

На правах рукописи

Коптев Андрей Анатольевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МОНТАЖА
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Специальность

05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Самара – 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва» на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

Научный руководитель: член-корреспондент РАН,
доктор технических наук, профессор
Барвинок Виталий Алексеевич.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Коротнев Геннадий Иванович,

кандидат технических наук
Прилепский Илья Васильевич.

Ведущая организация - федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс».

Защита состоится 28 июня 2010 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.215.04, созданном при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва», по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва».

Автореферат разослан 27 мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А. Г. Прохоров

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Жёсткая конкуренция на рынке авиационной и ракетно-космической техники требует создания новых, а также совершенствования ранее разработанных и используемых технологических операций, процессов (ТО, ТП) и их организации в мелкосерийном производстве, которые должны обеспечивать:

получение изделий, качество которых превосходит лучшие мировые стандарты или соответствует им;

экологическую чистоту и безопасность производства;

интенсификацию производства, высокий и устойчивый уровень годных изделий;

возможность эффективной реализации ТО, ТП на программно-управляемом оборудовании;

резкое снижение ресурсоёмкости производства, удельных совокупных затрат (живого труда, материалов, энергии, основных фондов капиталовложений) при изготовлении различных изделий.

Анализ перечисленных выше требований показывает, что последние могут быть удовлетворены лишь в том случае, если задачи проектирования ТП и организации их реализации будут изначально ставиться и решаться как задачи многокритериальной оптимизации, как задачи формирования наиболее предпочтительных (компромиссных) проектных решений. Современный аппарат решения задач многокритериальной оптимизации позволяет получать эффективные проектные решения при наличии логико-математических моделей объектов проектирования, которые отвечают требованиям адекватности в отношении полноты, точности и достоверности. Принципы, подходы, методы и средства построения знаковых моделей объектов производства, обеспечивающих указанный набор требований, существенно различны не только для сборочных и монтажных ТП, но и для монтажных операций различных классов.

Проектирование ТП монтажа и их реализация производится с использованием как теоретических, так и эмпирических представлений о них. Даже в тех случаях, когда идея построения ТП монтажа порождается теоретической моделью (законами схемотехники и электротехники и т.п.), способ реализации процесса, определяется, развивается, уточняется широким использованием натуральных экспериментальных исследований.

В решение вопросов проектирования высокоэффективных сборочно-монтажных ТП и их реализации внесли значительный вклад следующие ученые: А. Л. Абибов, Н. М. Бирюков, В. В. Бойцов, В. П. Григорьев, И. А. Зернов, В. Н. Крысин, П. Ф. Чубарев, А. Н. Ярковец, В. А. Барвинок и др. Однако задачи технологии производства электротехнического оборудования летательных аппаратов (ЭТО ЛА), моделирования и оптимизации организационных структур и производственных процессов до настоящего времени не нашли должного рассмотрения. Лишь в работе А. Н. Коптева, А. А. Миненкова, Б. Н. Марьина, Ю. Л. Иванова были сформулированы теоретические основы технологии производства ЭТО ЛА, математического моделирования процессов монтажа.

Однако сложность ТП монтажа, подлежащих проектированию и использованию в авиационной промышленности, непрерывно возрастает. В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы, посвященной организации этих процессов, разработке методов анализа объектов производства, синтезу ТП монтажа и их реализации, является актуальной.

Цель диссертации заключается в разработке системотехнических принципов организации ТП монтажа ЭТО ЛА для исследования на практике наиболее эффективных и экономических технологических процессов, требующих наименьших затрат времени, материальных ресурсов, высококвалифицированных исполнителей.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие *задачи*:

- анализа (с позиций системных категорий) состояния научных и технических проблем электротехнического производства предприятий авиа-и ракетостроения с учётом специфики его мелкосерийности;
- разработки метода проблемно-ориентированного представления электросборок для их структурного анализа и проектирования ТП монтажа;
- синтеза и анализа конструкторско-технологических решений для организации мелкосерийного производства электросборок;
- оценки кривой стоимости проекта ТП монтажа электросборок ЭТО ЛА;
- разработки методов обеспечения технико-экономической эффективности технологических процессов монтажа.

Объектом исследования являются системотехнические принципы проектирования и организации технологических процессов монтажа электротехнического оборудования в мелкосерийном производстве.

Предметом исследования являются методы, модели и алгоритмы конструкторско-технологического анализа и синтеза технологических процессов монтажа электросборок и их организации при мелкосерийном производстве электротехнического оборудования ЛА.

Методы исследования связаны с применением методов комбинаторной топологии, теории графов, тензорного анализа экономико-математического моделирования, оптимизации и принятия решений.

Научная новизна в диссертационной работе заключается в:

- решении задач системного подхода к монтажу электротехнического оборудования летательных аппаратов (ЭТО ЛА) на предприятиях авиастроения на основе формального представления монтажного пространства;
- разработке методов представления объектов производства ЭТО ЛА, технологических операций, процессов и, как следствие, структуры электросборки;
- разработке метода определения кривой стоимости реализации проекта ТП монтажа;
- разработке методов обеспечения технико-экономической эффективности сборочно-монтажных работ.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что применение разработанных автором методов конструкторско-технологического анализа объектов производства, синтеза ТП монтажа и критериев оценки предложенных решений позволило учесть особенности организации ТП монтажа в мелкосерийном производстве, в частности, электротехнического оборудования самолетов типов Ан-140, Ту-204 СМ, Ил-476.

Предложенные методы имеют *особую актуальность* для создания производства новых типов самолетов Ту-204 СМ, Ил-476.

Реализация результатов работы. Полученные в диссертационной работе результаты были использованы при разработке и реализации проектов технологических процессов монтажа в ОАО «АВИАКОР – авиационный завод» (г. Самара) и переданы для организации производства самолета Ту-204 СМ (г. Ульяновск), а также в Национальный институт авиационных технологий (НИАТ) (г. Москва) – для создания руководящих технических материалов по монтажу бортовых распределительных устройств в отрасли.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на Всероссийской научно-практической конференции по актуальным проблемам проектирования, производства и эксплуатации изделий машиностроения (г. Самара, 2001), XIII Всерос-

сийском семинаре по управлению движением и навигации летательных аппаратов (Секция производства и эксплуатации летательных аппаратов) (г. Самара, 2008), VIII Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий: теория и практика» (г. Самара, 2009), V Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экономики современных промышленных комплексов» (г. Самара, 2009).

Публикации. По теме диссертационной работы автором опубликовано 3 статьи в периодических научных и научно-технических изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 14 работ, опубликовано в сборниках материалов Международных и Всероссийских конференций.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Работа содержит 157 страниц текста, список литературы включает 101 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована проблема и задачи исследования, обоснована их актуальность, определена цель работы и круг решаемых задач, отмечена её практическая направленность и научная новизна.

В первой главе рассмотрены состояние теории и практики ТП монтажа и проблемы их организации, методы оценки, тенденция развития теории монтажа и автоматизации производства ЭТО ЛА, которые связаны с решением целого ряда задач, таких как:

- обеспечение технологичности изделий при мелкосерийном производстве для его интенсификации, снижение трудоемкости и требований к квалификации рабочих;
- обеспечение максимальной гибкости и динамичности производства ЭТО ЛА, их быстрого освоения с минимальными затратами при смене и модернизации в процессе производства.

- исследования объектов производства на базе топологических представлений определенных классов объектов монтажа;

- организации ТП монтажа в мелкосерийном производстве, обеспечивающей повышение производительности труда и сокращение длительности технологического цикла на основе дифференциации и реализации принципа параллельности.

Отмечено, что возможности повышения точности, устойчивости, экономичности производства ЭТО ЛА и его интенсификация существенно зависят от уровня автоматизации.

Перечисленные задачи определили постановку и решение проблемы эффективности монтажного производства авиастроительных предприятий.

Во второй главе рассмотрены задачи представления объектов ЭТО ЛА для анализа и синтеза ТП монтажа.

Основы теории представлений ЭТО ЛА в работе записаны с помощью следующего математического формализма.

Всё пространство в целом – континуальное множество точек N . Однако, носителем физических свойств пространства служит дискретное подмножество M_q , каждая точка которого является не только геометрической, но и вещественной:

$$N = S_q \cup M_q; S_q \cap M_q = \emptyset; q = 1, 2, 3, \quad (1)$$

где S_q - подмножество, дополнительное к M_q ; \emptyset - пустое множество.

В представлении ЭТО ЛА рассматриваются два фундаментальных компонента: простой компонент элемента объекта и особый компонент сети объекта – электрическая связь.

Множество всех простых компонентов состоит из непересекающихся классов простых компонентов

$$A^{\nu}, A^{\nu} \subset A, A = \cup A^{\nu}, \quad (2)$$

где ν - общий индекс класса простых компонентов $a, a \in A$.

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что простые компоненты, сходные качественно, будут относиться к одному классу. Под понятием объект ЭТО ЛА подразумевается объект, обладающий определенным набором реальных элементов,

$$A = \{A_1 + A_2 + \dots + A_n\}, \quad (3)$$

которые рассматриваются как состав реальных элементов конкретного объекта, а структура его электрической сети представляет собой множество σ соединений, существующих между всеми или некоторыми монтажными точками реальных элементов этого объекта, т.е. объект определен, если заданы состав A и структура связей $A - \sigma$.

Простые компоненты и электрические связи образуют все электрические структуры объектов ЭТО ЛА: цепи, модули, блоки, т. е. пространство-структуру,

Дискретная составляющая подпространства-структуры 1 представляет собой сложный геометрический объект. Математическим представлением дискретного подмножества M_1 этого подпространства-структуры объекта или системы будет символ Кронекера δ_{ij} , а уравнение для M_1 будет иметь вид:

$$A^{0(1)} = \delta_{ij} \quad (4)$$

Для пространства структуры 2 уравнение имеет вид:

$$A^{0(2)} = \delta_{\alpha\beta}, \quad (5)$$

где $\delta_{\alpha\beta}$ - символ Кронекера, математически представляющий узлы контактирования компонентов объекта или системы в соответствующей системе координат.

Информация о монтажном пространстве объекта монтажа ЭТО ЛА в рамках фундаментальных представлений о них получается из найденных значений тензоров δ_{ij} и $\delta_{\alpha\beta}$. Множество соединений, с помощью которых формируется пространство - структура 3, имеет вид

$$A^{0(3)} = C_a^a \delta_{\alpha\beta}. \quad (6)$$

Для формализации структуры соединений в электросборках ЭТО ЛА рассмотрены отображения некоторого множества A (монтажные точки компонентов) в себя и на этой основе получена соответствующую ему матрица соединений C_a^a .

Формализация технологических процессов монтажа всего многообразия электросборок потребовала введения для монтажного множества понятия геометрического комплекса K , в котором $m_1^0, m_2^0, \dots, m_{n-1}^0, m_n^0$ – совокупность всех монтажных точек (узлов контактирования), положительно ориентированных нульмерных симплексов, тогда нульмерная цепь из K (упорядоченное множество монтажных точек) описывается уравнением:

$$C_i^0 = a_1 m_1^0, a_2 m_2^0, \dots, a_{n-1} m_{n-1}^0, a_n m_n^0, \quad (7)$$

где $a_1, a_2 \dots a_n$ – номера узлов контактирования компонента электросборки.

При решении прикладных задач проектирования процессов монтажа на первом этапе имеем дело с некоторыми отображениями множества узлов контактирования компонента на множество целых положительных чисел с целью получения последовательности узлов контактирования всей электросборки, которые не будут существенно влиять на информацию, содержащуюся в компонентах.

Модель построения пространства-структуры соединения элементарных компонентов в допустимые электрические цепи представлена в виде набора из четырех элементов:

$$b(P) = \{A, \mathcal{R}, C, \chi\}, \quad (8)$$

где: A – набор реальных компонентов электросборки и, как следствие, множество узлов контактирования m_i^0 (монтажных точек A), соответствующим образом пронумерованное. Образующие электросборку компонентов и их монтажные точки являются подмножествами опорного пространства, которые представляются тензорами $\delta_{ij}, \delta_{\alpha\beta}$;

– допустимая сеть связей электросборки определяется системой правил и ограничений \mathcal{R} ;

– принципиальная схема и, как следствие, множество соединений σ , существующих между всеми или некоторыми узлами контактирования компонентов электросборки, которое задается либо списком, σ_{ij} , либо матрицей соединения C ;

– допустимость соединения определяется отношением связи χ , зависящим от двух соответствующих узлов контактирования.

Разработаны модели преобразования монтажного пространства электросборки. Развернутое формальное монтажное пространство модуля с учетом его преобразования показаны матрицами $\delta_{ij}, \delta_{\alpha\beta}$ и C , определяющими базу электросборки как объекта монтажа, метрику и индекс каждого компонента цепи и матрицу соединений.

Предложена методика проектирования технологических процессов монтажа электросборок ЭТО ЛА на базе решения задач: дифференциации электросборок как объектов монтажа для снижения размерности; компоновки элементов и на её базе проектирования жгута электропроводов для соединения точек монтажного пространства; построения последовательности технологических операций соединения с учетом требований Руководящих технических материалов отрасли.

В третьей главе разработаны формальные методы решения задачи дифференциации и на её основе формирования блоков, модулей, электрожгутов проводов соединения для них и объекта в целом, которые объединяются путем монтажа в конкретные электросборки.

При решении задач дифференциации (разбиения) электросборок ЭТО ЛА как объектов производства с целью построения параллельно-последовательной схемы организации ТП монтажа использованы основные положения топологии и теории графов.

В соответствии с формальными представлениями настоящей работы для объекта M использована математическая модель, представляемая графом $G(P, L)$. На этом графе определена матрица электрических связей монтажных точек этого объекта $\text{mat } C$.

Для формального решения задач разбиения на блоки, модули, электрожгуты проводов вводятся $\text{mat } C$ – достижимостей и $\text{mat } P$ – контрадостижимостей в соответствии с алгоритмическим подходом в теории графов.

Задачи разбиения объектов ЭТО ЛА на блоки, представляющие множество элементов объекта, связанных с одним из базовых элементов P^* , то есть

$$Q(P) = \bigcup_{p_i \in P^*} C(p_i) \quad (9)$$

являются блоками B объекта M . Если эти элементы удалить из графа объекта $G(P,L)$, то в оставшемся порожденном графе $G' = \langle P - P^* \cup Q(P) \rangle$ можно выделить таким же способом новый блок, содержащий базовый элемент p_j^* и множество элементов $Q(p_j)$, связанных с этим базовым элементом. Процедура может быть продолжена, пока все элементы объекта M не будут сформированы с соответствующими базовыми элементами в блоки B . После завершения этой процедуры объект M будет разбит на блоки B_1, B_2, \dots, B_m .

Для формализации процедуры разбиения на блоки B объекта M используется поэлементное умножение матриц достижимости $\text{mat } C$ и контрадостижимости $\text{mat } P$, на основе которой строится блочно-диагональная матрица, элементами которой являются подматрицы блоков B_1, B_2, \dots, B_m и подматрица межблочных соединений. - электрожгута проводов. Для распределительной коробки (РК) загрузателей рассмотрена процедура её разбиения (рисунок 1), конечный результат которого представлен блочно-диагональной матрицей W . Таким образом, блочно-диагональная матрица дает разбиение РК на два блока Ш1,....., К; Ш2,.....,Д и электрожгут проводников 4,...К.

Ш1 3 4 R_{3,4} 5 7 9 10 12 13 16 К Ш2 1 11 14 15 Ш2 1 2 R_{1,2} 6 11 14 15 Д

Ш1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
3		1	1	1									1						
4		1	1	1															
R _{3,4}		1	1	1															
5					1	1													
7					1	1													
9							1						0					0	
10								1											
12									1	1									
13										1	1								
16												1							
К														1					
Ш2																			
4															1				
5														1					
7																1			
9						0												0	
10															1				
12															1				
16																			
К																			
Ш2																			
1															1	1	1	1	1
2															1	1	1		
R _{1,2}															1	1	1		
6						0											1		1
11																		1	
14																			1
15																			
Д																			1

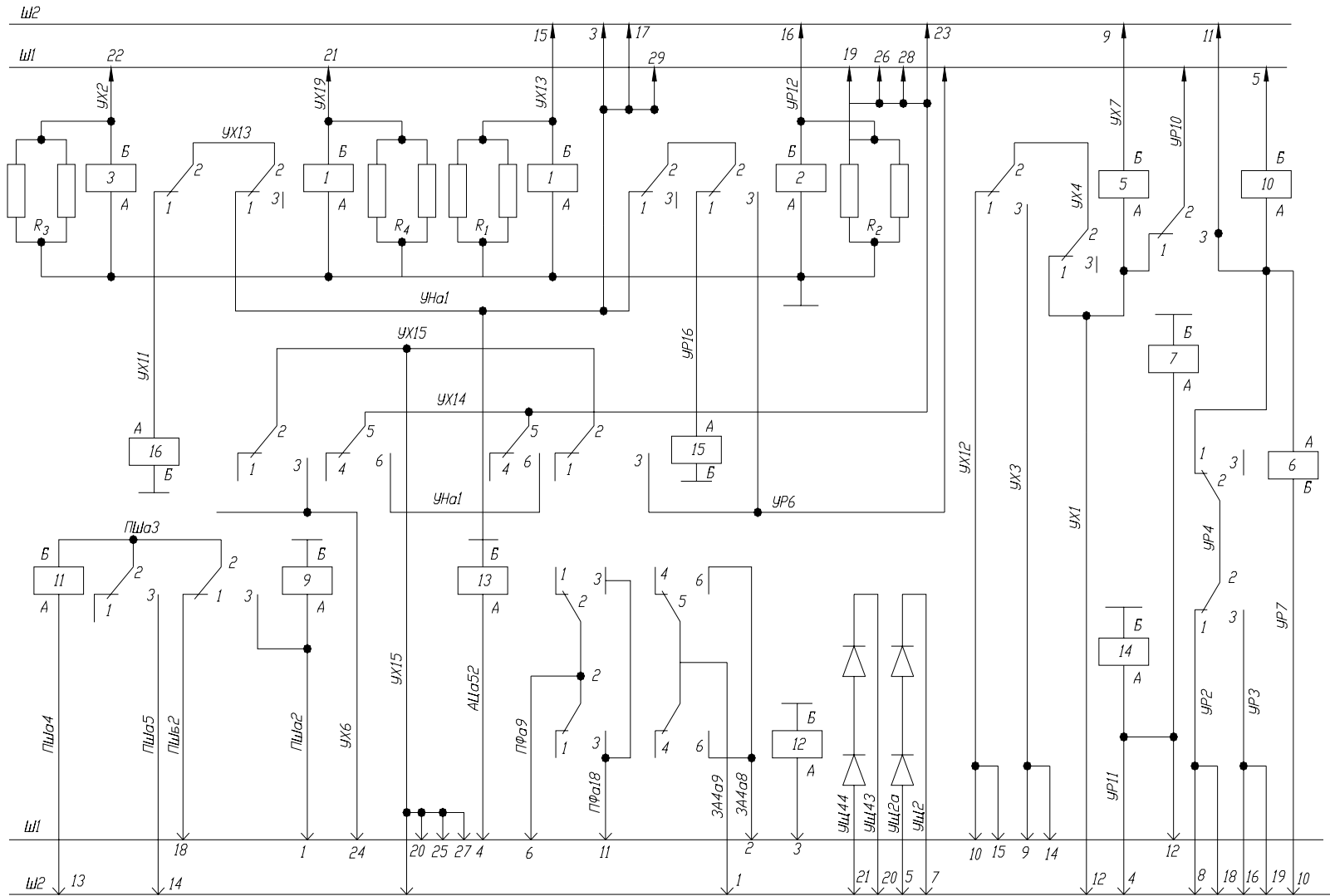


Рисунок 1 – Электрическая схема распределительной коробки загрузателей

Для реализации соединений между блоками Ш1, ..., К, Ш2, ..., Д, полученными в результате разбиения, решена задача проектирования плаза для сборки электрожгута проводов 4, ..., К, перенесенная на этап технологической подготовки производства. Решение этой задачи позволило применить прогрессивные технологические процессы, стандартные средства технологического оснащения, а также механизацию и автоматизацию производственных процессов сборки электрожгута. В основу решения задачи положен алгоритм задачи Штейнера и нормальная конструкция топологического комплекса L , предложенная П. С. Александровым.

Рассмотрено построение жгута проводников объекта M , заданного некоторым геометрическим комплексом K , связанным с монтажным пространством электросборки.

Введено расстояние между клеммами штепсельного разъема (ШР) и m_i монтажной точки реального элемента электросборки P .

Монтажное пространство электросборки и ее базовая поверхность получены дизъюнктивным объединением множества вершин базовых поверхностей реальных элементов P объекта M .

Отмечено, что если получена базовая поверхность реальных элементов P объекта M , то деформация проводника, задающего базовую трассу, приводит к совпадению его с базовой поверхностью. С использованием координатной сетки, нанесенной на базовую поверхность (сетку плаза), построена базовая трасса на сетке плаза заменой дуг на прямолинейные отрезки. Определены точки ветвления, в качестве которых выбраны точки пересечения введенной сетки линий и базовой трассы. Теоретический плаз жгута проводников будет иметь вид, показанный на рисунке 2.

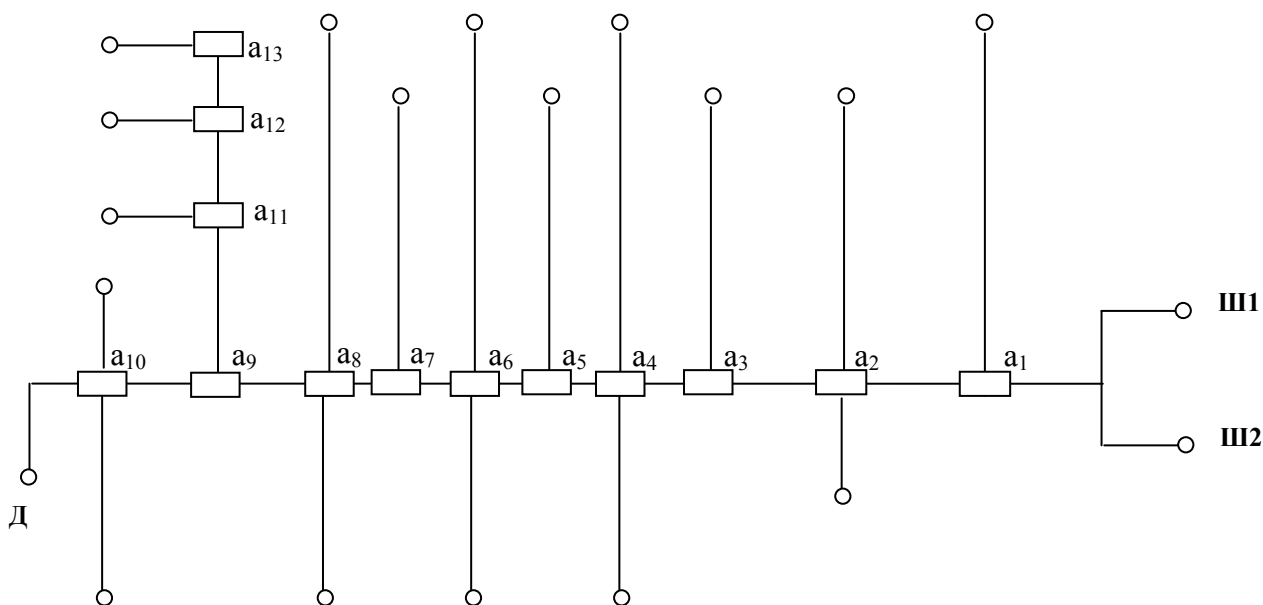


Рисунок 2 – Плаз жгута проводников

В четвертой главе рассмотрены комплексные проблемы организации электротехнического производства авиационных предприятий и методика системного анализа с учетом автоматизации производства ЭТО ЛА.

Автоматизация принята конструктивной основой для эффективного развития интегративных тенденций при решении комплексных проблем повышения эффективности электротехнического производства авиационных предприятий на основе организации ТП монтажа в рамках гибкой автоматизированной производственной системы.

Обобщенная гибкая технологическая система производства разработана как объединенная на основе эффективного взаимодействия исполнителей всех уровней на базе

комплекса информационных и технологических систем, необходимых для реализации ТП монтажа всей номенклатуры ЭТО ЛА.

На базе графа последовательности монтажа блоков и электрожгута проводов, заданной ТП монтажа, разработан метод оценки стоимости проекта изготовления изделия ЭТО ЛА. При этом проект изготовления изделия ЭТО ЛА есть частично упорядоченное множество, причем частичная упорядоченность возникает из технологических ограничений, требующих, чтобы одни работы были закончены прежде, чем начнутся последующие (рисунок 3), например, для работ 1, 2, 3, 4, 5, единственными отношениями порядка являются:

- 1 предшествует 3,4
- 2 предшествует 4,
- 3,4 предшествуют 5

и вытекающие из них по транзитивности.

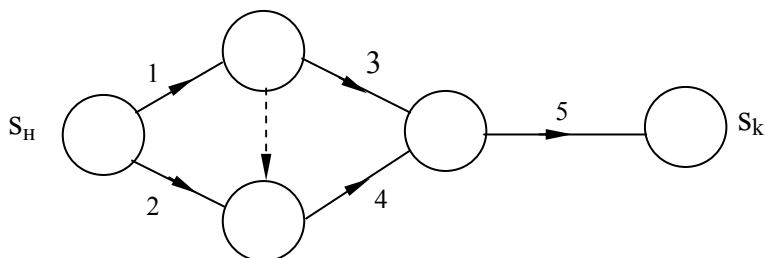


Рисунок 3 – Модель проекта технологического процесса

С использованием технологических ограничений построена ориентированная сеть, дуги которой соответствуют работам, а узлы - событиям. Каждой дуге (x, y) поставлены в соответствие три неотрицательных целых числа: $a(x, y)$, $b(x, y)$ и $c(x, y)$, причем $a(x, y) \leq b(x, y)$. Эти числа интерпретируются так: $a(x, y)$ – срочное выполнение работы (x, y) , $b(x, y)$ – нормальное ее выполнение и $c(x, y)$ – убывание стоимости выполнения этой работы на единицу возрастания времени $a(x, y)$ до $b(x, y)$.

Стоимость выполнения работы (x, y) за $\tau(x, y)$ единиц времени определяется известным соотношением между стоимостью конкретной работы и убыванием стоимости за единицу возрастания времени:

$$k(x, y) - c(x, y) \tau(x, y) \tag{10}$$

на промежутке

$$a(x, y) \leq \tau(x, y) \leq b(x, y). \tag{11}$$

Задача выбора для каждой работы (x, y) времени $\tau(x, y)$, удовлетворяющего неравенствам (11), ставится как задача оптимизации стоимости ТП

$$\sum_{x,y} [k(x, y) - c(x, y) \tau(x, y)] \rightarrow \min, \tag{12}$$

что эквивалентно максимизации выражения

$$\sum_{x,y} c(x, y) \tau(x, y) \rightarrow \max. \tag{13}$$

Для реализации выбранного ТП монтажа используется гибкая технологическая система решения производственных задач, включающая подсистемы:

- информации, предназначенной для совершенствования организации, упорядоченности структуры, информативности отдельных звеньев и всей системы электротехнического производства в рамках решения комплекса задач (рисунок 4);



Рисунок 4 - Комплекс задач гибкого автоматизированного производства ЭТО ЛА

– анализа и оценки состояния объекта монтажа, контроля и испытаний, как последовательности изменений состояний за счет выполнения работ (подсистема, определяющая управляющее воздействие на объект);

– директорского управления исполнителем и технологическим оборудованием.

При системном подходе к организации технологических процессов монтажа в гибкой технологической системе реализуются задачи, решённые на базе теоретических положений, включающие:

- 1) технологический анализ объекта и синтез технологических процессов монтажа;
- 2) моделирование ТП изготовления объектов ЭТО ЛА;
- 3) синтез структур организации ТП монтажа в рамках гибкой технологической системы производства ЭТО ЛА;
- 4) выбор и проектирование технических средств, обеспечивающих достижение цели.

На рисунке 5 представлена структурная схема гибкой автоматизированной технологической системы производства ЭТО ЛА, включающая основные относительно самостоятельные системы автоматизации производственных структур и участков, включающих: подсистему информации гибкой технологической системы производства ЭТО ЛА; подсистему моделирования объектов ЭТО ЛА; подсистему проектирования технологических процессов монтажа.

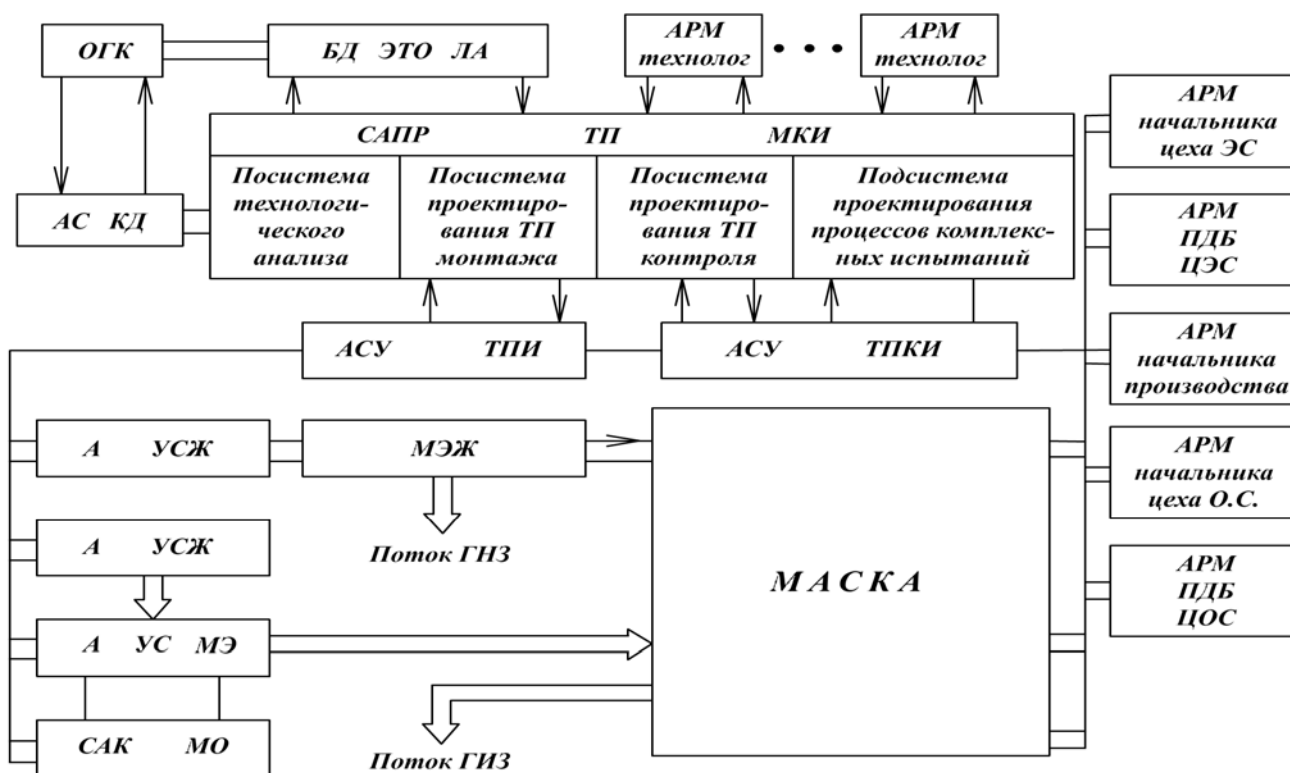


Рисунок 5 – Структура гибкой технологической системы производства ЭТО ЛА

Результаты и выводы по работе

Научные результаты работы полностью коррелируются с поставленными задачами и включают:

1. Проведенный анализ состояния теории и практики организации ТП монтажа ЭТО ЛА при мелкосерийном и серийном производстве показал, что специфика этого

производства породила ряд проблем, при этом одной из важнейших является проблема учета особенностей организации ТП монтажа, решение которой требует системного подхода к разработке формального представления электросборок для структурного анализа с целью формирования системы моделей для построения их сетей, обладающих заданными свойствами.

2. Предложена методика представления ЭТО ЛА на базе введения математического формализма для множества компонентов электросборок, состоящего из непересекающихся классов этих компонентов, и введения пространства-структуры для описания собственно структуры объекта на основе символа Кронекера и электрических связей – матрицей соединения.

3. Осуществлена формализация технологических процессов монтажа всего многообразия электросборок ЭТО ЛА на основе введения для монтажного множества, включающего узлы контактирования – геометрического комплекса, описывающего набор узлов, отображение которых на множество целых чисел позволяет получить последовательности цепей электросборки.

4. Разработана модель преобразования монтажного пространства электросборки на основе матриц перечисления (символ Кронекера) и тензора преобразований.

5. Разработаны формальные методы решения прикладных задач дифференциации с использованием алгоритмических методов теории графов и основных свойств достижимости и связанности графов, построение сильных компонентов и баз к образованию блоков и функциональных модулей электросборок на основе матричной формализации, из которых строится граф ТП монтажа.

6. Использована задача Штейнера и топологическая конструкция П. С. Адександрова для проектирования плаза электрожгута и его сборки на специальных участках производства объектов ЭТО ЛА.

7. Предложено решение комплексной проблемы организации ТП монтажа в рамках гибкой автоматизированной технологической системы производства ЭТО ЛА.

8. Технический и социально-экономический эффект от внедрения результатов работы включают:

8.1. Уменьшение затрат ресурсов (материальных и трудовых) на изготовление электросборок ЭТО ЛА на 30–45%.

8.2. Повышение продуктивности работы инженерно-технического персонала организации более чем в 7–8 раз.

8.3. Повышение квалификации технологов по проектированию технологических процессов монтажа и престижности их труда в электротехническом производстве авиационных предприятий.

8.4. Изменение социальной и профессионально-квалификационной структуры коллектива работников производства в сторону снижения требований к ней с одновременным повышением качества выпускаемых изделий.

8.5. Снижение влияния на результаты процесса производства ЭТО ЛА изменения коллектива исполнителей. Фиксация всего производственного процесса монтажа, доступная для последующего многократного воспроизводства, позволяет с гораздо меньшими потерями вводить в производство новых исполнителей.

Основной экономический эффект получается на этапах изготовления электросборок ЭТО ЛА.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Коптев А.А. Производственные и технологические аспекты повышения надежности пневматических позиционных приводов [Текст]/Тлустенко С.Ф., Коптев А.А., Барвинок В.А. // Вестник СамГУПС.- №5(17). - 2009. – С. 117-122.

2. Коптев А.А. Моделирование процессов управления в основных производственных структурах авиастроения [Текст]/ Коптев А.А., Тлустенко С.Ф. // Вестник Самарского государственного экономического университета (раздел «Машиностроение»). - №5(55). - 2009. – С 58-61.

3. Коптев А.А. Оптимизация производственных потоков в машиностроительного предприятия [Текст]/ Коптев А.А., Тлустенко С.Ф.// Вестник Самарского государственного экономического университета (раздел «Машиностроение»). - №8(58). - 2009. – С. 43-45.

в других изданиях:

4. Коптев А.А. Исследование динамики функционирования системы управления проектами развития промышленных предприятий [Текст]/ А.А. Коптев, А.Б. Шамарин, С.Д. Чеботарев //Сборник статей семинара по неразрушающим методам контроля «Совершенствование технологических процессов технического обслуживания». – Самара: СГАУ, 2007. – С. 109-112.

5. Коптев А.А. Техническое обслуживание оборудования на предприятиях с гибкой структурой производства [Текст]/ А.А. Коптев //Сборник статей семинара по неразрушающим методам контроля. – Вып. 2. –Самара: СГАУ, 2007. – С. 82-85.

6. Коптев А.А. Выбор производственных потоков в интегрированных структурах авиационного производства [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А. //Материалы VIII-й Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий: теория и практика». 19–20 ноября 2009. --Самара: СГЭУ, 2009. – С. 157-160.

7. Коптев А.А. Организационно-техническая система предприятия как объект управления [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А., Барвинок В.А. // Материалы VIII-й Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий: теория и практика». 19–20 ноября 2009. --Самара: СГЭУ, 2009. – С. 160-162.

8. Коптев А.А. Моделирование производственных процессов с варьируемыми параметрами [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А. // Сборник статей V-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экономики современных промышленных комплексов». – Самара, 2009. – С. 41-45.

9. Коптев А.А. Математическое моделирование как метод анализа производственных систем [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А. //Сборник статей V-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экономики современных промышленных комплексов». – Самара, 2009. – С. 45-48.

10. Коптев А.А. Способы оценки передаточных функций топологических схем производства [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А., Барвинок В.А. //Сборник статей V-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экономики современных промышленных комплексов». – Самара, 2009. – С. 49-54.

11. Коптев А.А. Выбор критериев оптимальности производственных систем [Текст]/ Тлустенко С.Ф., Коптев А.А.// Материалы Всероссийской научно-технической конференции.– Нижний Новгород, 2009. – С. 99-104.

12. Коптев А.А. Синтез локально-организованной гибкой производственной подсистемы в условиях автоматизации производства [Текст]/ Коптев А.А., Тлустенко С.Ф. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве. - Нижний Новгород: НГТУ, 2009. – С. 221-224.

в руководящих технических материалах:

13. Монтаж жгутов из проводов БПДО, БИФ, БФС, БСА на изделия // РТМ 1.4.1250-84 [Текст]/ Коптев А.А., Миненков А.А., Коптев А.Н.и др. – М.: НИАТ, 1987. – 5,65 п.л.

14. Изготовление пультов, щитков, коробок и приборных досок.// РТМ 1.4.1775-87 [Текст]/ Коптев А.А., Миненков А.А., Коптев А.Н.и др. – М.: НИАТ, 1988. – 9,75 п.л.

Подписано в печать 11 мая 2010 г.
Тираж 100 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева» (СГАУ).
443086, Самара, Московское шоссе, 34.