИМС памяти, ПУ памяти).

ПУ специального назначения характеризуются низким уровнем использования интегральных и высоким - дискретных элементов, а также точных изделий (трансформаторов, дросселей, реле и световодов, переключателей, соединителей и др.). Для них характерна очень большая разнородность состава как по типам, так и по номиналам. Особенно велико число номиналов резисторов и конденсаторов, что объясняется большим количеством допустимых отклонений от номинальных значений их электрических параметров. Несмотря на то что специальные ПУ составляют около 1/3 от общего количества узлов, число номиналов дискретных ЭРЭ может превышать число номиналов ИМС в несколько раз. Применяемость отдельных типов специальных ПУ, например вторичных источников питания, может быть велика, что является следствием унификации состава изделий. Специальные ПУ наименее подходят для автоматизации сборки, поскольку могут иметь в составе крупногабаритные элементы сложной формы, точные и другие изделия.

С увеличением плотности монтажа возрастает число элементов, монтируемых на плате, увеличиваются и габаритные размеры плат логических ПУ и памяти. Количество элементов может достигать 200 шт. на одном ПУ. Число элементов на специальных ПУ зависит от высоких требований к электрическим нагрузкам и габариту элементов и узлов и достигает нескольких десятков.

Применяемая элементная база влияет на технологию сборочно-монтажных работ. Для логических ПУ и ПУ памяти используются планерная, штырьковая технология и технология монтажа на поверхность; для специальных ПУ, - как правило, штырьковая, а также смешанная технология монтажа.

2. Конструктивно-технологическими особенностями элементов:

форма и габариты корпуса; количество, размеры и вид формовки выводов; форма и размеры сочетая печатных выводов; жесткость выводов, расположение их относительно корпуса; точностные характеристики и т.п.

3. Конструктивно-технологическими особенностями плат и типом монтажных соединений: размеры и конфигурация платы; число монтажных сторон; схема расположения элементов, ориентация элементов при сборке; плотность монтажа и т.п.

Таким образом, СМП ПУ - массовое многономенклатурное производство (от десятков до тысяч в год) о большим количеством материальных потоков (от десятков до сотен конструктивно-технологических типов элементов и до десятков тысяч их номиналов) и значительной интенсивностью их движения.

1.3. Технологические процессы сборочно-монтажного производства печатные узлов.

Технологический процесс (ТП) сборочно-монтажного производства печатных узлов состоит из следующих операций: входной контроль комплектующих элементов; комплектация плат и элементов; подготовка плат и элементов к монтажу (рихтовка, формовка, обрезка, флюсование, лужение выводов); пайка; промывка, сушка ПУ; влагозащита; испытание готовых ПУ. Кроме того, ТП может включать операции: электротренировка элементов или готовых ПУ; приклейка готовых элементов к плате и т.д.

Вариантность в сборочно-монтажном ТП появляется на уровне операций и обусловлена различием:

технологий монтажа элементов (планарная, штырьковая, монтаж на поверхность, смешанная);

способов крепления элементов к плате; физико-химических процессов для выполнения операций; конструктивно-технологических типов элементов и плат (вследствие этого разные типы оборудования и транспортно-технологической тары (ТТТ)).

Перспективы развития СМП ПУ в настоящее время связывают с технологией монтажа на поверхность. Одно из главных преимуществ этого монтажа - обеспечение автоматизации сборочно-монтажных операций.

Использование в этой технологии элементов: а) с предварительно отформованными и обрезанными выводами; б) безвыводных;

в) в носителях (лентах, кассетах), которые могут быть использованы непосредственно в автоматизированном оборудовании, - позволяет свести до минимума операции комплектации и подготовку к монтажу. Чтобы исключить подготовку полностью, нужно решить две проблемы, связанные с обеспечением бездефектности поставляемых элементов (что устранил необходимость входного контроля) и высокой паяемости выводов элементов в течение длительного времени (что устранил необходимость их лужения).

С точки зрения характера движения материальных потоков можно выделить операции: а) обработки (изменяют характеристику потоков, но не их число); б) комплектации, сборки, контроля, регулировки, складирования (изменяют число потоков) (рис. 1.1). Строгая последовательность операций в СМП ПУ и их однородность позволяют организовать прямоточное движение материальных потоков.

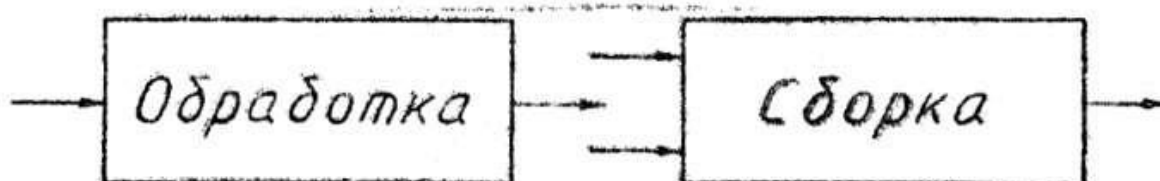


Рис. 1.1. Характер движения материальных потоков для операций типа "обработка" и "сборка"

Некоторые операции можно объединять (принцип концентрации) для выполнения на одном технологическом модуле, например операции установки и пайки элементов и др.

По характеру обработки материальных потоков все операции СМП ПУ можно разбить на следующие группы: 1) технологические, 2) контрольно-регулирующие, 3) вспомогательные.

1. Технологические операции имеют целью изменение каких-либо свойств или характеристик объектов производства с помощью различных видов обработки или объединение (сборку, монтаж) нескольких объектов производства. К технологическим относятся операции:

а) обрабатывающие (подготовка элементов и плат к монтажу, их очистка, сушка, а также влагозащита). Они заключаются в механической (рихтовка, формовка, обрезка выводов элемента), а также физико-химической обработке (флюсование и лужение выводов элементов, отмывка, сушка, лакировка элементов и плат);

б) сборочно-монтажные (закрепление элементов на плате пу-

тем подгибки или подпайки выводов или приклеивание элементов к плате и пайка).

2. Контрольно-регулирующие операции предназначены для контроля характеристик и параметров объектов производства, для диагностики отклонений и их устранения.

3. Вспомогательные операции обеспечивают функционирование производства. К ним относятся:

а) транспортные (межоперационные перемещения элементов, материальных потоков между технологическими и складскими модулями). К ним предъявляются менее жесткие требования по точности;

б) манипуляционные (перемещение объектов производства, материалов, инструмента, тары и т.п. в пространстве). Манипуляционные операции включают в себя локальные перемещения в пределах одного модуля: загрузку/разгрузку плат и элементов, базирование и изменение ориентации плат и элементов, перемещение их между рабочими позициями оборудования, подачу элементов к месту установки/сборки на плате, смену инструментов и монтажных головок, укладку плат и элементов в транспортно-технологическую тару, извлечение/распаковку из тары. К манипуляционным операциям предъявляются высокие требования по точности позиционирования;

в) складские накопительные операции предназначены для временного накапливания элементов материальных потоков. Необходимость этого вызвана неравномерным характером производства и транспортировки. Складирование позволяет: преодолеть несоответствие во времени между поступлением и расходом комплектующих, плат, инструментов и т.п. в процессе производства; изменить характеристики транспортно-технологических партий (тип тары, емкость, способ расположения в таре, ориентацию); осуществить синхронизацию движения разных типов потоков путем их накопления и объединения в один поток.

1.4. Комплектация печатных узлов

Особое место в СМП ПУ занимает операция комплектации. Обычно выполняются следующие действия: поиск нужных элементов, плат и их выдача; распаковка, если это необходимо, из тары изготовителя и укладка в транспортно-технологическую тару. Цели, которые преследуются при этом: комплектная подача необходимых компонентов на сборку; автоматизация основных и вспомогательных операций; укрупнение материальных потоков и, вследствие этого, сокращение потерь

на межоперационную транспортировку, загрузку, выгрузку, перекладку объектов производства; упрощение планирования, подготовки, управления производством путем укрупнения соответствующих информационно-управляющих потоков.

Различают комплектацию:

1) технологическую. Может осуществляться для эффективной подготовки элементов к монтажу на основе двух различных принципов, 1-й предполагает полную однородность элементов в таре (носителе) по функциональным параметрам и конструктивно-технологическим признакам. 2-й допускает в одном носителе элементы, различные по номиналам, но сходные по конструктивно-технологическим признакам (элементы располагаются в носителе в порядке установки их на плате. Такое расположение называется секвенсированием);

2) сборочную. Объединяет элементы платы одного или группы ПУ в один сборочный комплект, что существенно упрощает организацию и управление производством.

Процессы поступления различных комплектующих в производство и подготовки их к монтажу и сборке протекают неравномерно, асинхронно. Поэтому возникает необходимость временного накопления при поступлении комплектующих в производство, а также между операциями, перед подачей на сборку. Участки и цехи обычно имеют в своем составе комплектовочный склад, где хранятся комплектующие и платы, поступившие в производство, а также прошедшие подготовку к монтажу. Комплектация сочетает в себе складские и манипуляционные операции.

Состав и содержание операций по комплектации могут изменяться в зависимости от особенностей производства, используемого оборудования, видов поставки. Так, комплектация может полностью или частично сочетаться с операциями по подготовке элементов к монтажу. Такой принцип используется в некоторых автоматах комплексной подготовки, где ИМС, предварительно уложенные в технологические кассеты, проходят цикл подготовительных операций (формовка, обрезка, флюсование, лужение) и, одновременно, секвенсируются в заданной последовательности и укладываются в технологическую ленту.

Если нет необходимости в перекладке элементов из тары изготовителя в транспортно-технологическую, в распаковке элементов из тары-спутника и секвенсировании (например, когда оборудование может работать с элементами, расположенными в таре изготовителя), то комплектация сводится к чисто складским операциям поиска

и выдачи нужного количества необходимых плат и элементов в носителях (лентах, кассетах и т.п.) и, следовательно, надо организационно выделять ее в участок или цех.

В большинстве случаев элементы поставляют в таре, на пригодной к автоматизации основных и вспомогательных операций; поэтому возникает необходимость в использовании оборудования и рабочих мест для распаковки, укладки в транспортно-технологическую тару, секвенсирования.

Часто комплектацию объединяют с подготовкой элементов к монтажу. Поэтому возникает необходимость организационного выделения ее в отдельную линию, участок, цех в зависимости от объемов производства.

Иногда "сборочная" комплектация может отсутствовать. Например, в производстве с жесткой специализацией отдельных модулей на обработке (сборке) элементов определенного типа или номиналов в модульных поточных линиях. В этом случае формируются комплекты соответствующего типа или номинала для каждого модуля на определенное время (смену, сутки и т.п.).

Может отсутствовать и "технологическая" комплектация. Например, когда элементы подаются в сборку непосредственно в таре изготовителя.

Цели технологической и сборочной комплектаций могут не совпадать. Поэтому, чтобы обеспечить эффективную обработку элементов на операциях подготовки к монтажу, осуществляют в качестве промежуточной технологическую комплектацию, а после этого - окончательную сборочную.

Наиболее эффективным является сочетание принципов технологической и сборочной комплектации. В этом плане представляет интерес группкомплектный способ комплектации. В состав группкомплекта (ГК) входят элементы и платы на некоторую группу ПУ. Конструктивно ГК может представлять собой технологический перемещаемый модуль, в котором расположены комплект плат и соответствующий комплект элементов в технологических носителях. Типы носителей в ГК могут быть разными. Расположение элементов в носителе может быть по номиналам или по конструктивно-технологическим типам с секвенсированием. Сформированный ГК продвигается по всей технологической цепочке и выполняет функции: технологической тары для комплектующих; организационной, комплектной подачи плат и элементов на сборку; транспортного средства; технологического модуля в виде локального накопителя комплектующих, подключаемого

к оборудованию.

Таким образом, ГК обеспечивает сочетание противоречивых целей - эффективного использования оборудования и необходимой комплектности материальных потоков. Кроме того, являясь перемещаемым локальным накопителем комплектующих, который легко и быстро подключается к оборудованию, ГК имеет перед отдельными носителями следующие преимущества: упрощается процесс перезагрузки ГК; сокращаются потери времени на перезагрузку; повышается степень универсальности оборудования, независимости от номенклатуры и конструктивно-технологических типов плат и элементов; появляется возможность оперативного перераспределения материальных потоков с одного модуля на другой при критических ситуациях (например, при отказах модулей). Все это увеличивает организационно-технологическую гибкость производства.

Итак, операция комплектации по своей сути является формой организации материальных потоков.

1.5. Оборудование для сборки и монтажа печатных узлов

К числу важнейших характеристик сборочно-монтажного оборудования, определяющих особенности организационно-технологической структуры СМП ПУ, можно отнести следующее:

- а) степень специализации оборудования;
- б) уровень автоматизации технологических операций;
- в) производительность, стоимость, надежность работы;
- г) особенности внутренней структуры технологических модулей (в частности, локальных накопителей комплектующих), способы взаимодействия с внешней средой (т.е. с другими модулями, транспортной системой по материальным потокам).

Специализацию технологического оборудования для СМП ПУ можно осуществлять: 1) по технологии монтажа, 2) по типу и количеству выполняемых технологических операций, 3) по типам обрабатываемых (собираемых) плат и элементов. Первые два вида специализации можно условно назвать технологической специализацией оборудования.

1. Специализация по технологии монтажа связана с отличиями способов монтажа элементов, влияющих на конструктивные особенности сборочно-монтажного оборудования. В связи с этим можно выделить три группы сборочно-монтажного оборудования: для сборки и монтажа элементов в отверстия на плате; для планарной технологии

монтажа; для монтажа на поверхность. В настоящее время оборудование специализировано по определенной технологии монтажа, несмотря на то что на одном и том же предприятии могут одновременно использоваться различные технологии, даже при сборке одного и того же ПУ.

2. Специализация по типу и количеству выполняемых операций вызвана отличиями в характере технологических операций и в их длительности. В зависимости от типа выполняемых технологических операций сборочно-монтажное оборудование можно разделить на следующие классы:

- а) для входного контроля элементов;
- б) комплекточное (для складирования, распаковки, секвенсирования, укладки элементов в транспортно-технологическую тару);
- в) для подготовки плат к монтажу;
- г) для подготовки элементов к монтажу (рихтовка, формовка, обрезка, флюсование, лужение, напрессовка припоя);
- д) сборочное (для установки, фиксации элементов на плате);
- е) для пайки элементов;
- ж) контрольно-регулирующее;
- з) для очистки, отмычки, сушки плат и элементов;
- и) для влагозащиты (лакировки);
- к) для электротермотренировки, испытаний и т.д.

Современному сборочно-монтажному оборудованию характерно повышение уровня концентрации операций, особенно оборудованию для подготовки элементов к монтажу. Это выражается, в частности, в переходе к автоматам комплексной подготовки элементов, выполняющим весь цикл подготовительных операций. При выборе уровня концентрации операций нужно исходить из производительности оборудования и его стоимости, с одной стороны, и потерь на загрузку/выгрузку, межоперационную транспортировку, хранение, организацию и управление производством - с другой.

Операции установки элементов на плату объединяются с иными операциями в зависимости от технологии монтажа. Автоматы для установки ИМС в DIP - корпусах (штырьковая технология) выполняют и рихтовку выводов, обрезку и подгибку после установки элемента. При установке дискретных ЭРЭ из лент также выполняется формовка выводов нужной формы и размера.

Операции пайки при монтаже в отверстия проводятся, как правило, на отдельных модулях пайки (пайка волной), что обеспечива-

ет эффективную работу оборудования и высокую производительность.

В случае планарной технологии монтажа операция установки может объединяться с пайкой и, в отдельных случаях, с приклейкой элементов к плате. Необходимость объединения пайки и установки возникает из-за того, что элемент после установки должен быть закреплен на плате. Однако, поскольку длительность цикла пайки существенно превышает длительность цикла установки элемента, производительность оборудования в 2-3 раза снижается по сравнению с производительностью сборочно-монтажного оборудования без пайки; при этом стоимость возрастает в 2-3 раза. Поэтому при установке используется фиксация элементов путем подпайки двух диагональных выводов.

При необходимости приклейки элементов к плате совмещение установки, приклейки, пайки нецелесообразно по технологическим причинам, поскольку ухудшается качество клея. Поэтому предусматривается разрыв между операциями для полимеризации клея.

Существуют автоматы, выполняющие весь цикл операций по подготовке элементов к монтажу и их установке. Однако такое объединение операций тлеет недостатки, так как обеспечение качества пайки требует отмывки выводов элементов после флюсования и лужения и последующей сушки.

Известно оборудование, в частности фирмы Siemens (ФРГ), в котором совмещены операции установки и входного контроля электрических параметров ЭРЭ. Монтаж осуществляется двумя головками: 1-я выполняет операцию установки, 2-я выбирает элемент из накопителя и контролирует параметры. Длительность контроля составляет десятки миллисекунд и не влияет на производительность. Возможно также выполнение контроля параллельно с движением элемента к месту установки.

3. Специализация по типам обрабатываемых (собираемых) плат и элементов вызвана конструктивно-технологическими ограничениями оборудования на габаритные размеры плат, типы, типоразмеры корпусов, количество и расположение выводов элементов, их установочные характеристики. Особенно сильное влияние на специализацию оборудования оказывают характеристики элементов ПУ. Это объясняется следующим: а) многообразием форм и размеров корпусов; б) количеством и расположением выводов, их формой и размерами. Поэтому большинство существующего автоматизированного оборудования предназначено для обработки элементов определенного типа.

Так, многие автоматы для планарного монтажа специализируют на выпуске более массовых ИМС типа 401.14, 402.16 , 405.24; при штырьковой технологии - на выпуске ИМС типа 201.14, 201.16, 238.16.

Оборудование для обработки (сборки) дискретных ЭРЭ можно в зависимости от типа последних разделить на две группы: 1) для ЭРЭ с осевыми двенаправленными выводами в цилиндрических корпусах (резисторы, диоды, конденсаторы); 2) для ЭРЭ с радиальными, однонаправленными выводами. В каждой группе существует специализация в зависимости от формы корпуса, установочных размеров, варианта формовки выводов. ЭРЭ крупногабаритные или нестандартной формы, а также точные изделия, светодиоды, переключатели и прочие устанавливаются, как правило, вручную или на АРМ типа светомонтажных столов (СМС).

Оборудование для монтажа на поверхность менее специализировано. Большинство автоматических укладчиков позволяют одновременно устанавливать элементы нескольких различных типов (безвыводные в корпусах типа SOT-23, SOIC , SO-14 и т.д.).

Специализация оборудования по типам элементов затрагивает операции, связанные с обработкой, сборкой элементов, контролем и регулировкой, а также виды транспортно-технологической тары.

Оборудование для пайки, очистки, отмычки, сушки, лакировки специализировано только по габаритным размерам изделий и особенностям технологии.

Дифференциация технологического процесса на отдельные операции для параллельного их выполнения на модулях повышает производительность оборудования, способствует упрощению его конструкции и снижению стоимости. Недостатком узкой специализации является увеличение непроизводительных потерь (на загрузку/выгрузку, межоперационную транспортировку, хранение), количества материальных потоков и единиц технологического оборудования и, вследствие этого, усложнение структуры производства и системы управления им. Большой проблемой при этом является управление распределением потоков по местам обработки (сборки) и обеспечение эффективной загрузки оборудования всех типов. Особенно острой данная проблема становится в условиях гибких производственных систем с переменной номенклатурой выпускаемых ПУ, где могут изменяться как типы материальных потоков элементов, так и их интенсивность. В этих условиях жесткая специализация оборудования в отдельные периоды времени может приводить к перегрузке одних

типов оборудования и недогрузке других.

Концентрация операций снижает упомянутые непроизводительные потери, упрощая планирование и управление потоками, но, однако, уменьшает и показатели эффективности оборудования (стоимость, производительность). В связи с этим выбор оптимального уровня концентрации должен обеспечивать компромисс между перечисленными факторами.

Основными частями оборудования по отношению к обрабатываемым элементам являются: рабочие органы (формовочные штампы, рихтующие головки, ванны флюсования и лужения и др.); транспортно-манипуляционные органы (захваты, установочные голоши, транспортные каретки и др.); накопители комплектующих (НК) элементов, блоки поиска и выдачи (выборки) элементов и НК.

Повышение уровня универсальности оборудования достигается следующим:

а) применением автоматически переналаживаемых (заменяемых) по программе рабочих и транспортно-манипуляционных органов;

б) использованием в составе оборудования различных НК и устройств загрузки (бункерных, кассетных, ленточных), устанавливаемых одновременно, легко заменяемых и переналаживаемых;

в) объединением рабочих и транспортно-манипуляционных функций (промышленные роботы со сменными захватами).

Автоматическая смена рабочих и транспортно-манипуляционных органов решается различными техническими средствами: с помощью магазинов, накопителей инструментов, револьверных барабанов и т.п.; путем изменения размера и формы самого органа (например, раздвижного штампа).

Что касается универсальных промышленных роботов (ПР), то они невысоки по точности, дороги и малопроизводительны. Большая их стоимость по сравнению со сборочными автоматами во многих случаях объясняется функциональной и, следовательно, аппаратной избыточностью: универсальные ПР имеют большое количество степеней свободы, тогда как при сборке достаточно движения по трем координатам. Малая производительность объясняется дискретным характером движения ПР, а также тем, что операции по захвату и установке выполняются последовательно. Производительность робототехнического комплекса (РТК) составляет сотни элементов в час, а сборочных автоматов - тысячи элементов в час.

Создание сборочных центров на базе ПР ведется следующими путями:

а) для повышения точности используются средства адаптации и системы технического зрения;

б) для уменьшения стоимости упрощается конструкция, вплоть до применения 1-3-координатных манипуляторов;

в) для повышения производительности используется несколько ПР, которые работают параллельно - один захватывает, другой в это время устанавливает элемент. Причем функции по захвату, транспортировке и установке могут быть разделены. В этом случае один робот может выполнять функции транспортировки элемента в рабочую зону, а второй - захват в рабочей зоне и установку. Кроме того, применяются многозахватные ПР (кистевые), позволяющие сразу захватить несколько элементов.

Благодаря таким подходам за рубежом был разработан ряд сборочных центров с достаточно высокой производительностью, точностью и умеренной стоимостью. Так, роботизированная установка CAR-2000 фирмы Control Automation (США) обеспечивает производительность 900-1800 эл/ч (точность $\pm 0,025$ мм, стоимость 37 тыс. долл.). Система Cybervision III Automatics (США) имеет производительность 360-720 эл/ч и оснащена адаптивным ПР с сенсорными датчиками. Сборочный центр CIM-735 (фирма Audlin Automation США), оснащенный системой технического зрения (СТЗ) и имеющий в своем составе робот IBM-7535, обеспечивает установку нестандартных ЭРЭ со скоростью 2000 шт./ч (стоимость 75 тыс. долл.). ПР может захватывать одновременно 4, 6 к 8 элементов с помощью захвата в виде револьверной головки.

Роботизированный сборочный центр НПО ЛЭМЗ, оснащенный несколькими ПР для транспортировки и установки элементов и магазиномсменных захватов, обеспечивает производительность 1200 эл/ч. Сборочные центры, имеющие в своем составе два параллельно работающих ПР, обеспечивают производительность около 2000 эл/ч.

Основные направления в роботизации сборочно-монтажного оборудования сводятся к разработке высокопроизводительных РТК (для массовых элементов стандартной формы) и более сложных, дорогостоящих РГК со средствами адаптации, СТЗ, сенсорными датчиками (для элементов, сравнительно редко применяемых, имеющих нестандартную форму).

По степени автоматизации выполняемых операций существующее сборочно-монтажное оборудование можно разделить на следующие классы:

- 1) оборудование или средства технологического оснащения

(СТО), где все операции выполняются вручную;

2) полуавтоматизированное оборудование (полуавтоматы или автоматизированные рабочие места (АРМ));

3) оборудование с автоматизацией основных технологических операций;

4) оборудование автоматизацией как основных, так и вспомогательных операций - загрузки/выгрузка, переналадки, перезагрузки накопителей комплектующих.

Ко 2-му классу относятся полуавтоматы, в которых вручную производится загрузка элементов, а основные операции (например, подготовке элементов к монтажу) выполняются автоматически. Сюда же можно отнести АРМ типа СПС, где автоматизированы поиск и индикация элемента в накопителе комплектующих и места установки на плате. Основная операция - установка элемента - выполняется вручную. В некоторых СМС автоматизируется и выдача элемента из накопителя. В АРМ такого типа для монтажа на поверхность степень автоматизации еще выше. Здесь оператор выполняет только выравнивание установочной головки для обеспечения точности позиционирования и контроль за установкой, используя СТЗ или увеличительную оптику. Сама установка выполняется автоматически по команде оператора после позиционирования.

К 3-му классу оборудования относятся большинство существующих автоматов подготовки и установки элементов на платы. Операции загрузки/выгрузки, переналадки, перегрузки НК выполняются оператором вручную.

К 4-му классу относятся существующие и разрабатываемые ГПМ. Выполнение операций по загрузке/выгрузке, переналадке, перегрузки НК может осуществляться по-разному:

во—первых, эти операции могут выполняться транспортно-манипуляционными ПР, манипуляторами, устройствами, которые обслуживают группу оборудования, и кроме того, выполняют межоперационную транспортировку

во-вторых, могут быть использованы групповые (обслуживающие группу модулей) либо индивидуальные (в составе каждого модуля) ПР, манипуляторы, устройства, выполняющие только манипуляционные операции (загрузка/выгрузка плат, переналадка, перегрузка НК);

в-третьих, эти операции могут быть выполнены рабочими ПР, манипуляторами, устройствами, выполняющими основные технологические операции.

Локальные накопители, особенно НК, играют особо важную роль в СМП ПУ большой интенсивности и с большим количеством типов комплектующих. От общей емкости накопителей зависят степень автономности работы отдельных модулей без дополнительного обслуживания (перегрузки, транспортировки) и реальная производительность оборудования. Большое значение имеет и количество номиналов элементов в накопителе: все вместе они не должны приводить к его перегрузке при обработке (сборке) одного или комплекта ПУ. Организация и конструкция накопителей сильно влияют на производительность оборудования.

НК обычно представляет конструкцию, в которой размещены в отдельных технологически: носителях (лентах, кассетах и т.п.) элементы. Конструкции могут быть разного типа: линейные, в виде горизонтально или вертикально замкнутых транспортеров с чашками, тарельчатые с секторами, стеллажные, барабанные, карусельные, в виде стопки матричных кассет, лотковые, бункерные и т.п.

Важной характеристикой НК является способ доступа к отдельной позиции накопителя (одному носителю): последовательный; произвольный к любой позиции; произвольно-последовательный, когда к определенной зоне он осуществляется последовательно, а внутри нее - произвольно.

Способ извлечения элементов из отдельного носителя определяется его типом и особенностями оборудования. Ручное извлечение используется обычно в АРМ типа СМС и при комплектации. В этом случае (ложно автоматизировать перемещение нужной позиции НК в зону выдачи и использовать световую индикацию позиции).

Установка извлеченного элемента в рабочую зону может осуществляться перемещением элемента, позиционированием НК или тем и другим одновременно. Для увеличения производительности используется групповая выборка элементов с одной или нескольких позиций (многорядный захват).

Для исследования влияния способов организации НК и его характера на производительность оборудования полезно провести аналогию с организацией хранения к считывания информации в вычислительных системах. Производительность системы в том и другом случаях определяется следующим: характеристиками обрабатываемых потоков (информационных и материальных); характеристиками их организации в отдельные структуры (файлы, носители); способами (методами) доступа к этим структурам, к элементам внутри структур;

количеством одновременно считываемых элементов (размеры буферов, блоков); последовательностью обращения к различным элементам (структурам); физическими размерами областей, занимаемых элементами и структурами (число секторов, цилиндров, дорожек, зон и т.п. на носителях информации, размеры накопителей, носителей и их число в НК); организацией расположения структур в памяти, емкостью единиц памяти (томов, накопителей); скоростными характеристиками устройств считывания, временем перезагрузки (смены) носителей (единиц памяти).

В обоих случаях традиционные организационные методы, используемые для повышения производительности, заключаются в следующем: упорядочении организации элементов внутри структуры, а также оптимальной организации самих структур и их размеров; оптимизации расположения их в памяти; оптимальном распределении по единицам памяти; выборе размеров буферов, блоков и их количества; организации отдельного (одновременного) доступа к одной и той же памяти для считывания (выборки) и записи (загрузки) в память.

1.6. Комплекты сборочно-монтажного оборудования

В условиях большого разнообразия узкоспециализированных видов сборочно-монтажного оборудования большое значение имеет разработка серийных комплектов или комплексов линий оборудования, совместимых между собой и охватывающего все необходимые операции технологического процесса.

Совместимость оборудования предполагает и совместимость: технологии монтажа элементов; типов выполняемых операций; видов используемой транспортно-технологической тары; типов обрабатываемых элементов; информационного обеспечения и системы управления; способов комплектации.

В настоящее время создан ряд комплектов отечественного оборудования, ориентированного на определенную технологию монтажа и определенные типы элементов; разрабатываются сборочно-монтажные ГПМ. Для обеспечения совместимости оборудования по планарному монтажу большинство из них ориентируется на базовый носитель - кассету типа "Палмис" ("Прогресс") с некоторыми доработками.

Однородность и упорядоченность по последовательности операций сборочно-монтажных ТП создают предпосылки для организации прямого движения потоков от операции к операции. Поэтому

большинство современных автоматизированных сборочно-монтажных комплексов, в том числе ГПС, ориентированы на линейную компоновку. По этой же причине в большинстве сборочно-монтажных ГПС в качестве автоматизированного транспорта используются различного рода конвейеры (в отличие от ГПС механообработки, где чаще используются транспортные тележки).

2. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

2.1. Классификация форм организации, их сущность и анализ

Организация производства предполагает упорядочение структуры производственной системы и движения штоков в ней в пространства и времени. Главная цель при этом - обеспечение эффективности функционирования системы (т.е. заданной производительности при минимуме: длительности производственного цикла, объема незавершенного производства, затрат на создание и функционирование производства).

С формальной точки зрения выбор способа организации производства означает поиск наиболее рационального способа декомпозиции системы в целом на отдельные подсистемы - цехи, участки, линии. Это сводится к решению двух следующих задач:

1) определение формы организации производства, т.е. способа разбиения производственных мощностей предприятия (оборудования, персонала) на отдельные подсистемы (подразделения) - цеха, участки, линии - и определение их специализации по видам или объектам обработки (сборки);

2) организация материальных потоков в процессе обработки или сборки. Особая актуальность решения этих задач для СМП ПУ объясняется большим количеством типов материальных потоков и большой интенсивностью их движения.

Системный подход требует, чтобы эти задачи были рассмотрены как внутри СМП ПУ, так и вне его, т.е. чтобы было определено, какое место занимает СМП ПУ в организационной структуре всего предприятия и как оно взаимодействует с другими подразделениями в рамках этой структуры.

Форма организации производства определяет вид специализации подразделений - участков, линий, цехов. Необходимость этого вызвана специализацией используемого оборудования по типам обраба-

тываемых объектов производства и выполняемым технологическим операциям.

В настоящее время принципы организации многономенклатурных серийных мелкосерийных производств, в том числе и ГПС, основываются на замкнутых формах организации и использовании методов группового производства. Главная идея групповой организации производства заключается в концентрации изготовления близких по конструктивно-технологическим особенностям изделий в специализированных подразделениях. Такой принцип является достаточно универсальным. В связи с этим представляет интерес рассмотреть его применительно к СМП ПУ, так как имеется благоприятная предпосылка для такого подхода - высокая технологическая однородность СМП ПУ.

Известны несколько форм организации производства. Из них можно выделить две:

1) технологическая или функциональная специализация, когда в отдельные подразделения (цехи, участки) объединяют оборудование по видам обработки;

2) замкнутая, когда в пределах одного подразделения (цеха или участка) выполняется весь цикл технологических операций по обработке (сборке) изделий или их составных частей - узлов, деталей.

Среди замкнутых видов специализации имеются следующие разновидности:

предметно-замкнутая, когда цех или участок специализируется на обработка определенной номенклатуры изделий, узлов, деталей;

подетально-замкнутая (целевая, групповая), когда цех или участок специализируется на обработке определенных конструкторско-технологических групп изделий, узлов, деталей;

технологически замкнутая [8], когда группа изделий, узлов, деталей, обрабатываемых в цехе или на участке, подбирается по преобладающим видам обработки.

В технологической форме главной целью является улучшение использования (загрузки) оборудования на отдельных операциях; при этом все множество оборудования разбивается на отдельные структуры (цехи, участки) "поперек" маршрутов обработки изделий.

В замкнутой форме главной целью является сокращение длительности производственного цикла и объема незавершенного производства, поэтому все множество оборудования разбивается на

структуры вдоль технологических маршрутов.

Сравнение этих видов специализации достаточно подробно проведено в литературе [4, 8]. Замкнутые формы наиболее отвечают эффективности производства, современным методам организации и управления производством, основанным на принципах построения сложных систем. Недостатки технологической специализации заключаются в следующем: большие межоперационные потери на транспортировку, складирование, учет и контроль; сложность технологических маршрутов; трудность планирования и диспетчеризации производства на верхнем уровне управления; ориентация на объемные показатели работы и отсутствие заинтересованности производственного персонала в конечных результатах. При этом имеются и определенные достоинства: возможность более гибкого и равномерного использования оборудования, взаимозаменяемость; простота его обслуживания, ремонта; простота управления участками или цехами.

Преимуществами замкнутых форм организации производства является ориентация на работу по конечному результату, когда на выходе имеется готовое, конструктивно законченное изделие. Это обеспечивает соответствие интересов производства в целом и коллектива цеха, участка, способствует внедрению современных методов хозяйствования - внутреннего хозрасчета, бригадных форм оплаты труда и т.п. Замкнутая форма обеспечивает непрерывность и прямолинейность материальных потоков, что снижает межоперационные потери времени на транспортировку и "пролеживание". С системной точки зрения замкнутая форма сокращает внутрисистемные связи при движении материальных и информационно-управляющих потоков. Происходит более сильная децентрализация функций организации, планирования, учета, контроля, диспетчеризации производства. Предприятие освобождается от функций межоперационного управления. Они передаются в цех или участок, что обеспечивает более эффективную работу системы в целом, повышает устойчивость ее функционирования.

И в условиях замкнутой формы организации может появиться необходимость в технологической специализации отдельных видов оборудования, например по причине недостаточной загрузки или специализированной химической обработки, требующей отдельных помещений.

Замкнутые формы организации, как более перспективные и прогрессивные, являются основой построения ГПС.

2.2. Анализ организации производства электронно-вычислительных и радиоэлектронных средств

На предприятиях по выпуску ЭВС, в составе которых имеется СМП ПУ, на уровне основных цехов применяется та или иная замкнутая форма организации производства. Например, структура типичного предприятия по выпуску универсальных ЭВМ серии ЕС выглядит следующим образом:

- цех производства печатных плат;
- цех сборки и монтажа печатных узлов;
- цех изготовления соединительных устройств (жгутов, кабелей);
- цехи заготовительные;
- цехи механической обработки (изготовление деталей, каркасов, рам, стоек);
- цехи объемного монтажа (сборка электронных модулей 2-го и 3-го уровней - блоков, шкафов, стоек);
- цех генеральной сборки и наладки ЭВМ.

В каждом цехе выполняется весь цикл работ по изготовлению (сборке) отдельных, конструктивно законченных изделий (модулей) различного уровня иерархии. При больших объемах работ и большой номенклатуре изделий отдельные цехи могут специализироваться на изготовлении (сборке) отдельных узлов или блоков ЭВМ либо отдельных типов ЭВМ.

Сборочно-монтажное производство ПУ в составе предприятий организуется по-разному. Часто оно выделяется в отдельный цех. При больших объемах производства может быть несколько цехов, специализирующихся по номенклатуре ПУ, изделий либо по конструктивно-технологическим типам ПУ.

На предприятиях с единичным и мелкосерийным производством СМП ПУ организационно может входить в состав цеха, в котором осуществляется сборка электронных модулей 2-го и 3-го уровней.

Аналогичная организация производства и на серийных предприятиях с большими объемами производства, где ПУ составляют большую часть конструкции выпускаемых изделий. Примером такого предприятия может служить типичный завод по выпуску персональных ЭВМ. На заводе в одном производстве выполняется весь цикл операций по изготовлению ПЭВМ:

сборка ПУ, входящих в состав ПЭВМ;

изготовление пластмассового корпуса для центральной части ЭВМ;
сборка, контроль, испытание центральной части ПЭВМ;
комплектация периферийными устройствами (терминал, клавиатура, принтер, внешняя память) и упаковка.

Внутри СМП ПУ традиционно используется технологическая специализация участков по операциям (комплектация, подготовка к монтажу, сборка, пайка, контроль, влагозащита, отмывка, очистка и сушка). Вместе с тем на операциях подготовки к монтажу и сборки используется специализация по конструктивно-технологическим типам элементного состава ПУ. При этом делят ПУ на две группы - "логические" (цифровые с преобладанием ИМС) и "специальные" (аналоговые с преобладанием дискретных ЭРЭ). Каждый участок оснащается комплектом оборудования, специализированного на обработке (сборке) отдельной группы.

Используется и предметная специализация по номенклатуре блоков, изделий, в которые входят ПУ.

Замкнутые формы целесообразно применять и для организации участков и линий СМП ПУ. Поскольку сборочно-монтажное оборудование и транспортно-технологическая тара в автоматизированном СМП ПУ специализированы по типам плат и элементов, возникает вопрос о специализации участков и распределении по ним потоков плат и элементов.

Наиболее приемлемой для СМП ПУ формой организации, обеспечивающей большую гибкость и независимость от номенклатуры собираемых ПУ, является специализация участков по конструктивно-технологическим группам ПУ. Основные положения такой специализации на механообрабатывающего производства достаточно хорошо разработаны и освещены в литературе [4]. Они базируются на методах группового производства. Все множество деталей, обрабатываемых цехом, разбивается на группы, характеризующиеся близостью конструктивно-технологических параметров, общностью технологических маршрутов. Под выделенные в результате такого анализа группы подбираются комплекты оборудования с учетом количества деталей в группах и объемов работ на каждой операции. Эти комплекты оборудования и составляют основу специализированных участков. Причем большие участки разбивают на несколько одинаковых, в соответствии с известными из теории и практики организации производства нормами управляемости. Такой подход широко используется

ик при проектировании организационно-технологических структур ГПС механообработки [2, 4].

Аналогичный подход целесообразно использовать и для СМП ПУ. Конструктивно-технологической группы ПУ формируются на основе анализа различий (технология монтажа, конструктивно-технологические характеристики элементов и плат), которые вызывают необходимость использования разных типов сборочно-монтажного оборудования и транспортно-технологической тары. Специализация участков может быть организована на базе трех групп ПУ - логических, памяти и специальных. Возможна и предметная специализация участков (по номенклатуре ПУ или комплектующих элементов), а также сочетание групповой и предметной организации. Степень и вид специализации участков определяются для каждого конкретного производства в зависимости от типа производства, характеристик ПУ, объемов выпуска, уровня специализации выпускаемого оборудования и тары.

Организационно-технологическая структура СМП ПУ при групповой специализации участков и замкнутой форме их организации имеет вид, изображенный на рис. 2.1.

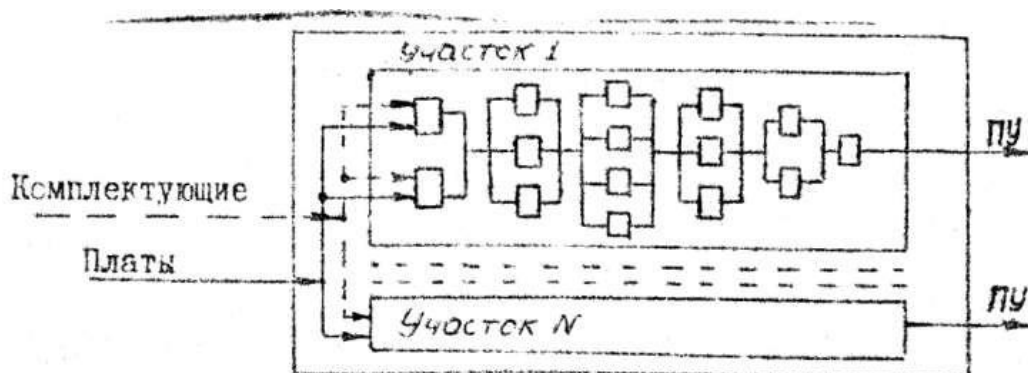


Рис. 2.1. Организационно-технологическая структура цеха СМП ПУ

2.3. Организационные особенности материальных потоков в сборочно-монтажном производстве печатных узлов

С системных позиций материальные потоки в СМП ПУ можно разделить на внешние (печатные платы, комплектующие, поступающие в СМП ПУ, а также готовые ПУ) и внутренние (потоки плат, комплектующих и ПУ), циркулирующие в процессе сборочно-монтажного производства. Анализ организационно-технологических особенностей этих потоков будем проводить по следующим факторам:

а) способы

организации (упорядочения) формирования этих потоков; б) особенности используемой транспортно-технологической тары.

В условиях многономенклатурности и массовости потоков СМП ПУ возникают две проблемы:

1) обеспечить автоматизированную обработку (сборку) транспортировку, загрузку/выгрузку, хранение большой номенклатуры и большого количества плат и комплектующих элементов;

2) обеспечить организованную, комплектную подачу необходимых элементов и плат в нужный момент времени на сборку, сократив при этом до минимума простой оборудования, а также объем незавершенного производства и длительность производственного цикла.

1-я проблема типична для современного автоматизированного производства, в частности ГПС. Она решается следующими путями:

а) использованием такой транспортно-технологической тары, которая позволяет хранить в упорядоченном виде объекты обработки, осуществлять автоматизацию вспомогательных операций загрузка, выгрузки, транспортировки, хранения;

б) применением программно-управляемого переналаживаемого оборудования;

в) группированием объектов по сходным конструктивно-технологическим свойствам в конструктивно-технологические группы или объединением их в однородные партии.

2-я проблема решается с помощью различных способов комплектации. Малые габаритные размеры элементов при большом их количестве вызывают необходимость объединения их в транспортно-технологические партии (комплекты), размещаемые в одном или нескольких транспортно-технологических носителях (единицах тары), т.е. необходимость использования групповой транспортно-технологической тары. Это позволяет сократить количество транспортных операций, а также операций переналадки и перегрузки НК сборочно-монтажного оборудования.

Таким образом, методы групповой организации производства в СМП ПУ могут использоваться на уровнях групповой обработки: ПУ на специализированных участках; элементов на отдельных операциях.

Рассмотренные ранее способы комплектации относятся к внутренней комплектации СМП ПУ.

При сборке блоков, стоек и самого изделия, содержащих ПУ, имеют место следующие способы внешней сборочной комплектации: машино- или сутко-комплектный, комплектно-узловой, комплектно-

групповой, комплектно-приборный, позаказный. Применяемость того или иного способа определяется типом производства, стабильностью и повторяемостью выпуска, объемом номенклатуры изделий, их составом и т.п.

Из указанных способов применительно к СМП ПУ представляет интерес комплектно-приборный [8]. Рассмотрим его в связи с замкнутой формой организации производства.

Изделие или его часть по составу разбивают на многоуровневые организационно-технологические комплекты. Само изделие считается комплектом 1-го порядка. Далее, в соответствии со специализацией цехов, в составе изделия выделяют комплекты 2-го порядка. Число различных комплектов 2-го порядка равно числу цехов предприятия, организованных по замкнутой форме. В состав комплекта для каждого цеха входят те части изделия, которые полностью обрабатываются (собираются) в этом цехе. Такие комплекты будем называть также цеховыми комплектами (ЦК).

Каждый комплект 2-го порядка (ЦК) по составу разбивают на комплекты 3-го порядка, в соответствии со специализацией участков в данном цехе. В комплект 3-го порядка входят те части изделия, которые полностью обрабатываются (собираются) на участке данного типа. Такие комплекты будем называть участковыми комплектами (УК).

В отличие от системы прибор - комплект УК ориентируются не на конкретный участок, а на его тип, поскольку в цехе может быть несколько одинаковых участков. Определение конкретного участка данного типа осуществляется на этапе оперативного планирования в цехе на основе объемов производства (числа изделий и их номенклатуры).

Количество различных УК для цехового комплекта изделия (узла) равно количеству типов участков, организованных по замкнутой форме в данном цехе.

Таким образом, внешними для сборно-монтажного производства являются комплекты ПУ 2-го порядка (ЦК), а для его участков - комплекты ПУ 3-го порядка (УК).

Поскольку УК формируются без учета особенностей автоматизированного СМП ПУ, а тленно ограниченной емкости транспортно-технологической тары, здесь еще необходим и четвертый уровень - комплекты 4-го порядка - транспортно-технологические комплекты, или группкомплекты (ПС). Комплекты 4-го порядка образуются

путем разбиения УК на транспортно-технологические партии с учетом емкости соответствующей тары.

Цеховые и участковые комплекты формируются на этапе технологической подготовки производства в расчете на одно изделие (узел).

Группкомплекты формируются на этапе оперативного планирования в цехе исходя из количества и видов изделий, запускаемых в производство, и, следовательно, количества и видов комплектов 3-го порядка (УК), а также емкостей транспортно-технологической тары.

Состав изделия, "привязанный" к организационно-технологической структуре предприятия, представляется в виде иерархии организационно-технологических комплектов его частей: на уровне цеха - ЦК, на уровне участка - УК, на уровне рабочего места - ПС.

Если рассмотренные способы организации структуры производства на основе замкнутой формы и групповой специализации способствуют достижению минимального производственного цикла путем упорядочения маршрутов обработки потоков и снижения потерь времени на вспомогательных операциях, то в данном случае те же цели достигаются путем укрупнения потоков за счет сокращения количества их типов (сборочная комплектация) и укрупнения элементов внутри потоков каждого типа (технологическая комплектация). И в том и в другом случае, кроме того, достигается упорядочение и укрупнение соответствующих информационно-управляющих потоков, в результате чего упрощается система проектирования, подготовки и управления производством. Сочетание принципов внутренней и внешней сборочной комплектации, а также технологической позволяет обеспечить согласование внешних задач СМП ПУ (комплектное изготовление ПУ в интересах всего предприятия) с внутренними (обеспечение его эффективности).

Описанные способы организации производства и комплектации позволяют говорить об организационно-технологическом группировании объектов производства и, соответственно, организационно-технологической его подготовке, которая основана на сочетании конструкторско-технологического группирования, привязки групп к организационно-технологической структуре производства и формирования организационно-технологических комплектов по принадлежности элементов групп различным изделиям или их узлам. Такая подготовка является составным компонентом систем проектирования производства, а также ИАСУ производством.

2.4. Организационно-технологическая структура СМП ПУ

Рассмотрим варианты структуры СМП ПУ на базе автоматизированного комплекса (СМК) "Афон" (рис. 2.2). В его состав входят следующие технологические модули и автоматизированные рабочие места (АРМ):

АРМ комплектации плат и элементов (АРМ-К); модули формовки (МФ) ИМС; модули лужения (МЛ) ИМС; АРМ установки (сборки) элементов на плату (АРМ-С); автоматы лазерной пайки "Ара-4"; контрольно-диагностическая аппаратура (КДА.) типа "Севан-2"; установки для отмычки и очистки плат типа УЗВФ; шкафы для сушки и полимеризации типа СНОЛ.

Кроме того, в состав СМК могут входить автоматы типа АКПР-2,3 и автоматы комплексной подготовки к монтажу дискретных ЭРЭ.

Комплекс предназначен для автоматизации всего цикла сборочно-монтажных работ по изготовлению ПУ. Основу автоматизации составляют программно-управленческие АРМ (АРМ-К, АРМ-С), автоматы "Аракс-4", "Севан-2" и автоматы без ЧПУ (МС, МЛ). Область применения - опытное и мелкосерийное производство.

В комплексе принята группкомплектная организация сборки, согласно которой множество всех ПУ, планируемых на текущий период времени, разбивается на определенные группы. На каждую из них формируется комплект входящих в ее состав плат и элементов - ГК. Далее ПС продвигается по технологической цепи подготовка к монтажу - сборка - пайка. ГК формируется в одной транспортно-технологической таре - модуле группкомплекта (МГК).

Конструктивно МГК представляет собой транспортную тележку, в которой размещены технологические носители для элементов, накопитель плат, приводы технологических носителей, световая индикация текущего носителя, кабели для подключения МГК к источнику питания и локальным системам управления технологического оборудования.

В зависимости от состава элементов ПУ предусматриваются два варианта МГК.

МГК-1 ориентирован на сборку ПУ логического типа, в составе которых имеются большое количество ИМС различных номиналов в корпусах типа 401.14 , 402.16 , 405.24, а также небольшое количество номиналов дискретных ЭРЭ.

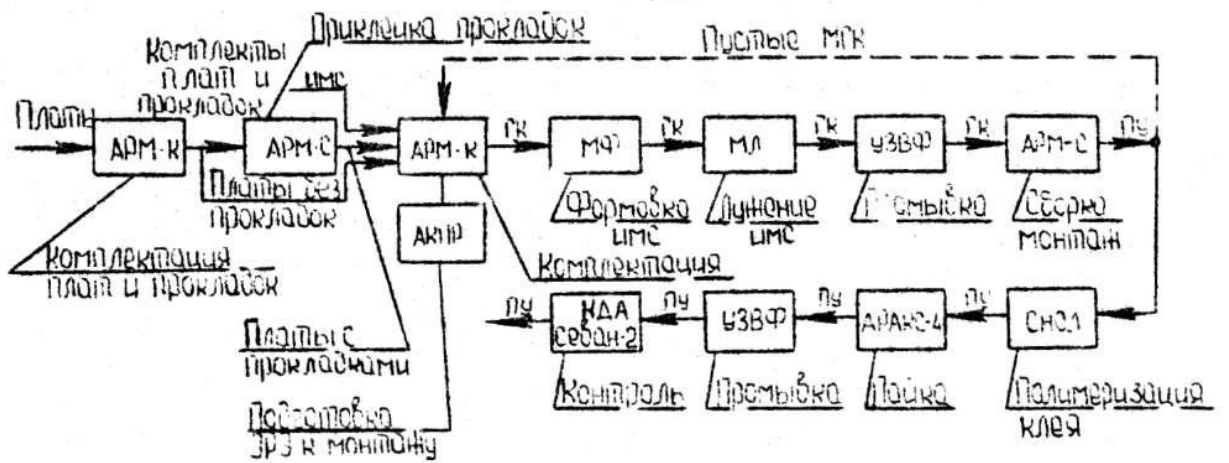


Рис. 2.2. Структура комплекса "Афон"

В МГК-1 применяются ленточные носители (7 шт) для ИМС, а также чашки (12 шт) для ЭРЭ, При расположении элементов в ленте используется секвенсирование - упорядочение при следовании ПУ в ГК и установке элементов на плату. Элементы в чашках располагаются по номиналу. ИМС укладываются в специализированные ленты неподготовленными к монтажу, а в универсальные ленты и чашки - подготовленными.

МГК—2 ориентирован на произвольные типы и номенклатуру элементов. Конструктивно он представляет собой мини-накопитель элеваторного типа, в ячейках которого располагаются элементы.

АРМ комплектации строятся на базе складских модулей (стеллажей) элеваторного типа. Каждый АРМ-К представляет собой группу стеллажей (1-3 шт.), имеющих по 40 полок с восемью ячейками каждая, в которые размещаются элементы. Управление АРМ-К осуществляется от локальной АСУ АРМ-К (см. рис. 2.2), Каждый стеллаж имеет: кнопочный пульт для управления работой в автономном режиме и от системы управления АРМ-К; устройство индексации нужной ячейки на полке в рабочей зоне стеллажа; место-разъем для подключения МГК.

АРМ-К может выполнять три типа операций: 1) загрузку элементов в стеллаж; 2) комплектацию ГК (раскладку плат и элементов в МГК согласно составу ГК); 3) выдачу элементов из стеллажа в диалоговом режиме по запросу оператора. Группа разных АРМ-К образует автоматизированный комплекточный склад (или участок) СМИ ПУ. Все операции проводятся под управлением АСУ АРМ-К.

Один из возможных вариантов организации процесса, сборки ПУ в СМК "Афон" можно представить следующей структурой (см. рис. 2.2). Сначала осуществляется комплектация плат в ГК. При больших объемах производства и большой номенклатуре ПУ может быть выделено отдельное рабочее место, аналогичное по составу АРМ-К, в стеллажах которых хранятся платы. При небольших объемах рабочее места комплектации плат может быть совмещено с рабочим местом комплектации элементов. Комплектация плат осуществляется в диалоге с оператором под управлением АСУ АРМ-К. Программа выводит на терминал десятичные номера плат из ГК, при необходимости позиционирует нужную полку стеллажа с платами и подсвечивает нужную ячейку. Оператор-комплектчик берет нужные платы в необходимом количестве, устанавливает в накопитель плат МГК и подтверждает выполнение своих действий.

Для ПУ, у которых элементы устанавливаются на прокладки,

осуществляется приклейка прокладок к платам. Для этого осуществляется комплектация нужного количества прокладок соответствующего типа в МГК с использованием АРМ-К.

Укомплектованный платами и прокладками МГК подается на рабочее место приклейки, организованное на базе АРМ-С. АСУ АРМ-С подсвечивает чашки МГК, откуда необходимо взять прокладку нужного типа, и зоны посадочного места на плате, куда ее нужно приклеить. Далее осуществляется полимеризация клея.

Параллельно этому может проводиться подготовка к монтажу дискретных ЭРЭ на автоматах ЛКПР. В целях повышения эффективности использования автомата этот процесс целесообразно организовать по всей номенклатуре ЭРЭ на некоторое множество ГК, планируемое к изготовлению на данный период времени (сутки, недоля и т.д.). Комплектация элементов проводится с использованием АРМ-К.

Сформированный ГК подается на модули формовки, лужения и очистки ИМС и, далее, на сборку (АРМ-С), пайку, очистку, контроль и регулировку ПУ, АРМ-С представляет собой оборудование типа СМС. Функцию накопителя в АРМ-С выполняет МГК, подключенный к АРМ-С.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

3.1. Вводные замечания

Теоретической основой автоматизации проектирования СМП ПУ и создания ИАСУ является построение единых концептуальных моделей объектов производства, элементов производственной системы (ПС) и моделей функционирования ПС на всех этапах (проектирование - производство - управление производством). Такое единство позволяет обеспечить сквозной информационный обмен между отдельными подсистемами, исследовать всю систему в целом, определить наиболее рациональные варианты ее организации и подобрать наиболее подходящие методы организационного управления как при проектировании ЕС, так и при ее эксплуатации.

Предлагаемый далее подход к построению концептуальных моделей ПС основан на обобщения и развитии понятий, традиционно используемых при системном, математическом и имитационном моделировании различного рода сложных систем, а также при проектировании, разработке информационно управляющих систем и сетей и

управлении этими системами.

Целесообразность такого подхода можно обосновать следующими обстоятельствами:

а) эти понятия являются достаточно общими. С их помощью удобно проводить аналогии между ОТС и ИУС, обосновывать взаимное использование методов и моделей при исследовании и проектировании ОТО и ИУС;

б) современному автоматизированному производству (например, ГПС) присуще применение ЭВМ на всех уровнях управления, поэтому ОТС можно рассматривать как специфическую подсистему в составе ИУС на всех уровнях иерархии: технологический модуль, участок (линия), цех, предприятие.

Эффективность подхода, основанного на едином концептуальном представлении моделей ОТС и ИУС подтверждается тем, что из области моделирования систем он распространяется в область управления этими системами. За основу построения моделей ПС примем ресурсный или сетевой подход.

3.2. Основные понятия, используемые для построения моделей

ПС можно представить в виде моделей: системной динамики объектов обработки (материальных и информационно-управляющих потоков); структурной (состав элементов ПС); управления обработкой потоков.

Структурная модель (или модель структуры) является статической и включает: а) элементы системы - системные ресурсы, с помощью которых осуществляется обработка потоков; б) связи между элементами системы - маршруты обработки, задающие допустимое направление движения потоков при обработке. Структурную модель графически можно изобразить в виде ориентированного графа (сети): его вершины (узлы сети) - это системные ресурсы, а дуги, соединяющие вершины, - маршруты.

В процессе функционирования системы элементы потоков перемещаются между узлами сети по дугам согласно допустимым маршрутам обработки. В каждом узле происходит обработка элемента потока (потребление или использование ресурса). Выбор направлений движения среди допустимых осуществляется с помощью алгоритма или правил, задаваемых моделью системы управления.

Будем различать ресурсы активные (процессоры) и пассивные ("память"). Процессоры преобразуют (обрабатывают) элементы пото-

ков. К процессорам относятся технологические и транспортные модули, узлы и блоки модулей, процессоры ЭВМ, а также более крупные элементы (линии, участки, цехи) - в зависимости от степени детализации модели.

К "памяти", которая выполняет функцию накопления элементов потока, относятся склады, накопители, различные виды групповой тары (кассеты, ленты, магазины и др.), а также устройства памяти ЭВМ, базы данных.

Ресурсы могут иметь определенный тип (специализацию) в зависимости от выполняемых операций и типов обрабатываемых или накапливаемых элементов. Каждый ресурс определенного типа может иметь ряд характеристик: производительность процессора, емкость памяти, надежность работы и т.д.

Элементы потоков могут быть также разделены на типы. Каждому типу соответствует свой маршрут обработки, свои характеристики потребления ресурсов (время обработки, емкость памяти), интенсивность движения и т.д.

Структурные элементы системы, штоков, а также процессы их обработки могут быть представлены разным уровнем детализации. В табл. 3.1 приведены уровни детализации организационно-технологической структуры СМП ПУ. Каждый структурный элемент системы, потока на разных уровнях обладает соответствующими характеристиками.

Таблица 3.1 Уровни детализации структурной модели СМП ПУ

№ п/п	Уровень детализации	Структурный элемент системы (процессор, ресурс)	Элемент потока
1	Предприятие	Цех	Цеховой комплект ПУ
2	Цех	Участок	Участковый комплект ПУ
3	Участок	Технологический модуль	Группкомплект
4	Модуль	Узлы, блоки	Платы, элементы

Модели системы, в свою очередь, можно рассматривать при разном уровне абстрагирования от частных особенностей элементов и их характеристик на этапах проектирования, подготовки, управления производством. Рассмотрим три уровня абстрагирования: 1) виртуальный, 2) логический, 3) физический.

1. Виртуальный уровень - наибольшее абстрагирование. На этом уровне для описания системы можно использовать следующие (А-Г) модели, исходя из характера воспроизводимых сторон объекта проектирования.

А. Субстанциальные модели $SbM(O)$. Отображают объект O как некоторую целостности. Характеризуют пространство его возможных (воображаемых) состояний, потенциальное участие в процессах связывания со средой и другими объектами, в том числе в качестве компонента (элемента) в структуре объектов более высокого уровня, т.е. характеризуют объект многоаспектно, безотносительно к различным целям его использования. Модели $SbM(O)$ предназначены воспроизводить отношения типа объект - свойства (принадлежность объекту его важнейших внешних, а также внутренних свойств).

Внешние свойства объекта проектирования (ОП) могут быть:

а) существенными (функциональными, или свойствами назначения) Y_n , подлежащими непосредственной реализации при использовании объекта по прямому назначению; б) утилитарными (нефункциональными) Y_g , присущими любому объекту (объем, масса, стоимость и т.п.) наряду с существенными свойствами. $SbM(O)$ во всех случаях характеризуются конечной степенью полноты отображения свойств этих объектов.

В качестве типичного примера $SbM(O)$ можно указать на справочные описания любых типовых проектных решений, включая описания типовых технологических операций, оборудования и т.п.

б) Структурные модели $StrM(O)$. Характеризуют внутреннюю организацию объектов через качественную определенность строения последних, посредством описания состава выделяемых элементов объектов, а также схемы устойчивых связей между ними.

В) функционально-структурные модели $F_n - StrM(O)$. Отображают отношения типа функция - структура, требуемые и желательные функциональные свойства ОП на предполагаемые его внутренние свойства X .

г) Структурно-функциональные модели $Str-F_nM(O)$. Отображают отношения типа структура - функция, характеризуя пространство возможных функциональных состояний ОП для выбранного принципа построения этого объекта.

Для отображения различных отношений можно использовать средства: языковые (логико-лингвистические, символичные структуры, входящие в некоторую систему; упорядоченные знаковые цепочки, прежде всего логико-математические); неязыковые (наглядно-образные, например, схемы, эскизы, чертежи и др.); предметно-математические (созданные аналоговыми и цифровыми ЭВМ).

2. Логический уровень - меньшая степень абстрагирования, но более высокая степень полноты отображения ОП. На этом уровне уточняется структурная модель системы (до типов ресурсов и потоков, а также маршрутов обработки последних), т.е. результатов является логическая структура системы.

3. Физический уровень - описание функционирования, динамики элементов. На этом уровне разрабатываются функциональные модели

$F_n M(O)$, которые отображают "поведение" объекта, его приспособленность к определенным действиям, а также отношения типа воздействие - отклик: вход - выход, среда - объект, окрестностные условия - (взаимодействующие объекты) - объект. В общем случае $F_n M(O)$ отображают для системы среда - объект процесс или результат процесса избирательного обмена материей, энергией, информацией.

Логическая структура системы дополняется информацией об интенсивности потоков, производительности ресурсов, их количестве и состоянии системы и ее элементов. Маршрут обработки уточняется до реального (с указанием не только типа, но и самого ресурса). В результате получается модель системной динамики, отражающая физическую структуру системы и ее функционирование.

Таким образом, рассмотренная трехуровневая концепция абстрагирования есть по сути трансформация модели, записанной в одних понятиях, в модель, базирующуюся на других понятиях, с накоплением и упорядочением наших знаний о системе.

3.3. Построение моделей системной динамики

Основные этапы технологии системной динамики отражены на рис. 3.1.

1. Этап концептуализации проблемной ситуации определяют как построение "вербальной модели" исследуемой проблемной ситуации. В процессе построения этой модели осуществляются постановка проблемы, анализ исходной информации, формулировка целей моделирования и т.п.

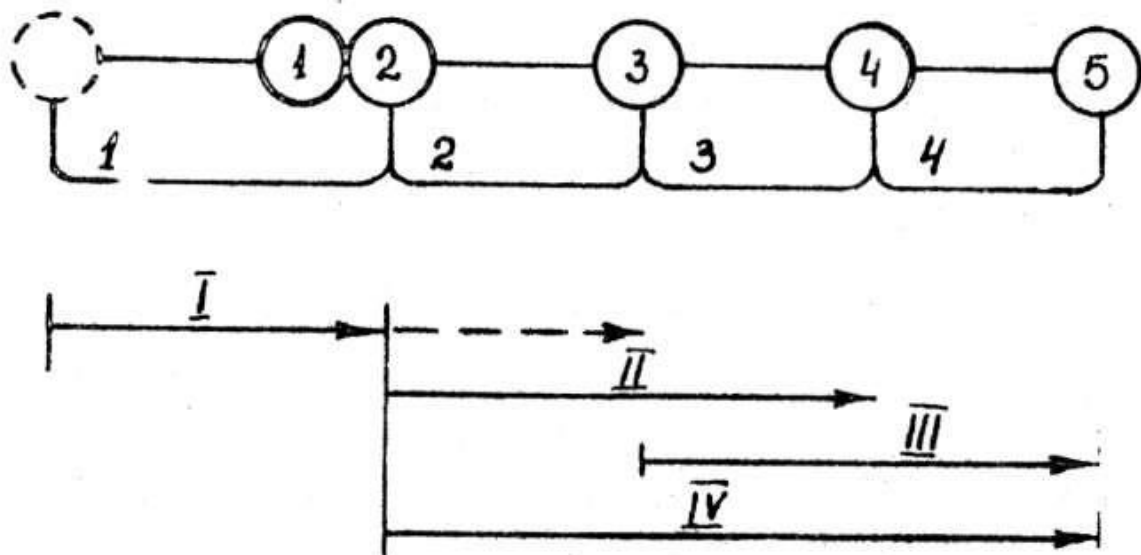


Рис. 3.1. Основные этапы технологии системной динамики: I - концептуализация; II - структуризация; III - параметризация; IV - формализация. 1 - вербальная модель; 2 - знаковый оргграф модели; 3 - потоковая диаграмма модели; 4 - уравнение модели; 5 - машинная модель

Информационная база модели должна формироваться из принципа замкнутости, т.е. поведение и состояние моделируемой системы обусловлены структурой взаимодействия компонент, динамика которых определяет наиболее важные аспекты поведения и состояния системы.

В результате выполнения первого этапа должно быть составлено предварительное описание всей структуры отображаемых в модели причинных взаимосвязей, сформулированное в виде четких словесных конструкций и зафиксированное в образах специальных диаграммных представлений (например, в эскизах диаграмм потоков или причинно-следственных диаграмм, в виде графов и т.п.

При разработке вербальной модели должно быть выявлено следующее: а) основные ситуации, экспериментальное исследование которых предполагается проводить с помощью имитационной модели; б) критерии оценки поведения модели; в) временные параметры имитации; г) факторы, определение которых связано с необходимостью проведения специальных экспертиз.

II. Этап структуризации системной модели представляет собой переход от причинно-следственной диаграммы к потоковой. В целом переход неформален и, как правило, заключается в вводе суждений о характере и причинах взаимодействия факторов, представленных в виде переменных модели. Основное алгоритмическое содержание построения потоковой диаграммы модели системной динамики по ее причинно-следственной диаграмме — это решение задачи

о

перечис-

лений потоковых схемных булевых функций, обладающих каждым из характерных свойств потоковых схемных функций в отдельности.

III. Этап параметризации состоит в выборе производящих функций темпов потоков, т.е. в составлении уравнений темпов, структура которых описана информационной сетью потоковой диаграммы.

IV. Этап формализации представляет собой подвод вербальных описаний взаимозависимостей факторов моделируемой проблемной ситуации на язык четких количественных соотношений.

При выборе и обосновании производящих функций темпов могут быть использованы два основных приема: 1) темпы потоков можно рассматривать в качестве функций принятия решений; 2) производящие функции темпа можно задавать в виде произведения "нормального темпа" и корректирующих множителей, определяющих его зависимость от переменных состояния модели.

3.4. Формализация описания сборочно-монтажного производства печатных узлов

Аспекты исследования ПС на разных уровнях абстрагирования требуют использования различных типов моделей: на логическом уровне - статические (логические, информационные) модели, на физическом уровне - динамические модели функционирования (модели кассового обслуживания и др.), которые носят вероятностный характер.

Применительно к технологическим системам виртуальный уровень абстрагирования - это исходное (конструкторское) представление; логический уровень - технологическое проектирование; физический уровень - проектирование реальной структуры новой системы или планирование и управление производством в существующей системе.

При проектировании организационно-технологических структур на виртуальном уровне в качестве виртуальных операций обработки удобнее взять элементарные технологические операции, выполняемые на различном оборудовании, в качестве виртуальных типов потоков (элементарные потоки), т.е. исходить из наибольшего уровня дифференциации операций и специализации оборудования по типам операций и объектов производства. Тогда переход от виртуальной структуры к логической можно осуществить путем укрупнения виртуальных потоков и структурных элементов (ресурсов).

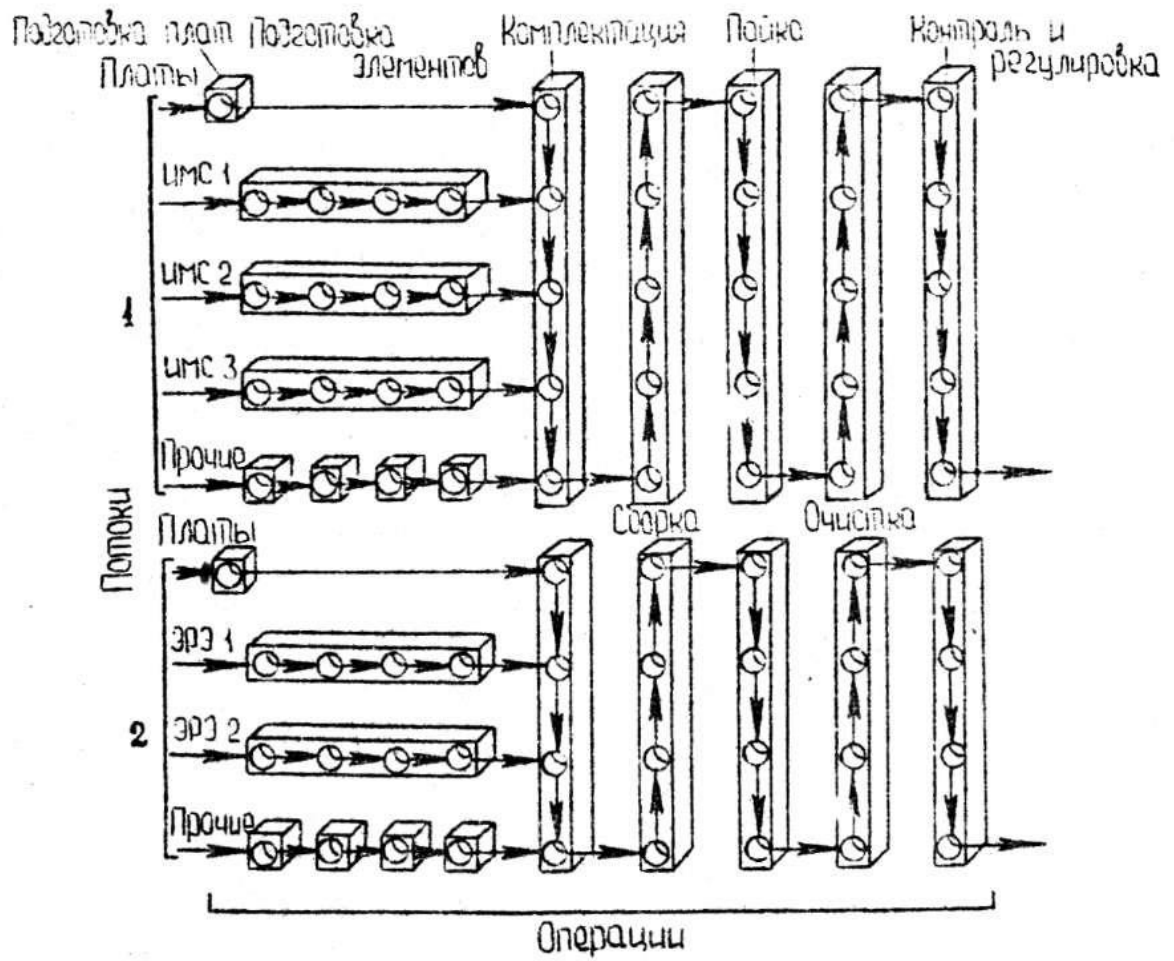


Рис. 3.2. Граф матричной структуры участка СМГ ПУ

Графически организационно-технологическую структуру участков СМП ПУ на виртуальном и логическом уровнях можно отобразить в виде графа матричной структуры (рис. 3.2). По горизонтали графа отображены операции, по вертикали - типы потоков, т.е. типы обрабатываемых плат и элементов. На пересечении горизонталей и вертикалей - ресурсы (технологические модули).

Особенностью СМП ПУ является то, что в состав ПУ или комплекта ПУ могут входить элементы нескольких типов, требующие на одной операции соответственно столько же специализированных модулей. Поэтому при формировании виртуальных структур необходимо выделять типы не только ПУ, но и используемых в них элементов. В такой структуре элемент потока может двигаться не только по горизонтали графа, но и по вертикали - по модулям в одной операции.

На рис. 3.2 изображена структура, в которой выделены две группы ПУ - цифровая 1 и аналоговая 2. В первой группе выделены 4 типа потоков элементов, во второй - 3 типа. Разбиение ПУ на группы соответствует разделению графа виртуальной структуры на два несвязанных подграфа.

На логическом уровне может происходить объединение (свертка) вершин графа, а также отдельных подграфов в зависимости от уровня специализированного оборудования, т.е. преобразование графа виртуальной структуры в граф логической. В общем случае это задача покрытия графа виртуальной структуры множеством графов логической структуры, а также выбора оптимального покрытия.

На рис. 3.2 преобразование осуществляется на этапах подготовки ИМС и ЭРЭ к монтажу по горизонтали путем использования автоматов, а также на операции сборки по вертикали путем применения универсального оборудования типа СМС.

При переходе от логического к физическому уровню необходимо от плоской структуры графа переходить к объемной, учитывая количество единиц оборудования каждого типа. При этом движение потоков в 3-мерной структуре приобретает динамический характер, а маршруты - стохастический, в зависимости от особенностей системы управления и ее состояния. Одновременно может происходить объединение отдельных подграфов в один в зависимости от загрузки используемого оборудования и размеров подграфов. Образующие подграфы будут представлять отдельные специализированные участки.

Организационно-технологическая структура СМП ПУ на более высоком уровне (цех, предприятие) значительно проще, чем участковая, поскольку при замкнутой форме организации производства на верхнем уровне нет необходимости рассматривать отдельные операции. При этом принимаются во внимание только типы ресурсов (участков, цехов) и количество.

От маршрутов движения потоков в системе зависят типы ресурсов и последовательность их использования. При рассмотрении модели организационно-технологической структуры СМП ПУ на уровне предприятия эти маршруты представляют межцеховые маршруты движения комплектов (партий) составных частей изделия. В модели цеха данные маршруты отображают движение комплектов по соответствующим участкам; в модели участка - движение группкомплектов по рабочим местам или модулям оборудования (технологический маршрут); в модели отдельного рабочего места (модуля) - движение потока плат, комплектующих элементов по узлам и механизмам модуля, т.е. операционный маршрут или операционный ТП.

В моделях информационно-управляющих систем маршруты определяются алгоритмами обработки данных, описанными в виде соответствующих программ. Программу можно рассматривать как формальное описание маршрута обработки потока данных, т.е. описание типов необходимых ресурсов (процессор, память, внешние устройства и др.), и последовательности их использования, задаваемой алгоритмом. Программа управляет распределением ресурсов и процессом обработки множества заданий, которые являются единицами планирования, управления, учета для операционной системы.

Организационно-технологические и информационно-управляющие системы аналогичны, поэтому можно говорить о производственном или технологическом задании (задаче) для структурных элементов на всех уровнях (цех, участок /линия, рабочее место/, модуль), т.е. о задании на выпуск определенного количества комплектов на каждом уровне. Такое задание является единицей работы и, следовательно, структурным элементом потока для структурного элемента системы на соответствующем уровне. В каждом задании могут объединяться несколько элементов потока (несколько комплектов соответствующего уровня) в зависимости от программы выпуска. Таким образом, в задании как элементе потока учитывается еще и организационно-плановый аспект. Для выполнения каждого задания необходимы конкретные реальные ресурсы в соответствии с их ти-

пами, указанными в маршруте, числом объектов обработки и текущим состоянием системы. Назначение ресурсов, управление выполнением заданий, учет использованных ресурсов для каждого задания, учет работы каждого ресурса (объем выполненной работы, загрузка, простои и т.п.) осуществляются производственной операционной системой (ПОС). Одна из основных функций управления при выполнении заданий заключается в определении очередности представления ресурсов.

Задача управления ресурсами и выполнения заданий может решаться двумя способами: 1) статически, т.е. заранее (на основе составления различного рода расписаний, графиков); 2) динамически, в зависимости от текущей ситуации (например, на основе приоритетных правил). 1-й способ более характерен для традиционных производств; 2-й - для ГПС с развитой системой оперативно-диспетчерского управления. Аналогичные способы используются и в ОС информационно-управляющих систем.

Функции ПОС в традиционных производствах, как правило, решаются вручную. ПОС является компонентой ИАСУ ГПС. В моделях ОС операционные системы, в том числе и производственные, представляются соответствующими правилами или алгоритмами управления ресурсами и выполнением заданий.

Наиболее широко распространенным подходом для формализованного представления различного рода объектов при проектировании, подготовке, управлении производством является кодирование функциональных, конструктивно-технологических и других характеристик этих объектов. Кодирование, кроме сокращения затрат на хранение и обработку информации, дает возможность автоматизировать проектирование структуры системы, определение допустимых или оптимальных маршрутов движения потоков, объединение объектов производства в однородные или близкие конструктивно-технологические группы и т.д. При этом часто для представления маршрутов движения потоков используются булевы массивы и переменные для выполнения определенных логических и арифметических операций. Такой подход применяется, например, при исследовании систем сетевой структуры, в частности информационно-управляющих сетей (задачи маршрутизации, оптимального распределения потоков и ресурсов и др.). Аналогичный подход (при проектировании ТП механообработки и ситуативном диспетчерском управлении ГПС механообработки) описан в [9].

Предлагаемый здесь способ формализованного представления

элементов производства основан на обобщении известных подходов и использовании их применительно к особенностям СМП ПУ.

Формализованное описание ПУ можно осуществить на основе кодирования функциональных и конструктивно-технологических характеристик его составляющих - печатных плат и элементов. Каждый элемент, используемый в СМП ПУ, имеет цифровой код, соответствующий его функциональным параметрам - номиналу элемента (в порядке возрастания). Аналогичный код можно присвоить плате, входящей в состав ПУ, а также самому ПУ. Тогда состав i -го ПУ можно представить в виде вектора функциональных характеристик элементов:

$$C_i^H = (N_{i1}^H, N_{i2}^H, \dots, N_{iN_H}^H),$$

где N_{ij}^H - количество элементов с j -й функциональной характеристикой (номиналом) в составе ПУ; N_H - количество различных номиналов элементов, используемых в данном производстве.

Аналогично можно представить и конструктивно-технологические особенности печатных узлов, плат и элементов. Будем полагать, что все элементы классифицированы по конструктивно-технологическим особенностям их корпусов, количеству и форме выводов, технологии монтажа, установочным размерам и т.п., а также имеют соответствующие цифровые коды этих характеристик. Аналогично можно представить конструктивно-технологические характеристики плат: технологию изготовления и монтажа элементов, типоразмер платы и т.п. Тогда конструктивно-технологические особенности состава ПУ можно описывать векторами:

$$C_i^T = (N_{i1}^T, N_{i2}^T, \dots, N_{iN_T}^T),$$

где N_{ij}^T - количество элементов j -го конструктивно-технологического типа в составе ПУ; N_T - количество различных конструктивно-технологических типов элементов.

Введем также векторы-индикаторы состава ПУ:

$$P_i^H = (n_{i1}^H, n_{i2}^H, \dots, n_{iN_H}^H),$$

$$P_i^T = (n_{i1}^T, n_{i2}^T, \dots, n_{iN_T}^T),$$

Где

$$n_{ij}^H = \begin{cases} 1, & \text{если соответствующая компонента } N_{ij}^H > 0, \\ 0, & \text{если } N_{ij}^H = 0; \end{cases}$$

n_{ij}^T -

определяется

аналогично.

Такого типа векторы можно ввести и для описания элементов потоков ПУ более высокого уровня. При этом соответствующие векторы будут вычисляться на основе арифметических и логических операций сложения над векторами, описывающими состав данного комплекта ПУ:

$$\Pi_i^{*k} = \Pi_{i_1}^{*k+1} \vee \Pi_{i_2}^{*k+1} \vee \dots \vee \Pi_{i_{N_*^k}}^{*k+1},$$

Где Π_i^{*k} - вектор-индикатор состава i -го комплекта; Π_{ij}^{*k+1} - векторы-индикаторы ПУ, входящих в состав данного комплекта; k - номер уровня (порядок) комплекта; N_*^k - количество ПУ в

комплекте ($* = H$ или $* = T$); - вектор элементного со

става комплекта. $C_i^* = \sum_j c_{ij}^*$

В формализованное описание маршрутов обработки элементов потоков, кроме характеристик самих элементов, включают данные о составе и последовательности операций при обработке.

В моделях организационно-технологической части СМП ПУ это выглядит следующим образом:

на каждом уровне детализации системы предприятие - цех - - участок - модуль описываются состав и последовательность операций применительно к элементу потока;

на уровне участка описываются операции, выполняемые отдельными модулями (маршрутный ТП);

на уровне цеха операции, выполняемые участками, могут быть описаны укрупненное, путем указания типов используемых ТП;

на исходном, виртуальном уровне используются виртуальные представления операций.

Описание виртуальных операций для некоторого ПУ можно представить в виде вектора-индикатора виртуального ТП:

$$O_i = (O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{iN_o}),$$

где $O_{ij} = 1$, если для изготовления i -го ПУ должна быть выполнена j -я виртуальная операция (в противном случае $O_{ij} = 0$);

j

- количество виртуальных операций.

N_o Описание виртуальных операций для структурных элементов потока более высокого уровня (групкомплект, участковые и цеховые комплекты) может быть вычислено путем логического сложения векторов-индикаторов операций, входящих в состав элементов более низкого уровня:

$$O_i^K = O_{i1}^{K+1} \vee O_{i2}^{K+1} \vee \dots,$$

где K - уровень (порядок) комплекта; i - номер комплекта;

O_{ij}^{K+1} - векторы-индикаторы состава операций над элементами более низкого уровня, входящими в данный комплект.

Описания характеристик элементов потоков и типов виртуальных операций по их обработке в совокупности образуют тип элемента потока, который можно представить в виде совокупности соответствующих векторов-индикаторов:

$$\Gamma = (\Pi_{ni}, O_{ni}),$$

где Π_{ni} - вектор-индикатор характеристик i -го элемента потока;

O_{ni} - вектор-индикатор виртуальных операций для его обработки.

При анализе модулей на верхних уровнях детализации, где происходит укрупнение элементов как потоков, так и структуры, целесообразно проводить и укрупнение типов потоков и, соответственно, векторов-индикаторов типов. Это может быть сделано на основа объединения элементов потоков нижнего уровня, имеющих сходные типы (характеристики и маршруты обработки), в более крупные группы и присвоения им типа верхнего уровня. В технологических системах это соответствует объединению объектов обработки по конструктивно-технологическим и организационно-технологическим признакам и технологическим процессам в группы или комплекты.

Таким образом, векторы-индикаторы элементов потоков в моделях на уровне цеха и предприятия, т.е. участковых и цеховых комплектов, будут выражены в типах ПУ и ТП.

Формализованное описание структурных элементов (ресурсов) на уровне виртуальных и логических представлений характеризуется своим типом. Тип ресурса определяет его специализацией по потокам, описанным ранее, и может быть представлен по аналогии о типом потока, т.е. в виде совокупности векторов-индикаторов:

$$P_{\ell} = (\Pi_{\ell\ell}, O_{\ell\ell}),$$

где $\Pi_{\ell\ell}$ - вектор-индикатор типов потоков, которые могут обрабатываться с использованием данного ресурса; $O_{\ell\ell}$ - вектор-индикатор выполняемых операций обработки.

Векторы-индикаторы $\Pi_{\ell\ell}$ и $O_{\ell\ell}$ формируются аналогично векторам-индикаторам типа потока Π_{ni} и O_{ni} :

$$\Pi_{\ell\ell} = (n_{\ell\ell 1}, n_{\ell\ell 2}, \dots, n_{\ell\ell N_{\ell}}),$$

где $n_{ij} = 1$, если на ресурсе l -го типа может быть обработан элемент с характеристикой j -го типа (в противном случае $n_{ij} = 0$).

$$O_{pl} = (O_{pl1}, O_{pl2}, \dots, O_{pln_c}),$$

где $O_{ik} = 1$, если на ресурсе l -го типа может быть выполнена виртуальная операция k -го типа (в противном случае $O_{ik} = 0$).

При рассмотрении структурных элементов систем уровень специализации и, следовательно, тип элементов более высокого уровня можно вычислить на основе логических операций над типами входящих в него элементов более низкого уровня:

$$\begin{aligned} \Pi_{pl}^k &= \Pi_{pl1}^{k+1} \vee \Pi_{pl2}^{k+1} \vee \dots, \\ O_{pl}^k &= O_{pl1}^{k+1} \vee O_{pl2}^{k+1} \vee \dots, \end{aligned}$$

где $\Pi_{plj}^{k+1}, O_{plj}^{k+1}$ - векторы-индикаторы специализации ресурсов уровня $(K+1)$, входящих в состав ресурса уровня K .

Так, специализация участка определяется по специализации входящих в его состав технологических модулей (рабочих мест). Специализация модулей (рабочих мест) может быть определена векторами-индикаторами, отражающими типы обрабатываемых комплектующих элементов и плат, а также вида технологических операций, поэтому эти векторы формируются аналогично векторам-индикаторам ПУ, описанным ранее.

Для удобства построения и анализа моделей на верхних уровнях (цех, предприятие) специализация элементов их структуры (участок, цех) может быть представлена укрупненно, аналогично описанному ранее укрупнению потоков путем сопоставления типов элементов обрабатываемых на них, определенному ПУ, а типов операций - определенному техпроцессу. Таким образом, векторы-индикаторы участков и цехов в моделях уровня цеха и предприятия будут составляться на основе типов ПУ и соответствующих ТП.

Организационная структура системы, т.е. вхождение ресурсов одного уровня в ресурсы более высокого уровня, может быть описана совокупностью векторов-индикаторов состава ресурсов.

Вектор-индикатор состава ресурса высокого уровня может отражаться векторами-индикаторами ресурсов нижнего уровня:

$$S_i^K = (S_{i1}^{K+1}, S_{i2}^{K+1}, \dots, S_{iN_{K+1}}^{K+1}),$$

где S_i^K - вектор-индикатор состава i -го ресурса уровня K ;

$S_{ij}^{K+1} = 1$, если j -й ресурс нижнего уровня $k+1$ входит в состав данного ресурса в противном случае количество типов ресурсов. $S_{ij}^{K+1} = 0$; N_k, N_{k+1} -

С учетом этого типы ресурсов верхнего уровня могут быть выражены через типы ресурсов нижнего уровня:

$$\begin{aligned} \Pi_{pl1}^K &= S_{i1}^{K+1} \Pi_{pl1}^{K+1} \vee S_{i2}^{K+1} \Pi_{pl2}^{K+1} \vee \dots \vee S_{iN_{K+1}}^{K+1} \Pi_{plN_{K+1}}^{K+1} = \\ &= S_i^{K+1} \left(\bigvee_{j=1}^{N_{K+1}} \Pi_{plj}^{K+1} \right), \\ O_{plz}^K &= S_i^{K+1} \left(\bigvee_{j=1}^{N_{K+1}} \Pi_{plj}^{K+1} \right). \end{aligned}$$

Совокупность векторов $S_i^K, i = \overline{1, N_k}$ образует матрицу состава уровня K :

$$S^K = S_1^K S_2^K \dots S_{N_k}^K = \| S_{ij}^{K+1} \|_{\substack{i=\overline{1, N_k} \\ j=\overline{1, N_{k+1}}}}$$

Формализованное описание маршрутов обработки вычисляется с помощью логических операций на основе сравнения типов потоков и системных ресурсов, описанных выше. Маршрут обработки i -го элемента потока без учета последовательности операций, т.е. перечень типов ресурсов, используемых при обработке, можно представить в виде вектора-индикатора

$$M_i = (m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iN_w}),$$

Где $m_{il} = 1$, если данный элемент потока должен на k -й операции обрабатываться на l -м типе ресурса (в противном случае

$m_{il} = 0$); N_w - количество типов ресурсов. Каждый элемент этого вектора можно вычислить на основе векторов-индикаторов типов потоков и ресурсов следующим образом:

$$m_{il} = (\bigvee O_{ni} \cdot O_{pl}) \wedge (\bigvee \Pi_{ni} \cdot \Pi_{pl}),$$

где \cdot - операция покомпонентного логического умножения векторов; \bigvee - операция свертки компонент вектора по логическому

сложению ($\bigoplus X = x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_n$).

Типы используемых ресурсов на отдельной, k -й виртуальной операции можно вычислить с помощью векторов-индикаторов

$$M_i^k = (m_{i1}^k, m_{i2}^k, \dots, m_{iN_w}^k),$$

где $m_{ij}^k = 1$, если на k -й операции i -й элемент потока должен обрабатываться на ресурсе j -го типа (в противном случае $m_{ij}^k = 0$):

$$m_{ij}^k = O_{plk} \cdot m_{ij}.$$

Тогда весь маршрут обработки для i -го элемента потока с учетом последовательности операций определится совокупностью векторов

$$TM_i = \{M_i^1, M_i^2, \dots, M_i^{N_k}\},$$

которую можно представить в виде матрицы маршрутов (столбцы указывают операции, а строки - типы ресурсов):

где

$$TM_i = \{tm_{ikl}\},$$

$$tm_{ikl} = m_{il}^k \cdot O_{plk} \cdot m_{ij}.$$

Графически маршруты потоков изображаются с помощью графа структуры (см. рис. 3.2). Элемент матрицы маршрутов равен единице, если соответствующая вершина графа используется при обработке данного элемента потока.

Маршруты обработки рассматриваются соответственно уровню детализации модели. Так, на уровне участка этот маршрут соответствует маршрутному ТП для группкомплекта, на уровне цеха - это участок, на котором обрабатывается соответствующий элемент потока (участковый комплект).

Рассмотренные ранее формализованные описания элементов ПС достаточно просто могут быть реализованы в программах и информационной базе различных подсистем ИАСУ.

Поскольку введенные векторы могут содержать много нулевых компонент, т.е. являются "разреженными", то, для экономии памяти, целесообразно хранить только ненулевые их значения. Так, вектор элементного состава ПУ С- можно хранить в виде файла (массива) записей. Каждая запись соответствует одной нулевой компоненте вектора и состоит из двух полей - кода элемента (код

номинала или код КТТ) и количества данных элементов на плате. Такая реализация используется в файлах описания инструкции ПУ, используемых в базе данных ИАСУ (БД ИАСУ) см. разд. 4).

Векторы-индикаторы состава ПУ могут храниться в виде упорядоченной последовательности кодов элементов, а вычисляться динамически на основе векторов элементного состава ПУ. Аналогично могут быть реализованы другие векторы-индикаторы (типов оборудования, технологических операций и т.п.).

4. ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМУ СОЗДАНИЯ ИАС.

4.1. Система проектирования, подготовки и управления производством

В основу системы положена технология разработок, ориентированная на применение ЭВМ при выполнении определенных функций проектирования и выпуска изделий, а также на тесную интеграцию проектирования и производства - двух процессов, традиционно считавшихся различными и независимыми.

Автоматизацию проектирования сложно определить как использование вычислительных систем для оказания помощи проектировщикам при выработке, модификации, анализе или оптимизации проектных решений; автоматизацию производственных процессов - как применение сам при планировании, управлении и контроле производственных операций.

Процесс проектирования, подготовки производства и изготовления изделий представлен на рис. 4.1 в виде системы информационно-управляющих и производственных "процессоров".

Процессоры являются моделью подразделений предприятия и выполняют обработку информационно-управляющих и материальных потоков. В рамках этой схемы перше две стадии (проектирование и подготовка) связаны с обработкой информационно-управляющих потоков.

На стадии проектирования ведется разработка информационного описания (модели) объектов производства в виде комплекта производственной документов (ПД), которая должна отражать все данные, необходимые для подготовки и производства изделий.

Основными задачами стадии подготовки производства являются его планирование, создание управляющих технологических программ (УТП) для оборудования на основе ПД с учетом нужного количества

и типов ресурсов, необходимых для производства партии изделий. В результате формируется организационно-плановая документация (ОПД) в виде план-графиков, наряд-заказов и т.п., а также уточняется информационная модель объектов производства (комплект ПД) с учетом объемов их выпуска.

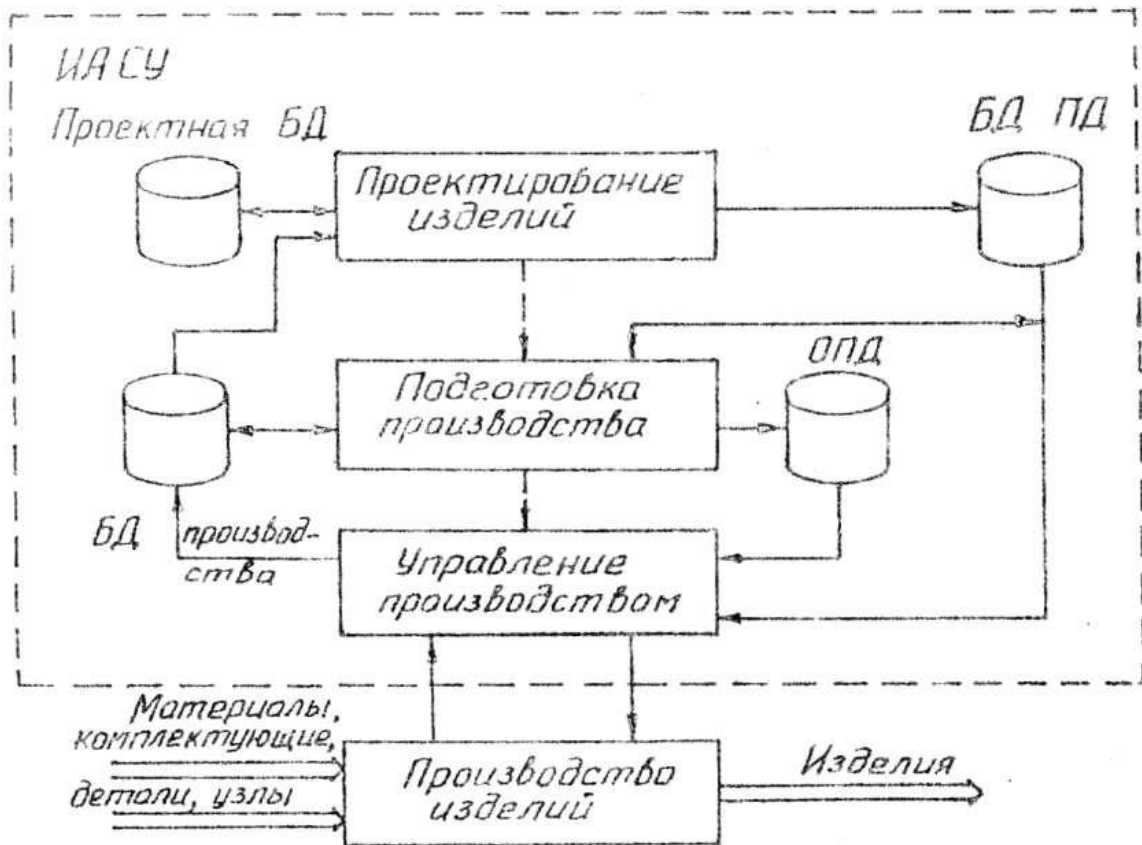


Рис. 4.1. Схема проектирования, подготовки и управления производством изделий

Управление производством осуществляется на основе ОПД, комплектов ПД и с учетом текущего состояния производственной системы и объектов производства. На этой стадии можно выделить два процессора: 1-й представляет собой систему управления и выполняет обработку информационно-управляющих потоков (ПД, ОПД, учетная информация); 2-й - совокупность технологического оснащения, выполняет обработку материальных потоков.

ИАСУ представляет собой совокупность трех информационно-управляющих процессоров (системы проектирования, подготовки и управления) и базы данных. БД отражает характеристики и состояние всех элементов ПС. Главной целью создания ИАСУ является со-

кращение затрат в цикле проектирование - подготовка - производство, а также его длительности. На этапе проектирования используются виртуальный и логический уровни абстрагирования, на этапе подготовки и производства - физический.

4.2. Организационная и функциональная структура системы проектирования, подготовки и управления производством

В системе можно выделить несколько типов информационно- управляющих потоков (документов): конструкторские, технологические, материально-технические, организационно-экономические, организационно-технологические, организационно-плановые, управленческие, учетные. Кроме того, можно выделить различные стадии проектирования, подготовки, управления, на которых происходит обработка соответствующей информации.

Предприятие представляет собой иерархическую структуру, распределение функций в которой осуществляется не только по горизонтали, но и по вертикали. Два основных вертикальных уровня иерархии - предприятие и цехи производства.

ИАСУ в целом также имеет два уровня - предприятие и цехи производства. ИАСУ предприятия объединяет все автоматизированные системы, обеспечивающие проектирование изделий, подготовку и управление производством на уровне предприятия. В ее состав входят следующие подсистемы: САПР-К, САПР-Т, АСУП, АСУ ОТП, АСУ ОТП, АСВТД, ИАСУ цехов.

ИАСУ цехов объединяет все виды подготовки и управления производством в рамках цеха. Структура ИАСУ цехов определяется их спецификой. Например, ИАСУ СМП ПУ состоит из следующих компонент: АСУ цеха, АСТПП цеха, АСУ-К, АСУ участков (линий), локальных АСУ технологическими, складскими, транспортными модулями, автоматизированными рабочими местами.

На рис. 4.2 и в табл. 4.1 отражено распределение различных видов проектирования изделий, подготовки и управления производством по подразделениям предприятия и подсистемы ИАСУ СМП ПУ, указаны функции подсистем ИАСУ и информационные связи.

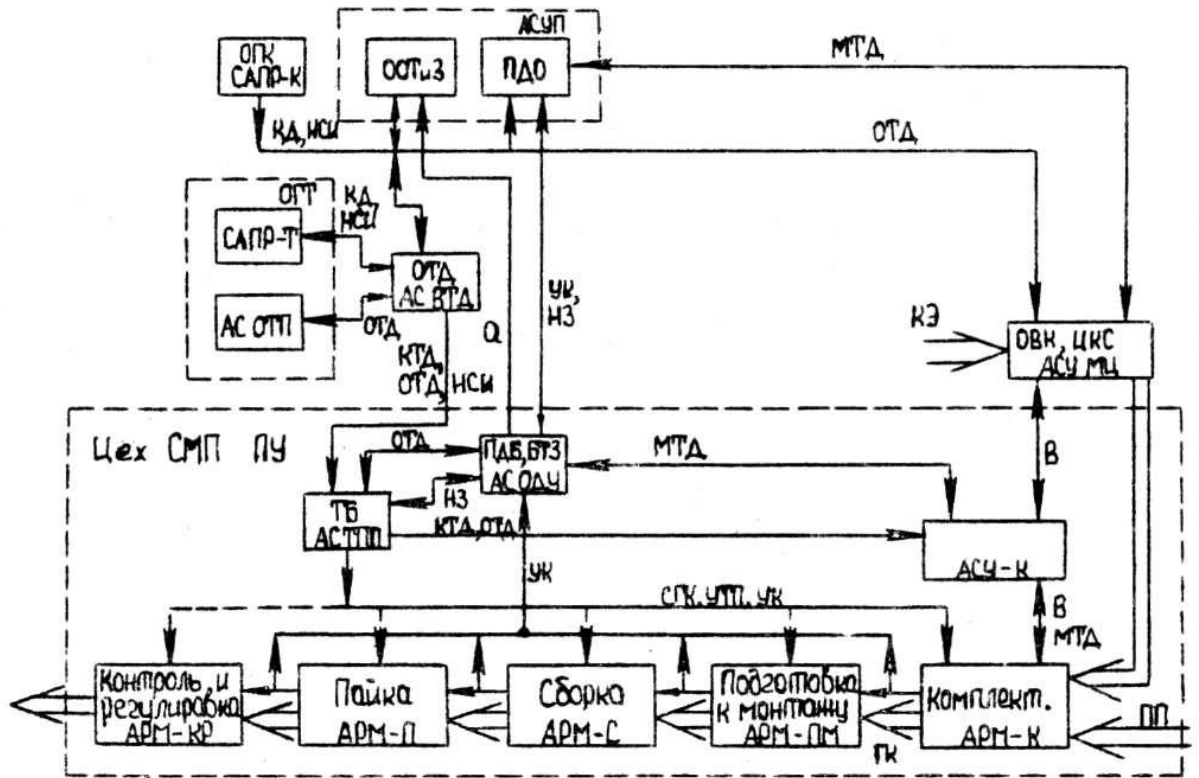


Рис. 4.2. Организационная и функциональная структура системы проектирования, подготовки и управления СМП ПУ

Таблица 4.1

Организационная и функциональная структура системы проектирования, подготовки и управления СМП ПУ

Виды и этапы проектирования подготовки и управления производством	Уровень детализации	Подразделение Автоматизированная система	Функция
1	2	3	4
Проектирование конструкции	Предприятие	<u>ОПК</u> САПР-К	Проектирование конструкции изделий. Выпуск КД
Проектирование технологии	"	<u>ОГТ</u> САПР-Т	Проектирование техпроцессов, оснастки. Нормирование по материалам и комплектующим. Привязка ПУ к организационно-технологической структуре СМП ПУ. Выпуск ТД
Организационно-экономическая подготовка	Предприятие, цех	ООТ и З БТЗ цеха ПЭО	Нормирование по труду и зарплате. Определение себестоимости сборки ПУ. Формирование карт трудоемкости, зарплат и себестоимости ПУ
Организационно-технологическая подготовка	Предприятие	<u>ОГТ</u> АСОП	Формирование организационно-технологических комплектов ПУ на изделия. Выпуск ПД на комплекты
Информационная подготовка (обеспечение технической документацией)	"	<u>ОТД или цех ТД</u> АС ВДТ	Автоматизированное ведение документации: прием, хранение, размножение, корректировка, выдача пользователям ТД на машинных и обычных носителях информации. Учет извещений об изменении ТД

1	2	3	4
Материально-техническая подготовка	Предприятие	ОВК, ОМТС, ЦКС АСУ МТБ	Обеспечение производства комплектующими материалами. Учет наличия и движения комплектующих и материалов на центральных складах
Организационно-плановая подготовка, управление, учет	"	ЦПО АСУП	Организация, планирование и управление производством на уровне предприятия
Технологическая и организационно-технологическая подготовка	Цех	Техбюро АСТП	Определение состава группкомплектов. Формирование ЦД на ГК. Подготовка УТД для ГК. Ведение конструкторско-технологической БД СМД ПУ
Материально-техническая подготовка	"	ЦДБ, комплектующих АСУ комплектации, АМ комплектации	Обеспечение производства комплектующими. Комплектация ГК. Учет дефицита
Организационно-плановая подготовка, управление, учет	Цех, участок	ЦДБ цеха, мастера участков АСУ цеха, участков	Оперативное цеховое и участковое планирование, учет, диспетчеризация производства
Управление оборудованием	Технологические, транспортные, складские модули, рабочие места	Локальные АСУ оборудованием	Локальное управление оборудованием, учет производства

1	2	3	4
Учет труда и зарплаты	Рабочее место, участок, цех, предприятие	Рабочее место БТЗ цеха, ООТ и Э <hr/> АСУ АРМ, АСУ цеха, участков, АСУП	Персональный учет выполненного объема работ по трудоемкости и зарплате. Учет работ по рабочим местам, участкам, цехам

Информационная взаимосвязь всех подсистем ИАСУ может осуществляться с помощью локальной сети (ЛС) или машинных носителей информации (МНИ) - магнитных лент или гибких магнитных дисков (ИМД). Локальная сеть обеспечивает наиболее высокую степень автоматизации информационного взаимодействия, высокую скорость передачи информации, оперативность, надежность работы, минимум накладных расходов на ведение общей информационной базы.

Локальная сеть должна строиться как 3-уровневая иерархическая структура:

- 1) ЛС предприятия (ЛСП), объединяющая все подсистемы ИАСУ предприятия;
- 2) ЛС цехов (ЛСЦ), объединяющие подсистемы ИАСУ цехов, АСУ цеха, АСТПП, АСУ-К, АСУ участков;
- 3) ЛС участков (ЛСУ), объединяющие АСУ участков (линий) и локальные АСУ оборудования.

Структура ИАСУ предприятия и ИАСУ СМП ПУ с использованием ЛС приведена на рис. 4.3 (возможно совмещение ЛСЦ и ЛСУ на одних и тех же технических средствах).

МНИ могут использоваться как резервный вариант в случае длительного отказа ЛС, а также на переходном этапе к внедрению ЛС.

В современных информационно-управляющих системах, построенных на распределенной обработке данных, и в персональных ЭВМ используется принцип максимального сосредоточения обработки на рабочих местах. Таким образом, процесс обработки информации максимально замкнут в пределах одной подсистемы. Такая организация аналогична замкнутой форме организации цехов и участков СМП ПУ.

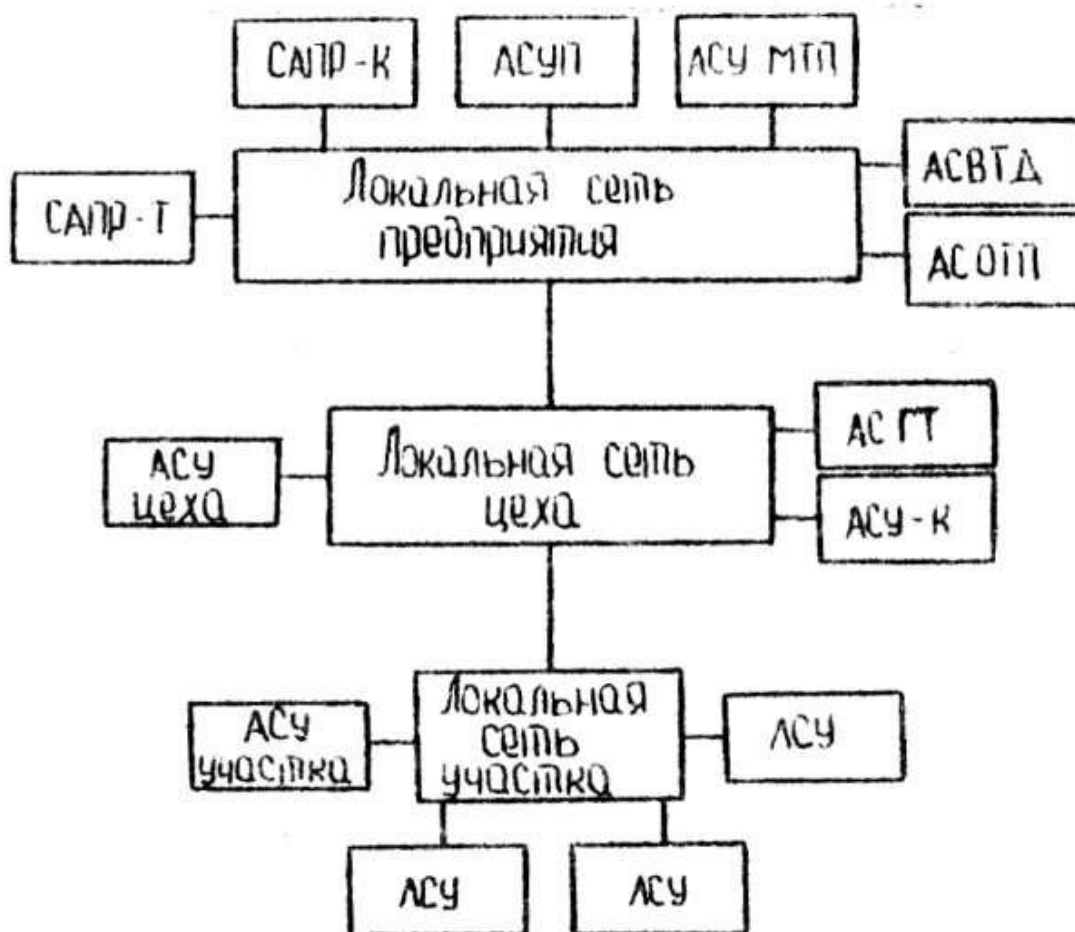


Рис. 4.3. Структура ИАСУ предприятия с использованием локальной сети

4.3. Проектирование изделий в ИАСУ

Процесс проектирования изделий (рис. 4.4) можно представить такой последовательностью этапов: конструкторский, технологический, материально-технический, организационно-экономический, организационно-технологический. Каждый этап завершается разработкой соответствующего вида ПД. В совокупности они образуют комплект ПД на деталь, сборочную единицу, изделие.

Комплект ПД для подготовки и производства изделий должен содержать описание:

а) конструкции изделий в виде конструкторской документации (КД) - спецификаций, чертежей, схем и т.д.;

б) технологии изготовления в виде технологической документации (ТД) - маршрутных и операционных ТП, содержащих данные об операциях и переходах, оборудовании, оснастке, а также организационно-технологические коды цехов, участков-изготовителей;

в) материальных затрат (материалов и комплектующих) в виде материально-технической документации (МТД) - ведомости материалов (ВМ) и ведомости комплектующих (ВК) на изделие;

г) трудозатрат в натуральном (трудоемкость) и стоимостном виде (зарплата), а также себестоимости изготовления изделий в виде организационно-экономической документации (ОЭД) - карт трудоемкости и расценок (КТР), карт себестоимости (КС) на объекты производства.

В условиях ИАСУ комплекты ПД формируются на машинных носителях информации и являются сквозным информационным описанием (моделью) данного объекта.

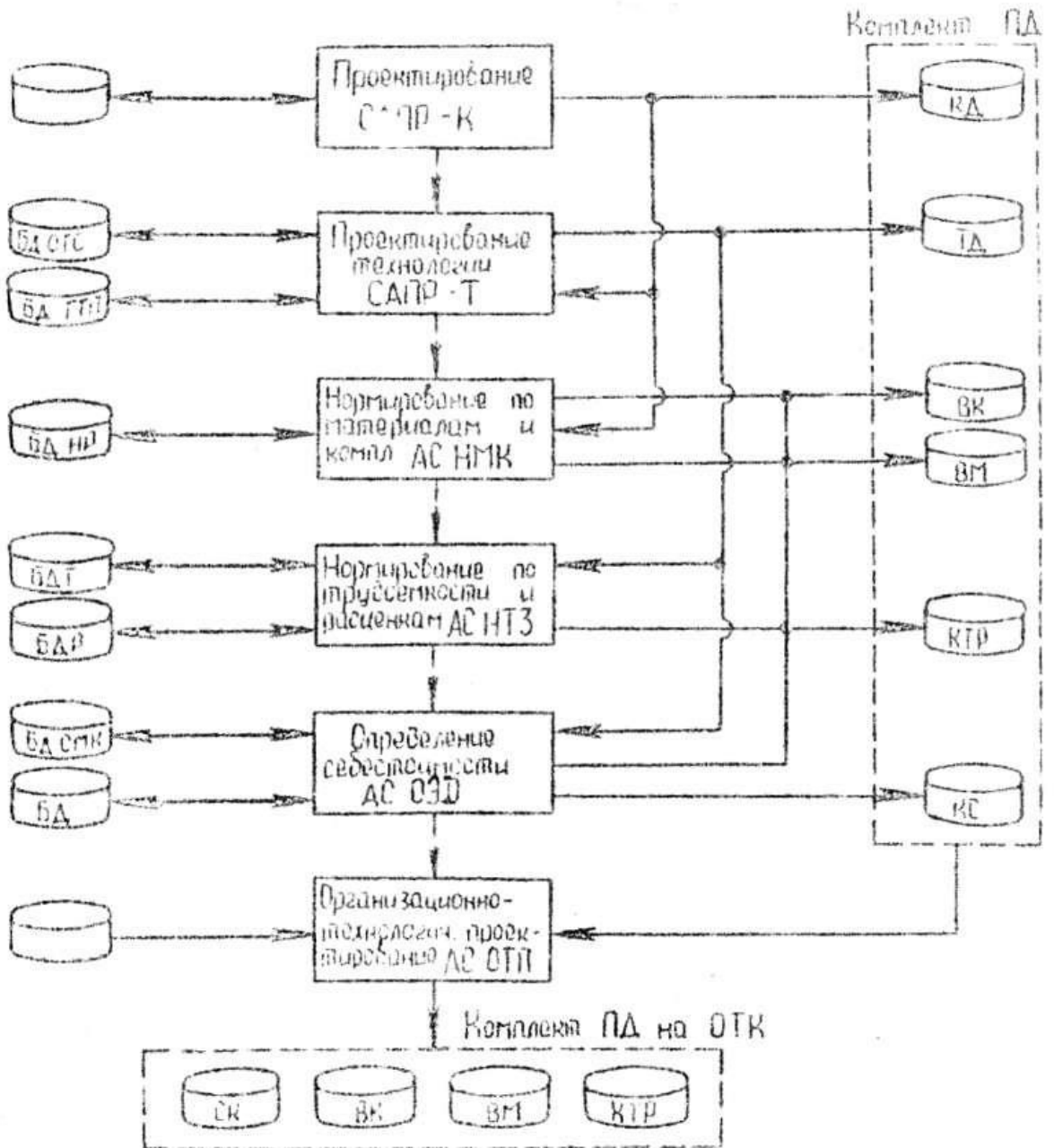


Рис. 4.4. Процесс проектирования изделий в ИАСУ

Рассмотрим процесс проектирования печатных узлов. Исходным этапом проектирования является конструкторский. В результате работы САПР-К ПУ формируется КД, содержащая данные о составе (спецификацию) ПУ, а также описание размещения элементов на плате. При этом состав ПУ может быть представлен в виде формализованных описаний на основе конструкторско-технологической классификации входящих в его состав плат и элементов. В итоге классификации каждый объект обработки получает код конструктивно-технологического типа (КТТ), который используется для формализованных описаний элементов производства и автоматизации проектирования, подготовки, управления производством.

Следующий этап - технологический. Он осуществляется САПР-Т ПУ. Технологические процессы СМП ПУ формируются, как правило, на основе типовых (групповых) ТП (ТТП, ГТП). Количество различных ТТП (ГТП) в рамках одного предприятия обычно невелико. Основная задача заключается в проектировании на основе ТТП (ГТП) большого количества индивидуальных ТП, т.е. в создании маршрутных карт (МК) для каждого наименования ПУ.

Технологические операции разбивают до виртуального (элементарного) уровня и получают соответствующий код. При этом возможны два варианта представления ТП:

- 1) формирование единого (комплексного) ТП, включающего все возможные виртуальные операции по сборке и монтажу ПУ;
- 2) формирование нескольких типовых ТП, включающих в себя подмножество виртуальных операций. В этом случае необходимо описание каждого ТТП в виде номеров операций.

Процесс технологического проектирования печатных узлов распадается на ряд этапов (рис. 4.5, 4.6). Вначале проверяется, имеется ли подходящий для данного ПУ ТТП (ГТП). Проверка осуществляется путем сравнения: 1) требуемого состава операций для данного ПУ и состава операций существующих ТТП (ГТП); 2) конструктивно-технологических характеристик плат и элементов, входящих в состав данного ПУ, с аналогичными характеристиками плат элементов, обрабатываемых по ТТП (ГТП). Автоматизация этого процесса может быть осуществлена на основе формализованных представлений ПУ, технологического оборудования и технологических процессов.

В соответствии с этим технологический процесс на данный ПУ представляется в виде виртуального (т.е. последовательностью

элементарных технологических операций), который выражается его вектором-индикатором:

$$O = (O_1, O_2, \dots, O_{N_o}),$$

где $O_i = 1$, если в составе данного ТП присутствует виртуальная операция (в противном случае $O_i = 0$); N_o - количество всех возможных виртуальных операций.

Аналогичные векторы-индикаторы имеют описания ТТП (ГТП):

$$O_{ТПj} = (O_{ТПj_1}, O_{ТПj_2}, \dots, O_{ТПj_{N_o}}),$$

где $O_{ТПi} = 1$, если в составе данного ТТП (ГТП) используется

i -я виртуальная операция (в противном случае $O_{ТПi} = 0$);

j - порядковый номер данного ТТП (ГТП). Тогда j -й ТТП (ГШ) будет считаться подходящим по составу операций для данного ПУ, если для любого $i \in \overline{1, N_o}$, такого, что $O_i = 1$, следует $O_{ТПj_i} = 1$, т.е. в составе данного ТТП (ГШ) присутствуют все необходимые операции.

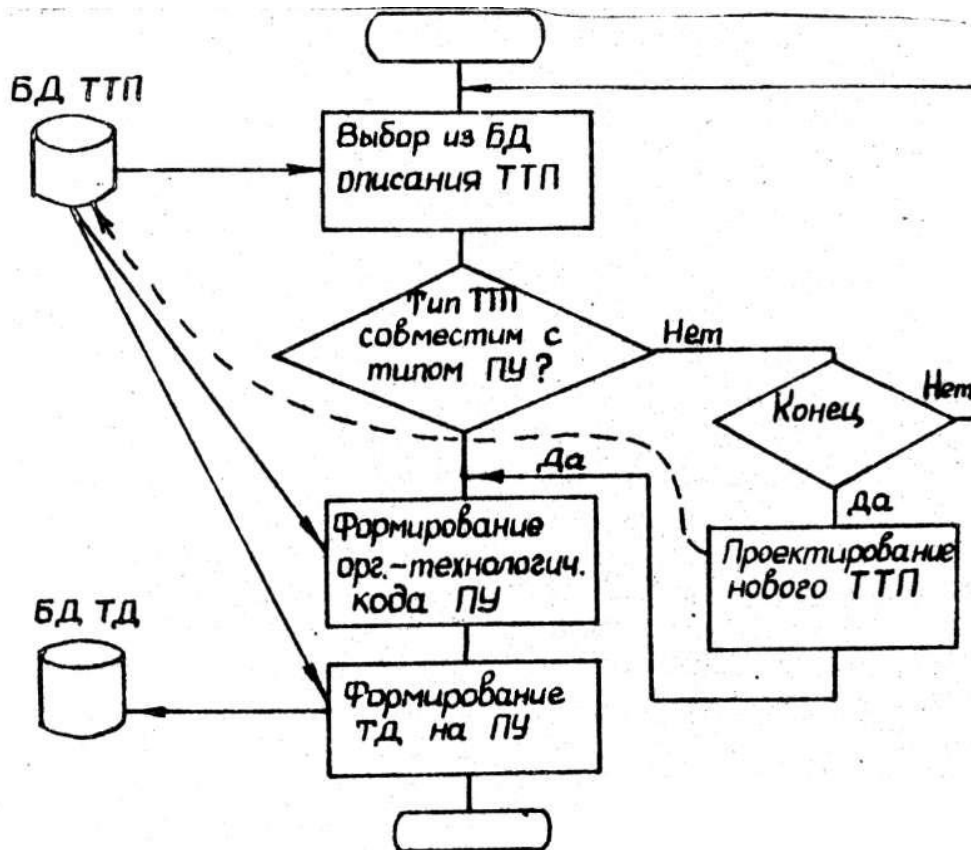


Рис. 4.5. Технологическое проектирование ПУ

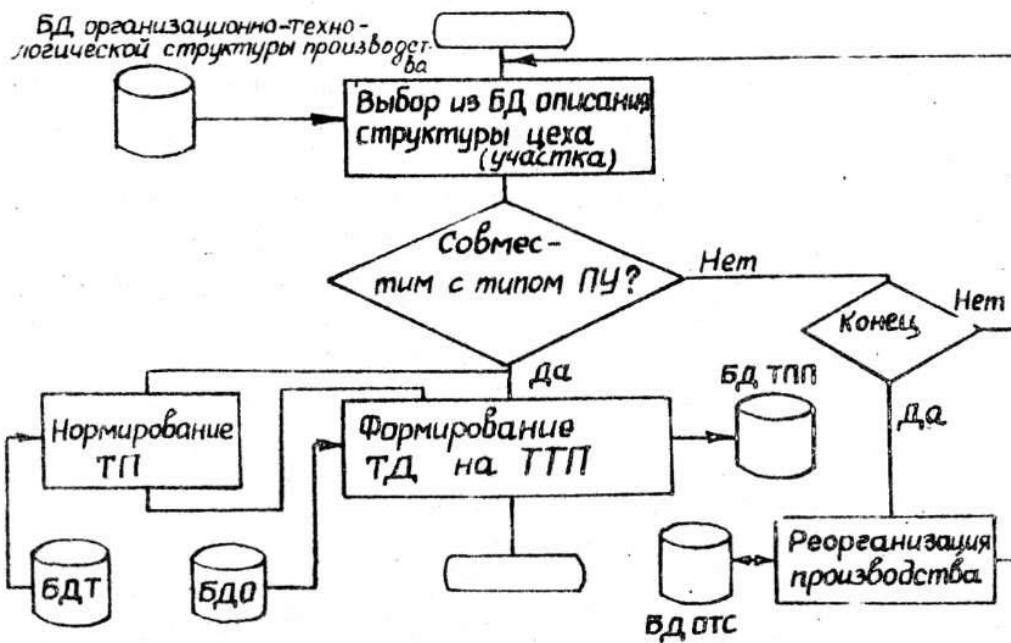


Рис. 4.6. Проектирование ТТП для изготовления ПУ

Аналогично осуществляется проверка на соответствие конструктивно-технологических типов плат и элементов. Для этого используются:

Π - вектор-индикатор конструктивно-технологических типов элементного состава ПУ:

$$\Pi = (n_1, n_2, \dots, n_{N_T}),$$

$\Pi_{тп_j}$ - вектор-индикатор конструктивно-технологических типов элементов, обрабатываемых в составе каждого ТТП (ГТП). Тогда j -й ТТП (ГТП) будет считаться подходящим, если для всех $i \in \overline{1, N_T}$ выполняется условие $n_i = 1, n_{тп_j} = 1$.
Условия выбора

ТТП (ГШ) можно записать в виде логического выражения

$$\bigcircled{\wedge} [(\Pi \Rightarrow \Pi_{тп_j}) \wedge (O \Rightarrow O_{тп_j})],$$

где \Rightarrow - операция логического следования, применяемая к компонентам векторов; \wedge - операция логического "И"; $\bigcircled{\wedge}$ - свертка вектора по логическому "И".

В процессе технологического проектирования необходимо решать задачу покрытия графа виртуальной структуры для данного ПУ

графом логической структуры ТТП и соответствующего участка.

После определения подходящего ТТП данному печатному узлу присваивается организационно-технологический код, т.е. код типа цеха и участка его изготовления.

В случае, если для ПУ не найден подходящий ТТП (ГТП), разрабатываются новые ТТП (ГТП). После этого осуществляются их привязка к существующей организационно-технологической структуре предприятия, т.е. определяются цехи, участки, типы оборудования, тары и оснастки, с помощью которых будут выполняться операции данного ТП (см. рис. 4.6). В результате формируется организационно-технологический код машинного ТП (ГТП) и определяется технологический маршрут. Автоматизация разработки ТТП (ГТП) и привязка их к организационно-технологической структуре могут проводиться и на основе формализации (см. разд. 3).

При разработке нового ТТП (ГТП) может оказаться, что его нельзя реализовать в реальных условиях. Тогда необходимо перепроектировать или реорганизовать организационно-технологическую структуру предприятия, цехов, или участков.

После того как определен существующий или разработан новый тип ТТП (ГТП), необходимо спроектировать индивидуальный ТП (маршрутные карты) для данного ПУ, что сводится к нормированию операций для ПУ на основе его элементного состава и нормативов ТТП. При этом из ТТП некоторые операции (перехода) над определенными типами элементов могут быть исключены (если, например, в данном ПУ отсутствуют соответствующие элементы). Нормирование операций для отдельных ПУ представляет собой рутинный трудоемкий процесс (особенно при большой номенклатуре ПУ и большом количестве их элементов) и требует много арифметических вычислений. Этот процесс может быть автоматизирован в ИАСУ, поскольку для этого есть все необходимое - данные по составу ПУ, описания ТТП (ГТП) с нормативами трудоемкости для каждой операции.

В процессе технологического проектирования ПУ используется несколько баз данных:

а) БД организационно-технологической структуры, содержащая описания типов технологических ресурсов на различных уровнях (модуль, рабочее место, участок, цех) в виде векторов-индикаторов;

б) БД, включающая описания ТТП (БД ТТП); в) БД нормативов трудоемкости (БДГ) (в зависимости от КТТ объектов обработки, операций, типов оборудования).

Сформированные на рассмотренных ранее этапах проектирования комплекты ПД являются первичным, исходным описанием объектов производства. Далее, на этапе организационно-технологического проектирования изделия, проводится объединение (укрупнение) его деталей и узлов в комплекты для цехов, участков. Соответственно осуществляется объединение (укрупнение) первичной ПД для формирования вторичной, являющейся информационным описанием ОТК для проведения подготовки производства на уровне предприятия.

ПД на ОТК содержит карты состава, ВК, ВМ, КТР и КС на комплект.

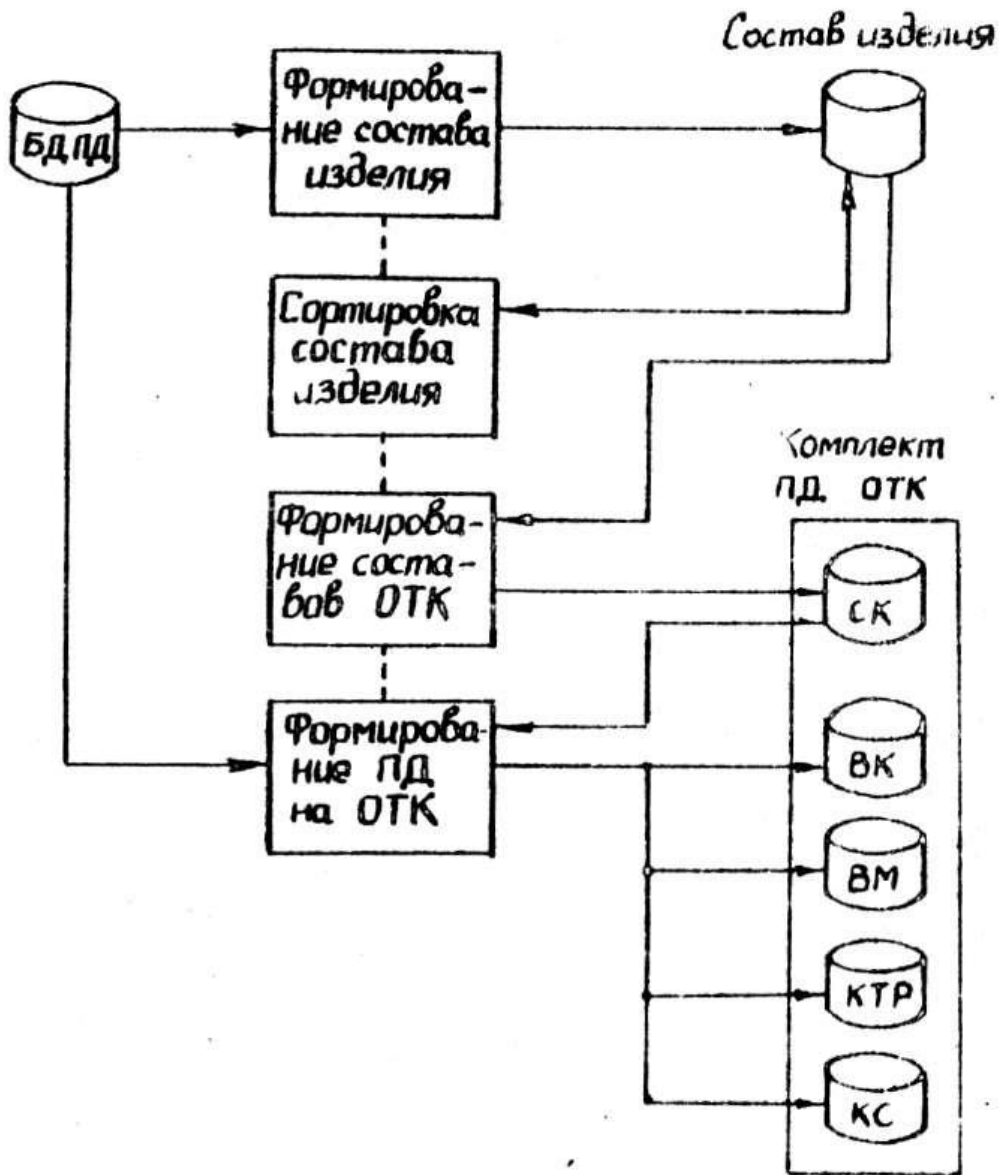


Рис. 4.7. Схема формирования производственной документации

С программно-технической точки зрения задача формирования ПД на ОТК сводится к сортировке всего массива состава изделия по иерархии его частей, а также к определению организационно- технологических кодов этих частей, выделению комплектов этих частей по указанным признакам и суммированию материальных, трудовых и стоимостных затрат на основе ВК, ВМ, КТР, КС составных частей комплектов (рис. 4.7).

Функции организационно-технологического проектирования выполняет АСОТП.

Укрупнение материальных и информационных потоков на основе ОТК существенно упрощает решение задач подготовки и управления производством на уровне предприятия, поскольку уменьшает количество элементов штоков.

4.4. Подготовка и управление производством в ИАСУ

Подготовка и управление производством осуществляются на уровне предприятий и цехов. Так, для предприятия (рис. 4.8) можно выделить следующие виды подготовки его производства: планирование; материально-техническая подготовка.

Планирование проводится в подсистеме АСУП (на длительный период - квартал, год и более - и на текущий месяц). Результатом является план или наряд-заказ цехам производства.

При планировании исходным является следующее: программа производства или "портфель заказов" предприятия: сведения о ресурсах цехов; ПД на цеховые и участковые комплекты деталей и узлов изделий; данные о текущем состоянии производства.

Для формирования плана используется модель предприятия на физическом уровне. Степень детализации ограничивается уровнем участка, т.е. модель цехов производства представляется в виде ресурсов участков соответствующего типа (рис. 4.9). Элементом потока и, следовательно, единицей планирования, работы, учета является участковый комплект узлов (деталей).

Технологический процесс обработки рассматривается как единое целое, без разбиения на отдельные операции.

Для расчета плана могут использоваться традиционные объемные расчеты, сетевые или имитационные модели.

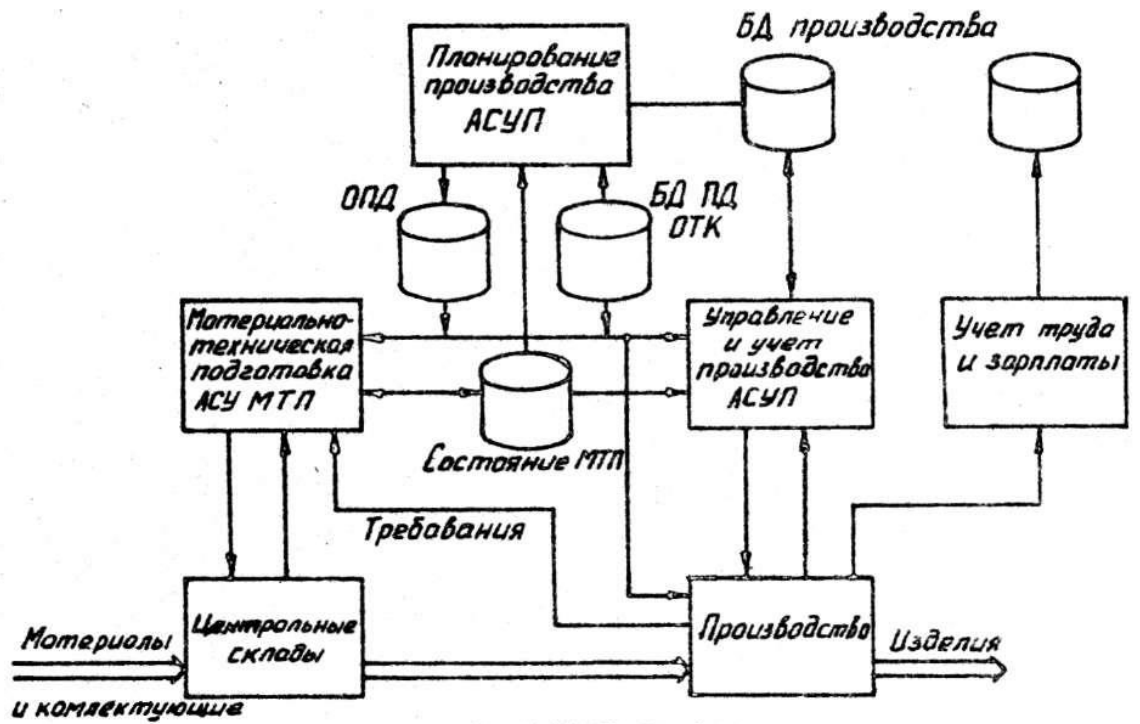


Рис. 4.8. Подготовка и управление производством

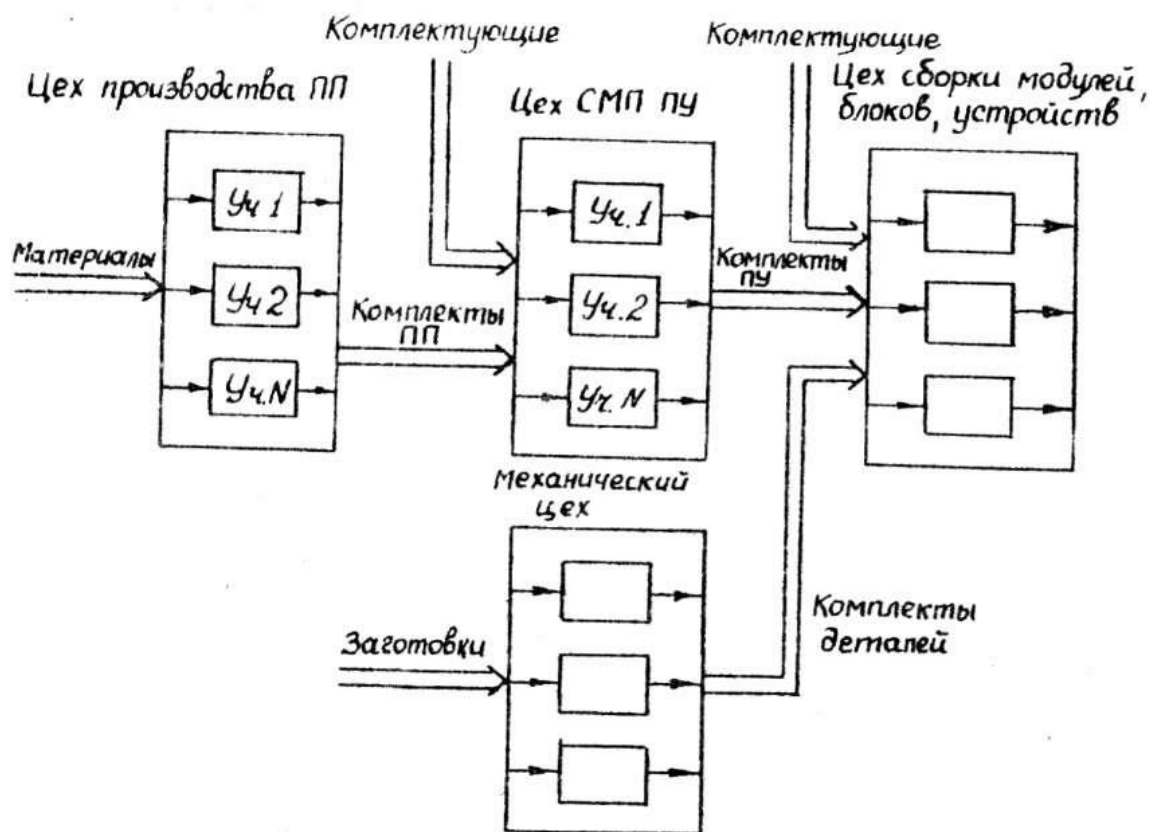


Рис. 4.9. Модель процесса производства на уровне предприятия

Сформированная организационно-плановая документация (план, заказ-наряд цеха) содержит перечень цеховых комплектов деталей и узлов изделий для данного цеха с указанием их количества, трудоемкости, расчетных сроков запуска и выпуска.

Материально-техническая подготовка на текущий плановый период осуществляется в АСУ МТП. Исходными данными являются следующие: ОПД на текущий месяц цехам производства; ВК, ВМ на цеховые комплекты деталей и узлов; сведения о текущем состоянии центральных складов материалов и комплектующих. На основе ОПД, а также ВК и ВМ формируются сводные потребности в материалах и комплектующих на текущий период и обеспечивается их поступление от изготовителей.

В процессе выполнения текущего плана АСУП осуществляет также оперативное управление (диспетчеризацию) производства и учет его текущего состояния. АСУ МТП обеспечивает выдачу материалов и комплектующих цехам, а также учет движения (приход, расход, остаток, дефицит) их на центральных складах предприятия.

На основе анализа взаимодействия подсистемы ИАСУ можно выделить четыре типа информационно-управляющих потоков: 1) комплекты ПД на детали, узлы, изделия, а также ПД на ОТК деталей и узлов; 2) нормативно-справочную информацию по материалам, комплектующим и т.д.; 3) управляющую информацию, состоящую из ОПД (планы, наряд-заказы), управляющих воздействий (команд), а также учетной информации о состоянии обработки объектов производства и о состоянии производственной системы; 4) данные по организационно-технологической структуре производства, описанию типовых ТП и т.д.

4.5. Структура базы данных ИАСУ

Вопросы организации информационной базы являются одними из самых важных. Сущность проблемы заключается в рациональном распределении всей информации по функциональным подсистемам АСУ, которые обеспечивают минимальные затраты на хранение, обработку и передачу информации при заданном качестве функционирования как отдельных подсистем, так и системы в целом.

Иерархическое модульное описание конструкции изделия позволяет в составе базы данных ПД ИАСУ выделить части: БД комплектующих элементов (БДЭ), БД ПП, БД ПУ, БД модулей верхнего уровня. Каждая из баз данных должна содержать следующую ПД: КД, ТД, МТД, ОЭД.

База данных комплектующих элементов (БДЭ) является справочной БД по всем комплектующим элементам (ИМС, ЭРЭ), используемым в составе ПУ.

По характеру содержания и использования всю информацию по каждому элементу можно разделить на следующие части: 1) общую, 2) конструкторскую, 3) технологическую, 4) материально-техническую, 5) нормативную.

1. Общая часть содержит основные сведения об элементе: тип элемента (ИМС, резистор, конденсатор и т.п.); полный его номинал; вид исполнения.

2. В конструкторскую часть входят все сведения о конструкции элемента (конструктивный тип элемента): а) характеристики корпуса - тип, модификация, форма, габарит, материал; б) характеристики выводов - количество, размеры, форма, расположение относительно корпуса.

3. Технологическая часть включает данные о технологических

характеристиках элемента (технологический тип элемента): вид монтажа элемента (планарный, в отверстия, на поверхность, с приклейкой или без приклейки, с прокладками или без и т.д.); вид формовки выводов (форма, размеры); характеристику прокладок под элементы, если они используются; характеристики транспортно-технологической и складской тары (тип, емкость); нормативы технологического отхода при контроле и регулировке.

4. Материально-техническую часть составляют данные, необходимые для материально-технической подготовки производства, т.е. для обеспечения его комплектующими: номера ТУ, ГОСТ; сведения о поставщиках; сведения о расположении на складах предприятия; сведения о внутренних потребителях; стоимость элемента и т.д.

5. Нормативная часть содержит следующие нормативы для выполнения операций в зависимости от типа оборудования и оснастки: трудовые (трудоемкость), стоимостные (расценки по операциям), технологические (машино- или станкочасовое время, длительность операций типа сушки, промывки и т.д.).

Эти виды информации могут использоваться в различных подсистемах ИАСУ, в том числе в ИАСУ СМП ПУ для проведения соответствующего проектирования изделий, а также подготовки производства.

В целом БДЭ должна строиться как распределенная база данных. При этом по каждой части БДЭ (каждому виду информации) должны быть выделены подсистема-разработчик и подсистема-пользователь. Предлагаемый вариант распределения приведен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Использование БДЭ в подсистемах ИАСУ

Части БДЭ	Содержание	Подсистема-разработчик	Подсистема-пользователь
1	2	3	4
Общая	Тип, номинал, исполнение	САПР-К ПУ	Все
Конструкторская (конструктивный тип)	Характеристики корпуса и выводов	"	САПР-Т ПУ, АСТПШ

I	2	3	4
Технологическая (технологический тип)	Вид монтажа и формовки	САПР-Т ПУ	АСТПШ
	Характеристики прокладок	САПР-К ПУ	САПР-Т ПУ, АСТПШ
	Характеристики тары	АСТПШ, АСУ МТП	АСТПШ, АСУ МТП
	Нормативы технологического отхода	САПР-Т ПУ	
Материально-техническая	ТУ, ГОСТ	САПР-К	АСУ МТП
	Поставщики	-	-
	Потребители	АСУ МТП	-
	Расположение на складах	-	-
	Стоимость	АСУ МТП	АС ОЭД
Нормативная	Нормативы:		
	трудоые	АС НТЭ	-
	стоимостные	"	-
технологические	САПР-Т ПУ	АС ТПШ	

Для хранения БДЭ и организации обмена должна применяться АСВТД.

Выделение всех необходимых данных по элементному составу в отдельную базу данных (БДЭ) обеспечивает возможность представления элементов КТД их кодами. Система кодирования позволяет снизить объем КТД, обеспечивает высокую скорость обработки, легкость ведения информации по элементам. Кроме того, код элемента позволяет формализовать описание печатных узлов и возможностей технологического оборудования, а также технологические маршруты сборки печатных узлов и, на этой основе, автоматизировать следующие процессы: проектирование производства и технологических маршрутов; определение длительности и трудоемкости операций; оперативно-диспетчерское управление.

База данных ПУ должна содержать комплекты ПД. Конструкторский документ в виде файла должен быть функциональным аналогом

традиционных КД на ПУ (спецификация, сборочно-монтажный чертеж, ведомость комплектующих) и иметь статус первичного документа.

Описание ПУ должно содержаться в четырех секциях: в 1-й секции - паспорт ПУ; во 2-й - паспорт ПП; в 3-й - спецификация элементного состава ПУ; в 4-й - расположения элементов на плате.

1-я и 2-я секции (паспорта ПУ и ПП) содержат основные сведения об идентификации ПУ, а также используемую в ее составе ПП.

В 3-ю секцию (спецификация элементного состава ПУ) включаются записи об элементах ПУ. Представление этих элементов основано на рассмотренных ранее способах кодирования. Каждая запись соответствует группе элементов одного номинала, имеющих одинаковые конструктивно-технологические характеристики, и должна содержать кода (элемента, его конструктивного и технологического типов), а также сведения о количестве данных элементов на плате. Дополнительно могут быть указаны общие сведения по элементу (тип, номинал), а также коэффициенты расчетного количества с учетом отхода при контроле и регулировке. В совокупности кода, элемента и кода его конструктивного и технологического типов позволяют извлечь из БДЭ всю необходимую информацию об элементе. Информация 3-й секции будет использоваться при материально-технической подготовке (обеспечении комплектующими) производства как на уровне предприятия, так и на уровне цеха СМП, а также на этапе технологической подготовки (формирование УТП комплектации).

4-я секция (расположение элементов на плате) содержит данные о координатах и ориентации элементов. Координаты элементов могут быть заданы двумя способами (в зависимости от конструкции платы): в виде номеров зон (посадочных мест) для унифицированных плат; в виде абсолютных или относительных координат. Тип используемой системы координат должен быть задан в паспорте ПУ.

В случае использования абсолютной или относительной системы координат за начало этой системы может быть взят, например левый нижний угол платы. При этом в качестве базового положения платы может быть принято такое, при котором сторона, которой ПУ присоединяется к модулю верхнего уровня (разъем), направлена вдоль оси X (рис. 4.10). В этом случае координаты могут быть заданы в виде неотрицательных чисел без знака. В качестве координат могут быть заданы координаты центра отверстия или контактной площадки для базового (ключевого или полярного) вывода эле-

мента. Координаты остальных выводов могут быть определены (вычислены) из БДЭ по коду конструктивного и технологического типа элемента.

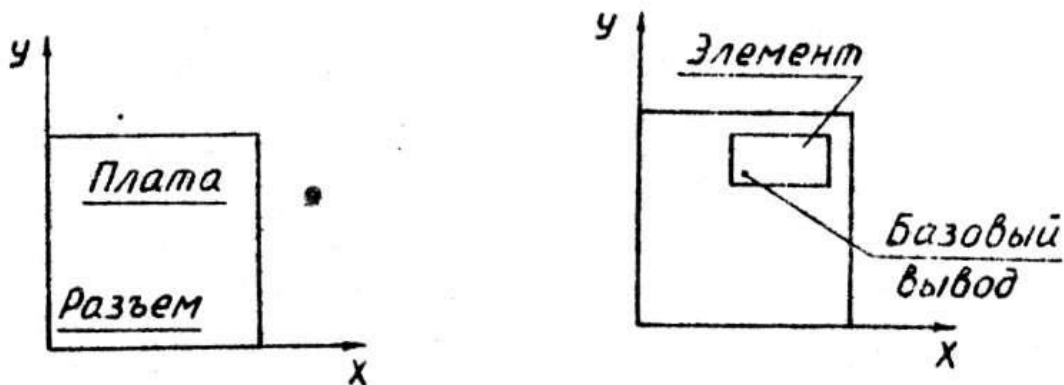


Рис. 4.10. Расположение начала системы координат относительно платы
Рис. 4.11. Базовая ориентация элемента относительно платы

В случае использования унифицированных плат координаты базового вывода могут быть вычислены на основе специальных таблиц - по номеру посадочного места, конструктивного и технологического типа элемента и типа конструктивной платы (схемы расположения посадочных мест).

Ориентация элементов (поворот) относительно системы координат гложет быть задана в виде величины угла поворота элемента относительно базового положения против часовой стрелки. За базовое положение может быть принято, например, такое, при котором базовый вывод находится ближе к началу координат (рис. 4.11).

Поскольку элементы на плате часто располагаются с некоторым шагом и одинаковой ориентацией, то для таких групп элементов могут быть заданы только координаты и ориентация первого элемента группы, а также шаг элементов в группе.

Возможны два варианта кодирования секции расположения элементов.

1-й вариант (позиционный формат) предусматривает расположение данных строго по определенным позициям в записи. Каждая запись секции описывает расположение одного или группы одинаковых элементов, одинаково ориентированных и следующих с одинаковым шагом. При этом указывается следующее: количество элементов в группе; координаты первого элемента группы по X ; координаты первого элемента группы по Y ; шаг расположения элементов в группе по X ; шаг расположения элементов в группе по Y ; угол

поворота (в градусах) элемента относительно базовой ориентации на плате против часовой стрелки. Каждое значение имеет определенную позицию в записи и определенную длину (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Признак поля (для свободного формата)	Описание	Значение поля (его длина)	Позиция в записи (для позиционного формата)
Ц	Количество элементов в группе	Целое положительное число (3 цифры)	I
X	Координаты X первого элемента группы	Целое число и знак (6 цифр)	4
У	Координаты У первого элемента группы	То же	II
I	Шаг элементов в группе по X	"	18
J	Шаг элементов в группе по У	"	25
V	Угол поворота элементов относительно базового положения против часовой стрелки,	Целое число и знак (3 цифры)	32

2-й вариант предусматривает свободный формат кодирования, при котором значения полей записываются с помощью признака поля (см. табл. 4.3). Пустые поля могут опускаться. Записи могут иметь любую длину, обрываться и переноситься в любом месте. Такой формат аналогичен форматам записи УТП для станков с ЧПУ.

Если используются в качестве координат номера посадочных мест, то последние кодируются признаками X, I, а признаки У, J не используются.

Порядок следования полей в записи должен быть таким, как указано в табл. 4.3. Незначащие старшие нули и знак "плюс" могут быть опущены. Нулевые значения могут быть опущены вместе

с признаками.

Приведем синтаксис описаний в свободном формате (квадратными скобками отмечены поля, которые могут быть опущены):

< секция расположения элементов >	:: =	<расположение элемента - 1>
<расположение элемента >	:: =	[; <расположение элемента - 2>] ... <описание группы - 1 > [<описание группы - 2 >].. .
<описание группы>	:: =	N (количество элементов в группе); [X <координата X первого элемента>] [Y<координата Y первого элемента>] [I<шаг по X>] [J < шаг по Y>] [U<угол поворота >]

Пример описания расположения элементов в свободном формате:

```
N 1 X 1000 Y 1500
N 4 X 3000 Y 9000 I 500 J 1250 U 90
N 5 X 7000 Y 14000 I 1000 J 2000
```

Первая строка описывает один элемент, расположенный в точке (1000; 1500). Вторая строка описывает группу из четырех элементов. Первый элемент расположен в точке (3000; 9000). Остальные - с шагом 500 по оси X и с шагом 1250 по оси Y. Все элементы повернуты относительно базового положения на 90°. Третья строка описывает группу из пяти элементов, расположенных с шагом (1000; 2000), начиная с точки (7000; 14000).

Технологическая документация на ПУ должна быть функциональным аналогом традиционных маршрутных ТП на ПУ и содержать следующие данные: паспорт ТД; описание операций ТП.

Паспорт ТД по содержанию должен быть аналогичен паспорту описания ПУ. Дополнительно должен быть указан номер типового, группового или комплексного ТП (ГШ), на основе которого разработан данный ТП.

Описание операций должно следовать в порядке их выполнения. Некоторые операции из ТТП могут отсутствовать для некоторых ПУ, в зависимости от их элементного состава. Каждое описание операции должно включать следующие данные: код операции; код оборудования (рабочего места), оснастки на данной операции; требование к производственному персоналу (код квалификации, разряда);

нормативы времени на выполнение данной операции (трудоемкость, машиноёмкость, длительность операции); код КТТ объекта обработки на данной операции; количество объектов обработки на данной операции.

Кроме того, для АРМ в описание операции можно включать текстовую инструкцию по ее выполнению (или необходимые замечания, предостережения), издаваемую на экран оператора АРМ.

Код КТТ является описанием объекта обработки (сборки) на данной операции (ПУ, ПП, элемент, вывод элемента и т.п.) согласно конструкторско-технологической классификации.

Организационно-экономическая документация на ПУ включает карты трудоемкости и расценок, а также карты себестоимости.

КТР содержит следующие данные: паспорт КТР; описание нормативов трудоемкости и расценок по операциям ТП. Причем описание нормативов должно быть задано в следующем виде: код операции по ТПП; трудоемкость операции; код квалификации (разряда рабочего); расценка (зарплата) по операции.

Физически КТР может быть совмещена с ТД на ПУ в виде одного файла данных путем добавления поля "Расценка" к описанию операции ТП.

Карта себестоимости ПУ содержит данные о цеховой себестоимости изготовления ПУ по статьям: материалы, комплектующие, заработная плата и т.д.

Разработка, и изменение КС должны осуществляться: на уровне цеха с использованием АСУ цеха; на уровне предприятия с использованием АСУП.

База данных ПД на организационно-технологические комплекты, в частности ПД на ОТК цеха, участка, включает следующие документы: о составе комплекта (СК); ведомости комплектующих; ведомости материалов; карты трудоемкости и расценок; карты себестоимости комплекта.

В комплект входит и перечень обозначений его составных частей с указанием их количества: для цеховых комплектов ПУ указываются обозначения входящих в его состав участковых комплектов; для участковых - обозначения входящих в его состав ПУ.

ВК содержит сводный перечень комплектующих элементов в виде: код элемента, количество элементов на комплект с учетом технологического отхода. Дополнительно могут быть указаны тип и номинал элемента.

КТР включает следующие данные об объеме работ по комплекту в цехе (участке): обозначение составной части комплекта; трудоемкость по этой части комплекта; зарплата по этой части комплекта; сводные сведения по трудоемкости и зарплате на весь комплект. Вместо обозначений составных частей могут быть использованы их порядковые номера в комплекте.

КС содержит данные по себестоимости комплекта в целом и его составных частей в виде, аналогичном виду КС на деталь или изделие.

5. ИАСУ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО) ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

5.1. Вводные замечания

ИАСУ СМП ПУ объединяет в единую систему все виды подготовки и управления производством на уровне цеха СМП ПУ, обеспечивает их автоматизацию, а также взаимодействие с системами проектирования изделий, подготовки и управления производством верхнего уровня. ИАСУ СМП ПУ взаимодействует со следующими подсистемами (рис. 5.1):

АСВТД, откуда получает ПД на ПУ, а также на цеховые и участковые комплекты ПУ;

АСУ МТП, куда передаются требования и ведомости для получения комплектующих на центральных складах предприятия и для загрузки их в АРМ комплектации;

АСУП, которая выдает для СМП ПУ план (заказ-наряд) на текущий период и получает учетную информацию о результате выполнения плана.

ИАСУ СМП ПУ строится как трехуровневая иерархическая система (рис. 5.2) и обеспечивает выполнение следующих функций: организационно-технологическую и технологическую подготовку производства ПУ; оперативное планирование и управление производством на уровне цеха, участка, модуля (рабочего моста); материально-техническую подготовку производства ПУ.

5.2. Управление цехом

На верхнем уровне (цех) осуществляются подготовка производства ПУ, цеховое планирование, управление, учет производства. Эти функции выполняют подсистемы: АСУ цеха, АСТПП цеха, АСУ комплектации (см. рис. 5.2).

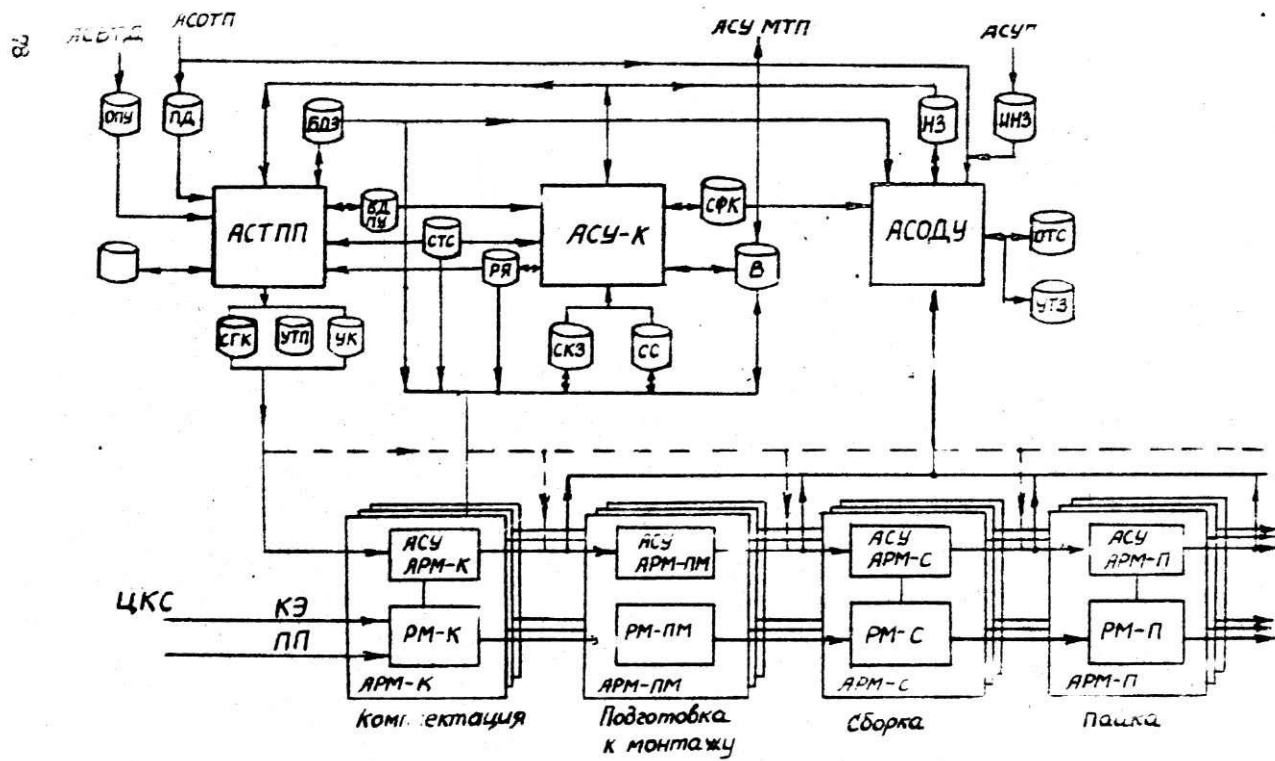


Рис. 5.1. Структура ИАСУ СМП ПУ

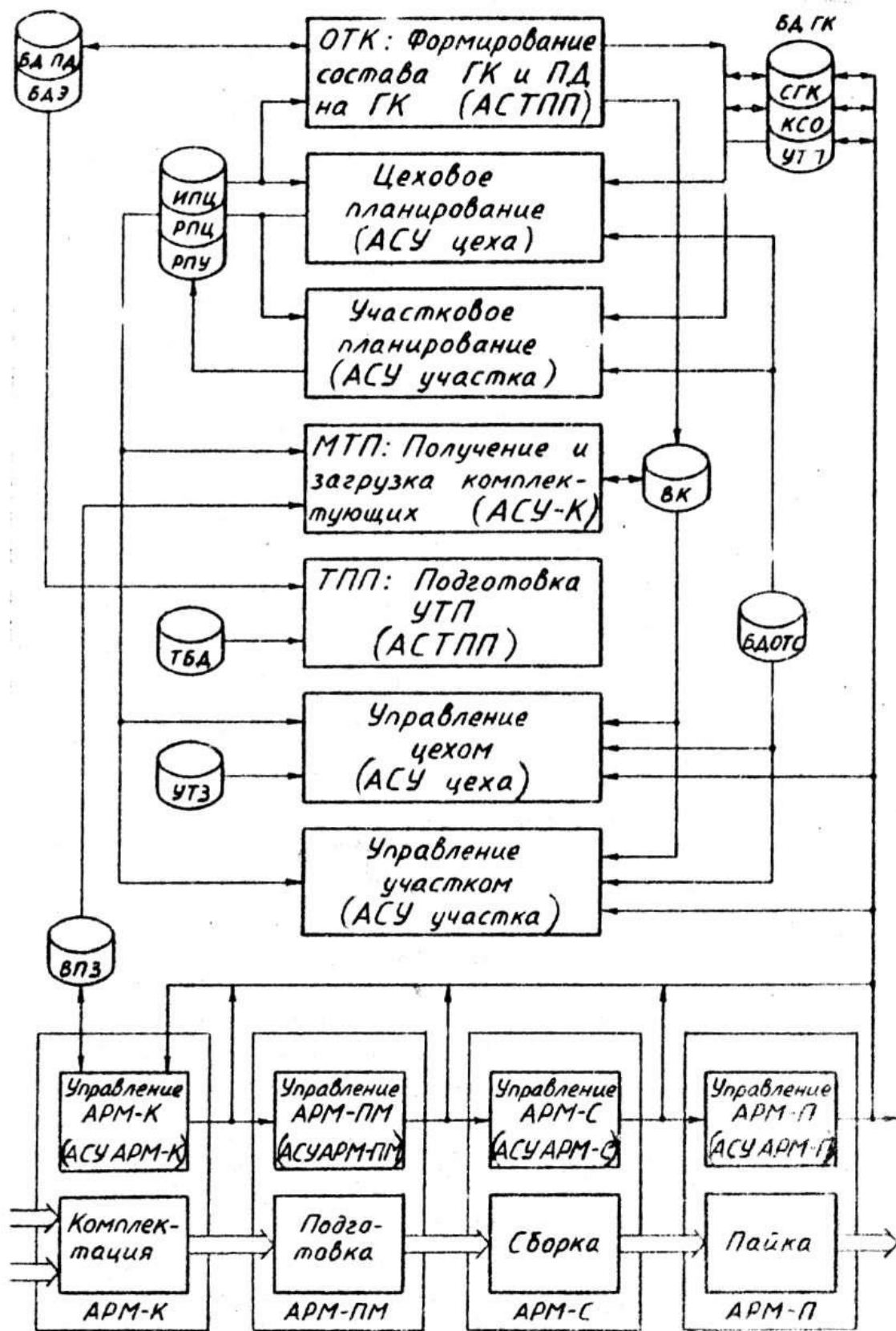


Рис.

5.2.

Структура

управления

цехом

Функции управления цехом осуществляет АСУ цеха. В состав этих функций входит следующее: оперативное планирование на цеховом межучастковом уровне; учет и контроль выполнения участкового плана; регулирование (диспетчеризация) производства на уровне цеха. Единицей работы и управления на этом уровне является ГК, сформированные в результате организационно-технологической подготовки производства. Модель цеха на этом уровне представляется в виде совокупности процессоров (участков цеха), выполняющих обработку ГК. Каждый участок рассматривается как единое целое, без учета внутренней структуры. Процесс обработки ГК рассматривается тоже как целое, без учета отдельных операций (см. рис. 4.2).

Сущность планирования заключается в распределении сформированных ГК в соответствии с их организационно-технологическим типом по участкам, а также в формировании плана-графика их и запуска/выпуска в соответствии с аланом цеха, полученным из АСУП.

Планирование может осуществляться на основе традиционных объемных расчетов. Исходными данными является:

сформированные АСТПП файлы ГК с данными о составе и объеме работ по ГК;

план цеха (заказ-наряд), содержащий сроки выпуска цеховых комплектов;

файл участковой структуры цеха с данными о ресурсах участков (фонд времени - оборудования и персонала).

В результате формируется рабочий план участкам цеха, содержащий перечень ГК, участки, на которых они должны обрабатываться, и сроки запуска-выпуска.

В моменты окончания обработки ГК осуществляется учет текущего состояния выполнения планов участками, контроль отклонений от плана и диспетчеризация производства. АСУ участков регистрирует завершение обработки ПК путем отметки соответствующей позиции в рабочем плане участков.

5.3. Управление участком

На среднем уровне (участок, линия) выполняются АСУ участком следующие функции: планирование работы, учет и контроль выполнения плана, диспетчеризация производства. Единицей работы и управления на этом уровне является ГК. Модель участка представляется в виде совокупности процессов (технологических

модулей, рабочих мест). Процесс обработки рассматривается с учетом основных и вспомогательных операций, т.е. на уровне маршрутного ТП.

Планирование работы участка может осуществляться на основе объемных расчетов или имитационных моделей. Исходным для планирования является следующее: рабочий план участка цеха, начальные данные по объему работ на каждой операции обработки ГК; маршрут обработки на логическом уровне (т.е. задающий только типы оборудования и рабочих мест), определенный в КСО ГК; файл структуры участка, содержащий сведения о ресурсах участка по каждой операции (количество модулей, рабочих мест, фонд времени). В результате определяется маршрут обработки ГК внутри участка по рабочим местам на каждой операции.

В современном производстве оперативное управление работой участков может осуществляться двумя методами:

1) составлением план-графиков (расписаний обработки) распределения работ в пространстве и времени;

2) динамическим планированием и управлением (ситуативное управление), в зависимости от текущей стадии и на основе некоторых стратегий или приоритетных правил.

Достоинства и недостатки обоих методов освещены в литературе [3 - 5, 8]. 1-й метод дает возможность получить оптимальные решения. Однако нарушения хода производственного процесса, обычные для современного производства, обесценивают эти оптимальные решения. Кроме того, попытки учесть это с помощью резервирования или корректировки расписаний неэффективны или очень трудоемки.

2-й способ более предпочтителен (особенно в условиях ГПС), хотя и не дает строго оптимальных решений. При выборе подходящих стратегий или правил он может дать приемлемые результаты и не требует больших затрат.

В данном случае 2-й способ заключается в том, что определение рабочего места (модуля) для выполнения очередной операции по обработке ПК производится после завершения текущей операции, т.е. динамически, на основании анализа текущего состояния участка и некоторых правил. Прогресс принятия решений может быть организован в диалоге с диспетчером АСУ участка или мастером с учетом неформализуемых факторов. Выбор правила (или множества правил) может быть осуществлен на этапе проектирования производства с помощью моделирования. Кроме того, выбор конкретного реше-

ния в процессе управления и оценка результатов также могут быть проведены на основе моделей, "встроенных" в АСУ участка.

Моментами учета и диспетчеризация производства на участке являются моменты завершения текущей операции по обработке ГК. В зависимости от особенностей организации производства это может быть конец текущей смены (если ГК формируется как ССЗ) или произвольные моменты. В это время осуществляется учет состояния ГК в КСО и определяется следующая позиция обработки ГК. Кроме того, проводится персональный учет объема выполненных работ (на основании данных о том, кто выполнил операцию, а также на основании расценок на операции, содержащихся в КСО). Эти сведения накапливаются в БД учета труда и зарплаты (БД УТЗ) и являются основанием для начисления зарплаты.

Возможен также вариант ведения БД УТЗ и учета зарплаты в АСУ цеха после завершения полной обработки ГК.

Для контроля за состоянием готовности обработки ПС могут использоваться нарастающие значения по трудоемкости и процент обработки по позициям и операциям ГК в КСО. Регистрация завершения текущей операции по обработке ГК в КСО и СГК осуществляется локальными АСУ оборудованием/АРМ.

Таким образом, АСУ участка играет центральную роль в оперативном управлении производством, выполняя функции управления и распределения технологических ресурсов и определения реальных маршрутов обработки ГК, т.е. функции производственной операционной системы участка.

Кроме того, в функции АСУ участка может входить групповое управление технологическим, транспортным и складским оборудованием участка, т.е. координация работы отдельных модулей, выдача комплектов ПД на ГК (СГК, УТП, КСО) в локальные АСУ оборудованием и т.п.

5.4. Управление модулем

На нижнем уровне (модуль, рабочее место) локальные АСУ оборудованием/АРМ выполняют следующие функции: управление технологическим процессом в рамках данной операции; учет выполнения операции контроль оборудования.

Исходными данными является ПД на ПС (СГК, УТП, КСО). В результате работы локальная АСУ выдает команды управления оборудованием, контролирует выполнение, ведет учет выполнения пере-

ходов на уровне плат и элементов в составе ГК, используя для этого УТП. Таким образом, моделью процесса на этом уровне является операционный ТП, объектом обработки и учета - составные части ГК (платы и элементы), а также данные о том, кто выполнил операцию.

Регистрация выполнения переходов в УТП позволяет управлять обработкой ПС на данной операции и обеспечивать возможность продолжения работы после запланированного или аварийного прерывания или в условиях дефицита элементов и плат.

5.5. Технические средства ИАСУ СМП ПУ

Структура комплекс технических средств (КТО) ИАСУ СМП ПУ отражает ее иерархическую функциональную структуру. Нижний уровень - локальное управление оборудованием - реализуется с помощью микроЭВМ или контроллеров. Средний - управление работой группой оборудования (участком) - с помощью микро- или мини-ЭВМ. Верхний уровень - подготовка производства и управление им - реализуется с помощью сети достаточно мощных микроЭВМ.

Взаимодействие систем различного уровня осуществляется с помощью двухуровневых локальных сетей - цеха и участка, - которые иногда могут быть объединены в одну. При отказе сети, а также на начальных этапах функционирования ИАСУ могут использоваться МНИ. "Классическая" структура КТС системы управления для современного автоматизированного производства, в частности ТПС, на верхнем уровне включает мини-ЭВМ типа СМ (СМ1420, СМ1600, "Электроника-100/25", "Электроника-79" и др.), на среднем - аналогичную ЭВМ меньшей конфигурации (например, СМ1300), на нижнем уровне - микроЭВМ семейства "Электроника" ("Электроника-60").

Выбор КТС для каждого уровня управления диктуется характером задач, решаемых на этих уровнях. В табл. 5.1 отражены функции системы локального уровня и соответствующие им минимальные требования к КТС.

При выборе конкретного КТС для реализации ИАСУ СМП ПУ необходимо учитывать множество факторов:

- а) обеспечение необходимой производительности, объемов оперативной и внешней памяти для решения поставленных задач;
- б) обеспечение необходимой надежности;
- в) совместимость используемых ТС между собой, а также о уже имеющимися на предприятии ТС;

- г) наличие устройств связи с объектами управления (автоматизированном оборудовании);
- д) наличие базового программного обеспечения - операционных систем (ОС), пакетов прикладных программ (ППП), систем управления базами данных (СУБД) для решения поставленных задач;
- е) наличие программно-технических средств для построения локальных сетей;
- ж) доступность ТС (возможность приобретения).

Таблица 5.1

**Требования к комплексу технических средств для
локального управления АРМ в СМП ПУ**

Технические средства	Выполняемые функции, обеспечиваемые возможности
Объем оперативной памяти 64 Кб	Размещение операционной системы, программного обеспечения (в том числе на языке высокого уровня), буферов данных
Производительность 200 тыс. оп/с	Работа в режиме реального времени
Накопитель на гибких и жестких магнитных дисках или винчестер емкостью 512 Кб	Обеспечение автономной работы (загрузка УТП, учет, загрузка ОС и программного обеспечения)
Алфавитно-цифровой терминал или табло с клавиатурой	Загрузка и запуск системы, настройка на режим работы, отображение текущего состояния, обработка справочных запросов, диалог в особых ситуациях (ошибки, дефицит, прерывание работы), продолжение работы после запланированных и аварийных прерываний
Печатающее устройство	Твердая копия протокола работы, распечатка дефицита, справочных запросов
Контроллер или адаптер для выхода в локальную сеть	Взаимодействие с другими подсистемами в рамках ИАСУ
Энергонезависимая оперативная память или энергонезависимый электронный диск	Сохранение текущего состояния и его восстановление при отказах питания и других аварийных ситуациях

Совместимость используемых ТС имеет большое значение при разработке программного обеспечения, его эксплуатации, организации взаимодействия ЭВМ между собой, обучении производственного персонала, работающего с системой, организации службы ремонта и профилактики КТС, обеспечении запасными частями. В этом смысле большое внимание уделяется и совместимости внедряемого КТС с уже используемыми на предприятии техническими средствами.

Опыт создания подсистем верхнего уровня ИАСУ (АСТПП, АСУ-К, АСОДУ) показывает, что, хотя требования к производительности, объему памяти ЭВМ для этих подсистем могут значительно колебаться (в зависимости от типа, характера производства, номенклатуры, поставленных задач, используемого базового программного обеспечения), минимальными требованиями можно считать следующие:

- а) производительность порядка нескольких сотен операций в секунду и выше;
- б) объем оперативной памяти - не менее 256 Кб;
- в) объем внешней памяти - не менее 20 Мб.

Поскольку характер решения задач этого уровня связан с обработкой конструкторско-технологической, плано-организационной и материально-технической документации, с выдачей различного рода справок, отчетов, со сбором информации с нижнего уровня и учетом, то в составе базового программного обеспечения ЭВМ верхнего уровня необходимы СУБД и дополнительное программное обеспечение (для быстрого поиска и обработки символьной информации, в том числе кодирования (раскодирования); сортировки данных; генерации и печати документов, отчетов; удобного взаимодействия в диалоге с оператором; интерфейса с языками программирования).

В настоящее время среди выпускаемых отечественных ЭВМ перечисленным выше требованиям наиболее удовлетворяют мини-ЭВМ (типа СМ4, СМ1420, СМ1600, СМ1425, СМ1700), а также программно-совместимые с ними и обладающие примерно одинаковыми функциональными возможностями ЭВМ семейства "Электроника" ("Электроника-100/25", "Электроника-79", "Электроника-82"). Машины этого класса рекомендуются для верхнего уровня [1, 3, 5, 7]. Они имеют следующее: операционные системы типа RSX -IIM (отечественный аналог ОСРВ), RT -II (отечественный аналог - РАФОС), позволяющие вести многозадачную и многопользовательскую обработку, в том числе и в режиме реального времени; ряд СУБД вместе с сервисным окружением, среди которых можно перечислить (ADABAS

и его отечественные аналоги, Сетор, Фобрин и др.), поддержку наиболее популярных языков программирования высокого уровня (Фортран, Паскаль, Си, Бейсик и др.); средства для построения удобных налоговых систем и т.п.

Важно отметить и младшие модели этих машин - микроЭВМ типа СМ1300 и семейства "Электроника" ("Электроника-60-1"), совместимые с ними на уровне подключения внешних устройств и программном уровне, которые могут быть использованы в качестве ЛСУ нижнего уровня для управления оборудованием.

Среди программно-технических средств для построения локальных сетей (на основе этих ЭВМ), как однородных, так и неоднородных, перечислим следующие: DECKET и его отечественные аналоги (СТО/РВ, СМ-сеть), СВД, СПО "Алиса", "Квант" и др.

Имеются также программно-технические средства для связи этих ЭВМ с ЭВМ серия ЕС (ЕС1055, ЕС1040). Эти средства часто используются для построения САПР, АСУП и т.п. К ним можно отнести ППП "Сатурн", ЈЕС, "Примус" и др.

Разрабатываемые в настоящее время ЛВС для ЭВМ серии ЕС должны обладать средствами подключения машин типа СМ. Уже разработаны ЛВС для объединения машин этого семейства и персональных ЭВМ (ЛВС "Эстафета"). Кроме того, отметим, что машины серии СМ имеют магнитные носители (МЛ, ГМД), совместимые по параметрам считывания/записи информации с ЭВМ серии ЕС, и программные средства для перекодирования символьной информации.

Машины типа СМ широко распространены как в СССР, так и за рубежом (машины типа PDP -II). Они используются для разработки программного обеспечения, отладки, контроля, испытания изделий, в том числе и на операциях контроля и регулировки в цехе сборки ПУ, что, как отмечалось ранее, упрощает решение задач разработки и эксплуатации системы.

Таким образом, машины рассмотренного типа можно рекомендовать в качестве базовых для подсистем верхнего уровня ИАСУ СМП ПУ.

Построение ИАСУ можно осуществлять и на основе персональных ЭВМ (ПЭВМ). Уже сейчас типичные зарубежные ПЭВМ по производительности и объемам памяти не только не уступают рассмотренным нами мини-ЭВМ, но и превосходят их. В то же время ПЭВМ присущи малые габаритные размеры, низкая стоимость, высокая надежность, наличие развитого программного обеспечения для обработки данных

(в том числе СУБД), удобное диалоговое взаимодействие с пользователем (в том числе и непрофессионалом в части программного обеспечения). Разработаны также локальные сети для объединения ПЭВМ между собой, а также с более мощными ЭВМ. Созданы операционные системы для ПЭВМ, позволяющие организовывать многозадачный режим работы, что увеличивает возможность по управлению производственными процессами.

Анализируя возможность использования отечественных ПЭВМ, и в первую очередь ЭВМ типа ЕС1840 (ЕС1841), необходимо отметить и следующее. Технические параметры, и в первую очередь объем внешней памяти, выпускаемых ПЭВМ пока еще не достигли уровня зарубежных. Большинство из них в настоящее время оснащены лишь накопителями на ГМД. Начат выпуск ПЭВМ с накопителями винчестерного типа, но их емкость часто составляет всего 5 Мб, что в большинстве случаев может оказаться недостаточным при решении задач верхнего уровня. Отсутствуют также готовые программно-технические средства для построения ЛВС. Значительной остается стоимость, недостаточно высока надежность работы. Не совсем массовыми являются объемы выпуска. Все это позволяет говорить об использовании ПЭВМ сейчас лишь для ЛСуправления оборудованием, АРМ производственного персонала, а также при решении задач среднего уровня. В то же время следует отметить, что разработка ПЭВМ ведется и на основе микроЭВМ семейства "Электроника", совместимых с рассмотренными ранее мини-ЭВМ типа СМ. В частности, можно упомянуть выпускаемый в настоящее время персональный вычислительный комплекс (ПВК) "Электроника МС-0585" ("Электроника-85"), оснащенный винчестером емкостью 5 Мб и имеющий память 512 Кб. Это позволяет использовать его сейчас как дополнение к более мощным ЭВМ, постепенно заменяя их в будущем по мере улучшения характеристик.

ЭВМ среднего уровня управления (групп оборудования, участок) должны иметь характеристики, промежуточные между характеристиками ЭВМ верхнего и нижнего уровней. Поскольку на среднем уровне решаются задачи группового управления, а также планирования и управления производством на уровне участка, то в их составе, как правило, необходимы жесткие или винчестерные диски емкостью не менее 5 Мб и объемом оперативной памяти 54 - 128 Кб. Для этого жгут использоваться младшие модели ЭВМ семейства ОМ и "Электроника", а также персональные ЭВЛ.

Выбор КТС для реализации локального управления оборудованием и АРМ должен определяться исходя из выполняемых функций и не-

обходимых для этого технических характеристик (см. табл. 4.1). Можно выделить три класса технических средств: 1) универсальные или персональные микроЭВМ; 2) специализированные управляющие микроЭВМ серийного изготовления; 3) специализированные микропроцессоры и микроЭВМ, разработанные для конкретного применения.

Традиционно ЛС управления производственным оборудованием создаются на основе специализированных микроЭВМ. Причинами этого, видимо, является следующее:

- а) недостаточная производительность универсальных микроЭВМ, особенно в случае быстропротекающих параллельных процессов;
- б) низкая надежность универсальных ЭВМ;
- в) большая программная и аппаратная избыточность универсальных ЭВМ и, следовательно, высокая стоимость;
- г) отсутствие энергозависимой оперативной памяти или защиты питания;
- д) отсутствие или недостаток средств сопряжения с объектом управления.

Однако существенным недостатком использования специализированных ЭВМ являются очень высокие затраты на их разработку и программное обеспечение.

В последнее время все чаще в качестве основы для ЛС управления, особенно для АРМ, применяются персональные ЭВМ или их модификации, тем более что их характеризуют достаточно низкая себестоимость и высокая надежность. В АРМ, где не требуется быстроедействие системы управления, а в качестве интерфейса с объектом управления часто может быть использован стандартный последовательный интерфейс, ПЭВМ являются почти идеальной машиной благодаря своей принципиальной ориентации на взаимодействие с пользователем-программистом в диалоговом режиме и наличию богатой программно-аппаратной поддержки этого взаимодействия.

В табл. 5.1 приведены требования к КТС ЛС управления АРМ, а в табл. 5.2 сравниваются возможности использования универсальных (персональных) и специализированных микроЭВМ или контроллеров. Из табл. 5.2 видно, что универсальные (персональные) ЭВМ превосходят специализированные по возможностям использования их в АРМ СМИ ПУ, за исключением стоимости, надежности и устойчивости к отказам и возможности восстановления состояния.

Сравнение характеристик и возможностей универсальных (персональных) и специализированных ЭВМ для локального управления АРМ в СМП ПУ

Возможности, характеристики	Универсальные и персональные ЭВМ	Специализированные ЭВМ и контроллеры
Локальное управление АРМ в режиме реального времени	+	+
Информационная обработка, организация диалога с оператором ЭВМ	+	-
Унификация и стандартизация, использование готовых программных и технических средств	+	-
Сопровождение, организация профилактики, техобслуживания, ремонта, обеспечение запасными инструментами и приспособлениями, эксплуатационной документацией	+	-
Открытость, возможность изменения развития, сопряжения с другими системами посредством локальных сетей	+	-
Производительность	+	+
Стоимость (капитальные затраты на приобретение)	- (+ в перспективе)	+
Стоимость разработки	+	-
Доступность приобретения	+	-
Надежность	+ - (+ в перспективе)	+ (при специальных технических решениях)
Наличие средств для сохранения рабочего состояния и продолжения работы при отказах питания	- + (+ при включении в конфигурацию дополнительных технических средств)	+ (при специальных технических решениях)
Возможность для автономной работы с использованием МД и ГМД	+	-

Однако стоимость, по мере расширения объемов выпуска универсальных (персональных) ЭВМ будет снижаться, а надежность работы должна повыситься. Кроме того, надежность и отказоустойчивость, а также производительность универсальных и персональных ЭВМ могут быть существенно повышены путем применения электронных энергонезависимых "дисков", которые становятся почти стандартной составной частью современных ПЭВМ.

В настоящее время можно выделить несколько типов серийно выпускаемых отечественных микроЭВМ, которые можно было бы использовать в качестве ЛС управления в АРМ комплектации и сборки:

- 1) микроЭВМ семейства "Электроника-60" и следующего ряда - "Электроника-60-1", а также построенные на их основе диалоговые и персональные вычислительные комплексы (ДВК-2,3,5, ПВК "Электроника МС-0585");
- 2) микроЭВМ типа СМ1800, СМ1810;
- 3) микроЭВМ типа СМ1300;
- 4) персональные ЭВМ типа ЕС1840, ЕС1841, ЕС1842; "Искра-1030.11", "Истра-4816";
- 5) специализированные управляющие микроЭВМ системы "Электроника НЦ".

МикроЭВМ семейства "Электроника" являются шестнадцатиразрядными машинами универсального типа. Они широко используются в управлении технологическими процессами, научными экспериментами. В составе внешних устройств имеются функциональные модули для связи с объектами управления, в том числе модули параллельного обмена (плата И2) и последовательного (плата УПО). На основе машин этого типа строятся и диалоговые вычислительные комплексы (ДВК-2,3,4), которые по своим возможностям близки к персональным ЭВМ, а также персональные вычислительные комплексы, в частности ПВК "Электроника МС-0585". МикроЭВМ этого типа программно совместимы со старшими моделями семейства "Электроника" (мини-ЭВМ, "Электроника-79", "Электроника-100/25"), а также с машинами мини-СМ3,4, СМ1420, СМ1300.

Базовое программное обеспечение составляют операционные системы реального времени типа РТ -II и отечественные аналоги (ОС ДВК, ФОДОС, РАФОС), ориентированные на управление различным оборудованием в режиме реального времени и имеющие хорошие характеристики по реакции и объему памяти. Имеется также соответствующая поддержка для языков высокого уровня,

в

частности

для

Фортрана, в виде библиотеки системных программ, позволяющей использовать практически все возможности по управлению, доступные языкам низкого уровня (макроАссемблер). В составе моделей с достаточным объемом памяти может быть использована и более мощная ОС типа RSX-IIМ или ее аналог ОС РВ. Для ПВК применяются также операционная система ПРОС. МикроЭВМ семейства "Электроника-60" рекомендуются в качестве ЛС управления для ГПС [1, 3, 7]. Машины типа DEC. PDP-11, L9 I -II широко распространены за рубежом при автоматизации производственных процессов, в частности ГПС. Имеются также программно-технические средства для организации связи ЭВМ этого типа со старшими моделями ("Электроника-79, "Электроника-100/25", а также СМ3,4, СМ1420), используемыми как ЭВМ верхнего уровня управления и подготовки производства. Среди них можно перечислить СПО "Алиса", сетевые пакеты типа Dec Ket (СТО/РВ), СМ-сеть и др.

МикроЭВМ СМ1300 , относящиеся к мини-машинам СМ3,4, программно совместимы с ЭВМ типа "Электроника", имеют ту же область применения, могут быть реализованы в различных конструктивных вариантах (стол, стойка, встраиваемая ЭВМ).

Машины системы "Электроника НЦ" - специализированные многопроцессорные или многомашинные системы для управления механообрабатывающими станками с ЧПУ и обрабатывающими центрами в ГПД. Машины имеют достаточные для этого производительность, надежность, энергонезависимую память, функциональную клавиатуру, устройство отображения, модули сопряжения со станком и специализированную операционную систему. Наиболее известны из ЭВМ этого типа "Электроника НЦ-31" и более поздняя модель "Электроника СМ2101". Система команд совпадает с системой команд ЭВМ "Электроника-60". Однако аппаратная и программная специализация ЭВМ "Электроника НЦ" для механообработки делает их нецелесообразными в качестве АРМ комплектации и сборки.

Существует также серийно изготавливаемая специализированная микроЭВМ "Электроника СМ1205", предназначенная для локального управления стеллажными складами типа СТАС. Однако эти склады существенно отличаются от элеваторных, поэтому данные в таком случае нецелесообразны.

микроЭВМ семейства СМ1800 (восьмиразрядные) и СМ1810 (шестнадцатиразрядные) относятся к классу универсальных. Они могут применяться как в управлении технологическими процессами, по-

сколько имеют широкий набор соответствующих аппаратных средств (устройства связи с объектом) и программных (операционные системы реального времени), так и в качестве основы для АРМ производственного персонала, информационно-справочных систем, систем обработки текстов и т.д. На основе СМ1810 могут строиться также персональные АРМ для систем автоматизированного проектирования с графическими возможностями.

Персональные ЭВМ типа ЕС1840 (1841, 1842) являются аналогами широко известных персональных ЭВМ фирмы IBM (IBM PC) и, как отмечалось, имеют богатое программное обеспечение, в том числе и системы управления базами данных (СУБД), развитые средства взаимодействия с пользователем-непрофессионалом, пакеты для организации локальных сетей. ЭВМ этого типа могут быть использованы при создании АРЛ различного назначения - для конструкторско-технологического проектирования, подготовки и управления производством (за рубежом их применяют и для управления технологическими процессами [10]). Аналогами этих машин являются ПЭВМ "Искра-1030", "Нейтрон И9.66", СМ1810, "Истра-4816".

Основываясь на проведенном выше анализе, можно сказать, что основная проблема выбора типа универсальной (персональной) ЭВМ заключается в выборе одного из двух типов ЭВМ: ЭВМ семейства "Электроника-60", "Электроника-60-1" и ПЭВМ ЕС1840. Технические характеристики (производительность, объем памяти) обоих типов ЭВМ с точки зрения использования их в АРМ комплектации и сборки можно считать примерно равными. Вместе с тем ЭВМ семейства "Электроника" имеют программно-аппаратное обеспечение, более подходящее для задач управления оборудованием. ПЭВМ ЕС1840 имеют более развитое программное обеспечение для обработки данных и взаимодействия с пользователем.

Учитывая совместимость ЭВМ семейства "Электроника" с ЭВМ, рекомендованными для верхнего уровня управления, а также то, что машины этого семейства типа ДВК-2,3 довольно широко распространены на предприятиях заказчика, предпочтение можно сделать в их пользу.

Конкретный выбор модели внутри семейства не имеет существенного значения, если он удовлетворяет минимальным требованиям к конфигурации. Исходя из этого в качестве базовой ЭВМ для АРМ-К и АРМ-С можно принять ЭВМ типа ДВК-2,3. Отметим и ее недостатки - отсутствие средств защиты против отказов питания и

низкую надежность работы, в первую очередь накопителя на ГДМ. Одним из возможных путей решения этой проблемы было бы создание электронного диска с аварийным источником питания или построенного на энергонезависимой памяти, что позволяло бы снизить количество обращений к ГМД и, следовательно, повысить надежность работы системы, а также обеспечить хранение и восстановление на нем критической информации.

Для АРМ-К, где процесс управления осуществляется одновременно с учетом комплектующих на складе и часто возникают проблемы, связанные с поиском нужных элементов. обработкой информационно-справочных запросов, предпочтительны модели с большим объемом внешней памяти и меньшим временем доступа (например, микроЭВМ "Электроника-85" с накопителем винчестерного типа).

При выборе КТС для локального управления АРМ в СМП ПУ должна учитываться также структура КТС всей системы в целом, что можно осуществить с помощью моделирования.

5.6. Выбор комплекса технических средств для АРМ-К

Возможные варианты КТС для АРМ-К приведены на рис. 5.3-5,7.

На рис. 5.3 - вариант построения АРМ-К на базе универсальных (персональных) ЭВМ. Каждая ЭВМ управляет одним АРМ-К, в составе которого один - три стеллажа. Дальнейшее увеличение количества стеллажей нецелесообразно, так как ухудшаются условия работы оператора с терминалом и клавиатурой ЭВМ. Упомянутое ограничение можно избежать, используя для каждого стеллажа табло/ индикатор и простейшую клавиатуру. При этом появится возможность организовать централизованное групповое управление АРМ-К от одной ЭВМ (см. рис. 5.4, 5.5) двумя способами:

1) распараллеливание связей ЭВМ и АРМ-К на уровне интерфейсов ЭВМ (см, рис. 5,4) или силовых кабелей (см. рис. 5.5). Этот способ — централизованного группового управления - являлся до недавнего времени классическим при построении АСУТП на мини-ЭВМ типа СМ4. В этом случае управляющая ЭВМ осуществляла параллельную по кадровую выдачу УТП в отдельные АРМ, учет и контроль оборудования. Недостаток этого способа - низкая отказоустойчивость, так как при отказе центральной ЭВМ или задержках обслуживания АРМ-К простаивали. Этого частотно можно было избежать, ввода в состав ЭВМ устройство типа электронного энергонезависимого диска, что снижает количество обращений к наименее ненадежной ча-

сти ЭВМ - НМД (НГМД) и увеличивает производительность системы;

2) применение специализированной микроЭВМ (контроллера) с собственной локальной энергонезависимой памятью (электронным диском) (см. рис. 5.6). В таком случае ЭВМ будет выполнять функции группового управления (выдачу УТП), а также решать задачи АСУ-К, а контроллер - все функции локального управления АРМ-К. Этот способ - полного децентрализованного локального управления - обладает большей отказоустойчивостью, поскольку каждое АРМ-К может работать как в составе сети, так и автономно, с использованием собственной внешней памяти.

Для современных систем группового управления типа CNC классическим является способ (см. рис. 5.7), когда каждое АРМ-К имеет значительную автономность работы, обусловленную размером буфера, выделяемого для хранения УТП в контроллере АРМ-К. Для обеспечения надежности работы этот буфер целесообразно организовывать на энергонезависимой памяти.

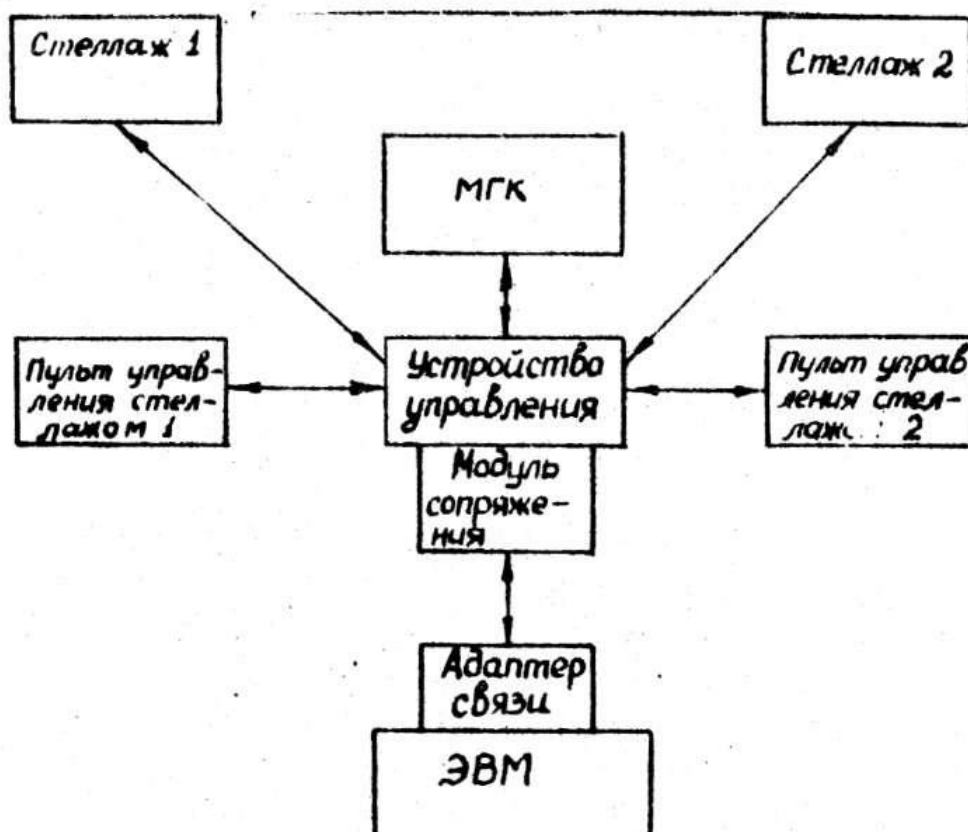


Рис. 5.3. Построение АРМ-К на базе универсальной ЭВМ

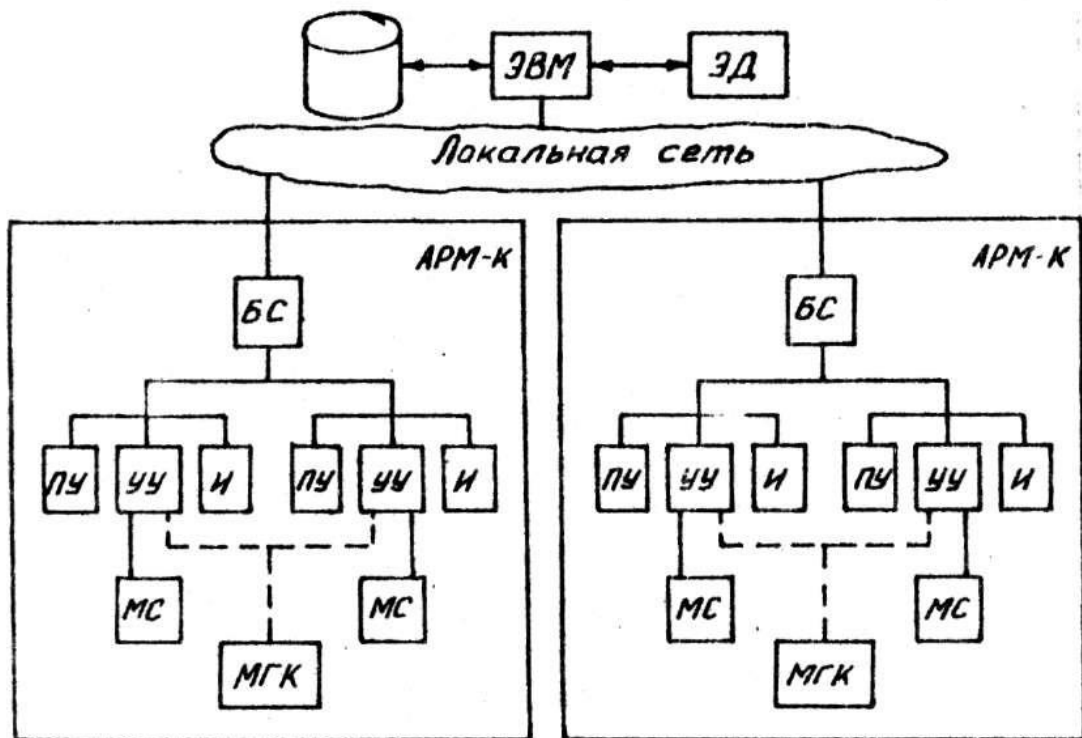


Рис. 5.4. АРМ-К с разветвлением интерфейсов на уровне ЭВМ

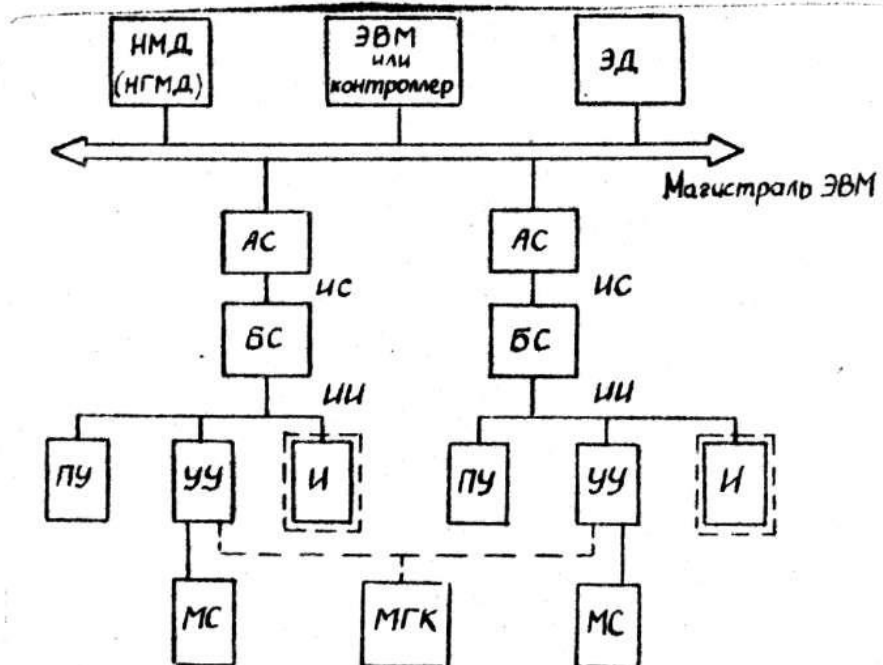


Рис. 5.5. АРМ-К с разветвлением интерфейсов на уровне исполнительных сигналов

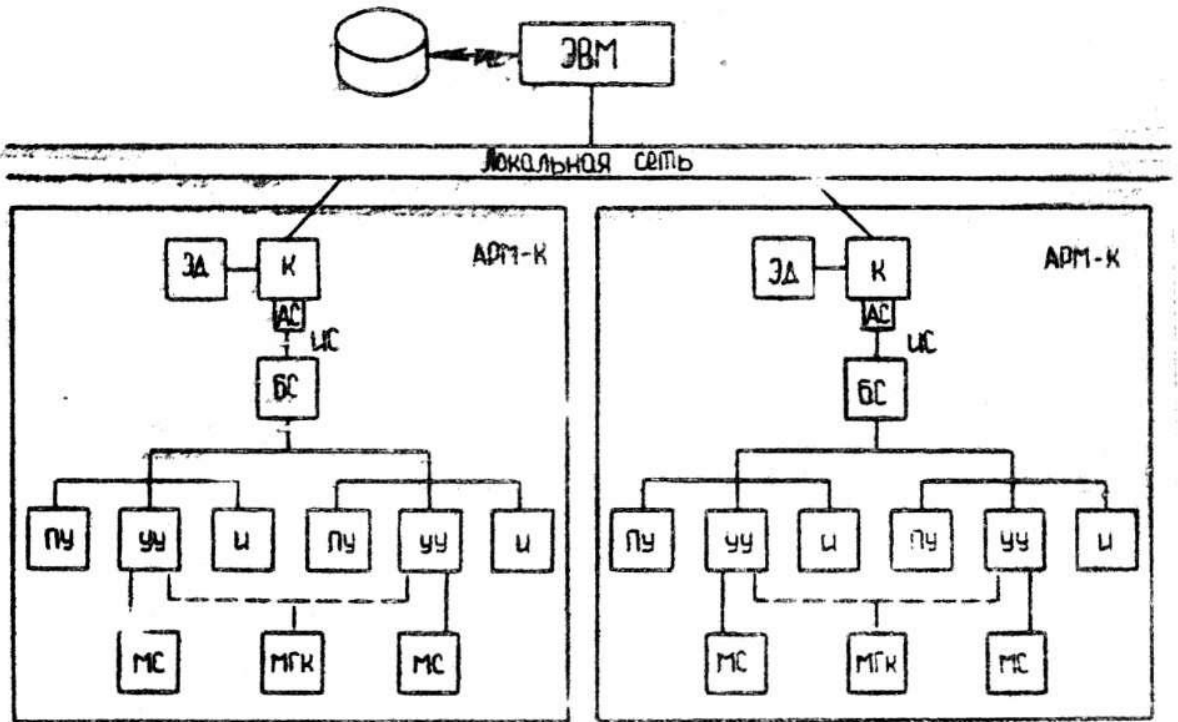


Рис. 5.6. АРМ-К на базе децентрализованной системы управления

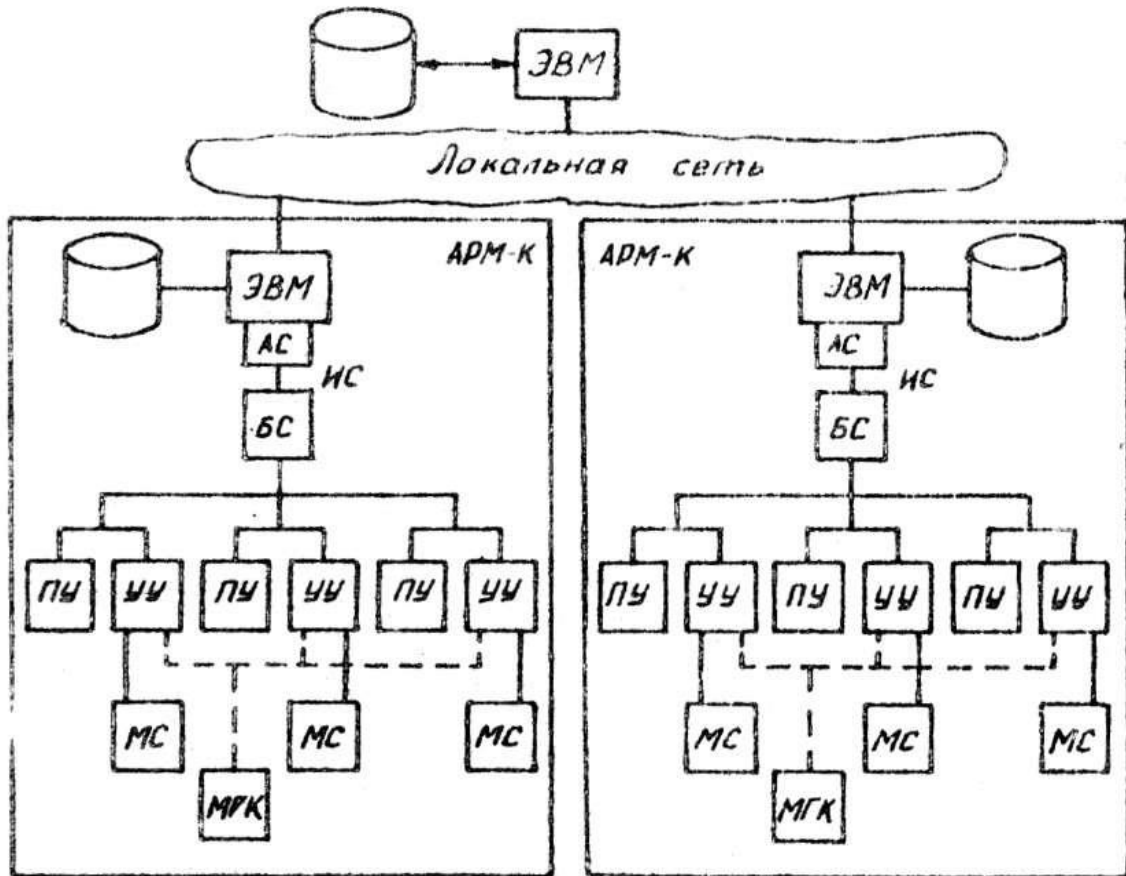


Рис. 5.7» АРМ-К на базе централизованной системы группового управления

Выбор той или иной структуры КТС и определение ее параметров, в частности размера буферов для УТП, могут быть осуществлены путем решения задачи оптимизации, обеспечивающей заданную производительность с учетом надежности работа элементов системы при минимальной стоимости КТС. Структура КТС зависит также от формы организации участков. На рис. 5.8 приведена общая структура КТС для замкнутой организации участков, когда АРМ-К включается в состав соответствующих участков. В этом случае ЭВМ верхнего уровня решает задачи АСУ участка, АСУ-К, а также группового управления всеми участками.

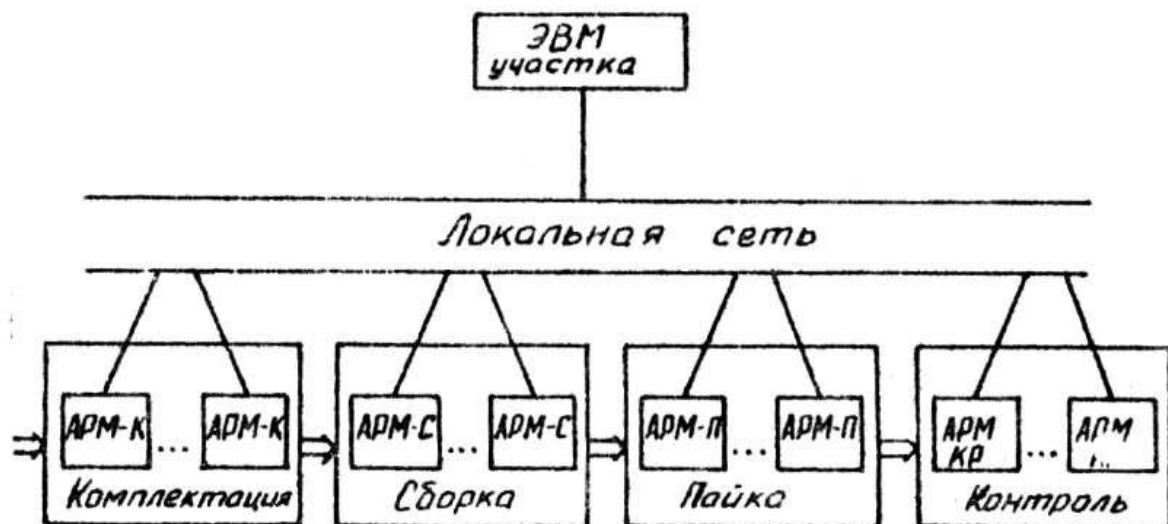


Рис. 5.8. Общая структура КТС

6. ФУНКЦИИ ИАСУ СМП ПУ

6.1. Вводные замечания

В результате подготовки производства определяется состав транспортно-технологических комплектов - ГК, формируется комплект ПД, являющейся информационным описанием ГК, осуществляются планирование ПС для участков и рабочих мест, получение комплектующих элементов и загрузка их в комплектовочный склад. Комплект ПД на ГК является не только статической моделью на ПС (отражающей что и как надо сделать и с какими затратами), но и динамической (отражающей изменение состояния ГК в процессе его обработки) .

6.2. Организационно-технологическая подготовка в СМП ПУ

Функцией организационно-технологической подготовки (ОТП) является формирование цеховых ГК, участковых комплектов ПУ и комплектов ПД на ГК (рис. 6.1).

формирование ГК перед запуском ПУ в производство является характерным для мелкосерийного, многономенклатурного производства и осуществляется разбиением или объединением участковых комплектов в зависимости от их состава, количества, емкости тары и трудоемкости сборочно-монтажных работ.

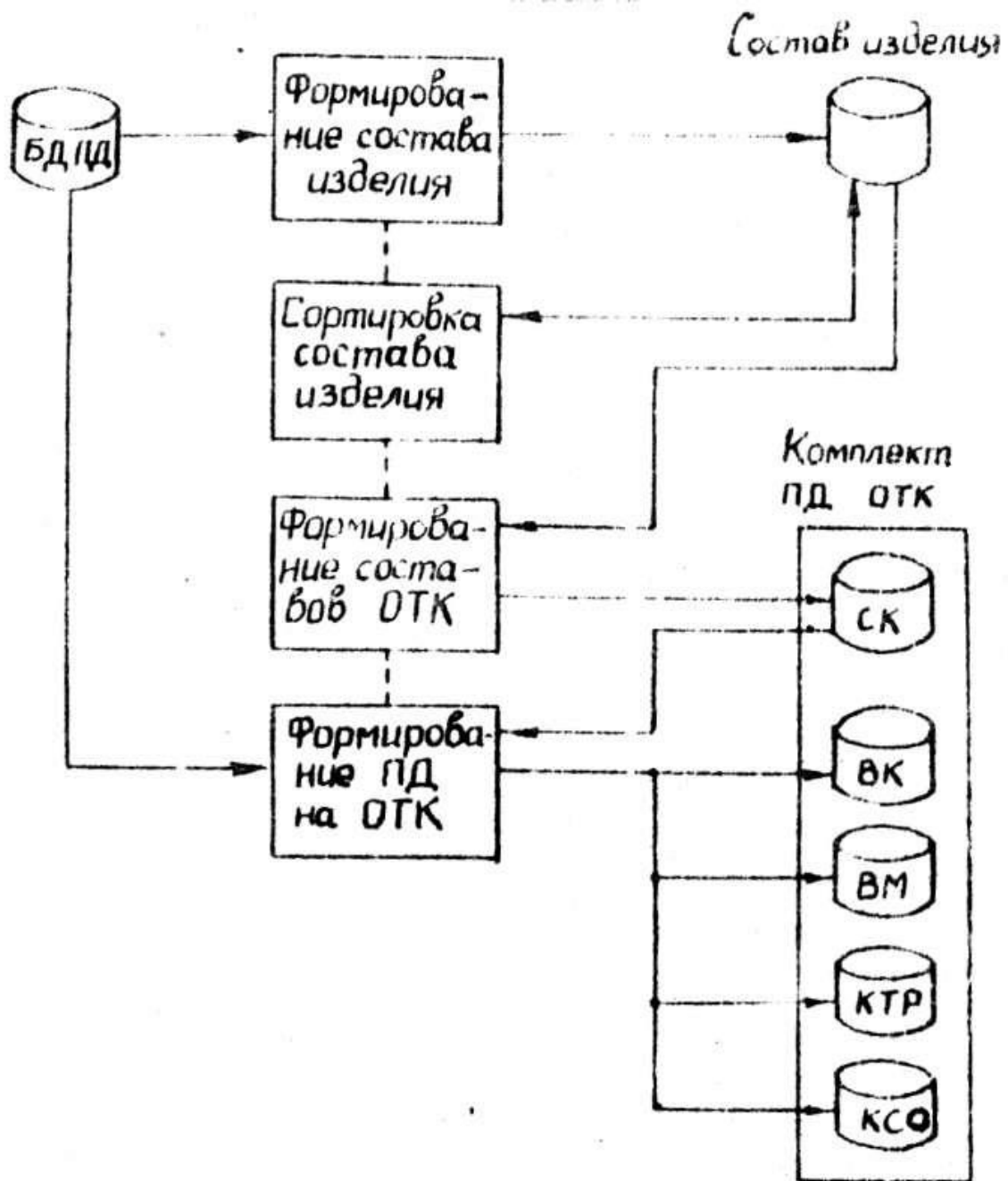


Рис. 6.1. Модель процесса производства на уровне цеха

Исходными данными для проведения ОТП является план, содержащий перечень, данные о количестве цеховых комплектов ПУ с ПД и характеристики емкости тары по различным типам элементов в составе ПУ. Результат ОТП - комплекты ПД на ГК (описание состава, ВК, карты состояния обработки).

Производственная документация на ГК содержит десятичный номер, извещение, заказ на ПУ, данные по трудоемкости, плановые сроки запуска/выпуска, учетные сведения о текущем состоянии обработки (код операции, наличие дефицита, процент готовности, место обработки).

Ведомость комплектующих содержит перечень элементов на ГК,

а также сведения о наличии дефицита на каждый элемент, данные о количестве полученных элементов, код текущего состояния МТП.

Назначение КСО - детализация состояния ГК на отдельных операциях технологического процесса. КСО содержит маршрут изготовления, включающей кода операций и рабочих мест; трудоемкость и стоимость по операциям; учетные данные (кто и когда выполнил операцию, текущее состояние обработки),

Таким образом, КСО обеспечивает выполнение следующих, функций: определение реального маршрута движения ГК в процессе обработки; учет текущего состояния обработки и объем выполненных работ в натуральном и стоимостном виде; контроль отклонений от графика производства.

Нормировать ГК можно двумя способами: 1) с учетом ограничений емкости тары (т.е., по технологическому принципу), что сокращает потери на вспомогательные операции; 2) с учетом трудоемкости работы - так, чтобы общая трудоемкость комплекта не превышала или была близкой к трудоемкости задания,

6.3. Материально-техническая подготовка СМП ПУ

Основная задача ОТП - обеспечение и формирование ПУ комплектующими элементами. Схема процесса МТП приведена на рис 5.2. Исходным для МТП является следующее: перечень ГК на текущий период; ВК; сведения о текущем состоянии комплектующего склада.

Результат МТП - скомплектованные ГК.

ОТП можно разбить на ряд этапов: формирование материально-технических документов для получения комплектующих из центрального комплектующего склада (ЦКС) и загрузки их в комплектующий склад цеха; распределение ячеек склада под поставляемые элементы; получение элементов в ЦКС; загрузка их в склад; комплектация ГК и т.д. В процессе ОТП возможна обработка информационно-справочных запросов и отчетов по состоянию комплектации, наличию дефицита и т.д.

В составе системы ОТП можно выделить организационно-технологическую часть (склад) и информационно-управляющую. Организационно-технологическая структура склада зависит от объема, номенклатуры, серийности изделий.

Комплектующий склад можно разделить на несколько складов для печатных плат, комплектующих элементов, прокладок под элементы и т.д.). Основной из них

- склад комплектующих элементов,

который, в свою очередь, может быть поделен на склад для элементов, не прошедших подготовку к монтажу (промежуточная комплектация), и склад для элементов, подготовленных к монтажу (окончательная комплектация). Основные задачи склада комплектующих элементов - формирование нужных комплектов элементов (с заданной производительностью, пропускной способностью), объединение потоков элементов различного типа.

Модель склада структурно состоит из компонентов четырех типов (рис. 6.3): технологическая память - модуль склада; локальная память - накопитель для размещения ГК; процессор загрузки, выгрузки; устройство доступа к местам хранения (ячейкам) склада.

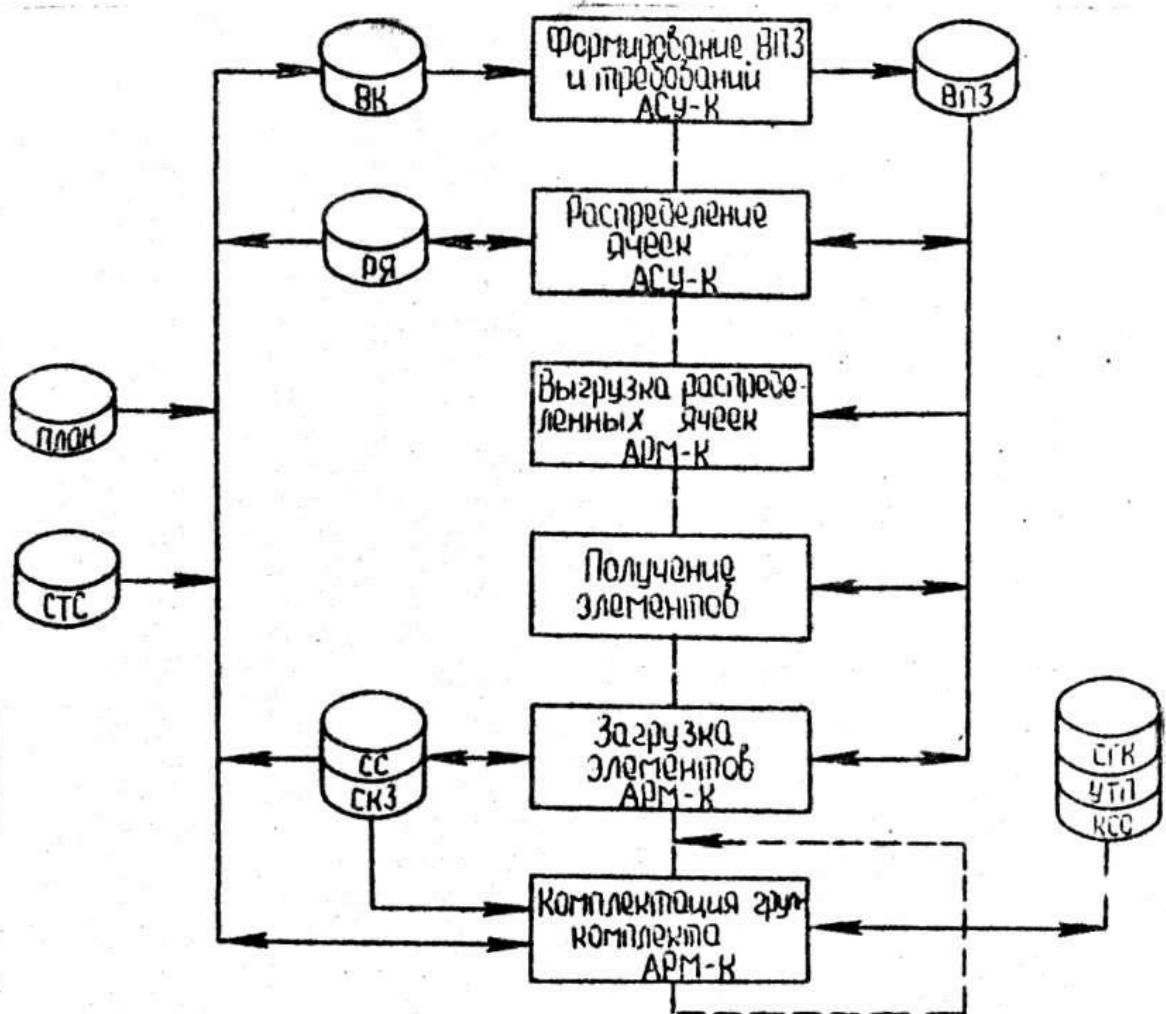


Рис. 6.2. Схема проведения материально-технической подготовки в СМП

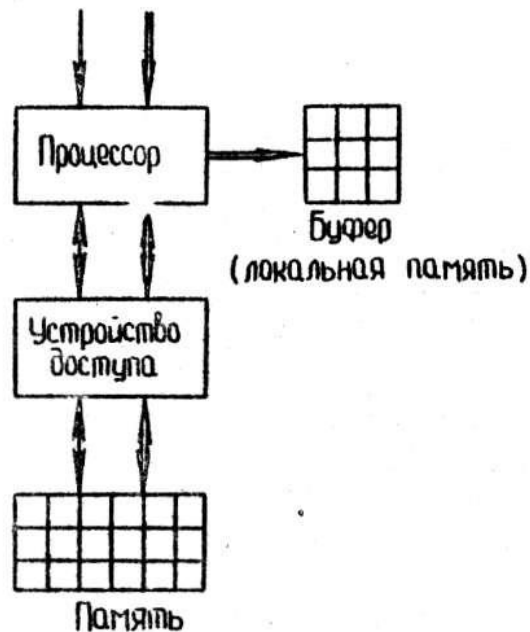


Рис. 6.3. Модель склада

Процессоры моделируют работу операторов-комплектовщиков и системы управления склада по операциям над комплектующими элементами (загрузка/выгрузка). Устройство доступа моделирует позиционирование в нужную ячейку (т.е. перемещение операторов с комплектующими между модулями склада), а также позиционирование полок склада в рабочую зону.

Модель является прямым аналогом систем ввода/вывода, используемых в ИУС, и содержит в себе процессоры ввода/вывода, устройства доступа, считывания и записи, оперативные буферы данных и внешнюю память большей емкости. Поэтому целесообразно для организации и управления складом использовать методы организации ввода/вывода, известные из теории ИУС.

Таким образом, организацию складов в СМП ПУ южно рассматривать как организацию памяти большого объема с высокой скоростью доступа. Известно, что требования к объему памяти и скорости доступа к ней взаимно противоречивы, поскольку при увеличении объемов возрастает величина пространственных перемещений механизмов (устройств) доступа к памяти и, следовательно, снижается скорость доступа. Эта проблема решается путем увеличения скорости обработки, уменьшения времени доступа (организация параллельной работы нескольких процессоров и устройств доступа, рациональное распределение содержимого памяти по ячейкам, установление последовательности обращений к ячейкам памяти), минимизации суммарного пути (перемещений) к памяти.

Можно выделить три способа организации параллельной работы о памятью:

1) разделение памяти на части так, что доступ к каждой из этих частей осуществляется одним процессором и устройством доступа (полностью распределенная память);

2) обеспечение доступа каждого процессора и устройства к любой части памяти (централизованная память с разделяемым доступом) ;

3) использование ячеек полного распределения для одной части памяти, разделяемого доступа - для другой (смешанная организация) .

1-й способ обеспечивает простоту организации, высокую скорость доступа, а также эффективное использование (загрузку) памяти в случае ее большого объема. Этот способ позволяет распределять складские модули по рабочим местам комплектации (рис. 6.4а). Каждый оператор обслуживает группу модулей, входящих в состав данного АРМ-К.

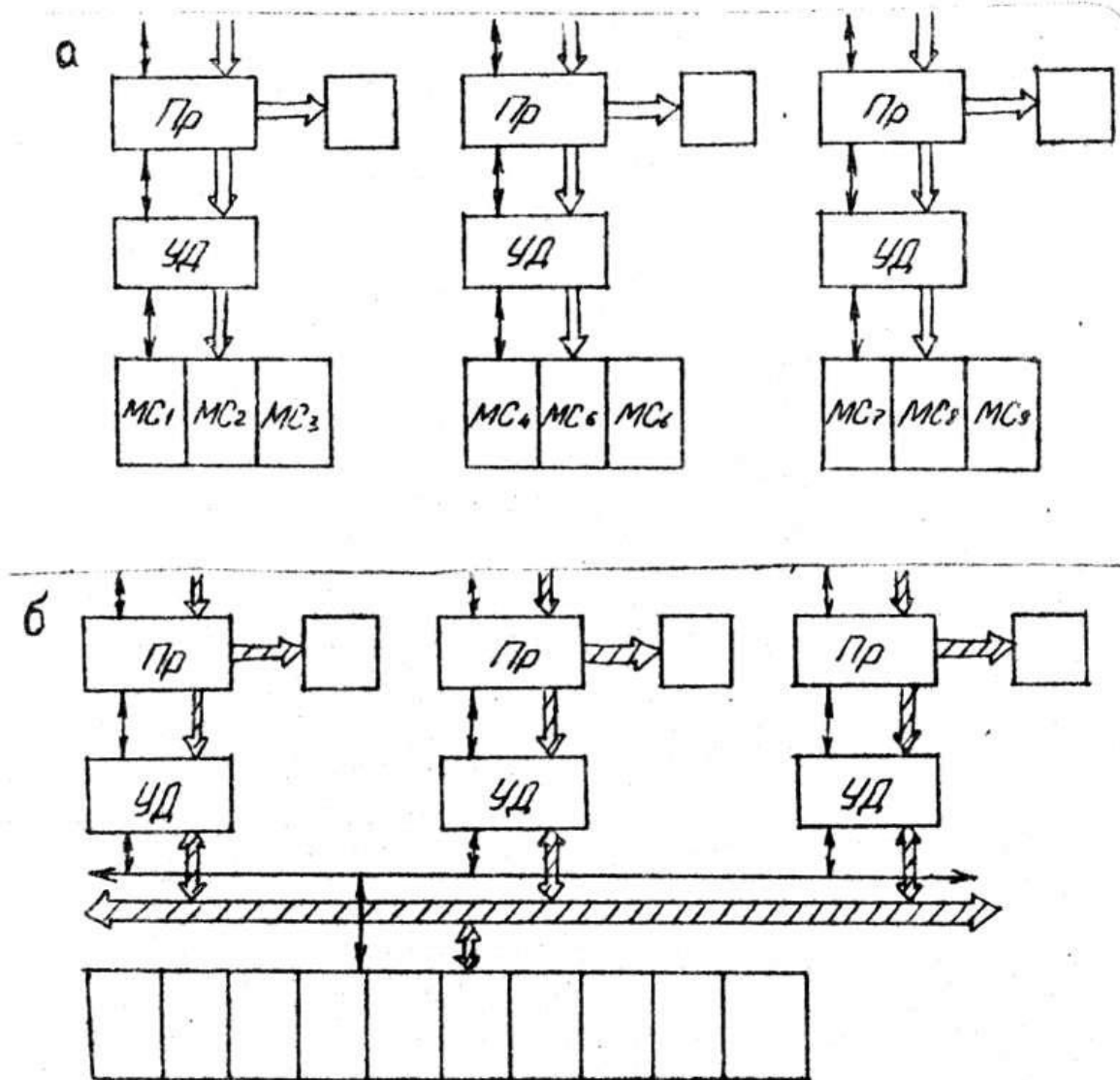


Рис. 6.4. Варианты построения комплекточного склада:
а - распределение модулей склада между рабочими местами;
б - организация централизованного склада с разделяемым доступом

2-й способ (рис. 6.4б) служит более эффективному использованию (загрузки) памяти. Однако при этом сложнее организация, планирование и управление, так как необходимо исключить "конфликты" (одновременные обращения к одной части памяти нескольких процессоров), снижающие производительность системы. Во 2-м способе предусматривается, что один оператор формирует каждый комплект, обращаясь к нужным модулям склада.

3-й способ предполагает, что одна часть модулей закреплена за отдельными АРМ-К, а другая - за редко используемыми элементами.

Распределение ячеек под элементы может осуществляться как на уровне всего склада (т.е. между всеми рабочими местами), так и на уровне его части (т.е. между несколькими рабочими местами).

На уровне склада эта задача сводится к определению вида специализации рабочих мест по номенклатуре (типам) обрабатываемых элементов и к определению конкретной номенклатуры для каждого РМ.

Возможны три варианта специализации АРМ-К по номенклатуре комплектующих элементов: 1) без специализации; 2) со специализацией; 3) с частичной специализацией.

При 1-м варианте номенклатура элементов и их количество для каждого АРМ-К определяются на основе состава ГК, которые планируется укомплектовать на данном АРМ-К в текущий период. Каждый ГК полностью комплектуется на одном АРМ-К (рис. 6.5а).

При 2-м варианте каждый АРМ-К специализируется на комплектации определенной номенклатуры (типов) элементе в. В этом случае¹ ГК может комплектоваться на нескольких АРМ-К по определенному маршруту (рис. 6.5б).

3-й вариант - смешанный, когда за некоторыми АРМ-К постоянно закреплены некоторые элементы (например, наиболее часто используемые), а другие АРМ-К не специализированы.

На особенности МТП влияет и следующее: специализация рабочих мест (РМ) подготовки (к монтажу) и сборки; специализация транспортно-технологической тары. В случае специализации РМ подготовки и сборки (например, в поточном или конвейерном производстве или при использовании специализированных автоматов) комплекты элементов могут разбиваться на несколько параллельно движущихся (частичные комплекты, или подкомплекты), каждый из которых обрабатывается на соответствующем РМ или модуле. Причем комплекты могут формироваться параллельно на разных АРМ-К.

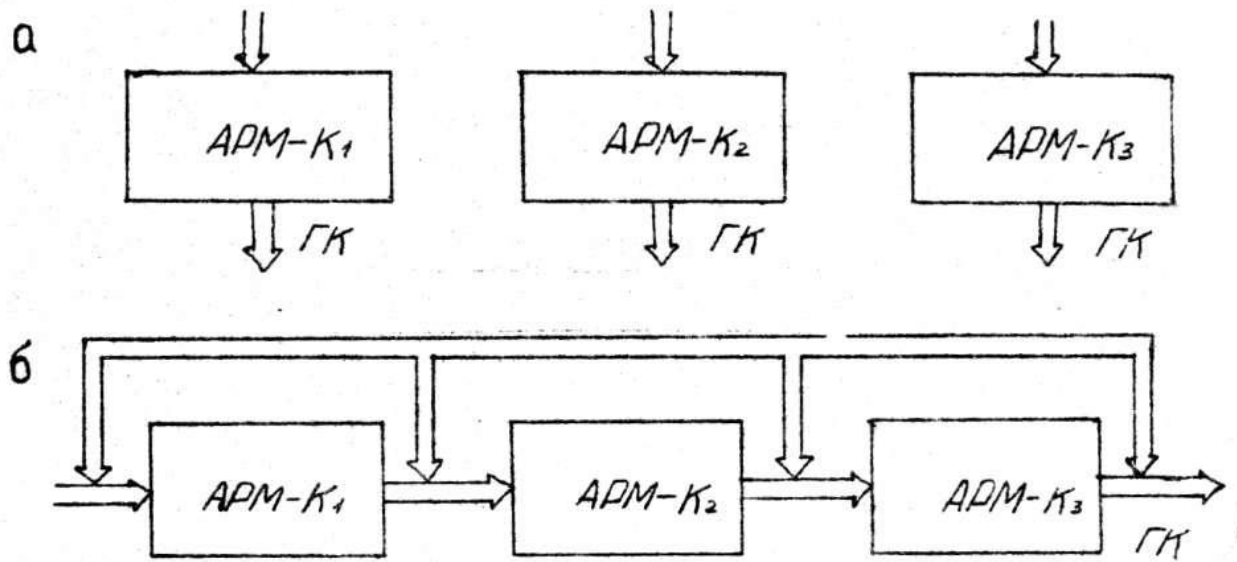


Рис. 6.5. Варианты специализации АРМ-К: а - без специализации; б - со специализацией

Варианты ОТС склада зависят от способа комплектации. Первый способ предусматривает использование технологической, промежуточной комплектации (если это необходимо), второй - организационное объединение операций комплектации с подготовкой элементов к монтажу на уровне цеха или участка. В случае промежуточной комплектации на складе должно быть место для размещения подготовленных и не подготовленных к монтажу элементов.

Большое влияние на процессы МТП оказывает организация поступления комплектующих на цеховой склад и загрузки их в склад. Возможны два варианта поступления комплектующих: 1) комплектующие элементы поступают на ЦКС, а оттуда по требованиям в цехи производства; 2) поступление идет непосредственно в цехи. Вариант выбирается в зависимости от структуры предприятия, объема производства, серийности, особенностей поставки комплектующих. 2-й вариант во многом предпочтителен, поскольку позволяет сократить транспортные и складские издержки, объемы складских запасов, площади и соответствует современной организации производства по принципу JIT. Однако он не всегда возможен по организационным причинам.

Поставка комплектующих может быть организована с большой периодичностью, например по кварталам. В этом случае хранение и обработка такой большей массы элементов непосредственно в цехах предприятия может оказаться нецелесообразным, поскольку требует больших площадей и большого количества оборудования. Кроме того, большой объем, как отмечалось, ухудшает производительность склада при комплектации.

ЦКС необходимо на предприятии со множеством потребителей (цехов, отделов) и небольшими объемами комплектующих переменной номенклатуры. Такая ситуация типична для опытного производства, когда требуется организовать распаковку элементов из тары изготовителя и распределение их между потребителями.

Выбор и обоснование варианта с ЦКС или без него может быть проведен на основе модели, отраженной на рис. 6.6. Система ЦКС - цеховые склада может быть представлена в виде двухуровневой системы памяти. Память верхнего уровня - ЦКС - имеет большой объем, меньшую оперативность (количество запросов, обрабатываемых в единицу времени). При этом в период каждого запроса обрабатывается большое количество элементов. Память нижнего уровня - цеховые склада - имеет меньший объем и большую оперативность.

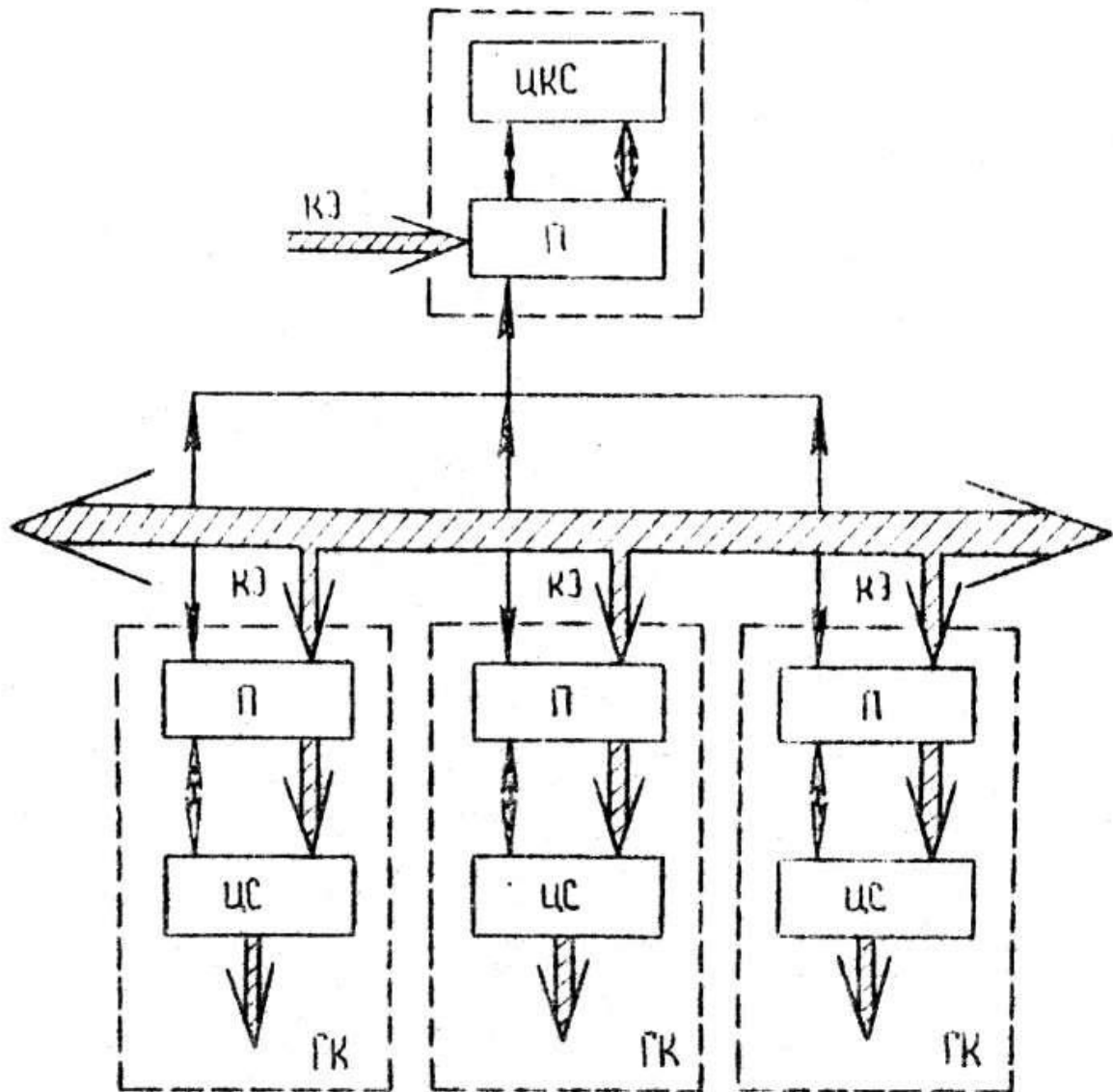


Рис. 6.6. Модель взаимодействия цехового и центрального комплекточного складов

Обрабатываемые запросы характеризуются (меньшим количеством элементов. Задача сводится к выбору оптимальной структуры этой системы, обеспечивающей при заданных характеристиках "внешних запросов" (т.е. поставок элементов) и заданной производительности при обработке "внутренних запросов" (т.е. комплектов элементов) минимум капитальных затрат (на площади и оборудование) и затрат на транспортировку, складские, комплекточные операции, организацию и управление работой.

Для уменьшения количества переключений элементов из тары в тару при получении их на ЦКС необходимо использовать "сквозную" тару, т.е. ту же тару (ячейки), в которых они хранятся в цеховом складе. Для облегчения процесса загрузки и визуального контроля все ячейки должны быть пронумерованы и подписаны. При этом форма и габаритные размеры ячеек должны быть выбраны с учетом

типа и габаритных размеров тары поставки и так, чтобы максимально снизить трудоемкость перекладки. Например, при поставке ИМС в коробках размер ячеек может быть выбран таким, чтобы позволить загрузить в нее всю коробку целиком, без перекладки.

Поскольку процессы получения к загрузке комплектующих должны проводиться с опережением, то при проецировании склада в расчетное количество ячеек должны входить как ячейки с элементами на текущий период (остаток), так и ячейки с элементами на следующий (планируемый) период.

По форме организации можно выделить два вида склада:

1) когда он - самостоятельное подразделение (участок) в составе СМП ПУ, то это централизованный склад;

2) когда складские модули и, соответственно, АРМ-К распределены между участками СМП ПУ и включены в состав этих участков, то это распределенный склад.

В 1-м случае вся служба МТП в пределах цеха централизуется; во 2-м - распределяется между участками, при этом реализуется полностью замкнутая форт организации участков.

В информационно-управляющей части системы МТП (рис. 6.7) можно выделить два уровня иерархии. На верхнем уровне (управление всем процессом комплектации в целом) решаются задачи первых трех этапов (МТП, обработка ИСЗ, выдача УТП в системы нижнего уровня) с помощью АСУ комплектации (АСУ-К). На нижнем уровне решаются задачи локального управления АРМ-К (загрузка, комплектация, выдача) с помощью локальных АСУ АРМ-К.

Единицей планирования, управления, учета в МТП является ГК. Это позволяет упростить процесс МТП, снизить его трудоемкость, а также автоматизировать обработку информационно-управляющих и материальных потоков.

Автоматизация процессов получения и загрузки элементов в склад осуществляется с помощью ведомостей, а процессов комплектации - на основе УТП.

Процесс материально-технической подготовки СМП ПУ проводится с определенной периодичностью (месяц, декада, неделя) и опережением по отношению к изготовлению ПУ. Ее рассчитывают при проектировании СМП ПУ на основе объема и номенклатуры потока комплектующих и емкости склада. Сроки опережения зависят также от особенностей комплектации и подготовки элементов к монтажу и временных характеристик МТП.

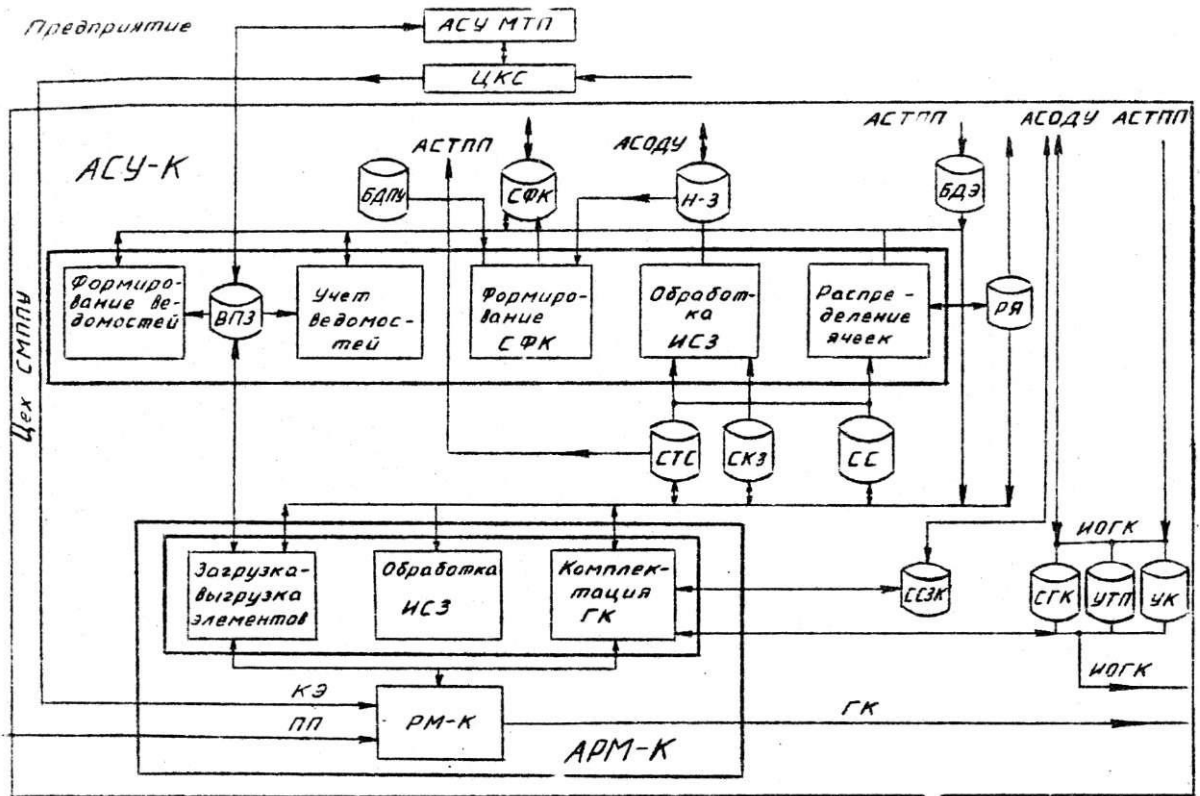


Рис. 6.7. Структура управления комплектацией

Исходными данными для проведения МТП являются не только рабочие планы участков цеха, в которых отражено распределение планируемых ГК по АРМ-К с учетом возможной их специализации, но и ВК на планируемые ГК. С учетом этих данных для каждого АРМ-К определяются номенклатура и количество элементов па планируемый период в виде файла - ведомости получения и загрузки элементов (ВПЗ) - и распределяются ячейки данного АРМ-К под эти элементы. Такой файл является основой для управления процессом получения и загрузки элементов, его автоматизации, а также контроля текущего состояния и дефицита элементов. Из ВПЗ распечатываются в нужном количестве экземпляров требования для получения элементов в ЦКС по форме, утвержденной на данном предприятии. Каждая ВПЗ имеет идентификационный номер и сохраняется до тех пор, пока не будут получены и загружены все необходимые элементы.

ВПЗ содержит перечень получаемых элементов для определенного АРМ-К, данные о применимости их в ПУ и ГК, о количестве элементов и адреса распределенных ячеек. Для облегчения получения элементов эти данные сортируются по элементам, платам, заказам, а также по складам (если ЦКС предприятия разделен на несколько специализированных складов).

Для минимизации перемещений полок склада может использоваться сортировка загруженных ячеек по их адресам. Для этого сначала вводятся данные о количестве полученных элементов в ВПЗ. После этого ячейки сортируются и в них осуществляется загрузка элементов. АСУ АРМ-К выводит на терминал оператора адрес ячейки, подгоняет нужную полку и подсвечивает позицию ячейки. Оператор-комплектовщик берет загруженную ячейку, пользуясь тем, что на ячейках надписаны их адреса, и вставляет ее в подсвеченную позицию на полке.

В зависимости от технических возможностей информационный обмен ВПЗ [между АСУ АРМ-К и АСУ МТП предприятия, обеспечивающей учет на ЦКС, может осуществляться следующим образом: 1) через распечатки; 2) через файлы данных на МНИ; 3) по локальной сети предприятия. В 1-м случае загрузка данных проводится в диалоге. АСУ АРМ-К печатает на терминале строку ВПЗ и спрашивает у оператора-комплектовщика о количестве полученных элементов. Во 2-м случае учет данных по ВПЗ как в АСУ АРМ-К, так и в АСУ МТП происходит автоматически (без участия оператора-

ра) путем обработки соответствующих файлов.

Комплектация ГК осуществляется под управлением АСУ АРМ-К, формирование ГК заключается в комплектации плат, элементов и прокладок под элементы. Во времени и пространстве эти операции могут быть разделены. После комплектации плат и прокладок могут следовать приклейка прокладок и полимеризация. Соответственно этому могут быть выделены специализированные АРМ-К (см. рис. 6.56).

В случае специализации АРМ-К и модулей склада по номенклатуре элементов возникает необходимость определения маршрутов комплектации ГК, т.е. номеров АРМ-К и стеллажей (внутри АРМ-К), на которых будет комплектоваться данный ГК. Эту задачу решает АСУ-К на основе распределения не только ГК по АРМ-К (из схемы участков), но и ячеек внутри каждого АРМ-К. Маршрут комплектации на уровне АРМ-К отражается в КСО ГК, а маршрут внутри АРМ-К (номера стеллажей) определяет АСУ АРМ-К по (файлу УТП, используя "сквозные" адреса ячеек склада).

Таким образом, рассмотренная организация процесса получения и загрузки элементов в склад позволяет снизить его трудоемкость по обработке материальных и информационно-управляющих потоков (за счет уменьшения количества переключений из тары в тару, путем автоматизации доступа к ячейкам склада и автоматизации документооборота, за счет сокращения объема вводимых данных), а также обеспечивает комплектность элементов в соответствии с требованиями производства.

6.4. Распределение ячеек склада

Способ распределения ячеек склада оказывает большое влияние как на емкость склада, так и на производительность при загрузке и комплектации. Время на поиск и позиционирование ячеек склада, которое должно быть минимальным, в данном случае складывается из двух составляющих:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{пк}}$$

где $T_{\text{п}}$, $T_{\text{пк}}$ - суммарное время поиска и позиционирования при загрузке и комплектации на текущий период времени. Минимизация $T_{\text{пз}}$ зависит от стратегии распределения ячеек склада: в какую ячейку загружать элемент. Минимизация $T_{\text{пк}}$ зависит как от стратегии распределения, так и от стратегии освобождения ячеек: из какой ячейки брать элемент.

$T_{пз}$ и $T_{пк}$ можно оценить следующим образом

$$T_{пз} = N_{яз} T_{пс} \approx \frac{N_э}{E} T_{пс} ,$$

где - $N_{яз}$ среднее количество ячеек для загрузки элементов на текущий период; $N_{яз}$ - среднее количество элементов на текущий период; $N_э$ - средняя емкость ячейки склада; $T_{пс}$ - среднее время доступа (поиска и позиционирования) к одной ячейке склада.

$$T_{пк} = N_k T_{пк1} ,$$

где N_k - среднее количество формируемых комплексов на текущий период; $T_{пк1}$ - среднее время поиска и позиционирования на один комплект.

$$T_{пк1} = N_{як1} T_{пс} ,$$

где $N_{як1}$ - среднее количество ячеек, используемых при формировании одного ГК. Тогда $T_{пк}$ можно представить в следующем виде:

$$T_{пк} = N_k N_{як1} T_{пс} = N_{як} T_{пс} ,$$

где $N_{як}$ - общее количество обращений к ячейкам при формировании всех ГК на текущий период. Отсюда можно оценить соотношение $T_{пз}$ и $T_{пк}$;

$$\frac{T_{пз}}{T_{пк}} = \frac{N_э}{E N_k N_{як1}} = \frac{N_{яз}}{N_{як}} .$$

Очевидно, что $T_{пз} / T_{пк} \ll 1$, причем справедливость этого соотношения возрастает при увеличении емкости ячеек, а также количества ГК, обрабатываемых в течение планируемого периода (N_k), и количества используемых ячеек $N_{як1}$) для формирования ГК. Поэтому можно считать, что $\min T_{пз} \approx \min T_{пк}$, т.е. распределение ячеек должно основываться на минимизации суммарных перемещений при комплектации элементов.

Задача распределения ячеек аналогична задачам об оптимальном размещении файлов данных в устройствах внешней памяти, а также внутри каждого устройства и тома памяти¹ (см. разд. 1). В зависимости от специализации АРМ-К задача распределения ячеек-

¹ Если понимать под файлом данных элементы и состав ПС, под устройством внешней памяти - АРМ-К, а под томом - складской модуль.

ек под элементы может решаться централизованно, по всему складу (АРМ-К со специализацией), либо в рамках отдельных АРМ-К (АРМ-К без специализации).

Из теории ИУС известны три способа распределений памяти: 1) статический, 2) динамический, 3) смешанный. При статическом распределении для каждого объекта заранее выделяется фиксированная непрерывная область памяти. При динамическом - область памяти выделяется в зависимости от ее текущего состояния и требуемого размера (причем она может не являться непрерывной). При смешанном способе первоначально статическое выделение областей и только затем - динамическое, т.е. выделение дополнительных областей (экстентов) при переполнении первых. Достоинствами статического распределения являются простота организации, скорость доступа, возможность оптимизировать последовательность запросов, а недостатком - неэффективность или невозможность применения в условиях неизвестных характеристик запросов. Динамическое распределение обеспечивает эффективную работу в условиях неопределенности запросов, однако сложнее в организации и не позволяет оптимизировать последовательность обращений к памяти. Смешанное распределение сочетает достоинства предыдущих.

Для серийного производства со стабильной номенклатурой распределение ячеек может осуществляться статически, так как изменение номенклатуры при модификации изделий, разработке новых изделий и т.д. осуществляется редко. Для мелкосерийного производства с переменными номенклатурой и объемом распределение осуществляется динамически, т.е. каждый раз при получении и загрузке элементов и с учетом требуемого количества ячеек и элементов на планируемый и текущий периоды. Если часть номенклатуры стабильна, используется смешанный способ.

Если элементы поступают в цех из ЦКС, то задача распределения адресов решается после формирования ВПЗ. На основе этого осуществляется выгрузка свободных распределенных ячеек для получения элементов.

Если элементы поступают в цех непосредственно от изготовителей, то распределение адресов может производиться динамически, в процессе загрузки. Это позволяет точнее учесть текущее состояние склада и, следовательно, получить более оптимальное распределение. Однако, поскольку процесс распределения

для некоторых стратегий может оказаться длительным, то это может снизить производительность оператора-комплектовщика при загрузке элементов.

Поскольку распределение свободных ячеек, выделяемых под элементы, может быть случайным, то для обеспечения быстрого доступа к ячейкам необходима списковая организация ячеек, занимаемых элементом одного номинала. При загрузке определяется свободная ячейка склада, а за ней и все остальные по списку, пока не будут загружены все элементы одного номинала. При выгрузке процесс аналогичен.

В рамках указанных типов распределения ячеек могут использоваться различные стратегии назначенных конкретных областей памяти (адресов), которые непосредственно влияют на величину суммарных перемещений полок склада при комплектации.

Можно представить ячейки склада как точки трехмерного пространства с координатами

$$X, Y, Z,$$

где $X = T_x N_x$; $Y = T_y N_y$; $Z = T_z N_z$ (здесь N_x, N_y, N_z - номер ячейки на полке, номера полки и модуля (стеллажа) склада для данной ячейки; T_x, T_y, T_z - среднее время для перемещения на одну позицию по соответствующей координате (между ячейками на полке, между полками, между стеллажами). Тогда можно ввести расстояние между двумя ячейками:

$$\rho(S_1, S_2) = T_x(N_{x1} - N_{x2}) + T_y(N_{y1} - N_{y2}) + T_z(N_{z1} - N_{z2}).$$

Очевидно, что расстояние между ячейками на одной полке можно практически не учитывать, так как $T_x = 0$. Поэтому

$$\rho(S_1, S_2) = T_y(N_{y1} - N_{y2}) + T_z(N_{z1} - N_{z2}).$$

Пусть S - множество всех распределяемых (свободных) ячеек, N - требуемое количество ячеек. Тогда каждое распределение представляет собой подмножество \tilde{S} из N точек, принадлежащих S . Суммарный путь при комплектации планируемых ГК для данного распределения можно представить в виде

$$T = \sum_{\tilde{S}} \rho(S_i, S_j).$$

Тогда задача распределения адресов сводится к выбору из множества S такого подмножества \tilde{S}^* , при котором T минимально.

Строго оптимальное решение этой задачи практически невоз-

можно из-за большого количества переменных и необходимости учитывать последовательность обработки ГК и текущее состояние склада (занятые ячейки). Достаточно эффективное, или "рациональное", решение этой задачи может быть получено при использовании следующих эвристических правил: первая свободная (ПС) ячейка; ближайшая свободная (ЕС) ячейка; частота использования (ЧИ) элементов.

Правило ПС является простейшим и предусматривает поиск первой свободной по порядку ячейки из множества свободных ячеек. Правило ЕС предусматривает поиск ближайшей свободной ячейки относительно некоторой выбранной точки (центра распределения) в смысле определенного выше расстояния. Оно гарантирует "компактное" расположение точек (ячеек) относительно центра. При этом центром можно считать некоторую определенную ячейку стеллажа (середины или начало и т.п.), среднюю ячейку среди множества свободных ячеек.

Правило ЧИ позволяет учесть частоту использования элементов. В этом случае наиболее часто используемый элемент располагается в "центре" распределения, а вокруг него по убыванию частоты симметрично располагаются другие элементы. При этом "средней", наиболее вероятной позицией является центр. Часто используемые элементы находятся ближе к центру, а редко используемые - дальше от него.

Выбор правила для конкретного производства может быть сделан на основе статистического моделирования.

При использовании перечисленных правил ячейки элементов одного номинала следует располагать по возможности непрерывно, что позволяет оптимизировать последовательность обращений к ним в УТП комплектации. В этом случае "разрывы" в расположении ячеек для элементов одного номинала могут быть вызваны только ячейками, занятыми другими элементами.

6.5. Технологическая подготовка СМП ПУ

функцией ТПП является подготовка управляющих технологических программ (УТП) для автоматизированного оборудования. Подготовка УТП должна осуществляться в АСТПП цеха.

Необходимость формирования УТП непосредственно перед запуском ПУ в производство объясняется тем, что УТП зависит от состава ГК, расположения элементов в таре и на складе. Причем

в условиях мелкосерийного производства номенклатура элементов формируется динамически. Кроме того, заранее не всегда бывает известен точно тип оборудования, на котором будет изготавливаться ГК, и данные о базировании плат относительно системы координат оборудования, особенно в том случае, если в производстве имеются несколько различных типов оборудования, для выполнения одних и тех же операций.

В условиях серийного производства со стабильной номенклатурой и, следовательно, стабильным составом ГК подготовка УТП может осуществляться один раз (при проектировании изделия) в САПР-Т ПУ или АСОТП.

Структура, формат и содержание УТП зависят от особенностей используемого оборудования, локальных систем управления и выполняемых операций.

При обеспечении программной и информационной совместимости ЛС управления оборудованием становится возможным "сквозная" УТП по группе операций (комплектации, подготовки к монтажу и установки элементов на плату).

УТП включает записи об элементах и платах, входящих в состав ГК. Каждая запись об элементе содержит следующие данные: код элемента; код КТТ элемента; сведения о расположении элемента на плате, в таре, на комплектующем складе.

Структура и формат УТП позволяют вести обработку (сборку) ГК в условиях дефицита плат и элементов. В этом случае при комплектации ГК отсутствующие элементы или платы отмечаются в УТП и пропускаются на последующих операциях (подготовки, установки, пайки). После поступления дефицитных элементов на склад они могут быть скомплектованы, подготовлены и смонтированы на соответствующие платы с помощью повторного использования той же УТП. Организация УТП обеспечивает продолжение операции после запланированного (перерыв, техобслуживание и т.п.) или аварийного прерывания работы (сбой оборудования, отказ питания и т.п.) путем отслеживания текущей позиции (обрабатываемого элемента) и ее сохранения (средством типа "контрольная точка"). После прерывания система управления оборудованием может восстановить свое состояние, используя эти данные, и продолжить работу. Таким образом, УТП используется не только для управления оборудованием, но и для учета текущего состояния по каждому объекту обработки (плате, элементу) в пределах

опе-

рации, т.е. является информационной моделью ГК на уровне операции (рабочего места, модуля).

УТП для выполнения операций пайки, контроля и регулировки не зависит от состава ГК и поэтому могут быть сформированы заранее, на этапе проектирования ПУ. Для обеспечения распайки неполностью собранных ПУ в случае дефицита элементов ЛС управлением оборудованием пайки должна предусматривать следующее: 1) использование УТП комплектации, в которой регистрируются дефицитные элементы, чтобы обеспечить их пропуск; 2) корректировку УТП пайки после проведения комплектации; 3) использование (вместо УТП комплектации) секции элементного состава из файла описания ПУ. В последнем случае определение адресов нужных ячеек на складе и оптимизация последовательности обращений к ячейкам склада осуществляются динамически. В процессе комплектации проводится распределение позиций для размещения элементов в таре и формирование УТП для операций подготовки к монтажу и сборке. Это обеспечивает большую гибкость в подготовке производства и снижает затраты на ее проведение. Однако объем работ, выполняемых непосредственно при комплектации ГК, и, следовательно, требования к производительности и объему памяти технических средств системы управления возрастают.

6.6. Оптимизация УТП

Время выполнения комплектации, подготовки, установки определяется следующими факторами: производительностью оборудования; характеристиками состава ГК; особенностями используемой транспортно-технологической тары; способами комплектации; организацией расположения комплектующих в таре, комплектующем складе, локальных накопителях и выбором способов доступа к ним (загрузки/выгрузки); последовательностью выгрузки и обработки (сборки) комплектующих из тары, накопителей, складских модулей.

Перше четыре фактора учитываются на этапе проектирования производства и не зависят от особенностей состава конкретного ГК. Последние два фактора являются варьируемыми и подлежат оптимизации в процессе производства для обеспечения минимального времени на изготовление каждого ГК в зависимости от его состава. Поэтому подготовка УТП должна предусматривать оптимальное размещение элементов в таре и накопителях и оптимальную последовательность их выгрузки и обработки.

Суммарную длительность выполнения технологических операций по обработке ГК (исключая транспортировку и хранение) можно определить следующим образом:

$$T = \sum_i (T_{пзi} + T_{обрi} + T_{перi} + T_{пi}) = T_{пз} + T_{обр} + T_{пер} + T_{п},$$

где i - порядковый номер операции; $T_{пзi}$ - подготовительно-заключительное время выполнения i -й операции; $T_{обрi}$ - время непосредственной обработки (сборки) на i -й операции; $T_{перi}$ - время переналадки оборудования и перезагрузки накопителей в процессе i -й операции; $T_{пi}$ - время поиска, позиционирования, загрузки/выгрузки плат и элементов во время i -й операции.

Оптимальная УТП должна обеспечивать минимизацию времени, связанного о переналадкой (перезагрузкой) $T_{пер}$ и поиском, загрузкой/выгрузкой элементов $T_{пз}$.

В рамках рассматриваемой организационно-технологической структуры СМК и используемых способов комплектации $T_{пер}$ является фиксированной, поэтому минимизации подлежит только

При комплектации в T_a , входит время на перемещение нужной полки модуля склада в рабочую зону, выгрузку элемента из нужной ячейки, позиционирование в накопителе (таре) ПС и его укладку.

При подготовке элементов к монтажу поиск, загрузка/выгрузка проводятся в накопителе ГК. Если подготовка осуществляется непосредственно в таре (носителе), то эти действия не нужны.

При установке элементов на плату проводятся поиск, выгрузка элемента из накопителя ГК, позиционирование в нужное место на плате, и их установка.

Минимизация $T_{п}$ зависит от особенностей тары, накопителя ПС и методов доступа для загрузки/выгрузки элементов (см. разд. I).

Если обеспечивается произвольный доступ к каждой единице тары в накопителе ПС и к элементам одного номинала в таре, то на любой операции возможна организация своей, оптимальной для данной операции последовательности выгрузки и обработки элементов, т.е.

$$\min T_{п} = \sum_i \min T_{пi}.$$

Такая возможность обеспечивается при комплектации элементов в тару по номиналам.

В случае последовательного и произвольно-последовательного доступа порядок выгрузки и обработки элементов фиксированный или частично-фиксированный и задается при комплектации элементов (например, с секвенсированием). В этом случае минимизация времени $T_{пв3i}$ по какой-либо одной операции может не обеспечить минимизации суммарного времени $T_{пв3}$. Так, минимизация времени перемещения полок склада при комплектации не обеспечивает оптимальной последовательности распределения элементов в таре и, следовательно, их установки, обеспечивающей минимальную длину траектории обхода мест расположения элементов на плате. Однако минимизация пути обхода мест расположения элементов имеет смысл только при использовании автоматического высокопроизводительного оборудования (автоматов установки).

Кроме того при комплектации перемещения полок склада производятся на существенно большее расстояние и с меньшей скоростью, чем при поиске, загрузке/выгрузке и установке элементов, то

$$T_{пк} \gg \sum_i T_{п_i},$$

где $T_{пк}$ - соответствует операции комплектации.

Исходя из этого, в рассматриваемых условиях оптимизация УТП должна проводиться на основе минимизации суммарного времени перемещения полок склада при комплектации путем определения рациональной последовательности обращений к ячейкам склада. Способ этой минимизации зависит от стратегии распределения ячеек комплектовочного склада под элементы (см. разд. 6.4).

При фиксированном или частично-фиксированном распределении ячеек минимизация возможна на основе упорядочения (сортировки) УТП и, следовательно, определения последовательности выгрузки элементов (по адресам ячеек склада).

В зависимости от разных способов комплектации возможны два варианта упорядочения УТП. Если элементы в ПС обрабатываются в порядке следования плат (т.е. сначала все элементы одной платы, потом другой и т.п.) и используется секвенсирование элементов, то сортировка УТП по адресам ячеек производится в пределах одной платы. В остальных случаях проводится "сквозная" сортировка УТП всего ГК по адресам ячеек.

В ГК могут использоваться различные способы комплектации одновременно. Так, в СМК "Афон" в ГК 1-го типа большинство ИМС комплектуется по технологическому способу, другая часть ИМС, а также ЭРЭ - по сборочному способу. Поэтому здесь целесообразно разделить УТП на две соответствующие части.

Оптимизация УТП пайки должна производиться отдельно, поскольку операция пайки не связана с поиском, выгрузкой элементов из накопителей (тары). Критерием оптимальности здесь является минимизация пути обхода мест расположения элементов на плате или контактных площадок в зависимости от используемого оборудования. При этом могут применяться различные алгоритмы решения задачи коммивояжера.

Аналогичная оптимизация должна проводиться для УТП сборки, когда порядок сборки зависит от последовательности комплектации и когда используется автоматическое оборудование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ современного состояния автоматизации проектирования и сборочно-монтажного производства печатных узлов позволяет наметить некоторые тенденции в развитии ИАСУ. Они в основном связаны с достижениями в области средств связи, микропроцессоров и их программного обеспечения. Непрерывное усовершенствование средств связи должно привести к росту информационного обмена между людьми, механическими устройствами и ЭВМ.

Растущее применение микроэвм и микропроцессоров при создании нового поколения "интеллектуальных" машин (оборудования, контрольных устройств, роботов, терминалов) позволит более полно и эффективно использовать оборудование при создании ИАСУ.

Широкое использование микропроцессорных "интеллектуальных" устройств окажет существенное влияние на весь процесс производства. Использование "интеллектуальных" роботов, модулей и контрольных устройств, соединенных с ведущей ЭВМ, обеспечит существенное повышение уровня автоматизации. Кроме того, возрастет гибкость производственных систем, выпускающих множество разнообразных печатных узлов. Команда для технологических, контрольных и других модулей (например, программы), автоматически сгенерированные ведущей ЭВМ, можно будет сразу же загружать в соответствующее оборудование, расположенное в цехе, для немедлен-

ного исполнения.

Эти и другие достижения в различных областях техники должны привести к изменению технологии, способов организации производства. Объединение функций проектирования и производства в ИАСУ явится значительным достижением в технологии СМП ПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системное проектирование интегрированных производственных комплексов / Под ред. В.М.Пономарева. Л.: Машиностроение, 1986. 319 с.
2. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Под общ. ред. С.П.Митрофанов. Л.: Машиностроение, 1986 . 294 с,
3. Гибкое автоматизированное производство / Под общ. ред. С.А.Майорова, Г.В. Орловского, С.Н. Халкиопова. Л.: Машиностроение, 1985, 454 с.
4. Петров В.А., Масленников А.Н., Осипов Л.Л, Планирование гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1985. 182 с.
5. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л. Управление гибкими производственными системами. М.; Машиностроение, 1988 . 352 с.
6. Технологическая подготовка гибких производственных систем / Под общ. ред. С.П.Митрофанова. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
7. Васильев В.Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении. М.: Машиностроение, 1986. 312 с.
8. Пугачев Ю.А. Система оперативно-производственного планирования "прибор - комплект". М.: Машиностроение, 1987. 88 с.
9. Ситуативное проектирование технологических процессов в гибкой автоматизированной системе / Ю.М. Соломенцев, А.М. Васин, С.В. Климов // Вестник машиностроения. 1984. № 3. С. 47-50.
10. Товалев Б.И. Проблемы управления интегрированным производством: Экспресс-информ. 1989. Вып. 10. С. 10-14.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Технологические особенности сборочно-монтажного производства печатных узлов	7
1.1. Вводные замечания	7
1.2. Конструктивно-технологические особенности печатных узлов	7
1.3. Технологические процессы сборочно-монтажного производства печатных узлов	9
1.4. Комплектация печатных узлов	11
1.5. Оборудование для сборки и монтажа печатных узлов.....	14
1.6. Комплекты сборочно-монтажного оборудования.....	22
2. Организация сборочно-монтажного производства печатных узлов	23
2.1. Классификация форм организации, их сущность и анализ	23
2.2. Анализ организации производства электронно-вычислительных и радиоэлектронных средств.....	26
2.3. Организационные особенности материальных потоков в сборочно-монтажном производстве печатных узлов	28
2.4. Организационно-технологическая структура СМП ПУ	32
3. Технология построения концептуальных моделей сборочно-монтажного производства печатных узлов	35
3.1. Вводные замечания	35
3.2. Основные понятия, используемые для построения моделей.....	36
3.3. Построение моделей системной динамики.....	39
3.4. Формализация списания сборочно-монтажного производства печатных узлов	41
4. Введение в проблему создания ИАСУ	52
4.1. Система проектирования, подготовки и управления производством.....	52
4.2. Организационная и функциональная структура системы проектирования, подготовки и управления производством	54
4.3. Проектирование изделий в ИАСУ	59
4.4. Подготовка и управление производством в ИАСУ	66
4.5. Структура базы данных ИАСУ.....	69

5. ИАСУ сборочно-монтажного производства печатных узлов	77
5.1. Вводные замечания.....	77
5.2. Управление цехом	77
5.3. Управление участком	60
5.4. Управление модулем	82
5.5. Технические средства ИАСУ СМП ПУ	83
5.6. Выбор комплекса технических средств для АРМ-К	93
6. Функции ИАСУ СМП ПУ	98
6.1. Вводные замечания.....	98
6.2. Организационно-технологическая подготовка в СМП ПУ	98
6.3. Материально-техническая подготовка СМП ПУ	100
6.4. Распределение ячеек склада	111
6.5. Технологическая подготовка СМП ПУ.....	115
6.6. Оптимизация УТП	117
Заключение	120
Литература	121

Редакция заказной литературы

Виктор Григорьевич Алексеев
Константин Иванович Билибин
Григорий Михайлович Пьянов

Проектирование сборочно-монтажного производства печатных узлов

Редактор Е.С.Ивашкина
Корректор О.В.Калашникова

Подписано в печать 19.12.90. Формат 60x84/16. Буммага тип. № 2
Печ.л. 7,75. Усл.печ.л. 7,21. Уч.-изд.л. 7,03. Тираж 500 экз.
Изд. № 100. Заказ № 1288 Цена 25 коп.

Издательство МГТУ, типография МГТУ.
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.