

## **ИНТЕГРИРОВАННОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ САМОЛЕТОВ (ЭТОС)**

д.т.н., проф. А.Н. Коптев, Исполнительный директор УАПК В.В. Савотченко

Самарский государственный аэрокосмический университет

### **Специфика электротехнического производства авиационных предприятий и пути его развития**

Электротехническое производство отличается многообразием и сложностью изделий, собираемых из ограниченного количества готовых изделий и деталей, широкой номенклатурой используемых материалов, разнообразием технологических процессов, большим объемом монтажных работ и контрольно-испытательных операций, частой доработкой их в процессе производства, а значит необходимостью освоения новых технологических процессов.

За последние двадцать лет произошли следующие изменения в производстве:

1) стремительно выросла номенклатура изделий, отсюда - резкое увеличение информационных потоков;

2) значительно усложнилась технология изготовления изделий, быстро выросло количество операций при монтаже, контроле и испытаниях, отсюда резко повышается трудоемкость в этом производстве;

3) резко повысились требования к свойствам материалов, что привело к увеличению трудоемкости испытательных работ при входном контроле этих материалов;

4) значительно сократилось время на технологическую подготовку производства. Выполнение этого этапа в плановые сроки становится не по силам человеку, и поэтому неизбежно применение электронно-вычислительной техники;

5) резко сократился приток рабочей силы, особенно рабочих высокой квалификации, что выдвигает на первый план работы по передаче функций человеческого труда различным техническим системам, т.е. изменение типа связей между человеком и техникой.

В настоящее время в связи с вышеперечисленными изменениями в производстве ЭТОС возникли серьезные трудности, которые связаны:

- с обеспечением технологичности изделий при мелкосерийном производстве, так как при таком производстве затруднена его интенсификация, велика трудоемкость, требуются высококвалифицированные рабочие;

- с уровнем автоматизации этого производства, которая расширяет возможности повышения устойчивости, точности, экономичности производства и его дальнейшую интенсификацию.

Решение вышеперечисленных проблем возможно лишь при широкой автоматизации. Однако, для настоящего периода развития производства могут быть реализованы следующие этапы автоматизации, которые связаны с совершенствованием организации, упорядоченности структуры, оптимальной информативности всех звеньев и всей системы производства. Все эти требования могут быть выполнены при создании гибкого автоматизированного производства ЭТО, базирующегося на широком использовании микропроцессоров, микро-ЭВМ, сетей ЭВМ, современного программного обеспечения и банков данных, роботов-манипуляторов.

Такой подход позволит технологической системе свободно развиваться, т.е. перейти от одного этапа автоматизации к другому, сбрасывая ограничения, которые были связаны со скромными возможностями человека, и, таким образом, сформировать новый технологический способ производства, совершенствование которого заключается во все большем вытеснении человека путем передачи его трудовых функций техническим устройствам.

### **Комплексные проблемы автоматизации электротехнического производства авиационных предприятий и методология системного анализа**

Одна из ведущих тенденций в развитии технологии изготовления ЭТО, как показано выше, связана с автоматизацией. Автоматизация развивается в направлении от автоматизации отдельных технологических процессов и операций к широкому использованию автоматизированных участков и линий и позволяет не просто исключить ручной труд, но и применить новые высокопроизводительные процессы, управление которыми из-за их быстротечности не доступно человеку. Решение этих проблем связано с организацией и проведением комплексных исследований. При постановке комплексных проблем и поиске их решений в работе используются понятия модели и метода. На базе выполненных исследований осуществляется интеграция разнообразной информации, относящейся обычно к исследованию отдельных технологических процессов. В качестве инструмента такой интеграции выступает один из вариантов системного подхода / 1, 2 /.

Реализация интегративных структур, как показывает мировой опыт, может быть осуществлена разработкой и внедрением высокопроизводительных систем автоматизации, включающих технологическое оборудование, ЭВМ, программное обеспечение.

Автоматизация выступает конструктивной основой для эффективного развития интегративных тенденций при решении комплексных проблем повышения эффективности электротехнического производства авиационных предприятий.

### **Основные понятия и определения**

Всякий технологический процесс как "часть производственного процесса, содержащего действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства" / 3 / может быть представлен в виде цепи той или иной структуры, в общем случае разомкнутой, состоящей из совокупности действий, преобразующих исходные материалы в готовые изделия.

Введем ряд понятий, связанных с организацией технологических систем как материальных носителей производства. Постановка связанных с данным пунктом вопросов требует уточнений прежде всего по связи с понятиями системы и уровня организации.

Под системой будем понимать множество элементов, реально взаимодействующих между собой. Понятие взаимодействия будем понимать как функциональную связь.

В реально существующих технических системах, т.е. в системах с необязательно высокой организованностью по сравнению с биологическими системами, достаточно обусловлены, выделены части, которые в данной работе будем называть подсистемами. Каждая подсистема системы рассматривается и существует также как система с внутренними для неё взаимодействиями. Взаимодействия между подсистемами специально подготавливаются (проектируются) для создания поля взаимодействия. В полях взаимодействия различаются и выделяются частные взаимодействия (внутренние), единичные акты (внешние) и процессы взаимодействия (производительные).

Основной задачей создания гибких автоматизированных производственных систем является задача повышения активности всех элементов системы.

Выделим еще ряд важных для создания гибких автоматизированных производственных фундаментальных понятий, связанных с организационной активностью в таких производствах.

Обобщенную технологическую систему производства будем рассматривать как объединенный на основе взаимодействия комплекс информационных, технологических систем и исполнителей, необходимых для изготовления всей номенклатуры ЭТОС.

Обобщенный технологический процесс определим как группу преобразований с инвариантом информации.

Особенностью развития современных технологических систем является совершенствование технологии производства на основе внедрения средств комплексной механизации и автоматизации с применением микро- и мини-ЭВМ. Такое развитие создает основы перехода от одного технологического способа к другому, в котором сформированы качественно новые этапы передачи функций человеческого труда различным техническим системам, изменяющим тип связи между человеком и техникой.

С позиций современной науки и техники такой переход связан с созданием гибких технологических систем, включающих системы автоматизированной обработки информации, на базе которых строятся - кроме главных и ряда подсобных систем информации - внутренние каналы связи, блоки переработки информации, ее приема по обратным связям и системы автоматизации, использующие информационные системы для непосредственного управления технологическими процессами.

Под термином гибкая система будем понимать определенную форму взаимодействия, при которой происходит обмен информацией между подсистемами информации, техническими подсистемами и исполнителями. При этом основным развивающим звеном системы является подсистема информации. Развитие в работе понимается в соответствии с / 4 /, как система актов изменения, состоящих по преимуществу в преобразованиях организации. В гибких системах ведущую роль приобретает ответственность организации, в первую очередь информационная, в них усиливаются информационные связи и взаимодействия, причем и сама информация изменяет свои состояния, способы действия и их организующее значение.

Используя представления теории интеллектуальных систем / 4 / и вышесказанные понятия и определения, гибкую автоматизированную технологическую систему производства ЭТОС, в общем случае, можно определить как интеллектуальную систему, представляющую совокупность природных органов исполнителей и технических устройств, участвующих в выполнении технологических операций. Такие системы предназначены, как указывалось выше, для реализации целого класса процессов (монтажа, контроля, испытаний, диагностики). Преобразования, связанные с автоматизацией отдельных функций, приводят к появлению в составе интеллектуальных систем систем автоматизации.

Рассмотрим общую структуру взаимосвязанных систем гибкого автоматизированного производства ЭТОС на основе введенных выше понятий.

### **Гибкая технологическая система изготовления ЭТОС**

Гибкая технологическая система с позиций предыдущего подраздела является сложной системой. При анализе сложной системы наиболее правильным подходом является представление этой системы в виде комплекса составляющих подсистем. Среди множества различных связей между подсистемами выделяются те, при помощи которых осуществляется управление технологическим процессом.

Подсистемы гибкой технологической системы могут быть классифицированы на следующие группы:

1. Совершенствование организации, упорядоченности структуры, информативности отдельных звеньев и всей системы электротехнического производства потребовали создания новых подсистем - подсистем информации, в которых информация об объекте монтажа, контроля и испытаний, о технологическом процессе, используемая для управления, приобретает состояние собственной специфической организованности и активности.

2. Вторая группа подсистем обеспечивает анализ состояния объекта монтажа, контроля и испытаний, анализ последовательности изменений состояний. Эти подсистемы работают над фрагментами памяти подсистем информации и используют информацию этих подсистем для распознавания текущего состояния объекта, для прогноза последующих состояний в процессе нахождения объекта под управляющим воздействием. При этом в связи с большим количеством возможных состояний объекта монтажа требуется объединение состояний в классы, что обеспечивается подсистемой контроля. Распознавание состояний на завершающем этапе производства производится с помощью интегрированных систем контроля, использующих обобщенные фрагменты памяти подсистем информации.

3. Результат анализа состояния определяет управляющее воздействие на объект, которое формируется подсистемой управления.

В гибких технологических системах электротехнического производства авиационных предприятий выделяется несколько управляемых объектов - это человек-исполнитель, так как это производство следует отнести к человеконаполненному - собственно объект монтажа и различные подсистемы, обеспечивающие технологическую точность.

### **Структура гибкой автоматизированной технологической системы производства ЭТОС**

При разработке структуры гибкой автоматизированной технологической системы необходимо выделить комплекс решаемых системой задач, установить взаимосвязи между ними.

При системном подходе к автоматизации технологических процессов монтажа, контроля и испытаний могут быть выделены совокупности задач, обеспечивающие:

- 1) технологический анализ объекта и синтез технологических процессов монтажа, контроля и испытаний;
- 2) моделирование технологических процессов изготовления объектов электротехнического оборудования;
- 3) синтез структур организации производства электротехнического оборудования;
- 4) выбор и проектирование технических средств, обеспечивающих достижение цели.

Описание перечисленного комплекса задач представлено на рис.1.

Дадим общие сведения о структуре гибкой автоматизированной технологической системы производства с учетом задач производства (рис.1), которые она должна решать.

На рис.2 представлена функциональная схема гибкой автоматизированной технологической системы производства ЭТОС. Система состоит из следующих основных частей:

- базы данных электротехнического оборудования самолетов (БД ЭТОС);
- системы автоматизированного проектирования технологических процессов монтажа, контроля и испытаний (САПР ТП МКИ);
- автоматизированной системы коррекции конструкторской документации (АСКД);
- автоматизированной системы управления технологическими процессами монтажа (АСУТПМ);

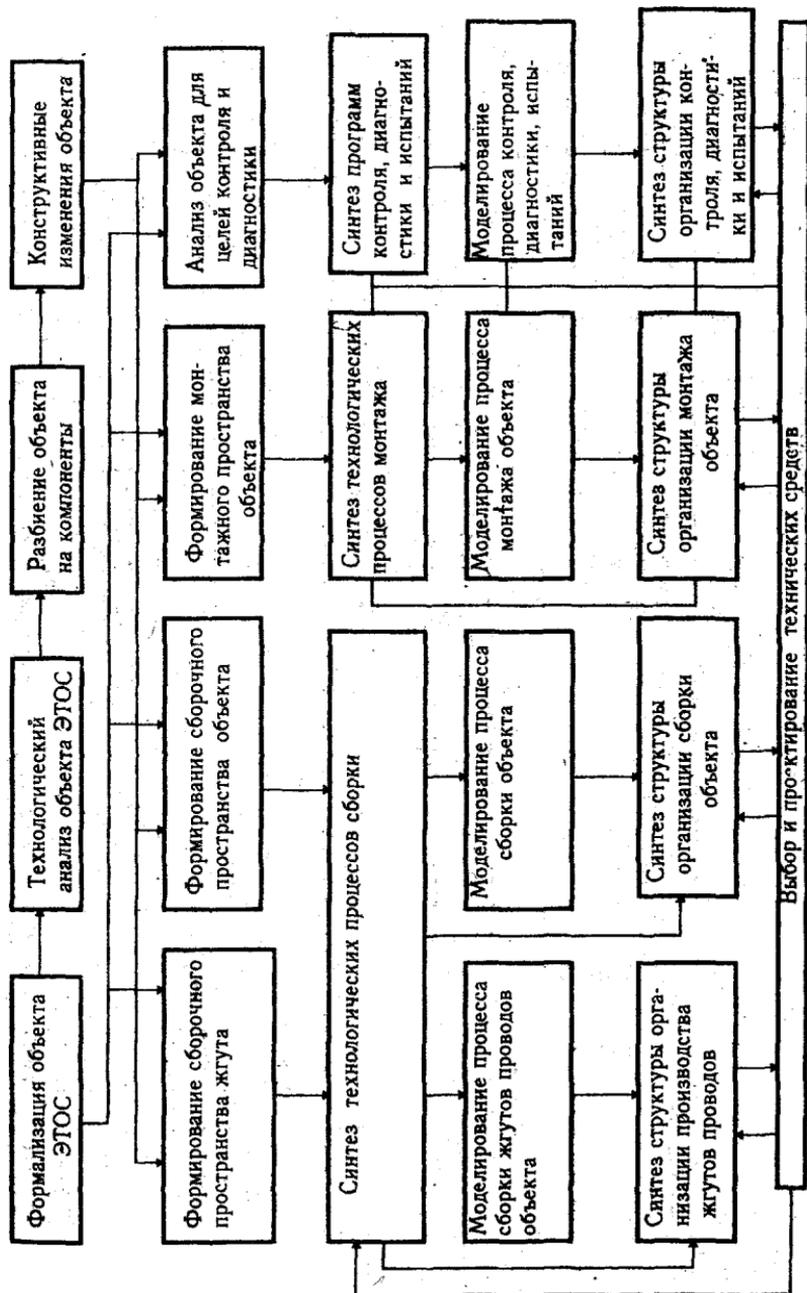


Рис. 1. Комплекс задач ГАП ЭТОС

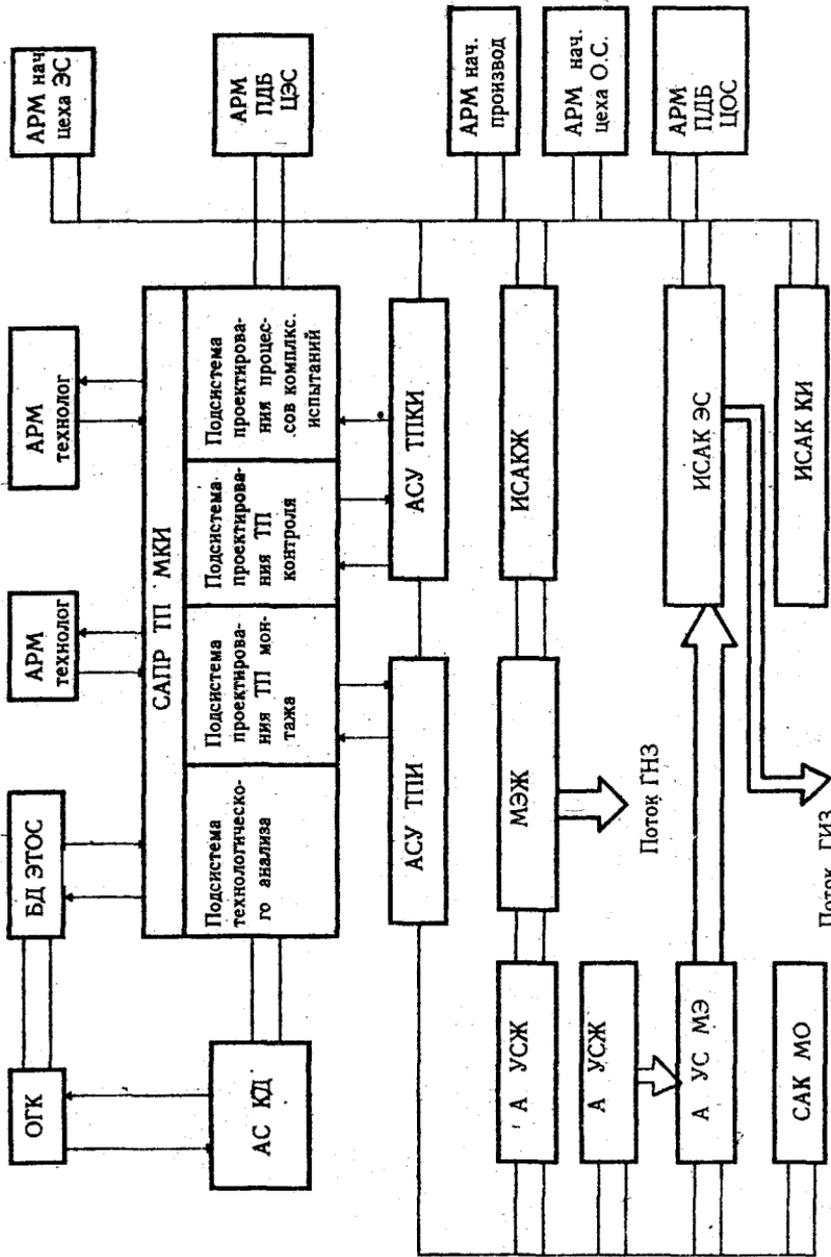


Рис. 2. Функциональная схема интегрированного автоматизированного производства. ЭТОС

- автоматизированной системы управления технологическими процессами контроля и испытаний (АСУТПКИ);
  - автоматизированного участка сборки больших размеров жгутов электрических проводов и участка монтажа электрожгутов (АУСЖ и МЭЖ);
  - автоматизированного участка сборки малоразмерных жгутов электрических проводов электросборок (АУСЖ);
  - автоматизированного участка сборки и монтажа электросборок (АУСМЭ);
  - системы автоматизированного контроля выполненных операций монтажа (САК ОМ);
  - интегрированной системы автоматического контроля электрожгутов (ИСАК ЭЖ);
  - интегрированной системы автоматического контроля электросборок (ИСАК ЭС);
  - интегрированной системы автоматического контроля и комплексных испытаний систем на борту (ИСАК КИ).
- Анализируя структуру гибкой автоматизированной технологической системы, выделим следующие относительно самостоятельные системы автоматизации:
- систему информации, включающую БД ЭТОС, САПР ТП МКИ, АСКД;
  - автоматизированную систему управления технологическими процессами сборки и монтажа и организационные структуры производства (АСУ ТПМ, АУСЖ и МЭЖ, АУСМЭ);
  - автоматизированную систему управления технологическими процессами контроля и испытаний и технические системы контроля (АСУ ТП КИ, САК ОМ, ИСАК ЭЖ, ИСАК ЭС, ИСАК КИ).

### **Система информации гибкой технологической системы производства ЭТОС**

Одним из фундаментальных положений современного развития техники является реальное обособление специфических информационных структур, по большей части кодированных, которые, приобретая существенную, хотя и относительную, самостоятельность, становятся выделенными и которые совместно с аппаратурой преобразования, каналами передачи информации формируют принципиально новый объект проектирования и конструирования - систему информации. В системах информации представлены и создаются или преобразовываются структуры для других систем ГТС; система информации в ГТС выполняет функции организатора, т.е. играет ведущую роль в управлении физическими и другими процессами. При этом следует отметить, что законы взаимодействий и преобразований в системах информации ГТС специфичны, так преобразования и взаимодействия для различных подсистем ГТС приобретают относительную автономность (САПР-ТП "МОНТАЖ", САПР-ПКИ, УПРАВЛЕНИЕ и т.п.), а получаемая информация для других подсистем обладает свойством единства отображения и организующего действия. Однако следует четко представлять, что информационный центр ГТС содержит два вида информационных образований, входящих в систему информации - это информация, которую не применяют для управления или вообще в непосредственной организационной деятельности, например, базы данных, содержание прошлого опыта (РТМ), и информация, представляющая информационную часть активного центра. При этом организаторские действия совершаются, конечно, не одной информационной частью системы информации, а всем системно-материальным аппаратом активного центра управляющей подсистемы ГТС, который, как указывалось выше, включает, кроме главной (технологические процессы монтажа, программ контроля правильности выполненных технологических операций, программ контроля и испытаний объектов ЭТОС) и ряда вспомогательных подсистем информации (состояние базы данных, контроль прохождения документов и т.п.), свои внутренние каналы связи, блоки переработки информации, ее приема по обратным связям и т.п.

Прежде чем перейти к рассмотрению основных характеристик подсистем информации, остановимся на причинах, породивших противоречия в сфере информационного обслуживания современного производства ЭТОС.

Изменения, произошедшие в последние годы в производстве ЭТОС, привели к нарастанию противоречий между личностными и предметными элементами системы "человек-техника" в подсистеме информационного обеспечения этого производства.

Созданием систем информации в рамках современного производства на базе ЭВМ и программного обеспечения разрешилось противоречие между необходимостью обеспечения максимальной гибкости и динамичности производства ЭТОС и ограниченностью возможностей человека по приему и переработке информации.

Рассмотрим основные характеристики подсистем системы информации.

*Информационная среда ГТС ЭТОС.* Приступая к рассмотрению информационной среды ГТС производства ЭТОС, будем пользоваться понятием "информационная среда", введенным в работе / 4 /. Под информационной средой ГТС будем понимать, во-первых, источники информации (конструкторская, технологическая и нормативно-справочная документация, содержание научного знания и прошлого опыта и т.п.), во-вторых, приемник новой информации, изменяющей среду (система управления базами данных), в-третьих, источник тестов для систем управления технологическими подсистемами ГТС производства ЭТОС (интегрированная САПР).

Известно, что проектирование технологических процессов монтажа, контроля и испытаний объектов ЭТОС обуславливается потребностями, которые порождаются в электрическом производстве ЭТОС в связи с созданием новых и модернизацией существующих изделий этого производства. Технологические процессы как объекты проектирования всегда вторичны по отношению к объектам ЭТОС, монтаж, контроль и испытание которых они должны обеспечить, в связи с чем ТП во всех случаях лишь часть системы информации ГТС, предназначенной реализовать научно-техническую подготовку производства (НТПП) ЭТОС. Задачи проектирования решаются на различных этапах НТПП новых и модернизируемых изделий ЭТОС: поисковых НИР (общетеоретические модели), прикладных НИР (моделирование объектов и процессов), технологическая подготовка производства (САПР-ТП "МОНТАЖ", САПР-ПКИ). Другими составляющими системы информации ГТС производства ЭТОС, как указывалось выше, являются АС КД, БД ЭТОС. Подсистемы системы информации активно взаимодействуют друг с другом в процессе реализации различных этапов НТПП. При этом взаимодействие происходит в одной и той же информационной среде, которая рассматривается и создается только как информационная среда интегрированной системы информации объектов ЭТОС, для изготовления которых проектируются технологические процессы. Все это обуславливает формирование и проведение единой научно-технической политики, что находит свое отражение в определенном согласовании свойств объектов ЭТОС с технологическими процессами, с параметрами средств технологического оснащения, реализующих эти технологические процессы.

Информационная среда системы информации ГТС производства ЭТОС включает информационные ресурсы и метаинформацию / 4 /. Информационные ресурсы состоят из фрагментов информации определенного содержания, например, информация о данных, применяемых в объектах ЭТОС реле или информация о типовых технологических операциях и т.п. Эти фрагменты объединены в блоки, каждый из которых состоит из множества элементов информации. Метаинформация определяет правила переработки информационных ресурсов системы информации.

Совокупность ресурсов информационной среды, предназначенных для машинной обработки данных, образует БД ЭТОС. Реализация структур выполнена для изделий АН-124, Ту-204.

Система управления базой данных определяет правила образования и использования информационных ресурсов, определяет возможность различных членений и объ-

единений в информационной среде, выделяет элементы информации, концентрируя те признаки, на основе которых отождествляются и различаются элементы среды.

Отметим, что предметную область образует класс объектов ЭТОС, который не является замкнутым и на нем заранее не определено отношение тождества. Тогда, в любой момент времени, полнота состава класса объектов, отношения между ними фиксируются с точностью до используемых классификаций (нуль и одно-двух и трехмерные структуры).

Теперь рассмотрим интегрированную САПР-ТП МКИ (рис.2).

Выше выделены из ее состава различные автоматизированные подсистемы, которые созданы, существуют, развиваются и используются независимо друг от друга. Обобщенная функция интегрированной САПР-ТП МКИ - реализация взаимосвязанной совокупности всех этапов НТПП объектов ЭТОС. При этом САПР-ТП МКИ строилась и используется как средство формирования целеориентированных технико-экономических решений в электротехническом производстве авиационных заводов и объединений.

На рис.3 представлена инфраструктура информационных потоков САПР-ТП МКИ, которая разработана на основе анализа процессов информационного обеспечения НТПП объектов ЭТОС.

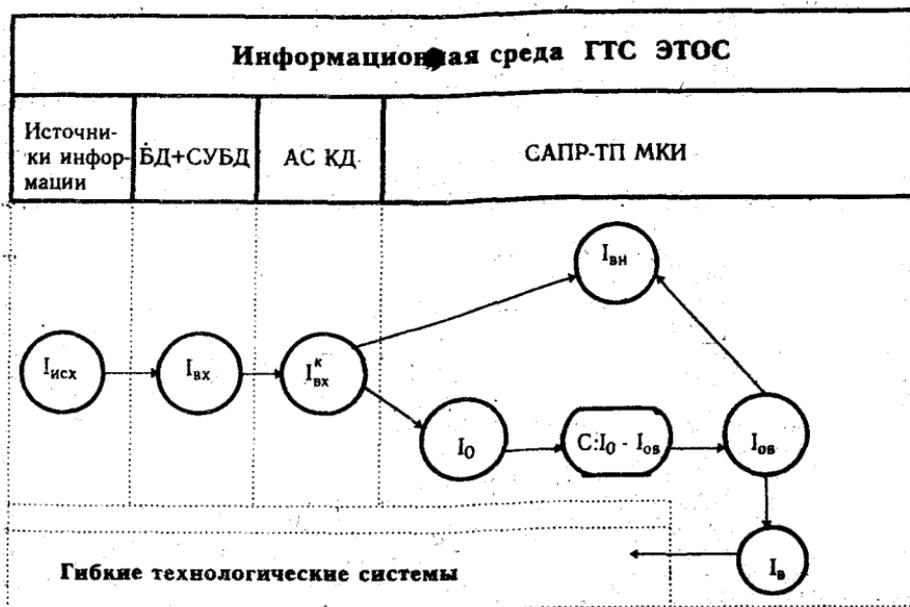


Рис.3. Инфраструктура информационных потоков системы информации ГТС и САПР-ТП МКИ

Оперативная информация  $I_o$  и выходная информация  $I_{об}$  формируются средствами САПР-ТП МКИ при реализации конкретного этапа НТПП в процессе решения  $i$ -задачи проектирования.

Входящий поток информации  $I_{вх}$  и  $I_{вх}^k$  определен и зафиксирован для каждого данного интервала времени и фиксируется как информационные ресурсы системы для решения конкретной задачи. Блок обработки информации - операторы САПР-ТП МКИ реализуют преобразование  $C: I_0 \rightarrow I_{об}$ .

Внутренний поток  $I_{вн}$  содержит комплексную информацию, сформированную из  $I_{вх}^k$  и  $I_{об}$  по соответствующим алгоритмам, которая потребляется только САПР-ТП МКИ.

Выходной поток  $I_{в}$  информации формируется САПР-ТП МКИ, а потребляется ГТС за пределами САПР ее сформировавшей.

Информационное обеспечение процессов проектирования технологических операций монтажа, контроля и испытаний объектов ЭТОС производится на основе единого подхода. Во всех случаях для каждого прикладного и служебного процесса САПР-ТП МКИ определяют:

- информационную среду, т.е. конкретизируется состав, содержание, форма представления потребляемых и порождаемых информационных ресурсов, а также используемую метаинформацию;

- используемые методы и способы моделирования объектов ЭТОС и построения технологических процессов монтажа, контроля и испытаний этих объектов, как компоненты САПР-ТП МКИ, формирующие его информационную среду и управляют ею.

При построении систем информационного обеспечения САПР-ТП МКИ ЭТОС использованы следующие принципы:

- максимальная независимость информационных ресурсов (однократная обработка и ввод информации, многократное, многоцелевое, многоаспектное и коллективное ее использование);

- контролируемый и регулируемый доступ к информационным ресурсам (защита информации от разрушения, несанкционированного доступа и внесения изменений);

- организации информации системы информационного обслуживания на основе концепции баз данных от использующих их программных средств;

- максимальная автономность подсистем, компонентов, элементов систем информационного обеспечения.

При выборе формы организации данных САПР-ТП МКИ использованы следующие принципы архитектуры баз данных:

- отделение процессов накопления, хранения, модификации и поиска данных от их обработки (логическая и физическая независимость организации данных от процессов САПР);

- описание данных на логическом уровне пользователя (уровне прикладных процессов) и систем управления данными.

Рассмотрим компоненты САПР-ТП МКИ.

*Подсистема моделирования объектов ЭТОС.* Подсистема моделирования является основой получения полного комплекта технологической документации на все этапы производства объектов ЭТОС. Кроме того, она может быть использована для проверки проекта объекта, выявления опасных состязаний при заданных входных воздействиях и т.п. Подсистема состоит из трех основных программ:

- 1) макро моделирование объектов и систем ЭТОС;

- 2) преобразование описания объектов и систем ЭТОС;

- 3) разбиение объектов на функциональные модули (сильно связанные макрокомпоненты).

Кроме того, подсистема включает в себя библиотеку разрешенных к применению компонент схем бортовых систем.

Класс моделируемых объектов ЭТОС - комбинационные и последовательностные, многотактные устройства, выполненные преимущественно на дискретных электромагнитных и электронных элементах. Объекты ЭТОС представляются теоретико-графовыми структурами, наглядность и доходчивость языка теории графов позволяют сделать эти модели доступными для широкого круга специалистов различной квалификации.

При моделировании объектов ЭТОС не предусмотрено специальных средств обработки конструкторской документации на эти объекты. Путем несложной процедуры описания принципиальной схемы и ввода соответствующей схемы размещения компонент объекта достигается необходимая адекватность реального объекта и его модели.

Объект моделирования описывается на стандартном языке "С". Компоненты, макрокомпоненты и макроблоки объектов и систем описываются в произвольном порядке с указанием их типов ( РЭС, ТКЕ и т.п. ), схемных номеров и связей с другими компонентами. Связи задаются тензором соединения, в котором указываются соединяемые компоненты и их монтажные точки. Редактирование введенных данных осуществляется в среде принятой информационной системы.

По завершении работы программ подсистемы получается и выдается для дальнейшей обработки следующая информация. Программа выбора и сортировки данных формирует, используя БД ЭТОС, набор компонент из библиотеки программных моделей

( таблицы электрических соединений ), а также монтажное пространство объекта в виде компанд-тензора для базовых компонент этого объекта. Программа "АНАЛИЗ", в соответствии со схемой электрических соединений, формирует макросвязи компонент друг с другом и таблицу электрических соединений, заданную тензором соединений

$S_{\alpha}$ . Программа "МОДЕЛЬ" строит макромоделю объекта, используя методологию. При этом, следует отметить, что совокупность макросвязей приобретает направления, т.е. графовая модель объекта становится частично ориентированной, что, в свою очередь позволяет учесть тонкие практические основы организации монтажа электросборок. Программа "МОДУЛЬ" осуществляет разбиение объекта на функциональные модули в соответствии с предложенными алгоритмами. Результаты моделирования выводятся для специалистов, а также заносятся в соответствующие каталоги для дальнейшего использования в САПР-ТП "МОНТАЖ" и САПР-ПК.

Программы моделирования реализуют моделирование полного набора объектов ЭТОС. Особенностью моделирования этой подсистемой является представление объектов ЭТОС на уровне макрокомпонент и макросвязей.

Программы написаны на языке "С" и используются на ЭВМ типа IBM PS стандартной конфигурации. Объем загрузочного модуля программой модели определяются сложностью объекта, но не превышает емкости ОЗУ для ЭВМ указанного типа. Управление работой подсистемы осуществляется с помощью стандартных средств ОС.

*Подсистема проектирования технологических процессов монтажа.* Подсистема проектирования технологических процессов монтажа представляет собой множество взаимосвязанных структурных единиц, которые образуют целостное единство и способны в совокупности обеспечить организацию и реализацию процессов проектирования.

Состав функций САПР-ТП "МОНТАЖ" разработан на основе выделенных стереотипных ситуаций проектировочной деятельности. К интегральной функции САПР-ТП "МОНТАЖ" относятся организация и реализация проектирования технологических процессов определенного класса.

САПР-ТП "МОНТАЖ" создавалась с ориентацией на следующее :

- субъекты проектирования в лице традиционных разработчиков ТП (ИТР отдела главного технолога и технологических бюро цехов, не имеющих специальной подготовки программистов ЭВМ);

коллективные формы проектировочной деятельности;  
- одновременное решение потока задач проектирования технологических процессов монтажа;

- развитие САПР-ТП "МОНТАЖ" в направлении последовательного расширения состава и числа процессов, операций, процедур проектировочной деятельности, автоматизируемых средствами САПР.

В основу создания САПР-ТП "МОНТАЖ" положены следующие принципы:

- автоматизация потенциально осуществимых с помощью ЭВМ функций субъекта проектирования;

- открытость системы, которая обеспечивает ее непрерывную эволюцию и расширяемость, оптимальные уровни интеграции и дифференциации, организацию как внешних, так и ряда внутренних взаимосвязей между компонентами;

- поэтапный синтез системы;

- унификация и типизация при построении подсистем.

САПР-ТП "МОНТАЖ" базируется на исследованиях, выполненных в работах / 1,5 /, и предназначена для разработки маршрутной и операционной технологии объектов ЭТОС при их запуске в производство и при их модернизации в процессе серийного и мелкосерийного производства самолетостроительных предприятий, а также для разработки полного комплекта сопутствующей документации ( комплектовые ведомости, заказные документы и т.п.). Ограничения по сложности аналогичны предыдущему параграфу, но практически эти ограничения не являются препятствием для 100% охвата САПР-ТП объектов ЭТОС современных самолетов как находящихся в производстве, так и вновь запускаемых. Основное программное обеспечение реализовано на IBM PS, а интеллектуальным терминалом системы является ПЭВМ.

Математическое обеспечение САПР-ТП "МОНТАЖ" реализовано в стандартной ОС. Программное обеспечение создано на базе языка "С".

Оборудование системы представляет стандартный комплекс ПЭВМ IBM PS.

Расширенная комплектация базовых наборов периферийных устройств (АРМ) позволяет реализовать дополнительные функции, а также осуществить эффективный контроль исходной информации и ее коррекцию в случае необходимости. Для связи с другими системами автоматизации технологических процессов монтажа объектов ЭТОС ( система отображения информации на автоматизированных рабочих местах электро-монтажников) или новым оборудованием используется параллельный и последовательный интерфейсы стандартной связи, осуществляющие передачу и прием данных.

САПР-ТП допускает гибкое редактирование архива технологий и библиотек в интерактивном режиме с помощью алфавитно-цифрового дисплея.

Практические исследования по автоматизированному проектированию технологических процессов монтажа непрерывно расширяются, охватывая новые классы задач. К ним относятся задачи синтеза технологических операций, программ управления автоматизированными системами раскладки провода в электрожгут, задачи контроля технологии, учитывающие широкий круг технико-экономических и конструкторско-технологических ограничений. Совершенствуются и алгоритмы проектирования технологических процессов изготовления функциональных модулей, монтажа объектов, что связано с необходимостью обработки все больших объемов графической информации.

Следует отметить, что эффективность эксплуатации САПР в целом и САПР-ТП "МОНТАЖ" в частности во многом зависит от организации соответствующих подразделений предприятия.

Из многообразия схем организации работ по эксплуатации САПР для САПР-ТП "МОНТАЖ", исходя из существующих структур предприятия-заказчика, была предложена следующая схема (рис.4).

Схема предполагает разделение функций внутри технологического подразделения. При этом, одни службы выполняют неавтоматизированные проектные процедуры, дру-

гие - автоматизированные. Функции эксплуатации САПР-ТП "МОНТАЖ" возлагаются на специализированное подразделение ( служба эксплуатации САПР-ТПМ), которое входит в состав более крупного подразделения, занимающегося организацией вычислительного процесса и обслуживанием средств вычислительной техники, именуемого отделом или лабораторией адаптации и обслуживания систем автоматизированного проектирования и управления (ЛАОСПУ).

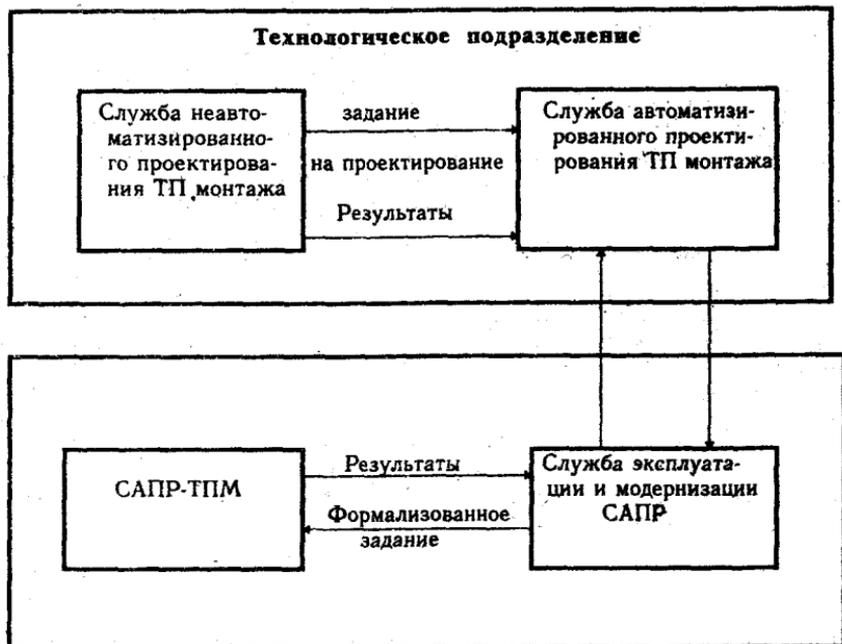


Рис. 4. Существующая схема организации работ

Достоинство рассматриваемой схемы эксплуатации САПР-ТП заключается в возможности привлечения достаточного числа высококвалифицированных специалистов - разработчиков САПР, специалистов, способных изменять библиотеки, встраивать собственные прикладные программы, т.е. адаптировать САПР в конкретных условиях реального производства, а также широко использовать специалистов, работающих с помощью инструкций, ориентированных на неподготовленных пользователей. Тем не менее, предлагаемая схема является переходной, так как не всегда обосновано использование для задач серийного производства специалистов высокой квалификации, что, естественно, затрудняет разработку и внедрение новых технических достижений. Учитывая опыт эксплуатации САПР-ТПМ и САПР-ПК, а также проблемы внедрения новых разработок в этой области, рекомендуется структура службы адаптации и эксплуатации САПР-ТП электротехнического производства самолетостроительных заводов, представленная на рис.5.

Использование САПР-ТПМ, кроме разрешения противоречия, связанного с ограниченностью возможностей человека по приему и переработке информации, которая

непрерывно изменяется в связи с проводимой модернизацией изделий в производстве и потребностью производства в быстром реагировании на эти изменения, позволяет получить следующие технические эффекты;

1. Проектировать ТП, обеспечивающие максимальную гибкость и динамичность производства ЭТОС.

2. Проектировать ТП, непосредственно пригодные для реализации на программно-управляемом оборудовании.

3. Проектировать ТП с учетом оптимального уровня специализации и дифференциации рабочих мест.

*Подсистема проектирования программ контроля и испытаний объектов ЭТОС.* Подсистема автоматизированного проектирования программ контроля и испытаний объектов ЭТОС (САПР-ПК) предназначена для построения тестов, контролирующих состояние и функционирование этих объектов.

Задача анализа функциональных модулей объектов и систем ЭТОС для целей контроля и диагностики сформулирована и решена. При построении тестов используются программные модули предыдущей подсистемы, что объясняет общности части ограничений. В частности, это относится к размерности объектов и к использованию библиотечки компонент объектов и систем ЭТОС.

Для построения программ контроля и испытаний объектов ЭТОС формируются наборы матриц преобразования тока компонент на входах функциональных цепей модуля, которые в совокупности образуют тензор преобразования тока  $C_1^I$ , т.е. в соответствии с матрицами компонент  $C_1, C_2, \dots, C_n$  и схемой электрических соединений получается результирующая матрица  $C(C=C_1+C_2+\dots+C_n)$ . Эта матрица позволяет эффективно решить задачи построения набора тестов для целей контроля и диагностики, так как она представляет "групповое свойство", т.е. справедлива для сингулярных матриц, описывающих некоторые или все компоненты объектов и систем ЭТОС, а также позволяет произвести аналитическое и физическое разделение группы проблем (полной программы контроля и испытаний) в последовательность более простых проблем (тестов отдельных цепей) и осуществлять каждый шаг, связанный с контролем объекта так, как если бы остальных не было, а затем, объединив частные тесты, получить полную программу контроля и испытаний. При этом, математические модели электрических связей функциональных модулей являются основой получения информации для построения программ контроля и испытаний объекта в целом.

Разработанная САПР-ПК используется для построения программ контроля правильности выполненного монтажа, функционирования объекта или системы и оценки качества выполненных монтажных работ путем измерения сопротивления изоляции электрически разобщенных цепей.

*Диагностические программы.* Описанная выше подсистема обеспечивает тестовой и диагностической информацией ЭВМ интегрированной системы автоматического контроля (ИСАК), работающей под управлением диагностической программы. Основные функции этой программы, включающей взаимосвязанный комплекс программ, состоит в обнаружении и поиске неисправностей в контролируемом объекте и в технических средствах, осуществляющих воздействия на этот объект и оценку его реакции на эти воздействия, т.е. комплекс программ реализует две взаимосвязанные функции:

1. Управление ИСАК при контроле состояния объектов и диагностике неисправностей в этих объектах.

2. Обнаружение возникших в процессе работы неисправностей и сбоев в ИСАК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коптев А.Н., Тюхтин П.С., Арцытов Н.Ф., Прилепский В.А. Гибкое автоматизированное производство электротехнического оборудования летательных аппаратов // Состояние и перспективы развития автоматизированного технологического оборудования для контроля и испытаний бортовых систем. Сб. трудов -М.: НИАТ, 1987, с.5-10.
2. Миненков А.А., Коптев А.Н., Прилепский В.А., Ерофеева Е.Г. Гибкая производственная система контроля и испытаний электротехнического оборудования // Технология авиационного производства : Сб. научных трудов. - М.: НИАТ, 1987, с.107-111.
3. Основы автоматического управления / под ред. В.С.Пугачева. М.: Наука, 1968. -385 с.
4. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. -М.: Наука, 1987, с.303.
5. Прилепский В.А., Коптев А.Н., Арцытов Н.Ф. Система автоматизированного проектирования технологических процессов монтажа, контроля и испытаний электротехнического оборудования. // Состояние и перспективы развития производства автоматизированного технологического оборудования для контроля и испытаний бортовых систем. Сб. трудов. - М.: НИАТ, 1987, с. 49-52.