Савотченко, Валерий Васильевич. Организационно-технические основы создания гибких автоматизированных сборочно-монтажных систем самолетостроительных предприятий : диссертация ... кандидата технических наук : 08.00.28.- Самара, 2000.- 186 с.: ил. РГБ ОД, 61 01-5/560-7

**Введение к работе**

Переход России на позиции рыночной экономики требует адекватных решений в области организационной перестройки структуры экономических объектов и условий их функционирования, отвечающих требованиям гибкости при смене социальных и личностных приоритетов. При этом возникает необходимость учета всех сторон процесса преобразований (реструктуризация и оптимизация структур предприятий, выбор и реализация новой системы управления, т.е. механизмов функционирования по существу новой организации) в производственных системах (ПС), к которым относятся машиностроительные предприятия и, в частности, самолетостроительные фирмы.

Крупные авиационные комплексы (КАСК) нацелены на изготовление необходимых для народного хозяйства сложных, наукоемких и ресурсоемких современных изделий. Рынок авиаперевозок диктует необходимость диверсификации продукции авиационной промышленности, быстрого реагирования на его запросы. В этих условиях производство сложной авиационной техники связано с рядом проблем, одной из которых является организационно-техническая проблема, которая, в свою очередь, решает проблемы синтеза системы управления всех уровней.

Значительный вклад в развитие теории управления организационными системами внесли многие отечественные и зарубежные ученые, в том числе К.А. Багриновский, В.Н. Бурков, В.Л. Волкович, Ю.Б. Гермейер, В.Г. За-сканов, В.А.. Ириков, А.К. Еналеев , В.В. Кондратьев, А.Ф. Кононенко, Н.Н. Моисеев, Д.А. Новиков, В.В. Федоров, K.Arrow, Т. Groves, А. Gibbard, S. Grossman, О. Hart, Е. Maskin, R. Myerson.R. Radner и другие.

Несмотря на большое число публикаций, посвященных организационным системам, исследованию и разработке механизмов их функционирования и взаимодействия, на сегодняшний день практически отсутствует си-

стемный подход к задачам структурного анализа и синтеза производственной системы (ПС) с учетом их гибкости в новых условиях , теоретически не обоснована при заданных ограничениях декомпозиция структур КАСК на уровне конкретного производства.

*Актуальность* решения вышеперечисленных задач обусловлена и тем, что в изменяющихся рыночных условиях необходим не только качественно новый уровень технологии и материалов, но и качественно новый уровень организации, который невозможен без глубоких теоретических исследований структур организационных систем и механизмов взаимодействия их с технологией производства. Гибкое, ориентированное на потребителя производство требует внедрения не менее гибкого управления им.

С ростом сложности задач управления КАСК в рыночных условиях возникает необходимость использования научных методов при подготовке и принятии решений.

Все это, несомненно, определяет актуальность выполненных в диссертации исследований.

*Целью работы* является разработка организационных основ построения гибких автоматизированных сборочно-монтажных производственных систем самолетостроительного комплекса на базе их математического, технологического и технического обеспечения для оптимизации их параметров.

*Задачи исследований:*

1. Анализ состояния и пути развития теории и практики агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов.
2. Моделирование операционной последовательности преобразования объектов сборки и монтажа. Формализация планируемых действий исполнителей.

3.. Функционально-структурное представление производственных систем, их элементов и структур организационных систем этого произвол-

ства. Функционально-структурное моделирование. Минимизация обработки информации в организационной структуре.

1. Задачи оптимизации изготовления изделий самолетостроительных предприятий.
2. Разработка подсистем производственной системы изготовления электротехнического оборудования летательных аппаратов. Синтез гибкой автоматизированной системы.

*Методы исследования.* Основным методом исследования *является* математическое моделирование, базирующееся на использовании аппарата теории графов и аппарата математической логики-исчисления предикатов аксиоматического подхода, информационной теории иерархических систем, системного анализа и исследования операций.

*Научная новизна.* В результате проведенных исследований и обобщения опыта решения практических задач предложен методологический подход к анализу всего многообразия проблем теории и практики организации гибких оптимальных структур, обеспечивающих эффективность функционирования производственно-технологических комплексов в рыночных условиях.

Предложенные модели, методики и алгоритмы нашли применение при реструктуризации и проектировании гибких структур производственно-технологических комплексов ОАО "АВИАСТАР", ЗАО "АВИАСТАР-СП", " Ульяновского авиационного промышленного комплекса".

Диссертация обобщает результаты исследований, проводящихся под руководством и при непосредственном участии автора по Постановлению Правительства РФ N720 от 30.06.99 " Об открытом акционерном обществе "Туполев".

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на Всероссийской конференции " Самолетостроение России: проблемы и перспективы", Самара, 1998 г.

*В первой главе* исследовано состояние и пути развития теории и пра тики агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов. Отмен на специфика агрегатно-сборочного производства авиационных предпри тий, а также то, что развитие науки и техники привело к значительному pi cry сложности как летательных аппаратов, так и их систем. Непосредствеї ное взаимодействие человека в сфере производства часто заменяется ош средованным взаимодействием путем создания человеко-машинных кои плексов , в связи с чем все большую роль играет информационный факто - получение и обработка информации о производственной среде, об усі ройствах и приспособлениях, воздействующих на нее, о деятельности лк дей, участвующих в этом общем целенаправленом взаимодействии. Интеь сивная автоматизация обработки информации приводит к тому, что в ком муникационные связи, в потоки информации, которыми обменивается ч« ловек, участвующий в технологическом процессе, во все большей степені вовлекаются ЭВМ различных уровней, формирующие для него и воспри нимающие от него информацию, которая одновременно или в некотороі последовательности формирует его действия.' Таким образом, человек і его производственная среда, все взаимодействия между ними формирую' сложную человеко-машинную систему , в которой большое значение при обретают информационные процессы, на базе которых осуществляютсз процессы принятия решений, управление технологическими устройствами *і* их системами. Одновременно усиливается роль коллективного взаимодействия, целенаправленной совместной деятельности людей по решению общих и частных задач по достижению этих целей. Исходя из такого подхода. в главе проанализированы пути развития автоматизации в технологических системах сборочно-монтажных производств как человеконаполненных систем.

В рамках решения главной задачи повышения эффективности агрегатно-сборочного производства рассмотрены комплексные проблемы автома-

тизации производства авиационных предприятий на базе методологии системного анализа. Для реализации управления технологическими процессами в условиях частичной автоматизации рассматривается возможность целенаправленного движения. При этом информационные потоки должны быть таковы, чтобы обеспечить реализацию этого движения, т.е. необходимо конструирование целенаправленных потоков информации для создания изделий в организационной технической системе.

В заключение отмечено, что прежде чем решать организационно-техническую проблему, необходимо решить задачу проектирования операционной последовательности преобразования объектов сборки и монтажа, т.е. разработки технологического процесса и на его базе создать производственную систему, включающую и организацию взаимодействия всех элементов этого процесса.

*Вторая глава* посвящена моделированию операционной последовательности преобразований объектов сборки и монтажа как основы организационно-технологической структуры реАизации этой последовательности.

Решение проблемы совершенствования функционирования организа  
ционных систем связано с рядом трудностей. Одной из них является отсут  
ствие достаточно развитой теории проектирования  
"человеконаполненных" систем, которая объединила бы результаты, полу  
ченные в теории активных систем , теории оптимального планирования ,  
информационной теории иерархических систем, развитой академиком  
РАН Н.Н. Моисеевым , теории итеративного планирования и управле  
ния, теории представлений профессора А.Н.Коптева, а также в ряде других  
направлений.

В целом основной задачей, решаемой в этой главе, является разработка методов преобразования объектов сборки и монтажа узлов и агрегатов ле-

тательных аппаратов путем построения операционной последовательности действий исполнителя.

Условием формирования эффективного способа действия является отражение существенных свойств и отношений элементов объекта преобразования. Рассматривается проблемная ситуация, где неизвестным является способ действия, т.е. решение оперативных задач, результатом которого является способ преобразования объекта сборки и монтажа как совокупность технологических операций. При этом известны начальная и конечная ситуации, но не известны способы преобразования начальной ситуации в конечную.

Процесс создания узла, агрегата, системы связан с понятием траектории развития, в которой связывается воедино непрерывная последовательность всех ступеней, всех моментов, всех фаз развития, всех этапов сборки и монтажа узла, агрегата, системы от момента появления основания до времени, когда узел или агрегат, или система становится практически завершенным.

Сложная задача сборки монтажа узлов, агрегатов, систем оборудования летательных аппаратов подразумевает использование достаточно большого количества операций с ограниченным набором инструмента, которые должны быть не независимыми , а объединенными иерархически: некоторый оператор отражает факт принадлежности компонентов, рассматриваемых в задаче, к одному множеству, например, множеству реальных элементов узла сборки, монтажа; другие операторы свидетельствуют о разбиении этого множества компонентов на подмножества, например, под-сборки, функциональные модули, каждые из которых могут в свою очередь распадаться на подмножества, о чем должны свидетельствовать операторы следующего более глубокого уровня: третьи описывают переход технологической системы из одного состояния в другое и т.д. Однако, сколько бы уровней рассмотрения ситуации ни понадобилось при решении поставлен-

ной задачи, отражения ее компонентов в виде высказываний, моделей и т.д., в конечном счете сводят семантику этих высказываний (содержательную интерпретацию) и моделей к констатации наличия определенных физических свойств у узла, агрегата, системы, а также процесса.

Метод , с помощью которого в исчислении последовательности операторов преобразования удается решать эти задачи высших порядков в рамках логики первого порядка, состоит во введении функциональных аргументов в предикаты, которое заключается в повышении числа аргументов на единицу, добавляя третье место, например, в двухместном предикате Р, для нового аргумента, называемого переменной состояния:

Р(х,у) -> P(x,y,s) (1)

В общем случае п -местный предикат Р мы заменяем на п+1 - местный, всегда оставляя последнее место для переменной состояния S, ассоциированной с этим предикатом Р. Технологический процесс характеризуется определенными состояниями, которые связываются посредством различных операторов. Тогда этот процесс может быть формализован в виде графа, в котором состояния Si, S2, S3, S10, S15 (вершины) связаны операторами Fi, F2, F3 и т.д. (дуги) .

Оператор Fi означает переход из состояния Si в S2 в результате действия оператора Fi.

Эти действия легко представить в исчислении последовательности операторов преобразования, так как эти операторы отображают состояния на состояние. Результаты применения таких операторов можно подставлять на место переменной состояния, аналогично подстановке простой переменной. Например, P(xi, F,(S)) вместо Р(х,т).

Из сказанного выше исчисление последовательности операторов преобразования определено как пятерка *R:*

Я= (Р, *F,S, а. А)* (2)

Она состоит из множества предикатов, которое обозначено Р, множества операторов, обозначенного *F,*далее, безусловно множества состояний S, затем системы аксиом, обозначенной через а, и, наконец, множества объектов, обозначенного через *А,* в которое входят не только объекты монтажа, но и исполнители , и инструменты.

Аксиомы имеют следующий смысл: для того, чтобы применить оператор F в ситуации Si прежде всего, необходимо , чтобы выполнялось условие *Р,* т.е. это начальное требование для применимости оператора F. Теперь, после применения F, полученное состояние характеризуется предикатом Q. Под буквами Р и Q в приведенных записях мы будем иметь в виду, что эти символы обозначают подмножество множества предикатов *Р.* Так, например, начальное условие Р может быть длинной конъюнкцией предикатов P=Pi, Рг.-.Рп , которая полностью характеризует все условия применения оператора F в ситуации Si. Таким образом, Р - это своего рода начальные условия, a Q -конечные условия по отношению к оператору F. В общем виде , т.е. не зависящими от конкретного состояния Si, аксиомы могут быть записаны следующим образом:

vS{P(x,s)= Q(x,F(x,S))} (3)

где мы воспользовались подстановкой F(x,S) вместо Sz, тем самым исключив обозначения двух конкретных состояний. В этом выражении S соответствует начальному состоянию Si, a F(x,S) - конечному состоянию Эг.

Для определенности процесса преобразований необходимо точно описать начальную ситуацию для того, чтобы можно было применять те или иные аксиомы. Для описания начальной ситуации используются схемы аксиом вида

N(x, S„) (4)

В этом случае SK - конкретное начальное состояние, х - элемент множества узлов, А - константа, имеющая существенное отношение к начальной ситуации. Для начальной ситуации предикат Р не обязательно будет

двухместным предикатом. В общем случае он может быть произвольным п-местным предикатом с любым числом аргументов.

*Третья глава* посвящена разработке основ теории представлений структурных аспектов производственных систем (ПС). Обоснована множественность представлений организационных систем в производственных отношениях, с учетом кардинальных изменений, происшедших в последние годы.

Анализ математических постановок задач теории активного управления, сформулированных и решенных в работах профессора В.Н. Буркова и его учеников, в информационной теории иерархических систем, теории игр показал отсутствие в них точных представлений о структуре, ее возможной трансформации в различных окружающих условиях.

Представление в работе определено как множество структурно-функциональных срезов и соглашений об описании как элементов, так и активных организационных систем в целом.

Образующие представляют собой структурные элементы КАСК - носители информации, и поскольку они имеют значение некоторых первичных высказываний, то в рамках формального описания они будут иногда называться знаками.

Множество всех структурных элементов КАСК , т.е. элементов образующих структуры производственных систем *А,* состоит из непересекающихся классов образующих Ап,АпсА , где п - общий индекс, индекс класса образующих.

A = I J An , An - непересекающиеся классы. (5)

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что образующие, сходные качественно, будут относиться к одному классу.

Как указывалось выше, образующие - это некоторые стандартные структурные элементы КАСК, которые , естественно, обладают определен-

ными свойствами. Определим эти свойства, выделив из них два типа, играющих существенную роль при решении задач синтеза организационной структуры производственной системы.

Рассмотрим первый тип свойств - признаки образующей, т.е. каждой образующей ставится в соответствие признак m=m(a), причем в качестве знаний признака m могут быть целые числа, действительные числа, векторы и т.д.).

Второй тип свойств - связи образующей. Этот термин вводит в рассмотрение входные и выходные узлы для возможных соединений между образующими КАСК или производственной системы. Каждой образующей *а* соответствует определенная величина *к(а),* равная максимальному числу соединений, связывающих эту образующую с остальными образующими системы, т.е. *к(а)* представляет собой сумму входов и выходов

k(e) = квх *(а) + кш%* *{а).* (6)

Для различения образующих вводится идентификатор, т.е. имя образующей.

Наравне с аналитическим представлением образующей для интуитивного представления вводится графический формализм и операции действий с образующими и различные способы их конкретного определения.

Для решения ряда задач оптимизации взаимодействия всех образующих некоторой производственной структуры^ как правило, используется представление *А* - совокупностью аналитических дуг в X=R2. Каждая дута описывается уравнением *p = p{i),* где р -кривизна, а *I* - длина дуги в общем виде , хотя р и *і*- в работе имеют и другую интерпретацию.

Так для дуги (рис.2 ) bj - продолжительность движения по дуге i-j, Gj -стоимость перемещения, djj - пропускная способность дуги и т.п.

Для этого выделения класса регулярных или допустимых структур организационных ПС определен набор заданных ограничений или правил.

Рис.1. Графический формализм образующей а с признаком га

MJ tij, Gj, dij *Qj* Рис.2. Образующая дуга

Тогда, если *?* система правил и ограничений, которая определяет регулярные системы, то множество регулярных систем будет *s f?J* или *Є* *я(3>) ,* где п - число образующих. Множество *Є (?)* характеризует регулярность образов, систем.

При заданном множестве образующих и двух системах правил *Tt* и *?2* структурная сложность систем, регулярных в смысле *?,,* больше структурной сложности систем, регулярных в смысле *?г*, если

Количественная сложность определяется составом ПС

состав (с) = *{а\, аг,*... ап } , ( 7 )

**1-Я Ли. генерального директор» -**

**Директор по маркетингу**

**Отдел**

**М«рКЄТННГІ**

**Отдел фннаксо-—| МИ н иеиовон политики**

**Отдел технической поддержи I** **маркетинга**

**Зам. генерального**

**директор» начальник**

**управление органмзашш**

**мках>»**

**Отдел финансово-1**

**экономического ]**

**полна !**

**Группа**

**подцсржюі**

**проектов**

**Группа**

**менеджеров по**

**гюоектам**

**Д><ректор по коопери> роиннми поепкш продукции авиакосмического направленна**

**Экспелицноыно-**

**сбитевон**

**отдел**

**Бюро упрааленна заказами м финансами**

**Отдел**

**руководителей**

**проектов**

**Зам.кач ПДУ по**

**догоеорныи и**

**кооперированный**

**поставкам**

**Отдал обеспечения протокольных меоопрнатцй**

**Технологический отдел**

**Зам. главного**

**инженера по**

**эксплуатации AT**

**Юридическое бюро**

**Конструкторский отдел**

**Рис. З Сієм» оргюппацнонной структуры СЛУЖБЫ ДИРЕКТОРА ПО СТРАТЕГІГЧЕСКОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ**

где правая часть представляет некоторое множество образующих, на которое не наложена структура связей.

В главе для разработки общей методики исследования производственных структур различного уровня машиностроительных предприятий решим ряда конкретных задач оптимизации.

На рис.3 представлена схема организационной структуры " Службы директора по стратегическому планированию", формализация которой представлена на рис. 4 в виде графовой модели этой структуры

Рис.4. Графовая модель организационной структуры ". Службы директора по стратегическому планированию"

Для решения задачи разработана математическую модель.

j = l,n; i = l,n;

і=і *и*

**і=1**

Ру=[0Д1;

cij -ctj + nPjj4n-l;

**(8)**

.-са3-с~.

**Зкм. генерального директор\* -ДИРЕКТОР ПО ПРОІПВОДСТВУ**

**ЛИС**

**Цех 294**

***Иачгтииш*** **ПТО**

**Начальник ЗКП**

**Шчдльннх МСП**

**Начільник ПИК**

**АСП**

**Г7роиі\*адет\*л**

**реверсивных**

**устромст»**

**i222**

**Отл 204**

**Цах142**

**U««2)4J 1** **Цех**

**. Цех 227**

**Цех2**

*В*

***-\*** **Цех 271**

**Цех 250**

**и**

**{**

**Цех 206**

**Цел 413**

**. Цех 143**

**{**

**Цех 150**

**Пдяр>мо леине 132**

**Цех 264**

**Цех 223**

**Цех 265 -**

**Цех 22«**

**[ Цех 266 4J 1 Цех 242 {**

**. Цех 22«**

**^ Цех 243 j**

**-| Цех 244 |**

**Цех 219**

**Цех 29«**

**Цех 263**

**с**

**Цех 272**

**Цех 275**

**Цех 278**

**Литейное**

**РрОИМОДСТЯО**

**Цех 211**

**Отдел 209**

**Цех 141**

**Цех 245 |**

**-( Цех246 | | Це» 291 {--{ Цех2»3 |**

-GEED

**L** **Цех 256 | | Цех 292 -{-І-**

**Цех 217**

**Рис.5. Схема организационной структуры ПРОИЗВОДСТВА ЗАО "АВИАСТАР - СП"**

На базе сформулированных понятий, определений и решения задачи минимизаций обработки информации в организационной структуре "Службы директора по стратегическому планированию" были поставлены и решены задачи оптимизации процессов в других организационных структурах ЗАО "АВИСТАР-СП".

*Четвертая глава посвящена* решению задач оптимизации изготовления изделий самолетостроительных предприятий, постановка которых осуществлена в рамках единого подхода, базирующегося на достижениях прикладной теории графов и введенного в работе графического формализма.

Главной проблемой современной теории производства в условиях реструктуризации является оптимизация функционирования ПС. Решение этой проблемы требует разработки и практического применения методов оптимизации организационно-технических структур производственных систем. Особенно остро эта проблема встала в связи с глобальной перестройкой авиационных комплексов, с одной стороны, и широким внедрением в это производство автоматизированных систем , основанных на использовании ЭВМ.

Задача оптимизации информационно-технологических маршрутов поставлена и решена для организационной структуры производства ЗАО "АВИАСТАР-СП"(рис.5) , которая представлена ориентированной сетью (рис.6)

Рис. 6. Графовая модель организационной структуры ЗАО " АВИСТАР-СП"

Разработана общая математическая модель, в которой учтены условия непрерывности маршрута, позволяющие найти маршрут кратчайшей дайны.

Объединяя ограничения и целевую функцию, запишем систему:

**і J**

*г* 1 - для начальной ПС;

T\_,Pki ~/jPij = < 0' для промежуточных ПС;

**k=l**

**І=1 J**

I - для конечной ПС. Ps20

(9)

где *д -* длина пути, а суммирование производится по всем дугам; Pi,- - переменные. Для нашего примера, приведенного на рис. 6, составим систему . Для краткости запись такой системы удобно представить в виде табл. I.

Таблица I

Кратчайший маршрут включает дуги , для которых *%=\.* Такой маршрут показан на рис.7.

Рис.7. Кратчайший маршрут в организационной структуре ПС

Математическая модель распределения потоков в организационно-технической системе производства разработана в рамках сети (рис.6.).

В этой модели составлено уравнение баланса для начальных, транзитных и конечных ПС.

для начальной ПС ***t***

Хм —Ail

( Ю,а)

**j=i**

для транзитных ПС

**р** ***і***

**( Ю.б)**

**j=l**

**k=l**

для конечной ПС **р**

2,, Xkn -Вп

**k=l**

( Ю,в)

Для решения задачи оптимизации потока в сети сформулированы целевые функции и граничные условия. Рассмотрены две постановки задач: 1. Минимизация стоимости

**С** **=** **ХХС«Хч**

mm;

А| — А-,ад,

(И)

где Cij - стоимость транспортировки единицы продукции по дуге; суммирование проводится по всем дугам; Dij - пропускная способность дуги. Такая постановка обеспечивает получение потоков в сети, которые не пое^ьппают по каждой дуге ее пропускной способности, а также минимальную стоимость транспортировки.

2. Максимизация потока

**(12)**

Такая постановка обеспечивает получение максимального потока, стоимость транспортировки которого по всем дугам не превышает заданной СТОИМОСТИ Сзад.

Система без ограничения пропускной способности для первой из задач рассматриваемой организационно-технической структуры (рис.5) представлена табл.2.

Таблица 2

В работе решены задачи для ограниченной пропускной способностью для различных дуг организационной системы производства.

В заключение главы решена задача нахождения критических параметров технологического процесса, т.е. последовательность работ, имеющая наибольшее время завершения процесса. При этом решалась конкретная задача , связанная с ПС контроля и испытаний, которая включала .построение сетевого графика для этой системы на базе исходных данных для системы "ПОИСК" (табл. 3, табл.4)

Таблица 3

Таблица 4

Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5

В работе на основе решения конкретных примеров даны общие постановки задач:

для задания сетевого графика

(Tj - Т,) - Дц = tj ; (13)

для задач оптимизации F, =Tn —>min;]

1\*1 -^1 зада J

(15)

F2 =Т, ->max; Т <-Т

1 п - *l* п з ада

Первая постановка (14) обеспечивает решение задачи оптимизации.т.е. нахождение всех времен наступления событий и значений резервов при условии скорейшего завершения всех работ, когда начало работ начинается раньше заданного момента времени.

Вторая постановка (15) находит самое позднее начало работ и значения всех искомых величин, обеспечивающих завершение всех работ не позже заданного срока. На практике встречаются обе постановки.

*В пятой главе* рассмотрены вопросы организации гибких производственных: систем сборки, монтажа и контроля систем самолета. Рассмотрены общие вопросы построения производственной системы, а также на базе комплекса задач гибкого автоматизированного производства ЭТО ЛА разработана; функциональная схема гибкой автоматизированной технологической системы производства ЭТО ЛА, включающая подсистемы системы информации (информационную среду ГПС ЭТО ЛА, подсистему моделирования ЭТО ЛА, подсистему моделирования технологических процессов монтажа, подсистему проектирования программ контроля и испытаний ЭТО ЛА, программное обеспечение интегрированных систем автоматизированного контроля), комплекс технических средств (автоматизированные рабочие места электромонтажников и участки изготовления ЭТО ЛА, гибкую производственную систему контроля и испытаний ЭТО ЛА. Отмечены

основные составляющие экономической эффективности систем сборки и монтажа.