

Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана

В. Г. Алексеев, К. И. Билибин, Ю. И. Нестеров

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Издательство МГТУ
1992

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э.Баумана**

В.Г.Алексеев, К.И.Билибин, Ю.И.Нестеров

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

**Утверждено редсоветом МГТУ
как учебное пособие**

Под редакцией Б.И.Белова



**Издательство МГТУ
1992**

Основные сокращения

| | |
|----------|---|
| АС ТПП - | автоматизированная система технологической подготовки производства; |
| АСУП - | автоматизированная система управлением производства; |
| АСУ ТП - | автоматизированная система управления технологическим процессом; |
| ИПС ТН - | информационно-поисковая система технологического назначения; |
| КИА - | контрольно-измерительная аппаратура; |
| ПО - | производственное объединение; |
| ППП - | пакет прикладных программ; |
| ПСН - | подсистема специального назначения; |
| РТК - | робототехнологический комплекс; |
| РЭС - | радиоэлектронное средство; |
| САПР - | система автоматизированного проектирования; |
| СУБД - | система управления базой данных; |
| ТЗ - | техническое задание; |
| ТК - | технологическая карта; |
| ТКИ - | технологичность конструкции изделия; |
| ТМ - | технологический маршрут; |
| ТО - | технологическое оборудование; |
| ТП - | технологический процесс; |
| ТПР - | типовое проектное решение; |
| ТПП - | технология подготовки производства; |
| ТС - | технологическая система; |
| УП - | управляющая программа; |
| ЧПУ - | числовое программное управление; |
| ЭВС - | электронные вычислительные средства; |
| ЭС - | электронное средство. |

Введение

Цель технологической подготовки производства - достижение а процессе изготовления продукции оптимального соотношения между затратами и получаемыми результатами.

С ростом мелкосерийного производства электронных средств возникает потребность в создании АС ТПП, которые обеспечивают гибкость процесса с целью быстрой адаптации к новым потребностям производства я качественную подготовку и документирование ее результатов.

Интегрированная обработка производственной информации с помощью средств вычислительной техники позволяет наиболее полно реализовать преимущества и возможности АС ТПП благодаря многоаспектному использованию Однократно вводимой информации.

Существенные преимущества автоматизированной ТПП - выполнение рутинных процессов и возможность исследования различных альтернативных решений и реализации процессов оптимизации.

Основой ТПП является определенный технический объект ЭС какой-либо конструкции. Для этого объекта с учетом имеющихся средств производства устанавливают необходимые технологические данные.

Технологическая подготовка производства ЭС заключается в разработке различной технологической и плановой документации, изготовлении и отладке технологической оснастки, организации рабочих мест и всего технологического и производственного процесса, составлении календарных планов и проведении ряда других технических и организационных мероприятий, необходимых для реализации технологических процессов изготовления отдельных деталей и сборки изделий.

Под АС ТПП ЭС понимают совокупность методов, алгоритмов, программного и математического обеспечения, технических средств и организационных мероприятий, объединенных для технологической подготовки производства.

Проектирование ТПП - сложный и разветвленный процесс переработки информации самого разнообразного вида, формы и содержания. Информацию, используемую при ТПП, называют технологической и подразделяют ее на неизменяемую и изменяемую.

Неизменной называется информация, постоянная при решении множества задач одного класса в определенных условиях производства и меняющаяся только при переходе к изготовлению изделия другого вида.

Изменяемая - информация, меняющаяся при решении каждой задачи.

Объекты автоматизации в ТПП:

проектирование технологических процессов и технологической оснастки;

решение инженерно-технических задач;

решение задач управления;

информационный поиск изделий-прототипов, сведений о про

цессах их обработки и технологической оснастке для заимствования;
разработка программ для оборудования с ЧПУ.

Из всех перечисленных объектов определяющий - проектирование технологических процессов.

Автоматизированная система ТПП при своем полном развитии должна обеспечивать автоматизированное решение разнообразных задач проектирования ТПП.

Процесс автоматизации ТПП базируется на эвристических и формализованных методах. Эвристические методы строятся на интуитивном мышлении, способности к изобретательству, практическом опыте. Эти методы пригодны для автоматизации лишь относительно, обычно - в диалоговом режиме.

Формализованные методы, базирующиеся на физико-математических закономерностях, находят широкое применение, поскольку легко могут быть реализованы на ЭВМ.

Многочисленные разработки АС ТПП ориентированы как на конкретное производство, так и на автоматизированное программирование систем с ЧПУ. АС ТПП создаются для разработки технологических процессов сборки, монтажа и контроля ЭС. Повышенное внимание уделяется программированию измерительных систем с ЧПУ и промышленных роботов.

Большое количество разработок в области автоматизации ТПП связано с интеграцией подсистем внутри системы ТПП, а также систем ТПП с другими автоматизированными системами (АСУП, САПР, АСУ ТП и т.д.). Основой развития направления по созданию АС ТПП является расширение области применения этих систем за счет решения задач, в диалоговом режиме, разработки алгоритмов проектирования и сопровождения систем.

Возможность автоматизации ТПП ЭС связана с развитием научных основ технологии ЭС, математических методов, технических средств и техники программирования. От закономерностей и положений, заложенных при автоматизации ТПП, их практической и научной ценности зависит степень совершенства разработанного технологического процесса, который во многом определяет качество изделия.

Эффективность применения АС ТПП во многом зависит от использования научных основ технологии производства ЭС. Однако при решении проблемы автоматизации проектирования ТПП возникают трудности, основными из которых являются недостаточное развитие

теории и методов автоматизированного проектирования технологии, скудный опыт производственного использования автоматизированного проектирования ТПП.

1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

1.1. Задачи и функции ТПП

Технологическая подготовка производства - одна из трех подсистем подготовки производства. Она охватывает все мероприятия по планированию, которые необходимы для обеспечения производства при эффективном выполнении производственных задач.

ТПП включает в себя решение задач, группируемых по следующим основным функциям: обеспечение технологичности конструкции изделия, разработка технологических процессов, проектирование и изготовление средств технологического оснащения.

Эти функции охватывают весь необходимый комплекс работ по ТПП, в том числе, конструктивно-технологический анализ изделий, организационно-технический анализ производства, разработку технологических процессов, расчет производственных мощностей, составление производственно-технологических планировок, определение материальных и трудовых нормативов, отладку технологических процессов и средств технологического оснащения.

Определим технологический маршрут как последовательность шагов, необходимых для выполнения поставленной задачи. Разработка ТМ традиционными "ручными" методами вследствие применения различных методов проектирования, наличия временных ограничений, недостаточности исходных данных осуществляется не оптимальным образом.

ТМ может разрабатываться с ориентацией на заказ или вне зависимости от него. Технологический маршрут, разрабатываемый вне зависимости от заказа, можно назвать базовым. При разработке ТМ, ориентированного на заказ, необходимо учитывать данные о сроках изготовления, количество изделий в заказе и порядок поступления заказа.

В мелкосерийном производстве заказ реализуется лишь после проведения экономического анализа и выяснения производственной ситуации. Технологический маршрут разрабатывается в соответствии с числом изделий в партии данной серии или, наоборот, число изделий в партии определяется в соответствии с технологическими

ческим маршрутом.

В серийном производстве технологическая система определяется с расчетом на длительное время функционирования. При изменении программы выпуска проектируют и создают новые ТС или, по меньшей мере, по-новому их компонуют.

Технологическая система - это совокупность в разных сочетаниях технологического оборудования, роботизированных технологических комплексов, технологической оснастки и соответствующего обеспечения функционирования.

Данные технологического маршрута используются в различных областях ТПП.

С точки зрения системного подхода ТПП является моделью производственного процесса. Оптимизация производственных процессов влечет за собой изменения в организационной структуре, основанной на традиционных информационных и материальных потоках, которые должны базироваться на комплексной увязке всех производственных факторов.

Эффективность производства зависит не только от технического уровня средств производства, но и в достаточной степени от эффективности системы организации производства. Рационализация и автоматизация производственных процессов осуществляются на этапах подготовки производства: конструкторском и технологическом. Вместе с тем возникает проблема построения организационных, информационных и функциональных производственных систем, которые учитывают или могут учитывать перспективные задачи производства,

ТПП является информационным связующим звеном между такими областями производственного процесса, как проектирование и изготовление изделий. При этом основная задача ТПП состоит в координации данных и всего потока информации, которая определяется как взаимосвязь всех процессов, связанных с переработкой информации; сбор, управление, контроль, хранение и распределение.

Информационная деятельность - это задачи, находящиеся в функциональной связи с общим процессом ТПП. Процесс получения информации служит для поиска и выбора внутрипроизводственной и внешней информации, существенной для ТПП.

В технологической подготовке должны учитываться как основополагающие возможности структурной организация, так и специфика

проектных работ при выполнении конкретного заказа. Для каждой задачи ТПП требуется определенная информация на входе и при этом порождается соответствующая информация на выходе.

1.2. Методы технологической подготовки производства и их автоматизация

При реализации ТПП используются различные методы, границы между которыми определяются весьма условно. Выделяют следующие основные методы:

- 1) метод подобия (заимствования);
- 2) вариантный метод;
- 3) адаптивный метод (или метод адаптации);
- 4) индивидуальный метод.

Выбор метода зависит от технологических, экономических и других требований, предъявляемых типом производства и его номенклатурой.

Для первого метода ТПП характерна информация по ТМ в соответствии с определенной системой классификации и кодирования. Критерием выбора ТМ для конкретного изделия с заданной партией является его релевантность требованиям заказа. При внедрении ТМ принимаются во внимание реальные условия заказа.

Этот метод планирования применяется в качестве регенерирующего принципа, иными словами, в качестве повторного использования (заимствования) существующей ТПП для нового изделия.

Основой автоматизации метода служит наличие множества технологических маршрутов - аналогов, т.е. технологических карт на изготавливаемые изделия и определение требований по выполнению заказа, одним из которых является программа выпуска изделий.

В системах, представленных на рис.1, различают функции по вводу и хранению ТК, поиску и выдаче информации в удобной для пользователя форме.

Ввод и хранение ТК связаны с их классификацией и кодированием. Код карты отражает различные аспекты классификации: вид изделия, методы изготовления и т.д. Одновременно система классификации предназначена и для организации доступа к информации, цель которой состоит в минимизации затрат на поиск. При выдаче технологических карт автоматически указываются и исходные данные заказа. Но при этом не генерируются новые данные и не указываются промежуточные.

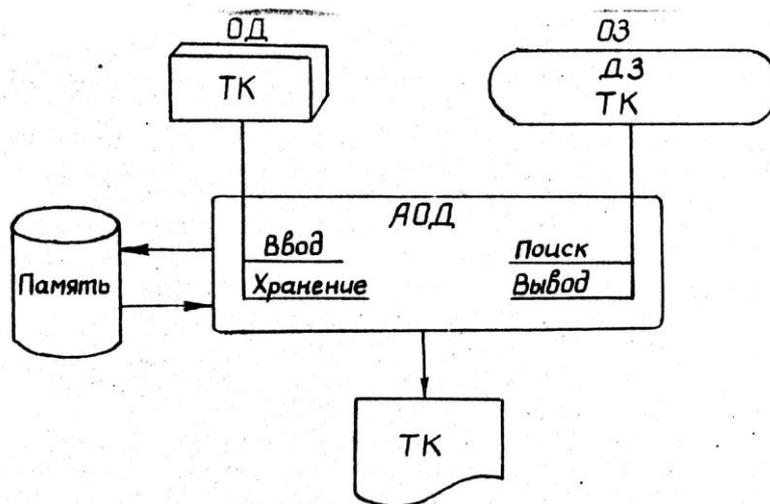


Рис.1. Процесс автоматизации ТПП по методу подобия: ОД - основные данные, ОЗ - описание задачи; ТК - технологические карты; ДЗ - данные заказа; АОД - автоматизированная обработка данных

Область применения метода подобия, даже с учетом повторяемости изготавливаемых объектов, является ограниченной. Для изделий, требования к которым сильно отличаются от требований, заложенных в установившийся (унифицированный) комплект ТМ, необходимо разрабатывать дополнительный унифицированный технологический маршрут.

Для вариантного метода характерно наличие комплексного (стандартного) технологического маршрута для каждого класса изделий в данном производстве. Комплексные технологические маршруты отражают полный технологический процесс для всех вариантов класса изделий. Размеры группы изделий данного класса зависят от состава и допустимых изменений параметров комплексного технологического процесса.

Для каждого конкретного изделия данного класса выбирается вариант комплексного маршрута, являющегося его подмножеством. В вариантном методе предусматривается возможность уточнения комплексного маршрута путем изменения параметров маршрута в определенных границах. Дополняться ТМ не может.

Ограничением на данный метод технологической подготовки

является частота повторного поступления изделия. Для изделий, которые "не вписываются" в комплексные технологические маршруты, необходимо разработать дополнительный ТМ и отразить его в технологической карте.

Функциями в системах, представленных на рис.2, являются ввод и хранение комплексных технологических карт, их поиск, расчет переменных параметров процесса, выдача ТК.

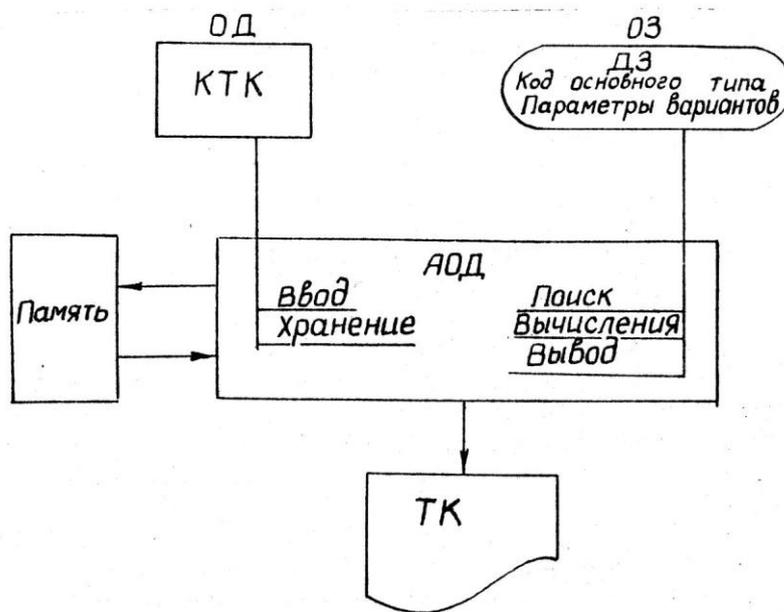


Рис.2. Процесс автоматизации ТПП по вариантному методу: КТК - комплексные технологические карты (остальные обозначения аналогичны обозначениям на рис.1)

Вариантный метод наиболее употребим на предприятиях, с сильно ограниченной номенклатурой изделий ЭС. Ограниченная номенклатура изделий, представленных комплексными технологическими маршрутами, значительно снижает степень гибкости ТПП.

Адаптивный метод ТПП заключается в наличии определенного множества разработанных технологических маршрутов, которые на различных этапах технологического проектирования могут быть адап-

тированы к конкретным требованиям заказа. Адаптация к конкретным условиям реализуется добавлением, удалением, изменением отдельных этапов при изготовлении изделия. Для адаптивного метода ТПП, по сравнению с вариантным, требуются дополнительные технологические данные, но обеспечивается более высокая гибкость ТПП.

Характерные функции при автоматизации этого метода показаны на рис.3: ввод и хранение технологических карт, поиск карты-аналога, модификация процесса изготовления, проведение дополнительных расчетов параметров ТМ.

Внедрение адаптивного метода осуществляется за счет множества готовых описаний технологических карт. Оптимизация метода состоит в качественной разработке системы классификации и кодирования в соответствии с определенным набором критериев. АС ТПП, работающие по этому методу, позволяют создавать новую информацию о ТП в диалоговом режиме.

Четвертый метод является и генерирующим, и оптимизирующим. Основой метода служат описание изделия, требования, предъявляемые к его изготовлению, и правила технологического проектирования. Анализ требований позволяет выявить возможные пути решения технологических задач и по соответствующим критериям выбрать метод решения. Автоматизация метода наиболее трудоемка, так как при его использовании осуществляется проектирование и документирование ТМ на основе введенных данных. В рамках этого метода различают два подхода, основанных на описаниях процесса проектирования и изделия.

В первом случае исходные данные содержат кроме общей информации сведения о процессе проектирования. К функциям (см.рис.4) относятся ввод и хранение технологических и вспомогательных данных, генерация результатов технологического проектирования, выбор оборудования и расчет временных режимов и т.д.

Во втором случае предполагается наличие задач выбора технологических операций для конкретных условий изготовления. Такой подход более расширен по сравнению с указанным выше. Он практически без изменений может быть включен в САПР путем интеграции информационных массивов и процессов их обработки. Его функциями (рис.5) являются: ввод и хранение технологических и вспомогательных данных, выбор технологических операций или технологических маршрутов, генерация результатов технологического проектирования данных, выбор оборудования и проведение требуемых расчетов.

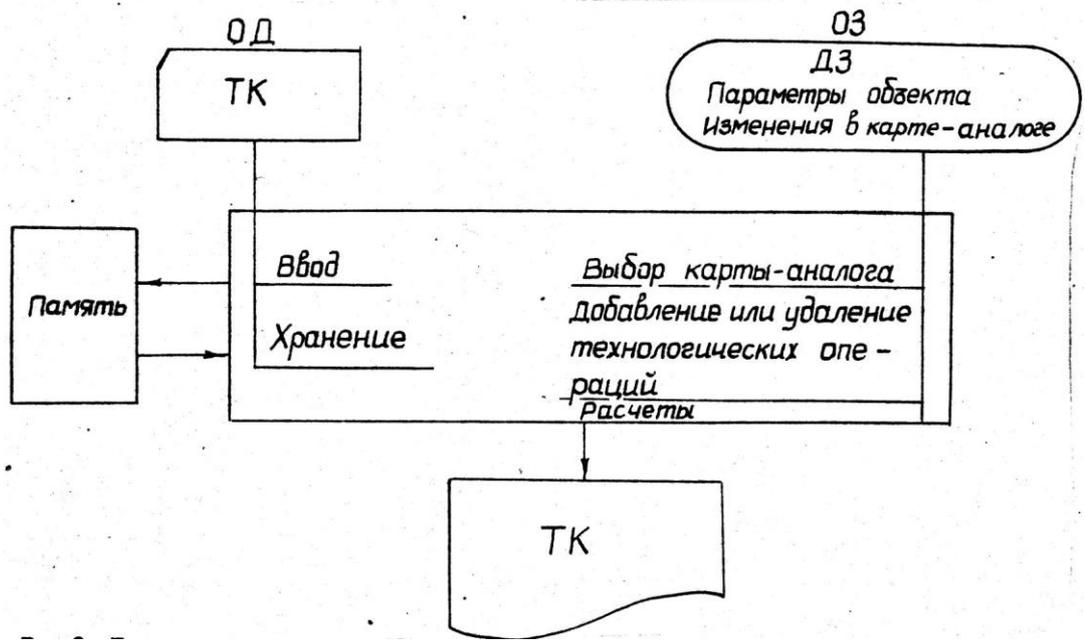


Рис.3. процесс автоматизации ТПП по адаптивному методу (обозначения см. на рис.1)

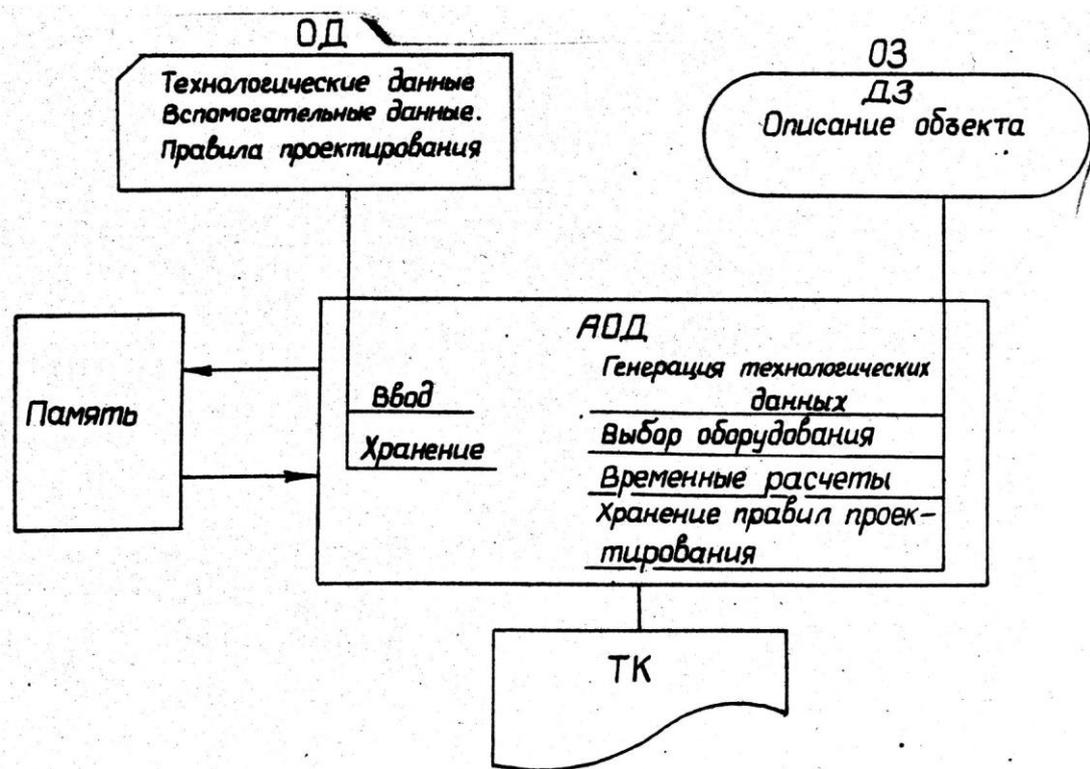


Рис.4. Процесс автоматизации ТПП по индивидуальному методу (обозначения см. на рис.1)

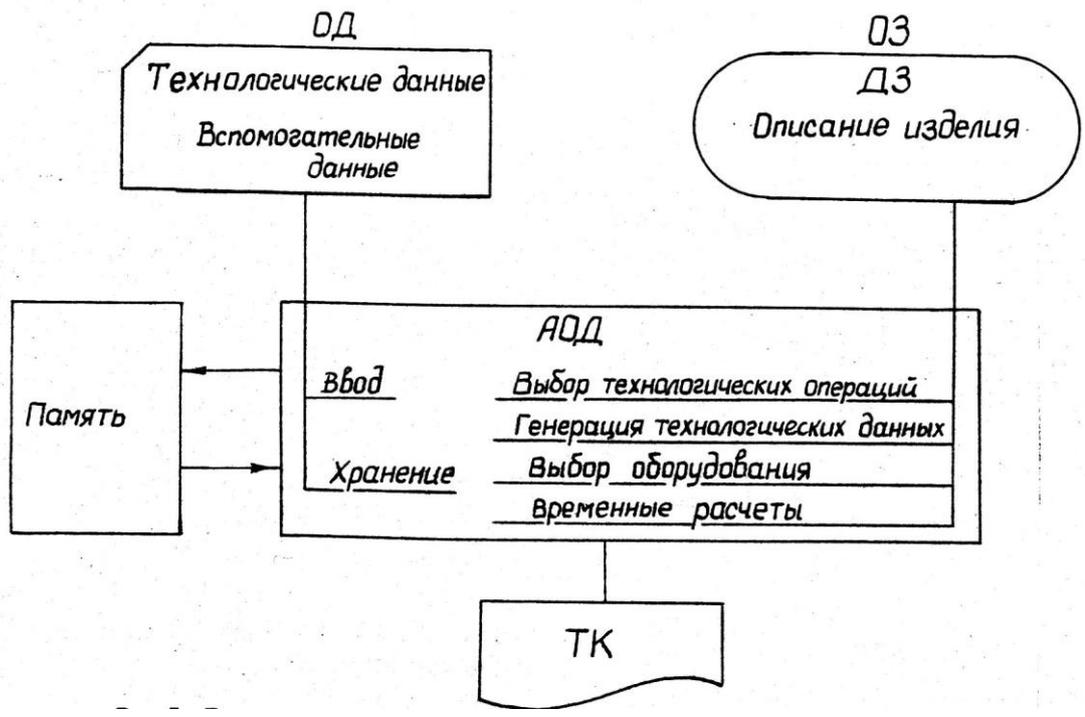


Рис.5. Процесс автоматизации ТПП по индивидуальному методу с описанием изделия (обозначения см. на рис.1)

Выбор метода ТПП с целью его автоматизации зависит от условий производства, способов изготовления, назначения изделий и характеризуется критериями, а не общими формами их применения.

Для укрупненного выбора метода ТПП следует учитывать следующие факторы: направления и объемы совершенствования подготовки производства; существующие системы организации данных на предприятии и применяемые методы ТПП; системы обработки данных и их характеристики; планируемый уровень капитальных вложений в автоматизацию работ; номенклатуру продукции; перспективы изменения номенклатуры и уровень этих изменений; имеющиеся технологические процессы и оборудование; данные анализа технологических процессов; планируемые сроки эксплуатации автоматизированных систем; возможности их интеграции на другие классы изделий; общий объем выпуска изделий и т.д.

1.3. Принципы декомпозиции в ТПП

Возможности формирования структуры задач ТПП вследствие многообразия информационных связей не позволяют получить обобщенное представление о разнообразных их решениях.

Для детального анализа структурной организации задач ТПП необходимо знать основные закономерности:

- отдельные функции подготовки производства - функциональная декомпозиция;
- объект проектирования - объектная декомпозиция;
- функции изготовления и сборки - технологическая декомпозиция.

Для каждой реализуемой декомпозиции выделяют также и степень декомпозиции: отсутствие, грубую, среднюю, точную.

Любой уровень структурной организации может быть описан комбинацией элементов, декомпозированных по различным принципам (функциональному, объектному, технологическому) с указанием различной степени декомпозиции.

Функциональная декомпозиция ТПП определяется путем выделения из структурной организации задач, выполняемых в процессе технологического проектирования (например, при большой доле побочных печатных узлов различных изделиях и т.д.).

При объектной декомпозиции из структурной организации задач выделяют проектируемые и соответственно изготавливаемые объекты (например, при сильно различающихся печатных узлах в различных изделиях).

При технологической декомпозиции разбиение задач на группы происходит с точностью до обработки подобных объектов (например, структуризация технологического процесса по производственным группам, различным видам технологического процесса и срокам).

На основе системной связи между конструированием и ТПП, многочисленных возможностей технологической и объектной декомпозиции организационная структура предприятия должна ориентироваться на конкретные производственные условия, такие как структура производства, технология изготовления и т.д.

1.4. Функции ТПП, реализуемые с помощью ЭВМ

Процесс ТПП можно разделить на следующие этапы: сбор информации, ее обработка, выдача.

Сбор информации включает в себя ввод конструкторско-технологических данных об изделии и технологических данных, необходимых для реализации процесса его изготовления. По этим данным разработчик должен определить ТМ, удовлетворяющий конструкторским, технологическим и экономическим требованиям.

ТПП в основном представляет собой процесс преобразования информации, в котором при нахождении множества решений стремятся к выбору оптимального. Человек интуитивно использует комплексный подход, согласно которому при реализации ТПП происходит выбор нескольких решений по принципу суперпозиции.

При решении частных задач ТПП необходимо иметь в виду, что каждый последующий этап обработки информации может планироваться только в том случае, когда известны окончательные параметры предыдущего. Функциональное назначение ТПП заключается в анализе действий ТПП и возможности их формализации с целью применения ЭВМ.

В основе ТПП часто лежат принципы, базирующиеся на творческом мышлении, которые трудно или невозможно алгоритмизировать с использованием ЭВМ. Такие задачи необходимо разбивать на подзадачи, которые могут быть формализованы.

При реализации ТПП много времени занимает проблема разработки ТМ. Она содержит различные частные задачи, например, управление данными, формальные расчеты, логические решения и выводы. При этом можно рассмотреть различные уровни автоматизации этих задач.

Первый уровень автоматизации - сокращение рутинных опера-

ций с помощью использования ЭВМ. Более высокий уровень автоматизации характеризуется разработкой программ для остальных частных функций, объединением их в общую систему с постепенным переходом к формализации индивидуальных задач.

Для перехода к этому уровню необходимо исследовать функции ТПП по следующим признакам: осуществимость формализации; возможность эвристических решений; внутренние логические связи процесса; поступающие данные; необходимый объем обработки.

Для реализации процесса ТПП с помощью ЭВМ необходимо четко определить общую задачу ТПП. Исходная информация для задач ТПП может вводиться в диалоговом режиме или посредством автоматической передачи данных с помощью ЭВМ. Информация кодируется в соответствии с принятым проблемно ориентированным языком программирования. Если все необходимые данные сформированы на машинных носителях, то процесс ТПП выполняется автоматически.

Информация в задачах ТПП может быть представлена в символьной или графической форме. Если массив информации для визуализации сформирован, он может быть выведен на устройство вывода с соответствующей обработкой.

При реализации задач ТПП с помощью ЭВМ необходимо осуществление целого ряда дополнительных мероприятий.

Информацию следует представлять в определенной форме;

необходимо выполнять преобразования данных при их передаче в другие подсистемы ТПП, что связано со значительными затратами.

Целесообразно однократно вводить обрабатываемую информацию и многократно использовать ее в различных задачах ТПП.

1.5. Основные функции комплексной подготовки производства электронных средств

Среди проблем повышения эффективности производства ЭС важную роль играет комплексная подготовка производства новой или модернизируемой продукции.

В настоящее время нет единого подхода к содержанию понятий "комплексная" и "технологическая" подготовки производства. Это приводит к тому, что на предприятиях создаются разные организационные структуры подразделений подготовки производства.

Однако на любом предприятии весь производственный процесс можно разделить на два этапа: 1) подготовка производства; 2) изготовление продукции. В конечном итоге вся деятельность

любого предприятия направлена на возможность осуществления производственного процесса с заданными технико-экономическими показателями в запланированном объеме. Для выполнения этой задачи на предприятии необходимо осуществлять определенные производственные функции и соответствующие функции управления.

Под функцией в общем случае понимается определенная деятельность коллектива работников предприятия, направленная на достижения поставленной цели, причем все виды деятельности должны быть логически связаны и взаимно обусловлены.

Таким образом, всю деятельность предприятия можно разделить на следующие определенные группы функций, объединенные общностью решаемой задачи или поставленной цели:

- 1) комплексная подготовка производства;
- 2) основное производство;
- 3) вспомогательное производство;
- 4) материально-техническое снабжение;
- 5) обслуживание основного и вспомогательного производств;
- 6) планирование, экономика, учет и финансы;
- 7) сбыт готовой продукции;
- 8) строительство и реконструкция;
- 9) кадровая политика;
- 10) социальное развитие.

Перечисленные выше группы функций деятельности предприятия можно рассматривать как объекты управления и в соответствии с этим строить систему управления предприятием в разрезе функциональных подсистем.

Комплексная подготовка производства - это совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на разработку и освоение новых изделий с оптимальными технико-экономическими показателями в заданные сроки. Комплексная подготовка производства должна полностью охватывать все аспекты подготовки к выпуску изделий производственной системой наименьшими затратами. Она должна базироваться на научной организации труда, производства и управления и широко использовать, при существующих в настоящее время требованиях, средства механизации и автоматизации труда, в том числе ЭВМ.

Комплексная подготовка производства осуществляется на предприятии или в производственном объединении при освоении нового изделия или его части; модернизации выпускаемого изделия; суще-

ственном изменении объема выпуска; передаче изготовления изделия с одного предприятия на другое внутри ПО; реконструкции предприятия.

По месту и характеру выполнения работ комплексную подготовку производства можно условно разделить на две части: вне предприятия и внутри него.

Первая - включает в себя осуществляемые вне предприятия на договорных началах с другими предприятиями научно-исследовательские и другие работы, связанные с освоением данного изделия, а также работы, проводимые в масштабах страны или отрасли по разработке нормативно-технической документации (ОСТов, ГОСТов и т.д.; и исследованиям, прямо или косвенно используемым при освоении данного изделия.

Вторая часть подготовки производства - это весь комплекс мероприятий, проводимых внутри предприятия.

Рассмотрим комплексную подготовку производства, осуществляемую внутри предприятия. Содержание и объем работ комплексной подготовки производства изделия зависит от многих факторов и, в первую очередь, от перечисленных ниже:

- 1) назначения изделия, его сложности и технико-экономических характеристик;
- 2) объема выпуска данного изделия;
- 3) организационно-технического уровня предприятия, его структуры и структуры подразделений подготовки производства;
- 4) характера, уровня специализации и кооперации самого предприятия и внутри него;
- 5) состава и наличия оборудования и его технического состояния;
- 6) наличия и состояния производственных площадей в основном и вспомогательном производствах;
- 7) наличия производственных кадров, в том числе, квалифицированных рабочих и т.д.

В укрупненном виде можно выделить следующие основные функции подсистемы комплексной подготовки производства предприятия.

1. Планово-нормативная функция - разработка и контроль планов подготовки производства (ленточного, сетевого и т.п.), координация деятельности служб подготовки производства, разработка различных планово-нормативных документов (ведомостей применяемости, подетальных и сводных норм расхода материалов, ведомостей, в том числе нормативной, покупных изделия, ведомости трудо-

емкости по видам работ, ведомости норм времени и расценок на изделие, ведомости прямых затрат и т.д.).

2. Конструкторская функция - разработка или получение от держателя подлинников и обеспечение подразделений предприятия учтенными копиями комплекта конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и в том числе необходимой машинной документацией.

3. Технологическая функция - разработка или получение и обеспечение подразделений предприятия всеми видами необходимой технологической документации, которая включает в себя в конструкторскую документацию на нестандартное оборудование, стенды, КИА, оснастку, инструмент в соответствии с ЕСТД, а также и необходимую технологическую машинную. Критерием разделения технической документации на конструкторскую и технологическую является принадлежность ее к комплекту конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и ЕСТД.

4. Инструментальная функция - изготовление, испытание и сдача (или аттестация) всего необходимого технологического оснащения с учетом нестандартного оборудования, стендов и КИА в запланированном объеме.

5. Функция материально-технического снабжения - обеспечение основного и вспомогательного производств необходимыми материалами, комплектующими изделиями и приборами в соответствии с утвержденными нормами или другими нормативными и директивными документами .

6. Организационно-техническая функция - реконструкция и организация специализированных производств; цехов участков, поточно-конвейерных линий, комплексных стендов, рабочих мест; обеспечение всеми видами энергоресурсов; приобретение или модернизация и пуск в эксплуатацию необходимого оборудования; обеспечение необходимой научно-технической информацией и т.д., а также научная организация труда, производства и управления в подразделениях предприятия.

7. Производственная функция - изготовление, контроль и испытание деталей, узлов, сборочных единиц и всего изделия в целом на соответствие требованиям конструкторской документации.

8. Экономическая функция - определение трудоемкости и разработка трудовых нормативов, в том числе технически обоснованных норм времени, составление и согласование цены, заключение договоров, сбыт, финансирование мероприятий, учет

и

т.д.

9. Функция обеспечения кадрами - обеспечение подразделений предприятия необходимыми квалифицированными кадрами и организация технического обучения.

10. Функция координации в ПО - координация всех работ внутри производственного объединения и вне его по подготовке производства и выпуск изделия.

11. Общественно-политическая функция - организация политико-воспитательной работы по мобилизации всего коллектива предприятия на безусловное выполнение плановых заданий по выпуску нового изделия.

С целью повышения эффективности комплексной подготовки производства целесообразно провести автоматизацию ее работ с применением средств вычислительной техники и автоматизированной системы технологической подготовки производства.

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Структура АС ТПП

АС ТПП - человеко-машинная система ТПП, в которой можно выделить:

1) функциональную структуру - совокупность функциональных подсистем и связей, отражающих порядок взаимодействия подсистем в процессе функционирования АС ТПП;

2) организационную структуру - совокупность подразделений и служб, выполняющих функции АС ТПП, которая построена с учетом их иерархической подчиненности, отражает организационно-управленческие связи между ними.

Функциональная структура АС ТПП строится:

на единой методологической основе с максимальным использованием унифицированных, типовых и стандартных решений;

с учетом принципа единства информационного и лингвистического обеспечений подсистем и задач, реализуемых в каждой из них.

функциональная структура АС ТПП обеспечивает:

взаимодействие с другими системами, функциями на предприятии;

возможность совершенствования функционирующих подсистем и задач АС ТПП.

Основу функциональной структуры АС ТПП составляют подсистемы

темы общего и специального назначения.

Подсистемы общего назначения АС ТПП, как правило, включают в себя подсистемы:

кодирования, контроля и преобразования информации;

информационного поиска;

формирования исходных данных для автоматизированных систем различных уровней;

оформления документации.

Подсистема кодирования, контроля и преобразования информации обеспечивает ввод исходных данных, записанных на предметном языке, и преобразование их во внутреннюю форму представления, единую для АС ТПП.

Подсистема информационного поиска выполняет поиск, чтение, корректировку и добавление отдельных записей информационных массивов.

Подсистема информационного поиска обеспечивается средствами системы управления базой данных АС ТПП.

Подсистема формирования исходных данных для автоматизированных систем различных уровней осуществляет поиск и формирование выходных данных на уровне информационных массивов.

Подсистема формирования исходных данных для АС различных уровней реализуется средствами информационно-поисковой системы технологического назначения и обеспечивает автоматизированный обмен информацией в интегральных системах.

Подсистема оформления документации осуществляет функции формирования и оформления выходных документов. Организационная структура обеспечивает выполнение функций, установленных функциональной структурой АС ТПП, а также структурами подразделений с учетом их специализации;

централизованное выполнение функций вычислительных подсистем специального назначения;

децентрализованное выполнение функций основных подсистем специального назначения.

2.2. Подсистемы специального назначения

Эти подсистемы делятся на основные и вспомогательные. Основные ПСН выполняют целевые функции ТПП. Основные подсистемы специального назначения включают в себя подсистемы:

обеспечения технологичности конструкции изделия;
проектирования технологических процессов;
проектирования оригинальной структуры производственной системы;
конструирования средств технологического оснащения (технологического конструирования); управления ТПП.

Подсистема обеспечения ТКИ выполняет следующие основные функции:
анализ технологических возможностей производственной системы;
разработку рекомендаций по содержанию и порядку совершенствования производственной системы;

разработку требований к конструкции изделия для последующих разработок.

Подсистема проектирования ТП осуществляет следующие основные функции:

проектирование ТП изготовления изделий;

подготовку УП для оборудования с ЧПУ;

разработку ТЗ на проектирование средств технологического оснащения.

Технологические процессы, проектируемые в АС ТПП, охватывают все этапы производства с описанием технологии на различных уровнях детализации, в том числе:

межцеховые маршрутные ТП (расцеховки);

маршрутные ТП на уровне цеха (участка);

маршрутно-операционные и операционные ТП по видам работ.

Расцеховка - разработка межцеховых технологических маршрутов для всех составных частей изделия.

При расцеховке решаются две основные задачи:

определение возможных вариантов межцеховых маршрутных ТП изготовления элементов изделия;

выбор оптимальной расцеховки с учетом материальных и трудовых ресурсов производственных подразделений.

Выбор межцехового маршрута для конкретного элемента изделия возможен только в случае, когда известны, хотя бы укрупненно, технологические процессы его изготовления по видам обработки. Укрупненные ТП либо определяются опытным технологом, либо проектируются по математическим моделям этих процессов.

Выбор оптимальной расцеховки основывается на анализе техни-

ко-экономических показателей возможных вариантов ТП и средств оснащения производства, поэтому главное содержание оптимизации расцеховки сводится к проектированию ТП с последующим анализом ресурсного обеспечения различных вариантов расцеховки элементов изделия.

Маршрутные, маршрутно-операционные и операционные ТП проектируются по типовым математическим моделям, отражающим физическое содержание методов и средств производства. Семантическое содержание этих моделей непосредственно зависит от вида выполняемых работ.

Определение последовательности изготовления изделия - существенная задача ТПП; в автоматизированном режиме эта задача реализована лишь в отдельных областях производства ЭС с фиксированной номенклатурой изделий. В общем случае решение должно базироваться на полном описании изделия и множестве методов и средств ТПП.

Технологический процесс разрабатывается, как правило, с учетом методов, специфических для данного предприятия. При автоматизированном проектировании технологии в рамках некоторых систем важным моментом является установление соответствия между определенными характеристиками изделия и технологическими операциями.

На основе конкретных требований для каждой характеристики изделия формируется последовательность его изготовления. Совокупность таких последовательностей определяет объем необходимых видов изготовления. Далее происходит упорядочение этой последовательности в виде групп и сортировка внутри каждой группы с учетом конкретного парка оборудования и обеспечения материалами.

После того, как соответствие между видами изготовления и характеристиками изделия установлено, осуществляется проверка возможностей парка оборудования, который должен обеспечивать изготовление конкретного изделия с определенным качеством.

Характер и содержание такой проверки зависит от номенклатуры изделий, парка оборудования, эффективности его использования.

Организация хранения технологической информации, а также алгоритмы, которые необходимо использовать при выборе способов изготовления, реализуются в массивах данных и дают возможность быстрой адаптации к новым условиям изготовления.

Использование таблиц принятия решений позволяет легко выби-

рать способы изготовления по технологическим признакам и требованиям заказчика.

Центральное место на этапе разработки технологического маршрута занимает организация массивов данных, на основе которых можно определить способ изготовления для рассматриваемой характеристики изделия, а также подобрать варианты.

По желанию пользователя можно задавать приоритеты способов изготовления. В дальнейшем это позволит оптимизировать процесс при использовании ЭВМ. Оптимизация в первую очередь проводится по экономическим критериям и является существенным фактором при разработке технологического маршрута. Такой массив данных сильно ограничивает многообразие возможных комбинаций и способствует тому, что ЭВМ лишь проверяет задаваемые последовательности изготовления вместо того, чтобы самой их генерировать. Эти последовательности представляют собой "макроструктуры".

Последовательность изготовления, как правило, проводится в интерактивном режиме. На основе правил изготовления для связанных между собой характеристик изделия можно создать "обобщенную" последовательность изготовления, которая служит критерием сортировки. Вслед за сортировкой проверяется последовательность изготовления. С учетом экономических показателей применяемого оборудования, материалов, вспомогательных средств производства возможно проведение дальнейшей оптимизации.

К недостаткам автоматизации разработки технологического маршрута относятся большие затраты, связанные с разработкой системы ТПП. Стоимость системы ТПП, оснащенной автоматическими средствами разработки технологического маршрута, ориентировочно в 10 раз превышает стоимость системы, в которой этот вопрос решается в диалоговом режиме. Этот фактор, а также независимость от условий конкретного предприятия, гибкость планирования, широкая область применения доказывают целесообразность разработки технологических маршрутов в диалоговом режиме.

При разработке АС ТПП основным является процесс формирования технологических карт. Системы управления базами данных могут быть использованы для получения множества решений, основанных на специфических запросах пользователей, отражающих процесс формирования специализированных технологических карт.

Многие разработчики программных продуктов создали базовые программные комплексы для реализации автоматизированного управ-

ления ТПП - так называемые процессоры технологической подготовки. Такие комплексы могут быть расширены дополнительными функциями, выходящими за рамки процесса управления ТПП. Это означает, что при ориентации на формирование базовых технологических карт можно учитывать специфику каждого предприятия и проводить дополнительные мероприятия по управлению ТПП.

Подсистема проектирования организационной структуры производственной системы выполняет следующие основные функции:

- определение специализации элементов производственной системы и ее организационную структуру;

- оценку и контроль специализации элементов производственной системы;

- технико-экономический анализ организации производственной системы и разработку технических заданий на ее полное или частичное перепроектирование.

Подсистема конструирования средств технологического оснащения осуществляет функции проектирования:

- нестандартного оборудования;

- специальной оснастки;

- специального инструмента различного назначения.

Подсистема изготовления средств технологического оснащения выполняет функции ТПП средствами производства в определяется спецификой конкретного предприятия.

Подсистема управления ТПП выполняет функции:

- планирования;

- учета и оперативного регулирования процессом функционирования подсистем АС ТПП.

К вспомогательным подсистемам специального назначения относят подсистему организации и сопровождения АС ТПП, выполняющую следующие основные функции:

- определение специализации служб и проектирования организационной структуры АС ТПП;

- проектирование и сопровождение единой базы данных АС ТПП;

- генерацию и сопровождение алгоритмов и программ подсистем специального назначения.

Каждая подсистема специального назначения решает задачи, определяемые ее функциональным назначением. При этом для каждой задачи выполняются следующие процедуры:

- восприятие заданий на проектирование;

- поиск ранее разработанных проектных решений;

переработка информации;
воспроизведение результатов решения задачи;
занесение результатов решения задачи в базу данных.
Введем два определения.

1. Процедура - совокупность элементарных операций по обработке информации, приводящих к изменению ее состава или места расположения.

2. Задача - совокупность процедур по преобразованию информации, выполняемых в определенной последовательности и определяющих процесс формирования одного или нескольких массивов информации или документов (например, поиск информации, анализ информации и т.д.).

2.3. Принципы разработки и внедрения АС ТПП

Изложенные выше соображения позволяют сформулировать основные принципы разработки и внедрения АС ТПП на предприятиях: включения, системного единства, развития, комплексности, информационного единства, инвариантности.

Не останавливаясь подробно на всех принципах, отметим, что важная роль в процессе информационного обеспечения АС ТПП уровня САПР отводится стандартизации. Формализация правил проектирования технологических процессов, унификация конструкторских схем оснастки, деталей оснастки и т.д., с последующим оформлением стандартов различного уровня позволяют сформулировать библиотеку типовых проектных решений, охватывающую весь круг задач, решаемых при проектировании ТПП. Наличие библиотеки ТПР служит основой для создания условно-постоянной части информации, формируемой в процессе автоматизированного проектирования документации по задачам ТПП, а также для разработки алгоритмов и математических моделей задач ТПП.

Применение ТПР является элементом реализации важного принципа создания АС ТПП - принципа инвариантности. Этот принцип предопределяет, что разрабатываемые подсистемы АС ТПП с точки зрения их тиражирования и внедрения на других предприятиях должны по возможности быть универсальными или типовыми.

Основные средства для достижения принципа инвариантности на уровне САПР - это универсальные математические модели определенных проблемных областей технологической науки, а также элементов процессов технологического проектирования.

На

основе

этих

моделей реализуются универсальные или специальные программные модули.

Рассмотренные с позиций интеграции принципы построения АС ТПП выявляют основные направления интеграции при создании автоматизированных систем в ТПП. При построении АС ТПП интеграционные процессы осуществляются в нескольких аспектах: системном, функциональном, информационном, программном.

При интеграции на системном уровне выделяются направления проектирования составляющих частей АС ТПП (САПР, АСУТП, АСУП).

Функциональной интеграцией предусматривается объединение пакетов программ, предназначенных для автоматизации различных видов функциональной деятельности в ТПП. Например, объединение функций проектирования технологических процессов обработки изделий различных классов, сборка изделий, конструирование технологической оснастки, проектирование технологических процессов изготовления оснастки, формирование нормативной документации для организации производства оснастки и т.д.

Интеграцией на информационном уровне предусматривается установление конкретной информации в виде определенных данных, сведений о показателях, с помощью которых обеспечивается информационная совместимость различных функциональных подсистем АС ТПП.

Наиболее законченный вид интеграционные процессы приобретают на программном уровне. На этом уровне разрабатываются программы обработки информации на ЭВМ, с помощью которых осуществляется взаимодействие различных функциональных подсистем в автоматическом режиме. Именно реализация интеграции на программном уровне и позволяет достичь комплексного подхода в решении вопросов эффективной автоматизации задач ТПП, избежать разрывов в технологическом проектировании при внедрении автоматизированных методов.

2.4. Формирование информационной база АС ТПП

Автоматизация ТПП предполагает выявление основных этапов и задач, решаемых на этих этапах; определение для каждой задачи состава входной и выходной информации; установление информационных связей между ними.

Информационные связи могут характеризовать, с одной стороны, передачу информации в процессе проектирования, с другой -

управление процессом проектирования. Информационные связи устанавливаются также и с информационными массивами, обеспечивающими организацию и хранение информации в различных средах.

Все алгоритмы обработки информации можно разделить на два основных вида: предметно-ориентированные, обеспечивающие собственно процесс технологического проектирования; предметно-независимые, обеспечивающие процесс накопления и хранения информационных массивов и поиски в них.

Предметно-независимые алгоритмы практически инвариантны к области их применения, но их реализация в различных средах требует дополнительных затрат.

На практике в процессе технологического проектирования очень часто используются экспериментальные и эмпирические данные, которые специальным образом организованы для решения технологических задач. Таким образом, алгоритмы проектирования и актуализации данных настолько тесно связаны, что трудно выделить предметно-независимую часть и вообще реализовать их в программно-технической среде.

Обособленная организация и хранение информации приводят к тому, что информация может быть обработана пользователем вне процесса проектирования. Такое разделение процессов хранения и использования информации позволяет, с одной стороны, избежать дополнительных затрат на программирование хранения и выборку данных для каждой технологической задачи, а с другой - обеспечить децентрализованную подготовку информации для ввода ее в информационные массивы.

Состав данных в информационных массивах, обеспечивающих процесс проектирования, включает в себя предметно-ориентированные, предметно-независимые данные, характеризующие организацию предметно-ориентированных данных, и системные, характеризующие роль и место данных в системе технологического проектирования. К последним можно отнести текст текущего диалога при реализации взаимодействия пользователя с системой в интерактивном режиме.

Следующим основным моментом, оказывающим влияние на архитектуру системы ТПП, являются формы взаимодействия пользователей с системой. Различают следующие факторы, характеризующие формы взаимодействия: пакетный или интерактивный режим; символьное или графическое представление информации; одно- или многопользовательский режим.

В пакетном режиме реализуется полностью автоматическое проектирование, которое предполагает задание определенных условий и входных данных для выполнения. Входная информация в таком случае должна быть задана полностью, даже если она в ходе проектирования будет использована частично.

В ходе интерактивного режима работы системы ТПП пользователь может вмешиваться в процесс проектирования и контролировать его выполнение. Этот аспект может быть отражен в архитектуре системы ТПП обеспечением итерации в процессе проектирования. При наличии графического диалога в системе ТПП, позволяющего наглядно представить проектные решения, необходимо обеспечить архитектуре системы возможность его использования во всех задачах ТПП.

Во многопользовательском режиме необходимо предусмотреть обеспечение организации информации, представляемой каждому пользователю, и защитить ее от преднамеренного разрушения.

После того как определен состав задач, подлежащих автоматизации, необходимо определить состав информации, ее структуру и формы представления в системе ТПП.

При выявлении принципов организации информации в рамках ТПП следует учитывать такие факторы: уровень автоматизации задач ТПП; существующую систему организации и хранения информации; степень оснащенности техническими средствами существующих процессов обработки информации; формы представления информации на носителях; степень унификации представления информации в различных областях; структуру и класс изделий, подлежащих изготовлению; уровень квалификации обслуживающего персонала.

В качестве основных требований к архитектуре системы ТПП со стороны пользователей можно выделить следующие: область применения, состав и класс решаемых задач; методы ТПП (с управлением, вариантное, адаптивное и новое планирование); нормы взаимодействия (символьное или графическое представление информации, пакетный, диалоговый режим, одно- или многопользовательский режим); объем этапов проектирования - основные и (или) вспомогательные, комплексные решения; степень автоматизации - частично или полностью автоматический режим, диалоговое решение; гибкость при описании информации (полное или определяемое заказом).

При четком разграничении собственно проектной и управляющей информации достигается минимизация объемов хранимой информации.

К ТПП определяются повышенные требования в условиях непрерывного удорожания средств производства и с учетом тенденций в единичном и мелкосерийном производстве. Только полная и достоверная подготовка информации позволит обеспечить оптимальное использование средств производства на базе целенаправленной технологической подготовки.

2.5. Информационно-поисковые системы

Организация и накопление информации могут быть реализованы с помощью автоматизированных информационных систем, в которых можно хранить информацию о средствах производства, вспомогательных средствах, внутризаводских нормах времени, технологических процессах. Организация банков данных по технологической информации позволяет осуществить оптимизацию проектирования технологических карт.

Важное место в автоматизации ТПП как процессов проектирования, так и управления, занимают информационно-поисковые системы технологического назначения, которые представляют собой комплекс методов и средств подготовки, хранения, поиска и выдачи информации, необходимой для задач ТПП.

В ИПС ТН АС ТПП хранятся: ГОСТы, нормалы, нормативы, таблицы, классификаторы, стандартные программы, сведения об оборудовании, оснастке, о типовых и унифицированных программах и др. Основное назначение ИПС ТН - оперативное информационное обслуживание инженерно-технических работников в процессе разработки и освоения новых или модернизированных изделий. Она позволяет использовать опыт, накопленный на предприятии при решении аналогичных инженерных задач, устранить дублирование работ, уменьшать сроки и затраты на ТПП.

Задачи, решаемые ИПС ТН, определяются функциями ТПП. В зависимости от назначения ИПС ТН осуществляет:

ответы на вопросы о применимости деталей и сборочных единиц, о наличии деталей-прототипов, процессов-прототипов;

поиск типовых решений по выбору деталей-представителей и сборочных единиц, технологических процессов, оснастки, оборудования, средств механизации в автоматизации решения задач ТПП;

поиск типовых программ проектирования технологических процессов, оснастки, оборудования, расчета показателей технологичности, составления в расчета сетевых графиков, нормативов.

В настоящее время широко распространяются пакеты прикладных

программ, которые выполняют функции систем управления базами данных и могут быть использованы в качестве ИПС ТН. К таким ППП относятся ПЕГАС, ОКА, СИОД, СИНВАД, ПОИСК и т.д. Целесообразность применения того или иного ППП для ИПС ТН на предприятии, должна быть экономически обоснована.

АС ТПП на предприятии требует проведения значительных подготовительных работ по выявлению и формализации правил принятия решений при технологическом проектировании. Функционирование автоматизированных систем проектирования технологических процессов способствует повышению уровня унификации технологических решений, освобождает ИТР от выполнения рутинных операций.

В настоящее время на основе накопленного опыта решения различных технологических задач с помощью ЭВМ актуальной стала проблема создания интегрированной системы автоматизированного проектирования технологических процессов, которая включает в себя пакеты программ автоматизации разработки технологических процессов изготовления изделий различных классов, синтеза управляющих программ для станков с ЧПУ, массивы справочно-нормативных данных, технические средства переработки информации и операторов-проектировщиков.

Использование ЭВМ и оборудования с ЧПУ наиболее эффективно при создании комплексных систем, которые охватывают автоматизацию всего производства, в том числе этапы проектирования, Изготовления, диспетчеризации и планирования. Такие системы получили название АВТОПРИЗ (автоматизированное проектирование - изготовление). В них информация, получаемая с ЭВМ, при машинном проектировании конструкции и технологических процессов преобразуется непосредственно в управляющие программы для оборудования с ЧПУ. В результате полностью исключается работа технолога-программиста по подготовке исходных данных для расчета программ.

Заключение

Анализ работ, выполненных в области автоматизации ТПП ЭС, показывает, что в соответствии с концепцией адаптивного управления качеством изготовления ЭС задача автоматизации ТПП может быть решена с позиции единой теории синтеза: унифицированных элементов конструкции изделий и технологических процессов; конструкций изделий и технологических процессов из унифицированных элементов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| 1 Автоматизация технологической подготовки производства электронных средств | 6 |
| 1.1. Задачи и функции ТПП | 6 |
| 1.2. Методы технологической подготовки производства и их автоматизация | 8 |
| 1.3. Принципы декомпозиции в ТПП | 15 |
| 1.4. Функции ТПП, реализуемые с помощью ЭВМ | 16 |
| 1.5. Основные функции комплексной подготовки производства электронных средств | 17 |
| 2. Системы автоматизации технологической подготовки производства | 21 |
| 2.1. Структура АС ТПП | 21 |
| 2.2. Подсистемы специального назначения | 22 |
| 2.3. Принципы разработки и внедрения АС ТПП | 27 |
| 2.4. Формирование информационной базы АС ТПП | 28 |
| 2.5. Информационно-поисковые системы | 31 |
| Заключение | 32 |