

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи

ПОДДУБНЫЙ ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ПУТЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР
И ПРОЦЕССОВ**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Ковалев Михаил Анатольевич,
доктор технических наук, доцент

Самара – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ.....12	
1.1 Практика формирования инфраструктуры авиатранспортных систем.....	14
1.2 Проблемы формирования инфраструктуры авиационной транспортной системы гражданской авиации в России.....	17
1.3 Исследование практики создания современных структур обслуживающих производств авиакомпаний в России.....	20
1.3.1 Сложности формирования инфраструктуры технического обслуживания на примере авиационного технического центра авиакомпаний «Уральские Авиалинии»	21
1.4 Исследование теории построения современных структур.....	25
1.5 Реализация экспертного метода, основанного на использовании норм и стандартов ИКАО и законодательно-правовой базы авиационных администраций суверенных государств.....	29
1.6 Выводы по первой главе, цели и задачи диссертационной работы.....	31
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ ЧАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ИСХОДЯ ИЗ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СИНТЕЗА ОБРАЗОВ	
2.1 Постановка задачи синтеза организационно-технической структуры авиационного технического центра.....	38
2.2 Применение экспертного метода при построении организационной структуры обслуживающего производства авиакомпании.....	40

2.3 Разработка теоретико-множественной модели организационной структуры подразделений технического обслуживания воздушных судов.....	46
2.3.1 Персонал с позиции теоретико-множественного представления....	47
2.3.2 Теоретико-множественное представление инструмента и оборудования.....	50
2.3.3 Информационное и документарное обеспечение технического обслуживания.....	51
2.3.4 Помещения и производственные сооружения.....	53
2.3.5 Теоретико-множественная модель департамента технического обслуживания АТЦ.....	54
2.3.6 Идеальная теоретико-множественная модель департамента технического обслуживания авиационного технического центра.....	56
2.4 Теоретико-множественная модель организационной структуры подразделений поддержания летной годности ВС, бюджетного планирования и материальной поддержки, управления качеством и безопасностью полетов.....	56
2.5 Обобщенная теоретико-множественная модель организационной структуры авиационного технического центра	60
2.6 Иерархичность и подчиненность в организационной структуре	60
2.7 Выводы по второй главе.....	67
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ - ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ОБРАЗА	69
3.1 Формирование образа состояния воздушного судна, как объекта системы технического обслуживания в структуре обслуживающего производства воздушных судов.....	71
3.2 Создание описательного языка функциональной модели производственной структуры технического обслуживания.....	82

3.3 Описание процессов в организационной структуре цеха оперативного технического обслуживания авиационного технического центра.....	87
3.3.1 Разделение функций при организации работ в структуре цеха оперативного технического обслуживания авиационного технического центра.....	89
3.3.2 Описание типовой технологической операции, создание образующих, конфигураций и изображений оперативного технического обслуживания.....	92
3.4 Деформации изображений функциональной структуры технического обслуживания, формирование репертуара движений.....	98
3.4.1 Влияние оценки состояния элементов воздушного судна на формирование образа технического обслуживания.....	99
3.4.2 Влияние различных факторов на свойства образующих конфигураций технического обслуживания.....	102
3.5 Построение функциональной структуры технического обслуживания.....	102
3.5.1 Влияние оценивания комплекса технических и производственных оценок на построение оптимального образа репертуара движений при формировании структуры технического обслуживания.....	105
3.5.2 Построение рациональной модели функциональной структуры технического обслуживания (на примере технического обслуживания шасси).....	107
3.6 Выводы по третьей главе.....	112
ГЛАВА 4 ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ АВИАЦИОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА «УРАЛЬСКИЕ АВИАЛИНИИ»	115
4.1 Анализ и выбор экспертной основы для построения структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии».....	117

4.2 Применение методов теоретико-множественного моделирования при построении организационной структуры технического обслуживания самолетов в авиационном техническом центре.....	119
4.2.1 Создание идеального образа технического обслуживания воздушных судов авиакомпании «Уральские Авиалинии»	120
4.2.2 Создание реального образа обслуживающего производства воздушных судов авиакомпании «Уральские Авиалинии».....	124
4.3 Применение методов функционального моделирования при построении структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии»	131
4.3.1 Создание функционального образа технического обслуживания воздушного судна.....	132
4.3.2 Формирование функциональной структуры технического обслуживания на участке и в смене оперативного обслуживания.....	137
4.4 Создание реальной функциональной структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии»	145
4.5 Совершенствование процессов технического обслуживания.....	149
4.5.1 Совершенствование процессов оперативного технического обслуживания.....	149
4.5.2 Совершенствование процессов периодического технического обслуживания.....	151
4.5.3 Развитие цехов обслуживания компонентов ВС.....	155
4.6 Экономическая эффективность реализации подхода предложенных методов моделирования.....	157
4.7 Выводы по четвертой главе.....	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Постсоветский кризис авиатранспортной системы в России затронул все предприятия гражданской авиации: аэропорты, авиакомпании, технические базы. Резкий переход от государственной плановой экономики к рыночной, где звенья единой системы стали самостоятельными и конкурирующими, поставил многие вновь сформировавшиеся авиационные предприятия на грань выживания. Авиапредприятия были вынуждены экстренно реорганизовывать систему взаимоотношений и внутренние процессы: создавать индивидуальную систему поддержания летной годности, выстраивать взаимодействие с заводами и разработчиками ВС на иных принципах. Замена советских ВС в российских авиакомпаниях на более современные экономичные самолеты зарубежного производства привела к необходимости полной перестройки системы технического послепродажного обслуживания. Воздушное судно создается и сертифицируется в определенной законодательной среде, которая покрывает все аспекты его поддержания летной годности (далее ПЛГ) и эксплуатации. Советская система ПЛГ совершенно не подходила для освоения иностранных ВС: база знаний в виде регламентов, руководств и наставлений не отвечала требованиям законодательств иностранных государств. Возникла необходимость реорганизации обслуживающих производств (далее ОП) авиакомпаний. Ситуацию усугубляло отсутствие экспертов в построении новых сложных структур по техническому обслуживанию (далее ТО): на этапе перестройки все специалисты в России имели опыт работы только в советской системе ПЛГ.

Сложность построения авиационных организаций по ТО заключается в том, что каждая организация по ТОиР выполняет множество специфических задач (непосредственно ТО, его планирование и информационное

обеспечение, материально-техническое снабжение, обеспечение качества) и имеет свои характерные особенности и возможности: различное количество и разные типы обслуживаемых ВС, разделение объема работ на собственный и субподрядный, доступ к финансовым, кадровым и другим ресурсам, разные подходы к администрированию и многое другое. Отсутствие опыта и алгоритмов создания структуры современного предприятия в постперестроечных условиях побуждало руководителей использовать шаблоны наиболее работоспособных производств, как правило, иностранных, а также действовать методом проб и ошибок, что часто приводило к значительным финансовым потерям.

В сложившихся условиях для построения рациональной структуры организации ОП авиакомпании весьма актуальной является задача создания методологии построения универсальной модели, лежащей в основе множества специфических задач послепродажного обслуживания.

Степень разработанности

Анализ существующих работ показывает весьма слабое внимание к теоретической базе построения современных организационных структур ОП ВС и взаимосвязей с внутренними процессами. Основным направлением научной деятельности является совершенствование технологических процессов при ТО и средств диагностики, улучшение эксплуатационных характеристик АТ, как это сделали Далецкий С.В., Ицкович А.А., Чинючин Ю.М., Журавлев В.И., Иванов В.С., Курило В.М.

Сегодня наиболее широко исследованы организационные производственные структуры промышленных машиностроительных предприятий, где целью является производство и серийный выпуск промышленной продукции определенного назначения. Фундаментальными исследованиями в области построения организационных структур, производственных процессов и их качества занимались такие ученые, как Иванов Д.Ю., Засканов В.Г., Гришанов Г.М., Васин С.А., Фатхутдинов Р.А.,

Васильев В.А., Бойцов Б.В., Гличев А.В., Исикава К., Лapidусс В.А., Бойцов В.В., Макэлрой Дж. и др. Несмотря на схожесть характера производственной деятельности очень важным отличием в производственной деятельности ОП ВС от промышленных предприятий является стохастичность состояний систем и элементов воздушных судов при обслуживании, что накладывает элемент непредсказуемости в планирование технологических процессов при выполнении основного вида деятельности – ТО ВС.

Таким образом, существующие эвристические методы моделирования, используемые сегодня в построении структур ОП не дают желаемого результата ввиду специфики выполнения ТО ВС по сравнению с другими видами производственных структур и являются недостаточными, и потому разработка методов моделирования организации ТО является актуальной.

Цели и задачи

Учитывая актуальность существующей проблемы, в данном диссертационном исследовании автор разрабатывает метод моделирования организационной структуры ОП современной авиакомпании. Цель работы: повышение эффективности организации послепродажного обслуживания авиационной техники на примере организации ТО ВС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести исследование состояние теории и практики методов моделирования операционного комплекса обслуживающих производств;
2. разработать метод синтеза структурной части организации технического обслуживания исходя из основных положений синтеза образов;
3. разработать метод синтеза функциональной части организации пространственно-временного образа;
4. внедрение результатов теоретических исследований на примере авиационного технического центра авиакомпании «Уральские Авиалинии».

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в создании новых методов структурного и функционального моделирования организационных структур ОП АТ:

- Впервые предложен метод синтеза организации как комплекса взаимосвязанных элементов, обладающих набором заданных характеристик и выраженных в виде булевых функций, в рамках теоретико-множественной модели. Разработанный метод создания формальной математической модели системной организации ТО позволяет определить необходимый состав структуры ОП из условия выполнения полного комплекса задач по поддержанию ВС в состоянии летной годности.

- Разработан метод функционального моделирования организации ТО АТ, отличающийся тем, что впервые процессы ТО выражены в виде пространственно-временных конфигураций движения. С помощью метода порождающих грамматик Н. Хомского описаны действия обслуживающего персонала при ТО АТ и построение образов движения при реализации технологических процессов, планировании времени работ, количества персонала, материалов и необходимого инструмента, и оборудования, что служит инструментом для создания программ планирования и управления ресурсами в ОП при организации послепродажного обслуживания - ТО.

Методы позволяют получить изображение структуры ОП ВС на основе имеющихся исходных данных о ресурсах (человеческих, финансовых, материальных) и существующих ограничениях (экономических и законодательных).

Модели организации, полученные на основе данных о существующей структуре, можно исследовать и получать желаемые результаты (состав структуры, объем аутсорсинга, объемы производства, прибыль предприятия) и, таким образом, влиять на те или иные составляющие (количество специалистов, их квалификация, потребность в экспертных системах и

современном оборудовании, количество дополнительного инвестирования) в целях выявления возможностей для ее совершенствования.

Достоинства полученных методов заключаются в том, что, в отличие от используемого сегодня эвристического подхода, они обеспечивают высокую точность результатов, не требуют затрат ресурсов и вследствие универсальности могут использоваться для исследования организации и процессов ТО ВС.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, научных положений, выводов и практических рекомендаций подтверждается строгим теоретическим обоснованием и корректным применением разработанных методов в практике построения рациональной организационной структуры, а также при оптимизации процессов в ходе формирования рабочей структуры АТЦ авиакомпания «Уральские Авиалинии».

Теоретическая и практическая значимость работы:

- 1) разработанные методы позволяют построить структуру обслуживающего производства авиакомпании в соответствии с требованиями EASA и ФАВТ Минтранса России;
- 2) метод синтеза и анализа структурной части организационной системы позволяет определить состав структуры ОП АТ;
- 3) математический аппарат моделирования ТО АТ позволяет определять необходимое количество ресурсов для выполнения заявленного объема работ и осуществлять планирование деятельности авиационного технического центра (АТЦ);
- 4) Разработанный метод пространственно-временной формирования структуры организации обслуживающего производства позволяет осуществить выбор оптимального состава структуры организации по ТО и ее наполнения в зависимости от потребностей авиакомпании и вводных данных об имеющейся инфраструктуре (цехах, офисах, инструменте,

оборудовании) и необходимом авиационном персонале, а также проводить их анализ без финансовых затрат, т.е. до создания реального производства.

Методология и методы исследования. Решение задач диссертационной работы осуществлялось на основе теории образов, системного анализа, теории систем, теории множеств, метода порождающей грамматики Н. Хомского, теории графов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование применения законодательно–нормативной базы государственных авиационных администраций как основы для применения экспертного метода при моделировании сложных систем технического обслуживания.
2. Метода теоретико-множественного моделирования в рамках точного формализма для определения необходимого состава структуры организации ОП ТО ВС.
3. Применение метода пространственно-временного моделирования, основанного на методе порождающих грамматик Н. Хомского, при создании функциональной составляющей структуры ТО ВС авиакомпании для создания инструмента программирования планирования и управления ресурсами при организации ТО.
4. Метод моделирования при создании реальной структуры обслуживающего производства на примере АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии»».

Внедрение результатов. Разработанные методы и модели нашли практическое применение при модернизации и оптимизации организационной структуры АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии».

Глава 1. Состояние теории и практики методов моделирования операционного комплекса обслуживающих производств

В данной главе рассматриваются вопросы теории и практики формирования инфраструктуры российских авиатранспортных систем в советский и постсоветский периоды. Изучены вопросы преобразования и адаптации инфраструктуры в условиях перестройки нормативной базы и освоения эксплуатации авиатехники иностранного производства. Выявлены основные проблемы современного построения производственных структур ОП авиационной техники на современном рынке авиатранспортных услуг в России, сформировавшемся после разделения советского «Аэрофлота», и проблемы в построении инфраструктур АТС. На основе проведенного анализа и выявленных научно-технических проблем были сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Главные факторы современной организации и перспективного развития существующей структуры инженерно-авиационного обеспечения в составе авиационной транспортной системы, выявленные в результате ее системного анализа.

Система технической эксплуатации (СТЭ) представляет собой упорядоченную совокупность норм и правил ТЭ в сочетании с организационными, производственными и функциональными структурами, комплексом мер и решений, обеспечивающими их выполнение. Составной частью СТЭ конкретной АТ являются предусмотренные для данного типа авиационной техники:

- инженерно-технический персонал;
- наземные сооружения, ангары, производственные здания;
- техническое оборудование, средства наземного обслуживания;
- материальные ресурсы, имущество.

Основная цель системы ТЭ:

- обеспечение и выполнение задаваемых ЭД требований, технических условий и гарантий безопасного использования АТ по назначению;

- сохранение летно-технических характеристик ВС на протяжении установленных ресурсов и сроков службы в пределах, задаваемых нормативными документами [1].

Подразделения структур ВТ, организующие и обеспечивающие ТЭ авиационной техники (в рамках отдельного авиапредприятия или их любой юридически определенной ассоциации), представляют собой антропотехнический организационно и функционально связанный комплекс с четко выраженной ориентацией деятельности. Обобщенно указанный комплекс именуется **инженерно-авиационной службой (ИАС)**, а его деятельность - инженерно-авиационным обеспечением полетов.

Структура ИАС, распределение функций и ответственности между подразделениями и работниками ИАС, полномочия и механизмы координации и контроля всех видов участия в технической эксплуатации АТ определяются авиапредприятием [1].

Авиационная техническая база (АТБ) в советский период являлась основным в ИАС организационно обособленным комплексом производственных и функциональных структур авиапредприятия, осуществляющим инженерно-авиационное обеспечение полетов [1,10,11,18,65].

Авиационный технический центр (АТЦ) является технической организацией, частью авиатранспортной системы, ответственной за поддержание воздушных судов авиакомпаний в исправном состоянии в рамках требований, заявленных авиакомпаниями и авиационной администрацией.

Летная годность:

1) характеристика самолета, определяемая принципами, предусмотренными и реализованными в его конструкции и летных качествах,

позволяющая совершать безопасный полет в заданных условиях и при установленных методах эксплуатации [2-4];

2) соответствие воздушного судна требованиям, предъявляемым к безопасности полета, которые определяются по результатам государственных, заводских и эксплуатационных испытаний и оформляются путем сертификации судна согласно нормам летной годности по требованиям сертификации FAA [5-7].

Существуют два состояния, которым должен удовлетворять летательный аппарат, чтобы считаться находящимся в «летной годности».

1) Летательный аппарат должен соответствовать сертификату типа. Соответствие сертификату типа считается достигнутым в том случае, когда конфигурация ЛА и установленные компоненты согласуются с чертежами, спецификациями и другими данными, являющимися неотъемлемой частью сертификата типа, который включает дополнительные сертификаты типа (сертификаты типа с изменениями, разрешенными авиационными администрациями стран регистрации) или другие одобренные изменения.

2) Летательный аппарат должен находиться в состоянии, удовлетворяющем условиям безопасного полета. Это относится к состоянию летательного аппарата, касающемуся износа и повреждений, к примеру, коррозии обшивки, расслоения окон или их трещин, течей жидкостей, износа колес и т.д. Если одно из условий не удовлетворено, летательный аппарат считается «не в летной годности».

1.1 Практика формирования инфраструктуры авиатранспортных систем

АТС – это сложная полиэргатическая система [8,9,12], состоящая из различного числа технических устройств, множества людей и окружающей среды. Она является совокупностью подсистем взаимодействующих наземных

средств по подготовке и обеспечению полетов, личного состава, занятого эксплуатацией и ремонтом ВС и наземных средств, и системы управления процессом эксплуатации [13]. Функционирование АТС обеспечивается взаимодействием ряда самостоятельных подсистем [14]: воздушного судна (ВС), экипажа, управления воздушным движением (УВД), системы летной эксплуатации, технической эксплуатации, аэродромной эксплуатации, - каждая из которых может рассматриваться как самостоятельная система. Элементы АТС являются относительно самостоятельными структурными единицами со специфическими функциями, при этом все элементы участвуют во внутреннем и внешнем взаимодействии. Таким образом, в самом общем плане авиатранспортная система России является регулярной организационной структурой (рисунок 1.1). АТС выполняет функции подготовки, обеспечения и выполнения полета. Исходя из структуры АТС в процессе эксплуатации выделяют три вида управления деятельностью элементов АТС.



Рисунок 1.1 - Структура авиационной транспортной системы в России

Во-первых, регламентирующее – управление высшего уровня, осуществляемое через руководящие документы, наставления, приказы и т.д. Примером советских регламентирующих документов являются НПП ГА-85 (Наставление по производству полетов в гражданской авиации), НТЭРАТ ГА – 83/93 (Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации) [15,1]; в России – Воздушный кодекс [16], ФАП – федеральные авиационные правила [17-19]; в Европе – это требования Еврокомиссии, выраженные в правилах EASA к обеспечению ТО (EASA Part-145) [20], полетов (OPS); в США – федеральные авиационные правила (FAA) [3].

Во-вторых, организационное – управление производственной деятельностью, осуществляемое на уровне предприятий. К примеру, в авиакомпании должен быть создан и утвержден свод внутренних нормативных документов – Руководство по производственной деятельности, Руководство по обеспечению качества, Руководство по организации полетов и другие. В организации по техническому обслуживанию и ремонту АТ – руководство по организации технического обслуживания (РОТО или его европейские аналоги МСМ или МОЕ). Каждое авиапредприятие гражданской авиации создает свою базу внутренних нормативных документов, основанную на регламентирующих требованиях авиатранспортных систем стран, в которых эти авиапредприятия зарегистрированы. Иными словами, структура АТС от верхней ступени до каждого подразделения в структурах авиапредприятий создает структуру нормативных документов и каждая из этих структур уникальна.

В-третьих, управление полетом, осуществляемое экипажем (прямое) и диспетчерским составом УВД (опосредованное).

Внешняя среда является внесистемным фактором, имеющим переменные во времени и пространстве (состояние воздуха, температуру, влажность и т.д.). С позиции системного анализа [21,22] можно назвать общие для всех служб

факторы, определяющие эффективность их функционирования: уровень технической оснащенности службы, уровень организации работ и их обеспечение, функциональную эффективность технических средств, надежность технических средств, профессиональный уровень специалистов служб, уровень дисциплины специалистов, уровень качества функционирования каждой службы и всей системы в целом.

Функциональные связи и особенности взаимодействия различных служб определяются спецификой их работы. Применительно к каждой службе могут быть определены присущие именно ей факторы.

Современная авиакомпания выполняет перевозки пассажиров и грузов и, являясь частью авиационной транспортной подсистемы государства, также представляет собой комплекс, включающий в себя три основные подсистемы: систему летной эксплуатации, систему технической эксплуатации и коммерческой эксплуатации воздушных судов. С системами обеспечения (УВД, аэропорты), с техническими организациями и центрами авиакомпания взаимодействует на договорной коммерческой основе, регулируемой государством. Помимо трех основных систем в структуре авиакомпании функционируют вспомогательные службы и подразделения.

Организации по техническому обслуживанию и ремонту относятся к ОП, так как обеспечивают деятельность основного производства путем поддержания ВС в исправном состоянии. Структуры организаций по техническому обслуживанию имеют индивидуальные особенности, и будут рассмотрены ниже.

1.2 Проблемы формирования инфраструктуры авиационной транспортной системы гражданской авиации в России

В истории формирования инфраструктуры АТС в России выделяют два этапа:

- 1) зарождение и становление советской АТС в СССР;
- 2) преобразование структуры советской АТС в российскую в постсоветское время.

На первом этапе (20-90 гг. XX века) активно развивалось отечественное самолетостроение и двигателестроение, проводились испытания и освоение отечественной авиационной техники (АТ), расширялись маршрутные сети, увеличивался объем перевозок пассажиров и грузов. Особенностью советской АТС являлось ее подчинение плановой экономике Советского Союза - гражданская авиация СССР была государственной централизованно управляемой системой с государственным финансированием, в которой авиационные предприятия являлись элементами единой связанной структуры во главе с Министерством Гражданской Авиации. Задачи МГА были подчинены планам развития народного хозяйства СССР, поэтому в вопросах эффективности работы АТС ГА приоритетными считались показатели безопасности полетов и объемов перевозок пассажиров и грузов. Технические характеристики ВС советского периода и главный принцип «доступности авиаперевозок для населения» находились вне зависимости от их рентабельности, и вопрос экономической эффективности гражданской авиации в целом и каждого авиапредприятия в отдельности не поднимался. К 90-м годам XX века единственная авиакомпания Советского Союза «Аэрофлот» была самой крупной в мире. Управление высшего уровня - регламентирующее - исходило от МГА и касалось каждого элемента АТС СССР без исключения. Все организационное управление было связано с единым советским регламентирующим управлением, так как, по сути, было частью его [23].

Второй этап связан с распадом СССР на несколько независимых государств. АТС перестала быть единой связанной структурой, «Аэрофлот» был разделен на сотни небольших авиапредприятий с различной формой собственности, не имеющих государственной финансовой поддержки.

Нерентабельные авиакомпании и аэропорты вынуждены были прекратить свое существование. Авиационная отрасль вошла в глубокий кризис. Требовался новый подход к построению АТС в условиях рынка. В это время с целью сокращения расходов на эксплуатацию ВС авиакомпании стали отказываться от отечественных самолетов и вертолетов, началось освоение более современных экономичных ВС западного производства, которое, однако, породило сложную проблему, связанную с различиями в подходе к построению в АТС подсистемы «ЧЕЛОВЕК – ВС» в СССР и за рубежом. Зарубежные разработчики стремились максимально снизить влияние человеческого фактора не только на управление ВС в полете, но и в системе технического обслуживания и ремонта АТ, для чего были внедрены новейшие разработки искусственного интеллекта в управление ВС – совершенные автопилоты, системы навигации, автоматического взлета и захода на посадку, системы реагирования на проявление отказов в полете без активного участия пилотов, выполняющих в большей степени функции операторов; и в систему технического обслуживания – разработаны детальные пошаговые технологии ТО, поиска и устранения дефектов – были созданы алгоритмы; большая часть планирования производственных процессов, ресурсов, в том числе и человеческих, процессы обеспечения логистикой материалов и запчастей компьютеризирована. В советской АТС принятие любых решений было за человеком как в управлении ВС, так и в создании и реализации технологий ТО в обслуживающем производстве, алгоритмы планирования ТО, поиска и устранения дефектов создавались инженерами, компьютеры практически не использовались.

Авиакомпании, организации по ТО и аэропорты были вынуждены включаться в систему рыночных отношений. Преемник МГА Министерство Транспорта РФ было не готово к созданию новой структуры АТС и ее регламентированию, несмотря на множество принятых нормативно-правовых актов [17-19, 24-27,63,65]. Управление высшего уровня осталось советским,

сохранив за собой только функции надзора, в то время как авиапредприятия, лишившись ресурсной и финансовой поддержки государства, перестали быть его частью. Это означало, что возникла необходимость в создании новых производственных структур авиапредприятий в рамках рыночной экономики. Однако на начальном этапе отсутствовали методики и опыт построения структур подобного рода.

1.3 Исследование практики создания современных структур обслуживающих производств авиакомпаний в России

В современной России авиационный парк подавляющего большинства авиакомпаний состоит из иностранных ВС. Так как авиакомпании являются основными заказчиками услуг по поддержанию летной годности ВС в организациях по ТОиР, то организация эксплуатации и производства ТО иностранных ВС в условиях становления рыночной экономики стала первоочередной задачей.

Ввод в эксплуатацию иностранных ВС в российских компаниях породил множество проблем. Эксплуатация ВС в регистре иностранного государства повлекла за собой необходимость выполнения законов этого государства в области ГА и удовлетворения требований, касающихся эксплуатации ВС, как это предусмотрено межгосударственными правовыми соглашениями - Приложение ИКАО 83bis [28].

Дорогостоящим и сложным стало решение вопроса организации процессов ПЛГ и ТОиР в соответствии с новыми требованиями в условиях отсутствия государственной поддержки, создания нового превентивного подхода к поддержанию высокого качества ТО, расчета и создания оптимальных производственных мощностей на базе советской инфраструктуры. Были возможны два пути: реформирование советской производственной структуры либо создание новой.

Для решения этой задачи принимается наиболее распространенный в российских организациях по ТО путь опытного построения, реализации системы на основе уже существующих примеров с использованием примененного постороннего опыта, как правило, зарубежного.

Данный путь оказался очень затратным с точки зрения использования финансов и различных ресурсов ввиду того, что в процессе построения в систему вносятся не только нужные и эффективные звенья, но и другие балластные элементы, попадающие в нее без учета применимости в реализуемых условиях. По такому пути шли Аэрофлот, S7 airlines, Ural Airlines, WIM Avia, Air Union. Ввиду значительных экономических потерь часть компаний прекратила свое существование. Повышенной сложностью отличается процесс адаптации или копирования функциональных связей. Балластные элементы влекут за собой различные потери: чужие неучтенные ошибки переносятся механически, путем копирования чужого шаблона. Исправление этих ошибок и последующая оптимизация также требуют затрат, порой даже больших, чем изначальная реализация всей системы. Именно в силу указанных выше причин структуры многих авиапредприятий и ОП часто имеют громоздкий вид и представляют собой не упорядоченные системы, а набор структурных элементов, между которыми не установлены необходимые связи и функциональное назначение которых понимается не в полном объеме, что, конечно, приводит к излишней бюрократизации и неконтролируемым финансовым потерям.

1.3.1 Сложности формирования инфраструктуры технического обслуживания на примере авиационного технического центра авиакомпании «Уральские Авиалинии»

Авиакомпания «Уральские Авиалинии» сформировалась как общество с ограниченной ответственностью (ОАО) в декабре 1993 года. Поскольку авиакомпания создавалась на базе бывшего первого Свердловского

Объединенного Авиаотряда, то к началу своей деятельности в качестве ОАО авиакомпания имела летный отряд, авиационную техническую базу, службы коммерческого директора и финансового директора, эксплуатировала ВС отечественного производства ИЛ-86, Ту-154, Ан-12, Ан-26, Ан-24 и специализировалась на коммерческой перевозке пассажиров и грузов.

В 2006 году авиакомпания «Уральские Авиалинии» начала освоение ВС семейства А320. Воздушные суда были взяты в лизинг и зарегистрированы на Бермудских островах. Как уже сказано выше, регистрация в иностранном регистре была и является до сих пор одним из требований лизингодателей ВС для эксплуатации арендованного ВС в российской компании на территории России.

Таким образом, авиакомпания «Уральские Авиалинии», соответственно и все ее подразделения, включая АТБ, столкнулись с проблемами, описанными выше.

В первую очередь необходимо было создать подструктуру, ответственную за выполнение процедур летной годности. В советской АТБ не существовало структуры, непосредственно отвечающей за поддержание летной годности, а понятие «инжиниринг» отсутствовало в нормативных документах советской гражданской авиации.

Подготовка к сертификации АТБ по требованиям EASA Part145 потребовала значительных изменений в структуре. Формализация структуры ТО в авиакомпании на начальном этапе освоения иностранных ВС оказалась очень болезненным процессом, связанным с ломких советских стереотипов (с отказом от принятых десятилетиями форм технической и технологической документации, от подходов к формированию рабочих бригад, смен и цехов, от принципов планирования работ) и с необходимостью поиска новых подходов к производственному планированию. Поскольку процессы подготовки и сертификации инженерно-технического персонала в СССР [26,27] и в капиталистических странах [20] существенно различались, то в

подразделениях ТО ВС встал вопрос о количественном и профессиональном составе рабочих бригад, смен и цехов, а также о формировании должностных обязанностей и функций внутри коллективов. Необходимо было решить задачу реформирования структурных подразделений в соответствии с новыми требованиями к авиационному персоналу. Принципиально иной способ создания системы качества предполагал акцентирование на предиктивной работе с возможными рисками в виде плановых аудитов и постоянным устранением выявленных замечаний и недостатков вместо привычного регулярного контроля качества уже выполненной работы и репрессивного метода воспитания виновных.

Для разделения функций планирования флота авиакомпании, которое учитывало бы отходы ВС на работы по ТО и коммерческое расписание полетов, и производственного планирования ТО в цехах АТБ (АТЦ) и на линейных станциях на базе АТЦ были созданы два независимых подразделения планирования. В ПДО сосредоточились функции производственного планирования процессов непосредственно ТО и технологические взаимосвязи внутри инженерного подразделения авиакомпании. Планированием рейсов, отслеживанием наработки, согласованием простоев на ТО и другими задачами программы ТО занимался новый плановый отдел, входящий в структуру подразделения ПЛГ и тесно связанный с коммерческим и летным подразделениями авиакомпании.

В 2009 году был создан инжиниринг АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии» (ДПЛГ), на который был возложен ряд не существующих ранее задач. В число основных вошли:

- отслеживание авиационных директив и сервисных бюллетеней, выпускаемых разработчиками ВС, авиационными администрациями стран регистрации ВС, EASA, FAA, проверка их применимости к каждому самолету парка ВС авиакомпании и обеспечение организации выполнения применимых (ср.: советские АТБ получали все бюллетени от разработчика ВС и все они без

исключения распространялись на весь парк ВС конкретного типа и были обязательны к исполнению);

- разработка программы ТО парка ВС авиакомпании на основании базовой программы ТО разработчика ВС должна осуществляться с учетом всех эксплуатационных особенностей, предоставленных производителями АТ, а также ограничений, накладываемых самой авиакомпанией, исходя из опыта эксплуатации ВС (ср.: регламент ТОиР советских ВС разрабатывался исключительно разработчиком ВС распространялся на все ВС конкретного типа во всех авиаотрядах и АТБ);

- разработка Каталога отложенных дефектов авиакомпании (MEL) на основании предоставленного разработчиком ВС Базового Каталога отложенных дефектов (MMEL – Master Minimum Equipment List) для парка ВС авиакомпании с учетом «разносортницы» установленного авиационного оборудования, особенностей эксплуатации, регионов эксплуатации и даже опыта пилотов (ср.: для советских ВС подобный документ в полном смысле отсутствовал).

На начальном этапе было неизвестно, как все вышеописанные задачи должны были выполняться, как выглядит структура, как ее связать со структурой, действующей советской АТБ, и нужно ли связывать существующую структуру и вновь создаваемую, какие связи должны быть в этом случае. Задача реструктуризации была слабо формализована. Сложно было отойти от советского стереотипа производственной структуры АТБ. Для многих ветеранов - работников советского аэрофлота оказалось невозможным психологически принять нововведения, связанные с реструктуризацией советской АТБ, и ответственность за решение ряда новых вопросов по ПЛГ. Не справившись с новыми задачами и не сумев освоить необходимый для работы английский язык, многие вынуждены были уволиться. В период с 2006 по 2009 года состав АТБ АК «Уральские Авиалинии» сократился на 40%. Организацию реструктуризации пришлось проводить на базе существующей

инфраструктуры, и проблемы создания новых элементов структуры и функциональных связей между ними, как видно, возникли во всех направлениях деятельности создаваемого АТЦ.

1.4 Исследование теории построения современных структур

Изучение исследований в области методологии построения организационных структур, а также анализ имеющихся моделей показывают, что теоретическая база проблемы построения современных организационных структур ОП авиационных предприятий и взаимосвязей с внутренними процессами мало проработана и что в отечественных и зарубежных научных трудах она получила весьма слабое освещение. Основными направлениями научной деятельности в советское время, разработкой которых занимался НИИ ЭРАТ ГА МГА СССР (Научно-исследовательский институт эксплуатации и ремонта в ГА) были:

- повышение качества и эффективности в решении проблем безопасности и регулярности полетов самолетов и вертолетов;
- решение вопросов надежности, ресурса и срока службы самолетов, вертолетов и отдельных агрегатов;
- решение проблем эксплуатационно-ремонтной технологичности, качества и экономичности технического обслуживания и ремонта авиатехники гражданской авиации;
- акты государственных испытаний;
- инструкции, регламенты, методики, технические условия.

Структурирование инженерно-авиационных служб производилось строго в соответствии с НТЭРАТ ГА на протяжении многих десятков лет, и каких-либо изменений, как и в структуре аппарата МГА СССР, не предвиделось.

В постсоветский период основным направлением исследований также осталось совершенствование технологических процессов при ТО и средств

диагностики, улучшение эксплуатационных характеристик АТ. В научных трудах профессора С.В. Далецкого описывается структура режимов ТО, основанных на видах (формах) ТО, их периодичности, совершенствование стратегии ТО в привязке к свойствам ВС без конкретизации структуры предприятий, в которых осуществляется выполнение работ по ПЛГ и ТО [1,16]. Автор делает упор на создание оптимальной программы технического обслуживания и ремонта, что, безусловно, ценно с точки зрения поддержания летной годности, однако не дает представления о построении структуры производства.

На базе МИИ ГА (МГТУ ГА) профессор кафедры технической эксплуатации ЛАиД А.А. Ицкович и профессор Ю.М. Чинючин, а также ряд других исследователей занимались разработкой тематики эксплуатационной надежности и эффективности эксплуатации АТ [29-33]. Однако в их трудах проблемы построения структуры, налаживания функциональных связей внутри авиапредприятий, а также влияния структурирования предприятий отрасли на эффективность их работы не затрагиваются.

Сегодня наиболее обстоятельно исследованы организационные производственные структуры промышленных машиностроительных предприятий, где целью является производство и выпуск промышленной продукции определенного назначения [34,35]. Производственные процессы промышленных предприятий строго последовательны, постоянны и, как правило, не изменяются длительное время, поэтому в этой области осуществлять планирование на долгосрочную перспективу достаточно просто. Глубоко разработаны и широко известны методические подходы к созданию организационных структур промышленных предприятий и основания к их применению:

- метод аналогий предполагает использование опыта создания структур в аналогичных предприятиях;

- экспертный метод основывается на изучении предложений экспертов-специалистов;

- метод организационного моделирования позволяет формировать критерии оценки рациональности организационных решений.

Существуют и методы оценки эффективности организационных производственных структур промышленных предприятий. Оценка эффективности производится по уровню реализации заданий, надежности и организованности системы, скорости и оптимальности принимаемых решений. При этом отдельные оценочные параметры можно определить:

- коэффициентом звенности:

$$K_z = O_{z.ф.}/O_{z.o.} \quad (1.1)$$

где $O_{z.ф.}$ – количество звеньев существующей структуры; $O_{z.o.}$ – оптимальное количество звеньев организационной структуры;

- коэффициентом эффективности организационной структуры:

$$K_{\varepsilon} = P_k/\varepsilon_p \quad (1.2)$$

где P_k – конечный результат, полученный от организационной структуры; ε_p – можно определить как отношение экономичности ε_c к эффективности производства $\varepsilon_{п.}$

- коэффициентом эффективности организационной структуры:

$$K_{\varepsilon.p.} = 1 - (Q_z * N_p)(F_{\phi} * E_{\phi}) \quad (1.3)$$

где Q_z – затраты, приходящиеся на одного работника организационной структуры; N_p – численность работников организационной структуры; F_{ϕ} – фондовооруженность одного работающего; E_{ϕ} – фондоотдача (условно чистая продукция, приходящаяся на единицу основных и оборотных фондов).

Несмотря на схожесть характера производственной деятельности и построение основных производственных структурных звеньев (участки, цехи, отделы), существенным отличием в производственной деятельности ОП авиакомпаний от промышленных предприятий является стохастичность состояний систем и элементов ВС при обслуживании, что вносит элемент

непредсказуемости в планирование технологических процессов при выполнении основного вида деятельности – ТО ВС.

Все большее применение в современной практике гражданской авиации находит метод, основанный на моделировании. Под моделированием понимается обязательное действие, представляющее все аспекты целесообразной деятельности, целью которого является создание желаемого образа или модели предполагаемого состояния, на реализацию которого и направлена деятельность [21,67,68].

В теории моделирования разработаны и описаны различные виды моделей: модели состава системы, модели структуры системы, модели взаимосвязей внутри системы. Их применение в крупномасштабных больших системах, какими являются авиапредприятия и ОП, должно основываться на понимании цели и глубине ее проработки. Поэтому применение, к примеру, модели состава системы может оказаться недостаточным, т.к. при детализации скорее всего определить состав (структурные звенья) системы будет можно, однако такая модель картины внутренних взаимоотношений не даст. Без понимания взаимоотношений внутри системы, даже при глубоком уровне детализации, построить структуру, направленную на достижение конкретных целей, сложно. Для более глубокого анализа необходимо применение модели структуры системы, в которой, кроме определения состава системы, существует описание отношений между подсистемами и базовыми элементами. Отдельный важный аспект связан с пониманием свойств подсистем и базовых элементов.

За рубежом построение сложных систем ОП гражданской авиации происходит на основе полученного опыта, прогрессивных исследований в области управления системой ТО и инжиниринга [36-38], а также на основе законодательно-нормативной базы [39,3,20], которая в большей части не регламентирует процедуры ТОиР, а является базой знаний для их создания.

Идеология построения авиационных технических предприятий за рубежом принципиально отличается от советской и постсоветской. В ее основе лежат понятия инжиниринга и ТО техники. Зарубежная методология в построении системы ТО исходит из экономической эффективности комплекса, отвечающего за ПЛГ и ТО. Безопасность полетов имеет не меньшее значение, однако принимается постулат: гармоничное сочетание экономической эффективности и качественно построенное авиационное техническое предприятие в рамках нормативной базы под надзором авиационной администрации само по себе является гарантом высокого уровня безопасности полетов. Таким образом, каждое предприятие строит свою наиболее экономически оптимальную и жизнеспособную для него самого модель предприятия, призванную выполнять строгие, определенные нормами функции [40].

1.5 Реализация экспертного метода, основанного на использовании норм и стандартов ICAO, и законодательно-правовой базы авиационных администраций суверенных государств

Применение экспертного метода для описания и классификации элементов структуры ОП, основанного на использовании норм и стандартов ICAO и законодательно-правовой базы авиационных администраций суверенных государств, оправдывается следующими аргументами.

Построение всей АТС и ее элементов сегодня производится в рамках нормативной и законодательно-правовой базы, созданной и поддерживаемой межгосударственными и государственными регуляторами в области гражданской авиации: ICAO, JAR, FAA, EASA (EASA Part-M, Part-145, Part-66, Part-21), ВDCA, ФАВТ Министерства транспорта РФ (ФАП-285, 246, 128, др).

Современная нормативная и законодательно-правовая база как межгосударственная, так и авиационных администраций отдельных государств, выступает как теоретический базис, создается и совершенствуется на основе исторически накапливаемого наиболее успешного опыта в области эксплуатации ВС, а также на результатах исследований причин авиационных происшествий, получаемых в различных странах мира на протяжении всей истории развития авиации. В ее иерархической структуре (рисунок 1.2). выделяется высший уровень (межгосударственное и государственное регулирование) и нижний уровень (регулирование авиакомпаний, организаций по техническому обслуживанию и ремонту и учебных организаций).

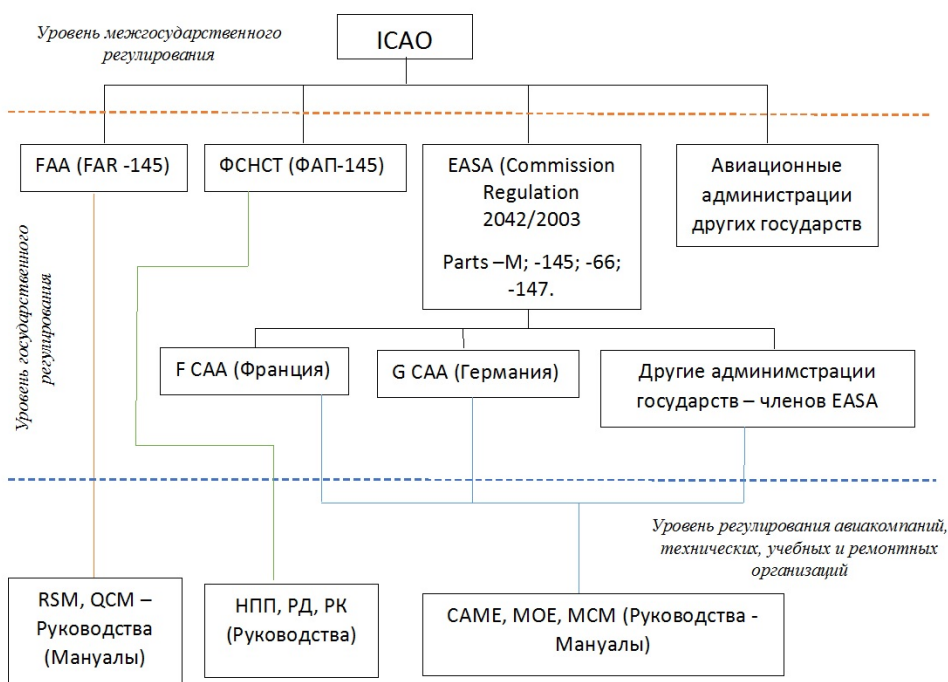


Рисунок 1.2 - Иерархия нормативов и стандартов АТС

Главным межгосударственным органом, разрабатывающим основополагающие рекомендации для всех направлений деятельности гражданской авиации, является ICAO [41]. Администрации гражданской авиации стран-членов ICAO, в которых осуществляется эксплуатация гражданских воздушных судов, обязаны разрабатывать собственные регламентирующие документы – наставления, правила и стандарты на основе

рекомендаций – приложений ИКАО, исполнение которых гарантирует в первую очередь безопасную, а в лучшем случае еще и эффективную эксплуатацию ВС.

Для того чтобы все новые или изменяемые рекомендации были эффективными и практически целесообразными для конечных пользователей – авиационных администраций суверенных государств и эксплуатантов ВС, комиссия ИКАО (АНК) действует через созданные группы экспертов по различным дисциплинам, которым ставятся конкретные задачи из общей программы работы. При выработке технических предложений АНК задействует также экспертные возможности государств и международных организаций [40], где одной из дисциплин является поддержание летной годности. Данная дисциплина представляет собой положение, в котором каждый раздел является мнением экспертов обо всех аспектах ПЛГ, включая ТО ВС. Следовательно, положение ИКАО, а с ним и требования авиационных администраций суверенных государств являются описательной базой – средой, характеризующей весь комплекс ПЛГ, достаточный для безопасной эксплуатации воздушных судов.

Известно, что каждое подразделение организации по ТОиР строится структурно из звеньев, выполняющих конкретные, свойственные ему функции: ТО, выполнение процедур ЛГ, обеспечение качества, управление логистикой и обеспечение материально-технической поддержкой [3,6,20,39,41,42]. Данные функции должны быть четко определены за каждым элементом системы и документально оформлены. Работу структурных подразделений обеспечивают специалисты различной квалификации и профессиональной направленности на конкретных видах АТ. Это значит, что все структурные звенья производства и специалисты, наполняющие их, могут быть представлены как элементы некоторого абстрактного множества, разделенного на классы и подклассы, описанные в определенной реальной среде – описательной базе ИКАО и государственных нормах и правилах, а

также различных руководствах и регламентах, касающихся конкретных видов авиационной техники.

1.6 Выводы по первой главе. Цель и задачи диссертационной работы

Сегодня весьма актуальной является задача поиска методов лежащих в основе множества специфических задач технического обслуживания с целью повышения эффективности организаций технического обслуживания ВС.

Сложность построения авиационных организаций по ТО заключается в том, что каждая организация по ТОиР имеет свои специфические особенности и возможности: различное количество и типы обслуживаемых ВС, разделение объема работ на собственный и субподрядный, доступ к финансовым, трудовым и другим ресурсам, различные подходы к администрированию и многое другое. Отсутствие опыта и моделей построения в сложившихся условиях вынуждает руководителей создавать структуры организаций по ТОиР на основе шаблонов наиболее работоспособных производств, как правило, иностранных, а также методом проб и ошибок, что часто приводит к значительным финансовым потерям. Экспертов в построении новых сложных структур на этапе перестройки не оказалось, так как все специалисты имели опыт работы только в советской системе.

Анализ полученной практики построения производственных структур ОП подводит к тому, что на начальном этапе должно производиться исследование и оценка множества вариантов существующих структур технических организаций в рамках общих требований. Здесь прежде всего необходимо осуществить выбор описательной базы, основанной на экспертных оценках в области ТОиР и ПЛГ, которая сначала позволит решить задачу формирования идеального образа структуры, а затем преобразования его в реальный вид (т.е. учитывающий существующие ограничения). Прогрессивный путь создания современных структур ОП, какими являются авиационные технические базы (АТБ) и авиационные технические центры (АТЦ), связан с использованием

экспертных систем (ЭС), однако экспертных систем в области решения таких глобальных задач, как построение и оптимизация организационных структур элементов АТС, сегодня не существует.

Экспертная система для выполнения функции решения задач должна обладать такими компонентами, как база знаний, модуль рассуждений и блок общения. Помимо указанных выше проблем выбора описательной базы или базы данных, не разработан автоматический модуль рассуждения, который позволит принимать управляющие решения в выборе оптимальной структуры для большого количества конкретных заданных условий [10-9,67]. Существует множество путей выработки управляющих решений, таких как мозговой штурм, синектика, генерирование альтернатив, морфологический анализ и другие [43,21,32,70]. Однако все эти методы не формируют единый алгоритм создания структуры, и в реальной жизни решения принимаются в «ручном режиме» одним человеком - в большинстве случаев руководителем производства.

Автор не исключает создания ЭС для решения задач оптимизации структур ОП в перспективе. Тем не менее, принимая во внимание большой объем необходимых исследований различных факторов, влияющих на работу элементов АТС, включая человеческий фактор, который необходимо учитывать при создании алгоритмов принятия решений, можно сказать, что задача создания ЭС в значительной степени выходит за рамки данной диссертационной работы.

Очевидно, что комплекс вопросов, решаемых в АТЦ, огромен и не может быть реализован одним человеком. Для решения данного комплекса существует структура авиационного технического центра, заданная множеством систем X , описанных выше, и наполненная людьми, документами, содержащими внутренние процедуры и технологии работы с техникой, инструментом, оборудованием, помещениями, ангарами и цехами.

Обобщенная задача построения организационных структур и производственных процессов ТО может быть представлена следующим образом.

Дано множество объектов ТО и процессов их реализации X , которые не в полном объеме удовлетворяют существующим требованиям авиационной администрации либо требуют модернизации в изменяющихся условиях, таких как наращивание производства, изменение парка ВС, сокращение ресурсных затрат.

Необходимо создать организационную структуру и производственные процессы x , удовлетворяющие критериям $K(x)$ и реализующиеся в требованиях: минимальные материальные и финансовые затраты, ограниченные временные сроки выполнения всех видов работ по ТО в рамках запланированного расписания движения ВС при сохранении обеспечения высокого качества их выполнения [44].

При разработке сложных систем, к числу которых относится и система ТО ВС авиакомпаний, возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составных частей - структурных элементов и подсистем, но также и к закономерностям функционирования объекта в целом (общесистемные проблемы) [45]; появляется широкий круг специфических задач, таких, как определение общей структуры системы ТО, организация взаимодействия между структурными элементами, учёт влияния внешней среды и внешних структур – государственных, субподрядных, выбор оптимальных режимов функционирования, оптимальное управление системой и т.д. Для решения этих проблем необходимо применить системотехнический подход, предложенный Генри Гудом и Робертом Маколом [46], охватывающий вопросы проектирования, создания, испытания и эксплуатации сложных систем (больших систем, систем большого масштаба, large scale systems). Системный подход означает, что организация ТО рассматривается не только во взаимоотношениях с объектами среды, но и как система [43,21], то

есть изучение организации во внешних взаимоотношениях позволяет определить цели ее функционирования, а анализ внутренней структуры – оценить пути достижения поставленных целей.

Сложные системы имеют своеобразную организацию проектирования — в две стадии: макропроектирование (внешнее проектирование), в процессе которого решаются функционально-структурные вопросы системы в целом, и микропроектирование (внутреннее проектирование), связанное с разработкой элементов системы.

При поиске решения любой этих задач проблема будет заключаться в выборе оптимального варианта. При этом предполагается, что имеется множество вариантов выбора. В сущности, проблема состоит в осуществлении выбора еще до создания реальной производственной структуры организации ТО при отсутствии универсальной модели, лежащей в основе решения множества специфических задач ТО.

Проблема создания модели регулярной структуры сформулирована на базе системного анализа существующих систем.

В данной работе в качестве общего подхода используется системный подход [44], предполагающий применение методологий комплексного исследования сложных объектов антропотехнических систем, где человек и техника выступают как объединение элементов, связанных комплексом отношений как вне, так и внутри среды [47,48].

В рамках данной работы системный подход реализуется на базе тандемной схемы построения решения для создания системы ТО, где управленческое решение должно приниматься на основе:

- экспертного метода, где за описательную основу множества элементов ЭТС будет принят мировой опыт, сконцентрированный в виде набора экспертных оценок специалистов в области ТО и ПЛГ и формализованный в виде существующих принципов и основополагающих документов, таких как рекомендации ИСАО, требования государственных авиационных

администраций EASA, CAAC, ФАВТ и руководства разработчиков АТ, а также успешные наработки большинства передовых обслуживающих производств АТС;

- метода моделирования системы ТО, который, базирясь на вводных данных, предлагает оптимальное описание решения задачи для конкретной технической организации.

На основании вышеизложенного целью диссертационной работы является повышение эффективности организации послепродажного обслуживания авиационной техники на примере организации ТО воздушных судов показателями эффективности которого являются объем производства, количество продукции, трудозатраты, прибыль и себестоимость продукции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести исследование теории и практики организации антропотехнических систем обслуживания сложных изделий машиностроения;
2. разработать методы и средства синтеза и анализа структурной части организационной системы обслуживающего производства;
3. разработать методы и средства пространственно-временного моделирования функционирования системы обслуживающего производства;
4. используя полученные методы, разработать эффективную организационную структуру организации технического обслуживания ВС в авиакомпании «Уральские Авиалинии».

Объектом исследования выступает авиационный технический центр, выполняющий обслуживание ВС. Предмет исследования – модели организационной структуры АТЦ и производственных процессов.

Глава 2. Разработка метода синтеза структурной части организации технического обслуживания исходя из основных положений синтеза образов

В первой главе была исследована актуальность темы построения структур ОП в гражданской авиации России. На примере реорганизации структуры АТЦ ОАО «АК Уральские Авиалинии» показано, что построение жизнеспособного рентабельного авиапредприятия на основе только приобретаемого опыта и использования чужих шаблонов малоэффективно, финансово затратно, требует значительных ресурсов и может длиться годами. При этом нельзя сказать, что модернизированная организация имеет оптимальную структуру, так как положительная рентабельность предприятия не является в данном случае единственным критерием оценки эффективности производственной структуры и построенных в ней процессов. Структура может быть избыточна по своему составу, и тогда появляются подразделения, дублирующие друг друга, некоторые звенья становятся лишними. Структура может быть и недостаточной, и тогда на одно звено ложится избыточный функционал, в результате чего происходит перегрузка выполняемыми задачами. В обоих случаях существенно страдает качество и производительность, появляются финансовые потери. Во избежание возникновения подобных ошибок структуру необходимо исследовать на достаточность. Для объективности вводятся существующие критерии качества, безопасности полетов, времени выполнения работ.

С течением времени под воздействием обновляющихся требований со стороны авиационных властей, спроса авиакомпаний в ТО, экономических и даже политических условий в стране организационная структура ОП должна трансформироваться. Если она не приспособлена к изменениям, то такая техническая организация обречена на банкротство и прекращение существования.

Рассмотренный в первой главе пример построения структуры ОП авиационной техники в новых экономических условиях характерен для большинства технических организаций по ТО ВС в России, и он показывает низкую эффективность применения метода аналогий с использованием имеющегося, как правило, чужого, опыта создания организационных структур. В процессе исследования практики и теории моделирования, методов моделирования мы пришли к выводу о том, что решение задачи построения новых систем должно быть основано на системном подходе и предусматривать тандемную схему решения задачи.

2.1 Постановка задачи синтеза организационно-технической структуры авиационного технического центра

Постановка задачи в замкнутой форме заключается в том, чтобы построить модель структуры ОП в заданной реальной среде, представляющей собой абстрактное множество элементов, объединяющее классы и подклассы элементов, с учетом множества ограничений. К основным ограничениям относятся требования ICAO, EASA и ФАВТ, а также руководства и регламенты разработчика ВС, в рамках которых должна быть построена структура ОП. В процессе обсуждения максимально возможного состава структуры в рамках основных ограничений выявляются дополнительные ограничения, сужающие состав структуры. Дополнительные ограничения формируют границы возможных объемов производства, список выполняемых технической организацией работ и возможностей. К таким ограничениям относятся финансовые и инфраструктурные возможности, доступность кадрового ресурса.

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. определить основу для формирования абстрактного множества, объединяющего классы и подклассы элементов структуры ОП авиакомпании;
2. разработать универсальную модель описательного языка, включающую множество предикатов, комбинация которых позволяет перейти от одной модели к другой в рамках требований при решении той или иной задачи организации либо структуры, либо процесса;
3. исследовать современную структуру АТЦ на достаточность и избыточность.

В качестве исходных данных принимаем вербальное описание на естественном языке образа абстрактной структуры, сформулированное в виде межгосударственных и государственных положений и законодательно-правовых актов, которое дает представление об элементах, наполняющих структуру, и об их свойствах. В качестве объекта исследования, как отмечено в первой главе, примем современную структуру АТЦ «Уральские Авиалинии».

Для построения структурной модели будет проведен синтаксический анализ [49] описания и использован принцип синтеза образов Ульфа Гренандера [50,47,51]. Согласно гипотезе, полученная модель выявит основные элементы, т.е. образующие или подобразы, из которых состоит структура современного ОП любой авиакомпании. Объединение подобразов в единую систему будет выполнено на основе теоретико-множественного подхода, в результате чего полученная желаемая математическая модель структуры позволит создать виртуальный образ состава структуры любого авиационно-технического производства при наличии вводных данных и реальных ограничений, накладываемых существующими условиями, а также даст возможность без потерь изменять образ системы и исследовать ее функционирование в различных условиях.

Исследование производственной структуры осуществляется, во-первых, с позиции иерархии и подчиненности с опорой на теорию графов [54], во-вторых, с точки зрения достаточности или избыточности структурных звеньев.

Полученный подход не является дорогостоящим, так как не требует создания системы в реальности.

2.2 Применение экспертного метода при построении организационной структуры обслуживающего производства авиакомпания

Применение экспертного метода продиктовано необходимостью учета и применения накопленного передового опыта в области построения структур организаций по ТО АТ. Такое экспертное мнение, как отмечено в первой главе, выражено в положениях ИКАО и авиационных правилах государственных администраций. Для того, чтобы избежать противоречий и определить, в какой конкретно законодательной базе будет описана создаваемая структура, используем уже сложившуюся практику анализа существующего рынка технических услуг ВС для авиакомпаний, успешно применяемую большинством ОП. Российские авиакомпании, эксплуатирующие иностранные ВС на условиях лизинга, предъявляют к ТО единые требования, и в любом случае возникает необходимость учитывать условия ПЛГ собственников ВС, отраженные в договорах аренды, т.е. сертифицировать техническую организацию в соответствии с европейским законодательством. Поэтому законодательно-правовая база EASA рассматривается как фундамент формирования организационной структуры.

Нормы EASA в части организации ТО ВС (приложение EASA Part-145) представляют собой свод описаний всех аспектов ПЛГ, касающихся ТО ВС [20], и ряда требований:

- к производственным цехам и помещениям;
- к составу руководящего состава технической организации,

- к техническому персоналу, выполняющему работы и дающему заключение о состоянии ВС;
- к технической документации и всему информационному обеспечению;
- к планированию процессов ТО и обеспечения материалами;
- другие требования, касающиеся организации по ТО.

Описания выполнены на естественном языке. Они дают общее представление об организации по ТО, не конкретизируя индивидуальные особенности в каждом случае для какой-либо одной технической организации. В качестве примера возьмем пункт приложения EASA Part-145 [20], раздел AMC 145.A.25(a) Facility requirements (Требования к помещениям):

1. Where the hangar is not owned by the organisation, it may be necessary to establish proof of tenancy. In addition, sufficiency of hangar space to carry out planned base maintenance should be demonstrated by the preparation of a projected aircraft hangar visit plan relative to the maintenance programme. The aircraft hangar visit plan should be updated on a regular basis.

Перевод: 1. В случае если организация не имеет собственного ангара, то она должна показать факт его аренды или права на его использование. В дополнение к этому достаточность ангарных площадей должна быть продемонстрирована планом использования ангара, связанным с соответствующей программой ТО ВС. План использования ангара должен обновляться на регулярной основе.

Данное описание является заключением экспертов в области организации ТО ВС о минимальных необходимых критериях обеспечения рабочих условий для авиационного технического персонала при ТО ВС и показывает, что в организации должен быть объект – ангар – для обслуживания ВС, но какой он должен быть в конкретном случае, неизвестно. В большинстве случаев существующие сегодня ОП сформировались на основе хозяйственного наследства, оставшегося от советской инфраструктуры, поэтому формализация приведенного пункта в реальности возможна в различной интерпретации: в аэропорту Кольцово площадь ангара составляет 9800м², в аэропорту Домодедово – 40тыс.м². Аналогичным образом интерпретируются и другие пункты приложения.

Из приведенных данных становится очевидным, что производственная структура технической организации в каждом отдельном случае является

исключительно индивидуализированной, привязанной к определенным условиям. Индивидуализированным является образ структуры, ее состав и связи элементов. Все те условия, которые характеризуют АТЦ «Уральские Авиалинии» с базой, расположенной в городе Екатеринбург, обслуживающей ВС семейства А320, не могут быть применены к авиационной технической организации по ТО ВС, к примеру «S7 technics», расположенной в аэропорту Домодедово города Москвы и обслуживающей, помимо А320, ВС типа В737, CRJ-200, SSJ-100, имеющей другой руководящий состав, другой количественный состав инженерно-технического персонала и список одобренных работ. Но тем не менее оба ОП обладают практически одинаковым составом элементов, обладающих одинаковыми признаками: в приведенном примере описания это ангар – закрытое производственное помещение, защищающее рабочую зону обслуживания ВС от внешних факторов и оборудованное необходимыми, удовлетворяющими условиям труда человека без вреда для его здоровья средствами освещения, вентиляции, обогрева.

Итак, получен вербальный образ организационной системы, где каждый пункт приложения характеризует определенный элемент структуры: оборудование, инструмент, документацию, производственные помещения, персонал. Недостаток вербального описания – его нельзя представить в виде модели, в которой можно было бы определить облик желаемой структуры и который можно было бы исследовать. Для того чтобы получить желаемую модель, необходимо вербальное описание преобразовать в математическое.

Понятия и определения, связанные с общей постановкой задачи синтеза структуры АТЦ, которые позволят представить АТЦ в рамках теоретико-множественного подхода [44].

Организация на различных этапах анализа и синтеза в работе будут использованы различные понятия:

- 1) взаиморасположение и взаимосвязь элементов некоторого комплекса (предметная или структурная часть организации), их действия и взаимодействия (функциональная часть), обусловленные единством целей или выполняемых ими функций и определенными обстоятельствами места и времени [45];
- 2) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его строением;
- 3) совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого;
- 4) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе процедур и правил.

Система – это совокупность (множество) объектов и процессов, называемых элементами, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой, образующих единое целое, обладающее свойствами, не присущими составляющим его элементам, взятым в отдельности. Система состоит как минимум из двух элементов. Систему можно описать в виде множества элементов, связей и их свойств [21,49].

Все, что мы различаем как нечто целое, реально существующее, или возникающее в нашем сознании и обладающее свойствами, значения которых позволяют однозначно распознавать это нечто, принято считать объектом. Объект, на котором сосредотачивается внимание субъекта с целью исследования, называется объектом исследования [55].

Предикат – высказывание, содержащее одно или несколько индивидуальных переменных. Переменная может быть целочисленной или множественной. В нашем случае предикат «Авиаспециалисты В1 и В2 должен иметь базовое авиационное техническое образование» содержит множественную переменную «В1 и В2». В работе вводится множество предикатов, описывающих элементы структуры.

Понятие множества в прикладном виде: множества применительно к структуре АТЦ – это персонал, инструмент, оборудование, техническая документация, инструкции, сооружения, а также задачи, решаемые в рамках структуры. Каждое из названных множеств является собранием элементов, систем и специалистов, однако может быть представлено как один объект, подлежащий исследованию. Предметом этого исследования являются системы, процессы и отношения.

Любое подразделение производственной структуры – участок, цех, отдел, департамент - также в нашем случае является множеством.

Элементы множеств – то, что составляет и определяет вышеописанные множества. В данном случае элементами множеств являются авиатехники и инженеры, единичные инструкции, технологии, суточные и сменные планы, конкретные инструменты и единицы наземного оборудования.

Форма (функция) от x – конечная последовательность, состоящая из предложения и символа x , в котором есть утверждение об x . В качестве примера рассмотрим описание множества инженерного состава как функцию от набора требований к одному элементу множества - авиационному инженеру. Это выглядит следующим образом [44]:

$$E = \{e \mid F(M, a.706)\}, \quad (2.1)$$

где E – это множество, состоящее из элементов – инженеров e , являющихся формой от общих требований, предъявляемых к авиационным инженерам в параграфе приложений EASA M.A.706.

В то же время данное множество E входит в другое множество - {персонал}, которое включает в себя всё разнообразие руководителей, специалистов и рабочих: руководителей подразделений, инженеров различных специальностей, авиатехников, авиамехаников, мойщиков, комплектовщиков, слесарей, уборщиков и т.д.

Над множествами можно проводить операции.

Операция объединения (сумма) ($A \cup B$). Классическая теория множеств подразумевает множество предметов, являющихся элементами множества A или B . Применительно к АТЦ операция объединения выглядит следующим образом:

$$\text{АТЦ} = \text{ДТО} \cup \text{ДПЛГ} \cup \text{ДУК} \cup \text{ДБПиМТП}, \quad (2.2)$$

то есть очевидно, что множество АТЦ является совокупностью всех структурных элементов – множеств, представляющих собой подразделения, при этом в различные промежутки времени, к примеру, в ночной период, может быть представлена только часть элементов, входящих в множества ДТО, ДПЛГ, ДУК и ДБПиМТП, и при этом сохранена полная работоспособность.

В данном примере АТЦ является множеством подмножеств, которое с динамической точки зрения может быть представлено множеством операций над этим множеством.

Операция пересечения (произведение) ($A \cap B$) в классической теории множеств есть множество всех предметов, являющихся элементами обоих множеств A и B .

Отношения между элементами. Отношения подразумевают связи и функциональные нагрузки между парами элементов, рассматриваемых в определенном порядке. Объект характеризуется определенным состоянием. Пара элементов, какими является сам объект (воздушное судно) и средства диагностики и объективного контроля связаны отношением, заключающимся в описании состояния объекта. Более высокий уровень отношений – оценка состояния. Специалист, авиатехник, используя показания приборов, производит оценку состояния элемента объекта. На более высоком уровне инженер, получив оценку состояния элемента объекта, производит оценивание состояния объекта и принимает решение о его пригодности к дальнейшей эксплуатации. Таким образом, можно выделить упорядоченные пары «объект – средства диагностики и объективного контроля → описание состояния»,

«средства диагностики и объективного контроля – специалист (авиатехник) → оценка состояния» и «оценка состояния - документация производителя – инженер → оценивание состояния объекта». Каждый из приведенных элементов является множеством [44].

Если рассуждать неформально, то АТЦ в рамках теоретико-множественного подхода может быть представлен как регулярное множество функциональных структурных элементов - конфигураций, нацеленных на выполнение определенных задач, так как каждая система удовлетворяет формальным определениям регулярности, или, другими словами, если представить регулярные элементы АТЦ, такие как департаменты, цеха и отделы, в виде предикатов [54], то для построения математической модели возможно использовать теорию множеств.

2.3 Разработка теоретико-множественной модели организационной структуры подразделений технического обслуживания воздушных судов

Прежде чем подойти к созданию модели, необходимо определить, из каких элементов будет состоять образ желаемой структуры. Состав элементов во многом будет зависеть от программы ТО [56]. Именно в ней описывается состав и периодичность работ для каждого элемента ВС, что во взаимосвязи с требованиями EASA и ФАВТ даст представление о том, что необходимо для ТО ВС и его элементов. Для того, чтобы описать образующие в рамках теории образов, необходимо разделить элементы структуры в соответствии с их свойствами, поэтому, опираясь на экспертное мнение, разделим обобщенную задачу АТЦ на подзадачи.

- выполнение ТО;
- выполнение процедур ПЛГ;
- управление качеством;
- обеспечение материально-техническое и финансовое.

Опишем структуру департамента ТО.

Департамент ТО состоит из множества элементов - цехов и отделов, которые в свою очередь состоят из подмножеств – участков. Участки состоят из подмножеств – бригад [44].

Для описания элементов и форм (функций) от этих элементов поставим предлагаемые элементы в соответствие с требованиями EASA и описаниями [44]. Начнем описание с создания предикатов элементов и простых подмножеств, и в процессе описания будем строить более сложные множества с целью описать конечное множество – департамент ТО как часть АТЦ.

Рассмотрим ДТО с точки зрения множеств авиационных специалистов и руководителей.

2.3.1 Персонал с позиции теоретико-множественного представления

Руководители, специалисты и рабочие являются элементами подмножеств – бригад, участков и цехов. Последние являются элементами множества - ДТО.

Создадим предикаты В1 и В2, содержащие переменные, описывающие свойства авиационных специалистов по самолету и двигателю (СиД) и по авионике (АиРЭО) соответственно. Характеристики или свойства, присущие авиационным специалистам, описаны в требованиях EASA Part-145 в главе а35 и а30. Они включают такие критерии, как образование, уровень профессиональной подготовки, опыт работы и состояние здоровья авиационного специалиста [44]. Пример требования к специалистам категории В1 и В2 (здесь приведен перевод оригинала одного из параграфов [20], и взята только часть требований. Приложение содержит значительно более подробную информацию, которая в данном случае не приводится в полном объеме):

AMC 145.A.35(a) Certifying staff and category B1 and B2 support staff (Технический персонал категории В1 и В2, выполняющий ТО и дающий заключение об исправности ВС)

1. Адекватное понимание соответствующего воздушного судна и/или компонента(ов) воздушного судна, которое необходимо поддерживать вместе со связанными процедурами организации, означает, что это лицо прошло обучение и имеет соответствующий опыт технического обслуживания по типу продукции и связанным процедурам организации таким образом, что это лицо понимает, как функционирует продукт, каковы бывают наиболее распространенные дефекты с соответствующими последствиями.

Приведенное высказывание дает нам следующую информацию о техническом специалисте:

1. демонстрация знаний о конструкции и правилах эксплуатации типа ВС и/или компонента, следовательно – наличие сертификата о его изучении;
2. демонстрация факта периодического повторения изученного материала – наличие учебных ведомостей и экзаменационных листов;
3. демонстрация накапливаемого опыта работы – наличие персонального дневника с записями о выполненных на ВС работах в соответствии с программой ТО;
4. демонстрация изучения процедур организации, в которой работает специалист – наличие ведомостей и экзаменационных листов;
5. демонстрация знаний о распространенных дефектах и их последствиях – наличие экзаменационных листов.

Полученную информацию можно представить в виде булевых переменных (h,j,g,l,v) соответственно, которые в образе специалиста играют роль образующих и приобретают значения $\{1;0\}$ в зависимости от их присутствия или отсутствия.

Образ авиационного специалиста теперь можно представить в виде предикатов $b_1(h,j,g,l,v)$ и $b_2(h,j,g,l,v)$, которые будут приобретать истинные значения, в случае если операция конъюнкции всех включенных булевых переменных будет давать «1» или «правду».

Для того, чтобы упростить запись предиката, используем понятие функции (в данном случае Булевой функции) и будем записывать образ специалиста по СиД:

$$b1|F(145,a30/a35),$$

что означает образ специалиста $b1$ есть функция от всех булевых переменных, взятых из высказываний в пунктах параграфа 145.а30 и а35 приложений EASA Part145.

Все последующие предикаты создаются аналогичным образом.

Перейдем к созданию образов всех авиационных специалистов, используя теоретико-множественный подход, где полученные предикаты будут выступать в качестве элементов множеств.

К авиационным специалистам относятся авиаинженер, авиатехник, авиамеханик. Авиаинженеры и авиатехники делятся на две категории: механики – специалисты по самолету и двигателям, и авионики (АиРЭО) – специалисты по авиационному и радиоэлектронному оборудованию. Все эти категории персонала являются элементарными элементами множества S авиационных специалистов [44].

$$e \in S; b1 \in S; b2 \in S; m \in S \rightarrow S = \{e, b1, b2, m\}$$

Инженер – $e; e \in B1 \cap B2 \cap C$.

Авиатехник СиД – $b1; b1 \in B1$.

Авиатехник АиРЭО – $b2; b2 \in B2$.

Авиамеханик – $m; m \in M$.

Каждая единица является членом множества всех однотипных специалистов и описывается системой уравнений, которая позволяет выделить их в отдельные категории:

$$\begin{cases} B1 = \{b1|F(145, a35)\} \\ B2 = \{b2|F(145, a35)\}; \text{ при этом } M \neq B1; B1 \neq B2; M \neq B2, \text{ но } M \subseteq B1; \\ M = \{m|F(145, a30)\} \end{cases} \quad (2.4)$$

$e \in B1 \cap B2 \cap C$, таким образом, инженер может обладать свойствами $B1$ либо $B2$, либо обоими одновременно и соответствует требованиям категории C .

Бригада состоит из множества авиаспециалистов различных специальностей, возглавляется бригадиром из числа авиатехников $b_1 - b^*$

Бригада может быть представлена в виде:

$$B = \{ b^*, b_{1_1}, b_{1_2}, \dots, b_{1_n}, b_{2_1}, \dots, b_{2_m}, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset \} = \{ B_1 \cup B_2 \cup M \}. \quad (2.5)$$

\emptyset - пустое множество может представлять специалиста, не участвующего в обслуживании в данный момент, но привлекаемого к работам в случае необходимости.

Участок Se (Sector) и цех W (WorkShop)

Участок состоит из множества бригад и возглавляется инженером. Соответственно по аналогии с бригадой участок можно описать:

$$Se = \{ e, B \} = \{ e, \{ b_{1_1}, b_{1_2}, \dots, b_{1_n}, b_{2_1}, \dots, b_{2_m}, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset \} \} \\ = \{ b_1^*, B_1 \cap B_2 \cap M \}. \quad (2.6)$$

Цех ТО состоит из самостоятельных участков, управляемых руководителем цеха e^* – инженером, обладающим достаточным опытом работы, навыками и необходимыми для руководителя цеха свойствами:

$$W = \{ e^*, Se \} = \left\{ e^*, \left\{ e \{ b^*, \{ b_1 \}, \{ b_2 \}, \{ m \} \} \right\} \right\} = \{ e^*, \{ e, \{ b_1^*, \{ B_1 \cup B_2 \cup M \} \} \} \}. \quad (2.7)$$

2.3.2 Теоретико-множественное представление инструмента и оборудования

При ТО авиатехники и механики используют инструмент и оборудование. Из всего множества существующего инструмента и оборудования при ТО ВС возможно использовать только тот инструмент, который рекомендован разработчиком ВС, прописан в АММ на основе требований EASA Part145.A30 и оборачивается (принимается, хранится, выдается и возвращается, калибруется, списывается) в соответствии с данными требованиями:

$$I = \{ i | F(\text{АММ}; 145, a40) \}; I \in I, \quad (2.8)$$

где I – это множество всего существующего инструмента [44].

2.3.3 Информационное и документарное обеспечение технического обслуживания

Рассмотрим следующий элемент – информационное обеспечение ТО. В АТЦ используют следующие классы документации.

1. Класс эксплуатационно-технической документации производителя ВС (руководства по технической эксплуатации), который описывает конструкции ВС и технологии обслуживания. Ее используют для того, чтобы из множества технологий и операций выделить применимые к конкретным ВС парка авиакомпании, представляющих подмножество ВС одного типа, и сгруппировать их в определенное множество операций, составляющих пакет заданий на конкретные работы. С данным классом документации работают специалисты ДПЛГ.

2. Эксплуатационно-техническая документация: руководства АММ, TSM; авиационные директивы – AD, сервисные бюллетени – SB и бортовые журналы ATLB - формируются применительно к множеству типов, серийных номеров и даже классов ВС. Однако когда речь идет о небольшом числе ВС, то используется форма от множества, применимая только к этому небольшому числу ВС.

Таким образом:

$$AMM|F(ac) \in AMM \text{ и } AMM|F(ac) \subset AMM; \quad (2.9)$$

$$TSM|F(ac) \in TSM \text{ и } TSM|F(ac) \subset TSM; \quad (2.10)$$

$$AD|F(ac) \in AD \text{ и } AD|F(ac) \subset AD; \quad (2.11)$$

$$SB|F(ac) \in SB \text{ и } SB|F(ac) \subset SB; \quad (2.12)$$

$$ATLB|F(ac) \in ATLB \text{ и } ATLB|F(ac) \subset ATLB. \quad (2.13)$$

$F(ac)$ – форма элементов множеств от ac подразумевает применимость одного или нескольких документов из множества всех документов к конечному множеству ВС в парке авиакомпании.

Такие документы, как перечень минимального количества исправного оборудования на борту MEL и программа технического обслуживания МР, оказывают влияние на объем пакета работ, требуемого к выполнению на ВС.

Отношение MMEL и MEL аналогично программе ТО. MMEL – Master Minimum Equipment List – список минимального допустимого количества исправного оборудования в системах ВС, достаточного для выполнения полетов с приемлемым уровнем безопасности полетов, разработанный производителем ВС. В данном списке по каждой позиции исправного оборудования назначен срок восстановления исправности всей системы, в которой обнаружен отказавший агрегат, а также прописаны действия экипажа, направленные на повышение внимания к работе деградировавшей системы, на установление ее влияния на функционирование других систем ВС и на связанное с этим возникновение возможных особенностей в управлении. MEL – Minimum Equipment List – список минимального допустимого количества исправного оборудования в системах ВС, достаточного для выполнения полетов с приемлемым уровнем безопасности полетов, разработанного на основе MMEL в определенной авиакомпании. MEL создается исключительно в рамках авиакомпании и строго для определенного парка ВС, эксплуатируемого в этой авиакомпании. MEL не может иметь рамки в части разрешенного оборудования, сроков устранения и особенностей в эксплуатации шире, чем MMEL. Более того, MEL может быть значительно ограничен в зависимости от условий эксплуатации ВС, особенностей требований к безопасности полетов и уровня подготовленности пилотов.

MEL является сокращенной формой MMEL ввиду того, что авиакомпания обязана учитывать множество внутренних факторов, накладывающих ограничения на эксплуатацию с разрешенным неисправным оборудованием ВС, поэтому MMEL относится к MEL следующим образом:

$$MEL \in MMEL; MEL \subset MMEL \quad (2.14)$$

Получаемый пакет заданий должен включать в себя работы:

- смотровые и инспекционные, перед каждым вылетом (Part-M.a301);
- предусмотренные программой ТО (Part-M.a302);
- по авиационным директивам (Part-M.a303);
- по модификациям и ремонтам (Part-M.a304);
- по устранению дефектов (Part-M.a403; MEL) [44].

3. Класс технологической документации - MPD – программа ТО, созданная разработчиком для типа ВС (на множестве ВС, произведенном с начала до текущего момента), представляет собой множество операций, необходимых к выполнению с определенной периодичностью.

MP (Maintenance Programme) - программа ТО, разработанная подразделением ПЛГ авиакомпании на основе MPD производителя для типа ВС, но предназначенная только для парка воздушных судов авиакомпании, представляет собой множество операций, необходимых к выполнению с определенной периодичностью на строго определенном парке ВС, эксплуатируемом только в данной авиакомпании.

Отличие MP от MPD заключается в том, что MPD несет в себе минимальные требования к плановому ТО, одобренные авиационной администрацией. MP – это расширенные требования к плановому обслуживанию, учитывающие наработку ВС, опыт эксплуатации в данной авиакомпании, индивидуальные конструктивные особенности [44].

Таким образом,

$$MPD \in MP; MPD \subset MP. \quad (2.15)$$

В теоретико-множественном представлении специалисты подразделений ПЛГ работают с множеством входящей документации:

$$D1 = \{AMM, TSM, CDL, AD, SB, MPD, MMEL, ATLB, \dots, \phi\}. \quad (2.16)$$

Пакет, имеющий отношение к конкретному самолету, представляет собой более конкретизированное множество:

$$D2 = \{AMM|F(ac), TSM|F(ac), AD|F(ac), SB|F(ac), MP, MEL, ATLB|F(ac)\} \quad (2.17)$$

Очевидно, что $D2 \subset D1$.

Однако помимо обязательных регламентных инспекций прикладывается иная документация: множество инструкций, приложений и сопроводительной описательной документации, предусмотренной нормативом EASA Part-145.A.45. – D3,

$$D3 = \{d|F(145.a.45)\} \quad (2.18)$$

$$D = D2 \cup D3 = D2 \cup \{d|F(145.a.45)\} \quad (2.19)$$

$$D \in D2 \cup D3 = D2 \cup \{d|F(145.a.45)\} \quad (2.20)$$

Здесь D1 – множество документации, прилагаемой к наряду в соответствии с EASA Part-145.A.45; D2 – множество документации на определенный тип ВС, присылаемой из ДПЛГ.

2.3.4 Помещения и производственные сооружения

Следующим классом множеств являются сооружения, помещения для выполнения работ и хранения инструмента, запчастей и расходных материалов.

В зависимости от размеров, возможностей технической организации, имеющихся критериев «К_x» техническая организация обязана представить помещения: офисные помещения для размещения персонала, планирования и инженерного персонала, склады для размещения инструмента, запчастей, агрегатов и расходных материалов, цеховые помещения основного и вспомогательного назначения, ангар для ТО ВС.

К помещениям предъявляются требования общего характера EASA Part-145 A.25.

Множество рабочих и офисных помещений A (Accommodations) опишем через функцию от элементов множества помещений *a* уравнением:

$$A = \{a|F(145.a.25)\}. \quad (2.21)$$

В связи с предложенными выше решениями появляется возможность создать теоретико-множественную математическую модель [44].

2.3.5 Теоретико-множественная модель департамента

технического обслуживания авиационного технического центра

Теоретико-множественная математическая модель организационной структуры цеха технического обслуживания департамента ТО АТЦ можно представить в виде системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{l} B1 = \{b1|F(145, a35)\} \\ B2 = \{b2|F(145, a35)\} \\ M = \{m|F(145, a30)\} \end{array} \\ M \neq B1; B1 \neq B2; M \neq B2, \text{ но } M \subseteq B1 \\ e \in B1 \cap B2 \cap C \\ B = \{b1_1, b1_2, \dots, b1_n, b2_1, \dots, b2_m, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset\} = \{B1, B2, M\} = \{B1 \cup B2 \cup M\} \\ Se = \{b_1^*, B\} = \{b_1^*, \{b1_1, b1_2, \dots, b1_n, b2_1, \dots, b2_m, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset\}\} = \{b_1^*, B1 \cup B2 \cup M\} \\ W = \{e, Se\} = \{e, \{b_1^*, \{b1\}, \{b2\}, \{m\}\}\} = \{e, \{b_1^*, \{B1 \cup B2 \cup M\}\}\} \\ I = \{i|F(AMM; 145, a40)\}; I \in I \\ D \in D2 \cup D3 = D2 \cup \{d|F(145. a. 45)\} \\ A = \{a|F(145. a. 25)\} \end{array} \right.$$

(2.22)

Теоретико-множественная модель цеха, включающая в себя все составляющие, выглядит следующим образом:

$$W_{\text{ТО}} = \{e, \{b_1^*, \{b_1\}, \{b_2\}, \{m\}\} \cup \{i|F(AMM; 145, a40)\} \cup \{D2 \cup \{d|F(145. a. 45)\}\} \cup \{a|F(145. a. 25)\} = \{e, \{B\} \cup \{I\} \cup \{d\} \cup \{A\}\}. \quad (2.23)$$

Помимо цеха ТО в департамент ТО АТЦ входят цеха обслуживания компонентов $W_{\text{к}}$, технологический отдел $W_{\text{тех}}$, отдел производственного планирования $W_{\text{пдо}}$, инструментальная кладовая $W_{\text{и}}$. Данные подразделения можно представить аналогичным образом, что и цех ТО.

Департамент ТО возглавляется руководителем департамента ТО – начальником производства – $M_{\text{ТО}}$.

В общем виде теоретико-множественная модель ДТО АТЦ:

$$ДТО = \{M_{\text{ТО}}, W_{\text{ТО}} \cup W_{\text{к}} \cup W_{\text{тех}} \cup W_{\text{пдо}} \cup W_{\text{и}}\}. \quad (2.24)$$

2.3.6 Идеальная теоретико-множественная модель департамента технического обслуживания авиационного технического центра

Идеальная теоретико-множественная математическая модель организационной структуры ТО ВС авиакомпании включает в себя множество подразделений, обслуживающих все элементы ВС. Учитывая единство требований ко всем этим подразделениям, примем множество множеств 2.24 за идеальный образ ТО всего ВС, включая все его составляющие.

$$TO = \{TO_{ПЛ} \cup TO_{ДВ} \cup TO_{Ш} \cup TO_{ВСУ} \cup TO_{КОМП}\}. \quad (2.25)$$

2.4 Теоретико-множественная модель организационной структуры подразделений поддержания летной годности воздушных судов, бюджетного планирования и материальной поддержки, управления качеством и безопасностью полетов

Исходя из обобщенной задачи АТЦ к основным задачам подразделений ПЛГ в АТЦ относятся следующие:

- анализ эксплуатационной надежности парка ВС эксплуатанта;
- создание адаптированной программы ТО МР (Maintenance Program) на основе программы, разработанной разработчиком МРД (MP Data);
- создание адаптированного листа минимального исправного оборудования MEL (Minimum Equipment List) на основе базового листа, разработанного производителем MMEL (Master MEL);
- оценка применимости и применение директив летной годности AD (Airworthiness Directives) и сервисных бюллетеней SB (Service Bulletins), разработанных производителем, к парку ВС эксплуатанта;
- разработка технологических карт и создание заданий на ТО для подразделений АТЦ, ответственных за ТО, и для других технических организаций.

Основными элементами данного подмножества являются персонал и документация. Как говорилось выше в главе 2.4.3, инженеры ДПЛГ работают с технической документацией разработчика ВС, авиационными директивами и сервисными бюллетенями. Задача инженеров заключается в создании внутренней технической документации, учитывающей особенности конструкции и эксплуатации ВС авиакомпании на основе документации разработчика.

Персонал подразделений ПЛГ обладает характеристическими признаками класса организационно-технической структуры, т.е. обязан соответствовать требованиям EASA Part-M M.A.706.

Требования к специалисту, осуществляющему процедуры летной годности, предусматривают обязательное инженерное авиационное образование, получаемое по единым согласованным образовательным программам. Следовательно, рассматривая инженера как элемент множества, его можно представить:

Инженер – e ; $e \in B1 \cap B2 \cap C$; (Множества $B1$, $B2$ и C описаны в 2.4);

$$E = \{e \mid F(M, a.706)\}$$

По аналогии с ДТО ДПЛГ состоит из отделов инжиниринга (W_i), планирования ТО (W_p) и инженерно-координационного центра (W_{mcc}).

Каждый отдел возглавляется начальником отдела e^* из числа инженеров инжиниринга.

$$W_i = \{e^*, \{e\} \cup \{AMM, TSM, CDL, AD, SB, MPD, MMEL, ATLB, \dots, \phi\} \cup \{a \mid F(145. a. 25)\}\} = \{e^*, \{e\} \cup \{D\} \cup \{A\}\}. \quad (2.26)$$

Отдел планирования ТО и инженерно-координационный центр расписываются аналогичным образом.

Департамент ПЛГ возглавляется главным инженером $M_{лг}$.

В общем виде теоретико-множественная модель ДПЛГ АТЦ имеет вид

$$ДПЛГ = \{M_{лг}, W_i \cup W_p \cup W_{mcc}\}. \quad (2.27)$$

Рассматриваемую теоретико-множественную модель организационной структуры подразделений ДПЛГ можно представить в виде системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = \{e \mid F(M, a.706)\}; e \in B1 \cap B2 \cap C \\ AMM|F(ac) \in AMM \text{ и } AMM|F(ac) \subset AMM \\ TSM|F(ac) \in TSM \text{ и } TSM|F(ac) \subset TSM \\ AD|F(ac) \in AD \text{ и } AD|F(ac) \subset AD \\ SB|F(ac) \in SB \text{ и } SB|F(ac) \subset SB \\ MEL \in MMEL; MEL \subset MMEL \\ MPD \in MP; MPD \subset MP \\ ATLB|F(ac) \in ATLB \text{ и } ATLB|F(ac) \subset ATLB \\ D1 = \{MPD, MMEL, CDL, AD, SB, AMM, TSM, ATLB, \dots, \phi\} \\ D2 = \{MP, MEL, CDL, AD|F(ac), SB|F(ac), AMM|F(ac), TSM|F(ac), ATLB|F(ac)\} \\ D2 \subset D1 \\ W_i = \{e^*, \{e\} \cup \{AMM, TSM, CDL, AD, SB, MPD, MMEL, ATLB, \dots, \phi\} \cup \{a \mid F(145. a. 25)\}\} = \{e^*, \{e\} \cup \{D\} \cup \{A\}\} \\ \text{ДПЛГ} = \{M_{\text{ЛГ}}, W_i \cup W_p \cup W_{\text{мсс}}\} \end{array} \right. \quad (2.28)$$

Департамент бюджетного планирования и материально-технической поддержки обеспечивает материально-техническое снабжение АТЦ (логистику и хранение АТИ), таможенное сопровождение логистики запчастей и материалов и договорную работу с субподрядными организациями и авиакомпаниями.

По аналогии с моделью ДТО и ДПЛГ представляется модель департамента бюджетного планирования и материально-технической поддержки:

$$\text{ДБПиМТП} = \{M_{\text{МТС}}, W_{\text{лог}} \cup W_{\text{ст}} \cup W_{\text{agr}} \cup W_1 \cup W_C\} \quad (2.29)$$

Здесь $M_{\text{МТС}}$ – руководитель ДБПиМТП;

$W_{\text{лог}}$ – подразделение обеспечения логистики;

$W_{\text{ст}}$ – подразделение организации хранения запчастей, агрегатов и расходных материалов;

W_{agr} – группа по договорной работе;

W_1 – юридическая группа;

W_C – группа таможенной очистки.

Департамент управления качеством выполняет функции по обеспечению качества и производственного контроля и включает в себя группу аудиторов W_{qA} , подразделение контроля качества W_{qC} и группу сертификации авиационного персонала W_{sp} . В задачи аудиторской группы входит составление и выполнение плана аудитов подразделений АТЦ на соответствие внутренних процедур подразделений и их выполнения требованиям нормативов EASA – предиктивное обеспечение качества. Подразделение контроля качества выполняет выборочный и плановый контроль отдельных операций по ТО ВС – реактивное обеспечение качества. Группу аудиторов составляют инженеры со специальной аудиторской подготовкой, требования к которой сформулированы в требованиях EASA. Инженеры контроля качества полностью соответствуют требованиям к инженерам ДТО. Инженеры аудиторы и контролеры работают с теми же классами документации, что и инженеры ДТО и ДПЛГ с той лишь разницей, что используют ее не в качестве руководств к действию, а в качестве продукта для проверки. Группа сертификации персонала выполняет функции по ведению и хранению личных дел авиационного персонала. По аналогии с ДПЛГ в теоретико-множественном представлении департамент управления качеством и безопасностью полетов представляется:

$$ДУК = \{M_Q, W_{qA} \cup W_{qC} \cup W_{sp}\} \quad (2.30)$$

Здесь: M_Q – руководитель департамента;

W_{qA} - аудиторская группа;

W_{qC} – подразделение контроля качества;

W_{sp} – группа сертификации персонала.

Размещение персонала всех вышеописанных подразделений осуществляется в офисных помещениях. Множество предикатов, описывающих офисные помещения, совпадает с математическим описанием формулы 2.21.

2.5 Обобщенная теоретико-множественная модель организационной структуры технического обслуживания воздушных судов

Теоретико-множественную модель организационной структуры ТО ВС, как множество ее элементов и отношений между ними, можно представить системой уравнений множеств элементов и подмножеств, описанных ниже:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ДПЛГ} = \{M_{\text{ЛГ}}, W_i \cup W_p \cup W_{\text{mcc}}\} \\ \text{ТО} = \{\text{ТО}_{\text{пл}} \cup \text{ТО}_{\text{дв}} \cup \text{ТО}_{\text{ш}} \cup \text{ТО}_{\text{всу}} \cup \text{ТО}_{\text{комп}}\} \\ \text{ДБПиМТП} = \{M_{\text{МТС}}, W_{\text{log}} \cup W_{\text{st}} \cup W_{\text{agr}} \cup W_1 \cup W_C\} \\ \text{ДУК} = \{M_Q, W_{qA} \cup W_{qc}\} \\ \text{АТЦ} = \text{ДПЛГ} \cup \text{ТО} \cup \text{ДУК} \cup \text{ДБПиМТП} \end{array} \right. \quad (2.31)$$

Уравнения описывают состав структуры любого авиационного технического предприятия, выполняющего ТО любого агрегата или компонента ВС – планера, двигателя, шасси или элемента их систем, исходя из общности требований EASA или ФАВТ к подразделениям, выполняющим процедуры и мероприятия ПЛГ, включая ТО.

2.6 Иерархичность и подчиненность в организационной структуре

Для определения достаточности или избыточности исследуемой структуры рассмотрим производственную структуру АТЦ с позиции иерархии и подчиненности.

Очевидно, что производственную структуру можно представить в виде ориентированного графа, где вершины – это персонал, наполняющий структуру во главе с техническим директором и далее с руководителями высшего, среднего и нижнего звена, и исполнителями – инженерами, авиатехниками и механиками. Дуги в таком графе будут показывать связи и направление иерархии.

К примеру, рассмотрим граф иерархии и подчиненности АТЦ ОАО АК «Уральские Авиалинии» (Рисунок 2.2).

Здесь вершины – руководители и работники: x_1 – директор АТЦ, y_1 – начальник производства, h_1 – главный инженер, q_1 – руководитель департамента управления качеством, l_1 – руководитель департамента бюджетного планирования и материально-технической поддержки. В департаменте ТО у вершины y_2, y_3, y_4, y_5 – это начальник цеха подготовки производства, начальник цеха ТО ВС, начальник ПДО и начальник участка структурного ремонта соответственно. В цехах y_2, y_4 и отделе y_5 множество $\{y(n,m)\}$ – это инженеры, а в цехе ТО ВС – это начальники смен. В цехах y_2, y_4 и отделе y_5 множество $\{y(m.n.k)\}$ – это исполнители – диспетчеры, авиатехники, механики, слесари и рабочие. В цехе ТО y_2 – это инженеры – бригадиры смен, а множество $\{y(m.n.k.f)\}$ – это исполнители работ – авиатехники и авиамеханики.

В департаменте управления качеством q_2, q_3 и q_4 – ведущий инженер-аудитор по направлению ТО, ведущий инженер по направлению ПЛГ и начальник отдела контроля качества соответственно. Множество $\{q(m.n)\}$ – это рядовые аудиторы и инженеры контроля качества.

Остальные департаменты описаны аналогичным образом.

Если конденсировать граф иерархии и подчиненности АТЦ, т.е. выделить все сильные компоненты и удалить существенные взаимно достижимые вершины, то получим вид обычной производственной структуры (Рисунок 2.3).

В основном графе можно выделить остовный граф, порожденный граф и подграфы.

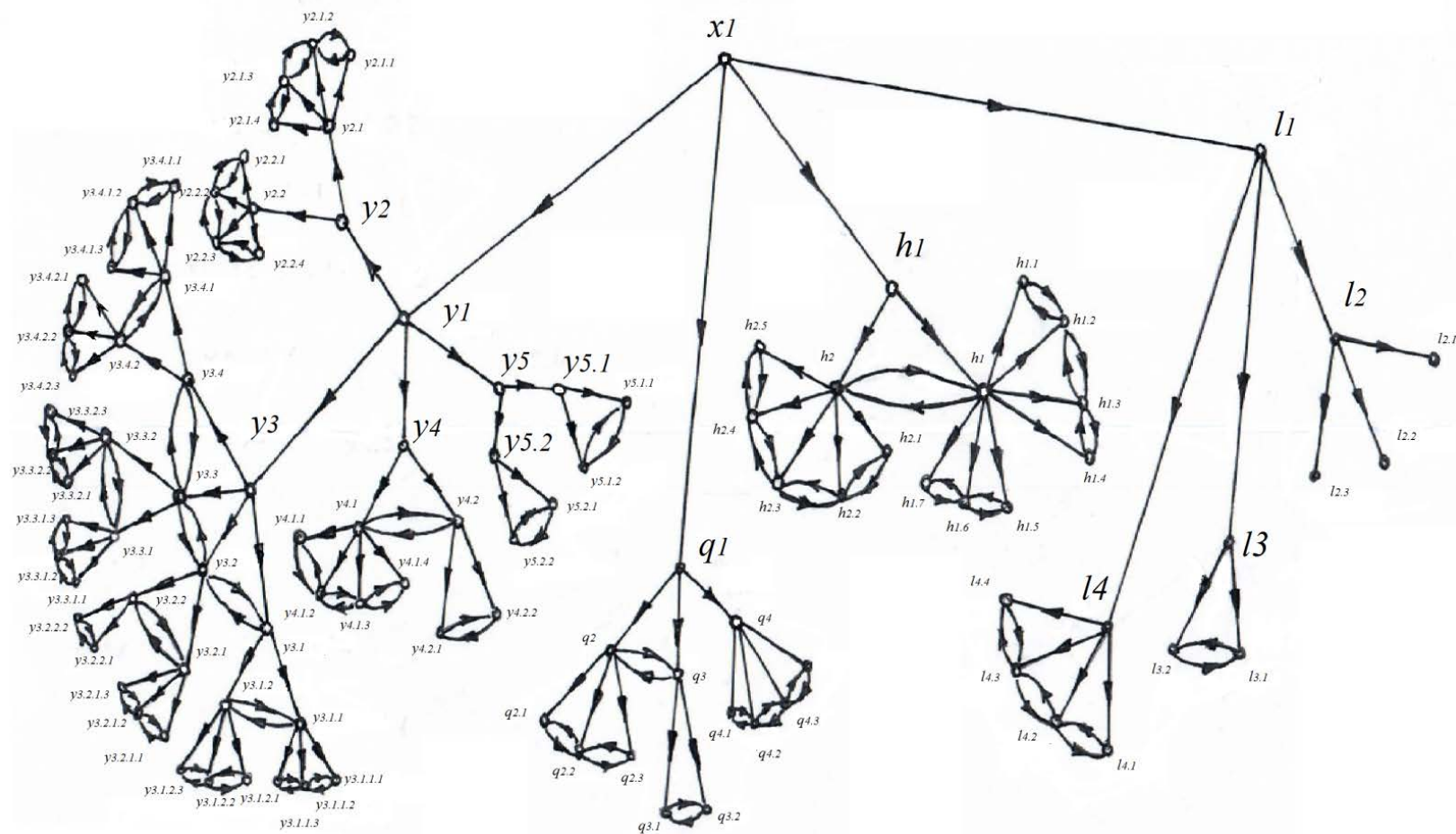


Рисунок 2.2 - Граф иерархии и подчиненности авиационного технического центра
ОАО АК «Уральские Авиалинии»*

* Для улучшения читаемости графа на схеме показаны не все элементы, присутствующие в реальности. Часть таких, к примеру, как количество авиатехников ДТО или инженеров ДПЛГ, часть рядовых исполнителей, не показаны ввиду их большого количества.

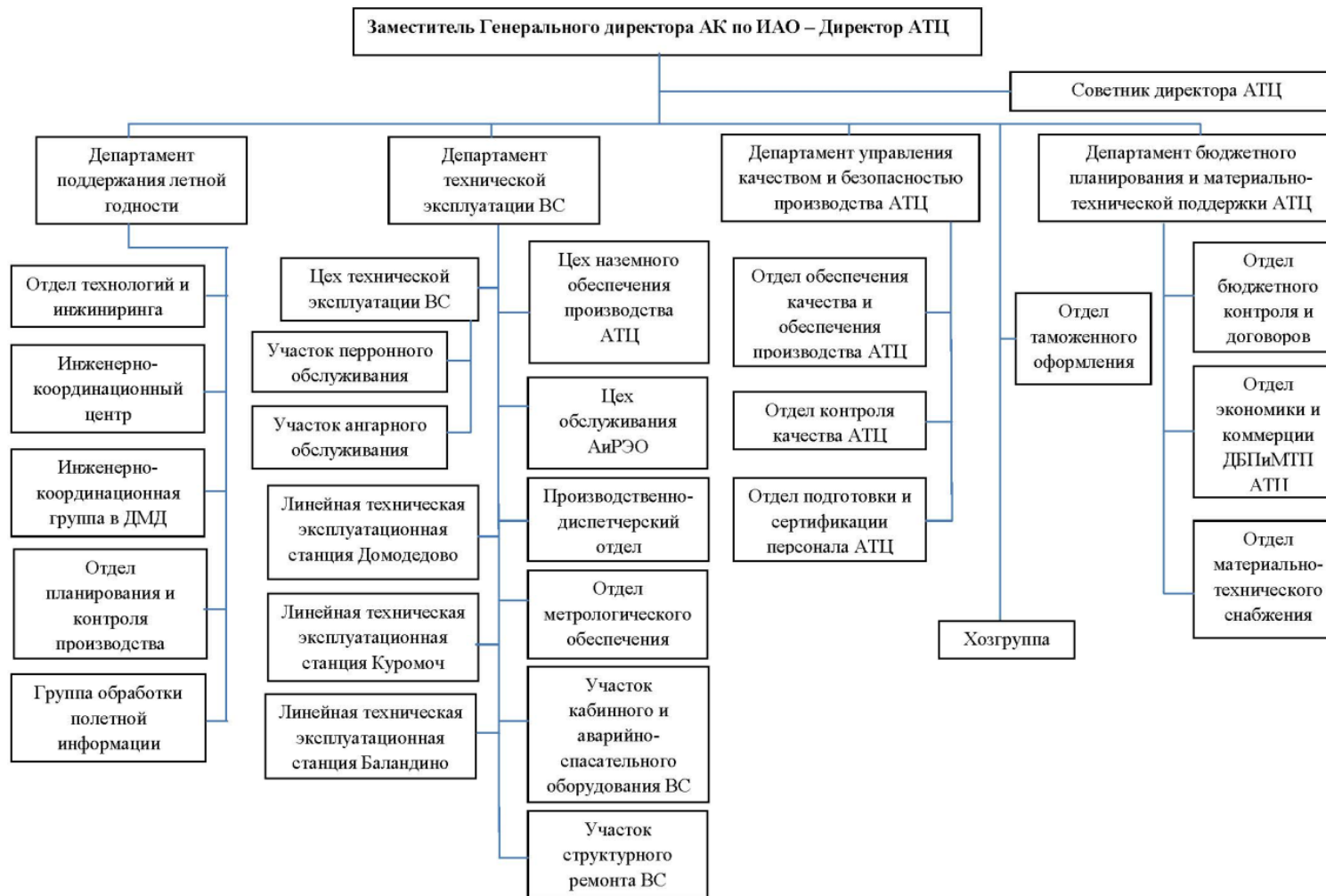


Рисунок 2.3 - Производственная структура АТЦ АК «Уральские Авиалинии» - сеть иерархичности и подчиненности

Остовный граф представляет основные связи подчиненности в АТЦ (Рисунок 2.4).

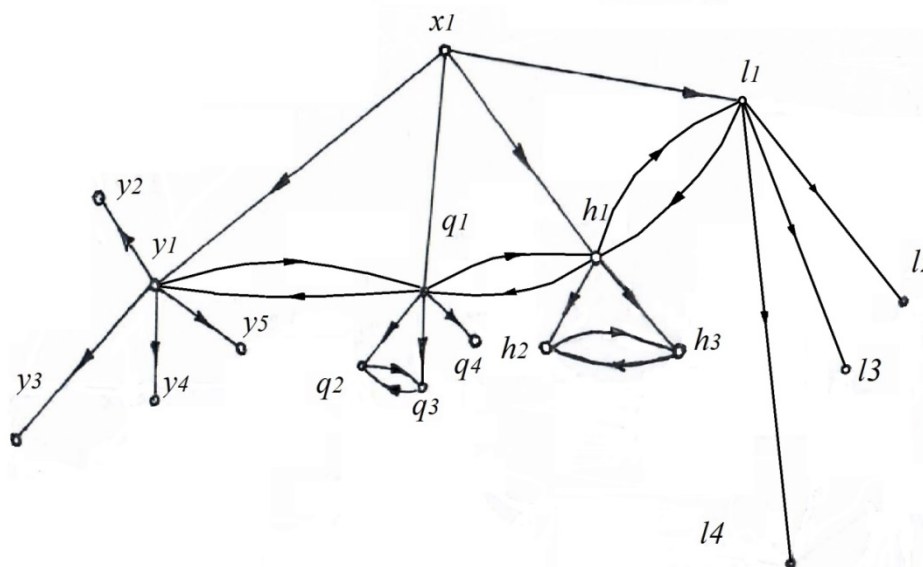


Рисунок 2.4 - Остовный граф АТЦ «Уральские Авиалинии»

Количество вершин – ответственных руководителей – обосновывается требованиями минимальной необходимости в рамках направлений деятельности: x – элемент множества $\{x\}$ (не отражено в данном графе, но данное множество видно в структурной схеме всей авиакомпании) руководителей авиакомпании, в данном случае – директор АТЦ, ответственный за все направление организации инженерного авиационного обеспечения; $\{y\}$ – организация производства в целом и в его сегментах – цехах и отделах; $\{q\}$ – управление качеством и два его основных направления, связанных с аудиторской деятельностью и инспекцией работ в рабочих подразделениях; $\{h\}$ – организация процедур ПЛГ и две основных составляющих – инжиниринг и планирование; $\{l\}$ – организация логистики, материально-технического обеспечения, договорное, юридическое и таможенное обеспечение.

Таким образом, можно сказать, что количество вершин обусловлено минимальными условиями, предъявляемыми EASA к современной структуре обслуживающего производства. Дуги обозначают иерархические

взаимоотношения при взаимодействии между вершинами или показывают основные направления постановки задач от одного руководителя другому при решении специфических функций.

Очевидно, что при постановке специфических задач вершины более высокого уровня иерархии не достижимы для нижнего уровня, что естественно – подчиненные не могут ставить директивные задачи руководителям. В то же время вершины одинакового уровня взаимно достижимы, что говорит о том, что иерархически равные руководители различных подразделений, выполняя свои специфические функции при решении общих с другими подразделениями задач, имеют возможность директивно ставить задачи другому руководителю и наоборот.

Основной граф можно разделить в нашем случае на четыре порожденных графа – графы, которые подробно показывают линии связи каждого из четырех основных департаментов.

Для примера покажем порожденный граф департамента технического обслуживания ВС (Рисунок 2.5).

Данный граф является антисимметрическим, т.е. в данном графе множество вершин Y , к которому применимо условие $(y_i, y_j) \in Y$ и $(y_j, y_i) \notin Y$. Таким образом, не для всех вершин с направленными дугами присутствуют противоположно ориентированные дуги.

В данном графе также можно выделить сильные компоненты, к примеру – бригады – множества $\{y(1,n,k,f)\}$, $\{y(2,n,k,f)\}$, $\{y(3,n,k,f)\}$ и $\{y(4,n,k,f)\}$ или смены, обозначенные множествами $\{y(3,n)\}$.

Теперь необходимо заметить, что данный порожденный граф, как и основной, показывает всю существующую структуру и систему подчиненности. Однако глядя на него, невозможно сказать, каким образом будут складываться связи и как будет выглядеть граф в реальной рабочей ситуации при решении той или иной специфической задачи. Другими словами, мы имеем сеть, но пока не можем сказать, каким образом в ней

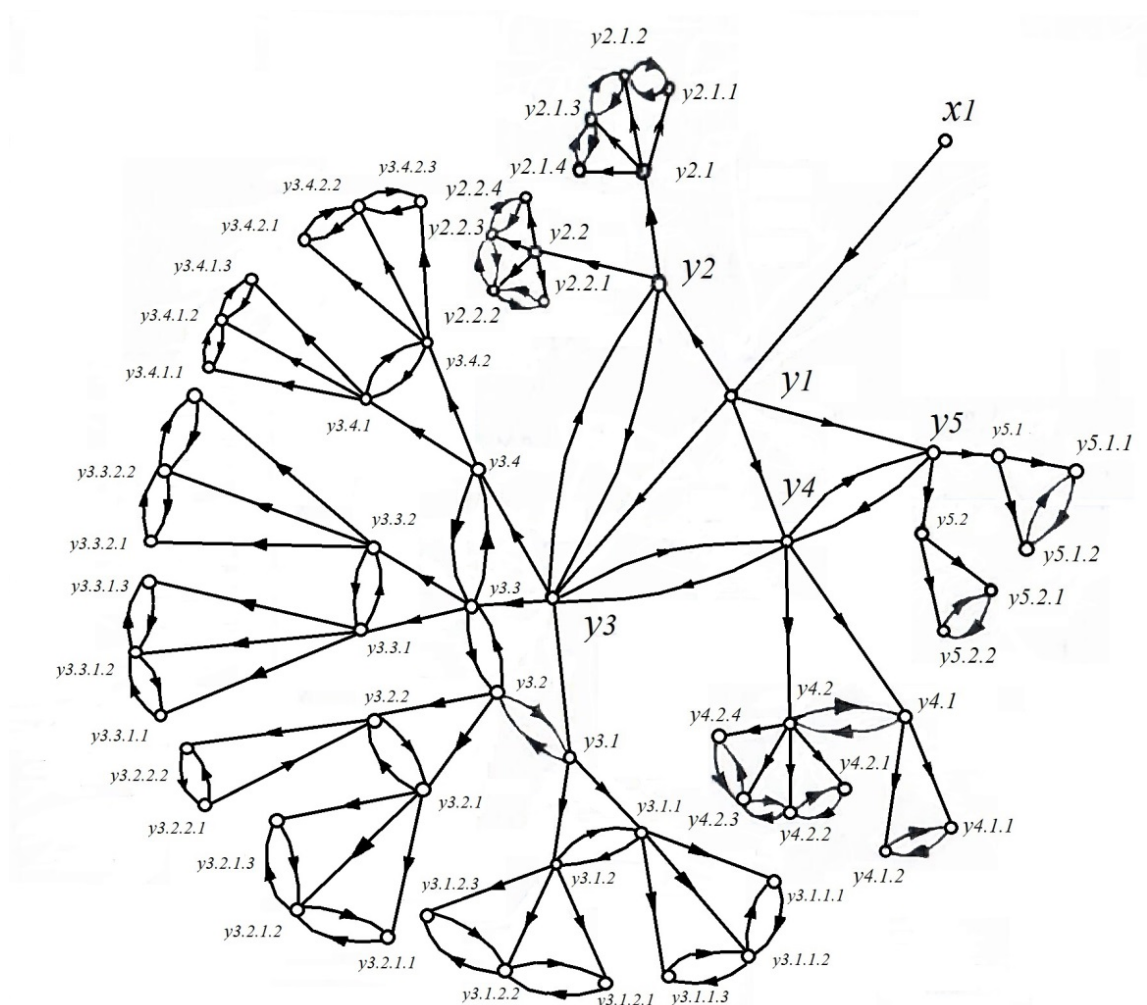


Рисунок 2.5 - Порожденный граф ДТО АТЦ

протекают процессы в зависимости от появляющихся во времени вводных данных и возникающих в ответ откликов – процессов решения задач в системе.

После изучения производственной структуры с точки зрения иерархии и подчиненности и применения теории графов можно утверждать, что:

1) производственная структура в ее традиционном виде (Рисунок 2.3) является конденсированным графом, полученным из общего графа всех элементов структуры (Рисунок 2.2), соответствует минимальным требованиям EASA к структуре и не имеет недостатка или избытка структурных звеньев в рамках решаемых в АТЦ задач;

- 2) сильные компоненты графа представляют собой коллективы однородных подразделений – бригад, отделов и цехов, решающих отдельные непересекающиеся задачи;
- 3) в сочетании с руководителями подразделения образуют графы с односторонней достижимостью, что говорит о директивности и единоначалии в производственной структуре;
- 4) производственная структура, как и ее графический аналог, не показывают рабочих процессов внутри и не отвечают на вопросы об эффективности функционирования при решении конкретных задач.

2.7 Выводы по второй главе

1. Поставлена задача построения модели структуры ОП воздушных судов.
2. Предложено использование основополагающих законодательно-нормативных документов в качестве экспертной базы. Исследование различных аспектов структурирования осуществлялось с опорой на рекомендации ИКАО, требования EASA и ФАВТ.
3. Разработана модель описательного языка. Для ее создания были использованы языки теории множеств и логики предикатов, содержащие описание множества переменных, представляющих собой элементы организационной структуры, необходимые для описания структуры ТО. Полученные элементы, обладающие специфическими свойствами, являются образующими в рамках подхода теории образов Ульфа Гренандера.
4. В процессе комбинирования полученных элементов разработана математическая модель структуры, которая позволяет решить задачи:
 - определить состав основных элементов организационной структуры ОП авиакомпании;
 - получить желаемые изображения структуры в зависимости от задаваемых вводных данных.

Для комбинирования множества образующих были применены операции отношений теории множеств.

5. Исследована на достаточность и избыточность структура, построенная на базе исходных данных EASA и представляющая современную производственную структуру АТЦ, что позволило сделать вывод об оптимальности количества основных звеньев для решения задач по ТО ВС в соответствии с требованиями EASA.

Полученная теоретико-множественная модель описательного языка применима для синтеза различных вариантов структур авиационных технических предприятий. Однако данная модель, описывающая структуру с теоретико-множественной позиции, обладает существенным недостатком - она не дает описания процессов внутри самой структуры, отсутствует детализация структуры, поэтому ее можно назвать «бедной». В зависимости от вводных условий, меняющихся со временем, решение каждой из комплексных задач варьируется, таким образом, при ее трансформациях должна преобразоваться и структура связей между элементами и функциями, характеристика которых выходит за рамки проблемы, исследуемой во второй главе.

Глава 3. Разработка метода синтеза функциональной части организации - пространственно-временного образа

Во второй главе была представлена структура авиационного технического центра, в основу которой положены теоретико-системные принципы, в частности теория множеств, которая раскрывает основные составляющие элементы ОП. Однако построенная теоретико-множественная модель структуры является только необходимой частью, но недостаточной для полного описания организации ОП. В этой связи требуется создание структурной части организации ТО, реализующей действия и взаимодействия между всеми компонентами этой организации.

Так же, как и состав структуры, действие и взаимодействие компонентов организационной структуры строится на основополагающих документах гражданской авиации, определяющих требования к организации ТО в целом.

Помимо этого, известно, что организационно ОП авиакомпания представляет собой систему, связанную со структурами государственной авиационной администрации, производителей ВС, двигателей и комплектующих агрегатов, узлов, с авиакомпаниями и аналогичными обслуживающими организациями по вопросам аутсорсинга. Данные взаимодействия являются постоянными и носят обязательный характер. Воздействия со стороны перечисленных структур имеют важное значение, т.к. формируют требования к наличию определенных структурных звеньев внутри АТЦ, а также к определенному функционалу, осуществляемому этими звеньями. Воздействие и взаимодействие со стороны внешних организаций носит контролирующий, информационный характер и аутсорсинг (отдача или принятие функций по ТО, необходимых для выполнения программы ТО, но отсутствующих по ряду причин – ограничений - либо внутри организации по ТО, либо у смежной, запрашивающей услуги).

В реальных условиях построение идеальной структуры-эталона, охватывающего все аспекты ТО для всего спектра существующей АТ в рамках одного авиационного предприятия, отвечающего за обеспечение летной

годности своего парка ВС, эксплуатирующего гражданские воздушные суда коммерческой авиации и имеющего в структуре подразделение по ТО, практически нереализуемо ввиду существования различных ограничительных факторов, описанных в предыдущих главах [57]. Данные ограничения формируют виды и количество внешних воздействий на внутренние структурные компоненты обслуживающего предприятия, а также их возможный облик – численность, уровень подготовки и опыт работы специалистов, квалификационные требования, наличие необходимого инструмента и оборудования, их номенклатура и правила хранения, распределение функций и обязанностей.

Подробная детализация, внутренние и внешние взаимодействия системы АТЦ должны быть описаны вербально во внутренних документах предприятия на языках, принятых международной конвенцией, как правило, русском и английском [57]. Недостатком вербального описания структуры и системы взаимодействий является неизбежная громоздкость изложения, возникающая многозначность понятий, что делает текст сложным для понимания, выполнения и возможности модернизации. Помимо этого, даже при наличии готовой производственной структуры, крайне сложно представить, не говоря о том, чтобы описать, сколько должно быть элементов структуры, как они будут функционировать и взаимодействовать между собой, каким образом будет достигаться желаемый результат – высокий уровень безопасности полетов и регулярности полетов в сочетании с экономической эффективностью ОП.

Примеров существующих моделей функциональных структур ОП в гражданской авиации сегодня нет.

Таким образом, кроме определения состава структуры, существует проблема создания рациональной функциональной структуры, которая реализует действие и взаимодействие внутри организационной структуры, эксплуатирующей парк ВС, а также структуры обслуживающего предприятия с внешними организациями по правилам, по которым должно функционировать ОП – авиационный технический центр.

Задачей данной главы является построение пространственно-временной модели структуры ТО ВС с целью получения возможности исследования результатов при различных вводных данных, в частности, определения необходимых ресурсов, требуемых для выполнения различных работ по ВС, а также исследования возможности оптимизации различных технологических процессов. Исследование функционирования системы обслуживающего производства авиакомпании производится в рамках точного формализма, являющегося концептуальной основой этой структуры и показывающей действия и взаимодействия элементов структуры. За принцип построения функциональной структуры принимается алгоритм синтеза образов, и для решения поставленной задачи будет использована пространственно-временная модель Ульфа Гренандера.

Для решения задачи необходимо решить следующие подзадачи:

- разработать синтаксический подход к представлению процессов функционирования основных форм обслуживания ВС;
- разработать язык описания процессов обслуживания ВС;
- на примере простейшей формы ТО построить организационную структуру обслуживания ВС.

3.1 Формирование образа состояния воздушного судна как объекта системы технического обслуживания в структуре обслуживающего производства воздушных судов

Прежде чем формировать образ функциональной структуры технической организации, необходимо описать ВС как объект ТО, с которым происходит взаимодействие авиационного персонала, и изменения состояния которого является основной причиной возникновения любых действий и взаимодействий в структуре ОП авиакомпании.

Известно, что ВС может находиться двух основных технических состояниях: исправном или неисправном. Согласно ГОСТ Р 53863-2010 существуют еще два технических состояния технических систем:

работоспособное и неработоспособное. Исправное состояние – состояние ВС, при котором оно соответствует всем требованиям технической и эксплуатационной или ремонтной документации. В полет допускается только исправное ВС. Неисправное состояние – состояние, при котором ВС не соответствует хотя бы одному из требований технической и эксплуатационной или ремонтной документации. Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Это значит, что ВС в исправном состоянии всегда работоспособно. Однако работоспособное ВС не всегда исправно, и в ряде случаев оно неисправно. Неработоспособное ВС всегда находится в неисправном состоянии [57].

Исправное состояние ВС может подразумевать как ВС, у которого все агрегаты и системы находятся в работоспособном состоянии и исправны, так и ВС, в котором есть неработоспособные агрегаты, однако техническая и эксплуатационная документация (MEL, CDL) предусматривает безопасную эксплуатацию такого ВС с определенными ограничениями. ВС с такими ограничениями является исправным, но с деградацией систем.

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что существуют три состояния ВС: исправное (Рисунок 3.1), исправное с деградацией систем, допущенное к эксплуатации в соответствии с перечнем минимального исправного оборудования (MEL), и неисправное.

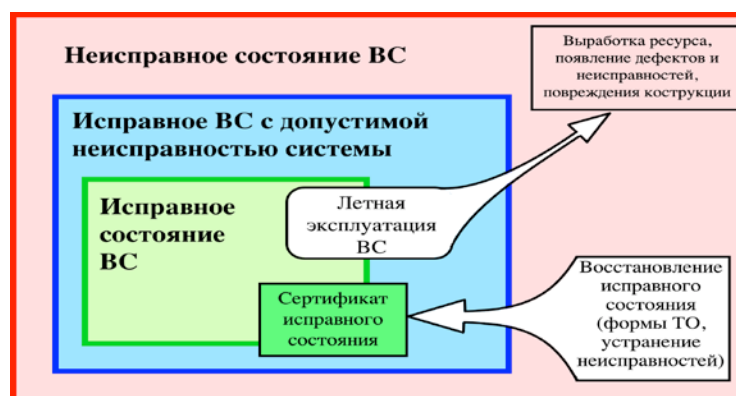


Рисунок 3.1 - Диаграмма состояний ВС

Вероятность нахождения в одном из трех состояний зависит от временного интервала работы ВС между формами ТО, на которых должна быть подтверждена исправность ВС, либо от интенсивности отказов.

Состояния ВС можно выразить в виде абстрактного ориентированного графа, вершины которого отражают состояние агрегатов, систем и ВС в целом. ВС может быть переведено из одного состояния в другое и обратно.

Из исправного состояния ВС переводится в состояние при проявлении какого-либо отказа, при этом система, в которой произошел отказ, либо неработоспособна, либо работоспособна частично. При этом ВС может выполнять полет безопасно при наличии данного отказа в данной системе, и это предусмотрено документацией разработчика (MEL). Таким образом, на ВС накладывается эксплуатационное ограничение, и оно переводится в состояние исправности, но с деградировавшей системой.

Из состояния в неисправное состояние ВС переходит при достижении наработки (в часах или циклах) до очередной формы ТО либо при появлении отказа или неисправности, не предусмотренной MEL. Также из состояния частичной исправности в неисправное состояние ВС переходит при появлении отказа в параллельной системе, что полностью лишает ВС одного из необходимых для безопасной эксплуатации элементов ВС, либо при появлении отказа или неисправности, не предусмотренной MEL.

Обратный перевод из неисправного состояния в исправное с допустимой неисправностью либо в исправное производится путем выполнения обязательной формы ТО, предусмотренной программой ТО для данного ВС и/или организации поиска отказа или неисправности и последующего их устранения. Для этого требуется простой ВС (временной промежуток), резерв запасных частей и материалов, необходимые инструменты и оборудование, обученный лицензированный персонал – все то, что является частью структурной составляющей организации по ТО, построенной в соответствии с

правилами и требованиями авиационных администраций, а также выполнение комплекса работ по форме ТО и/или по восстановлению работоспособности агрегата или системы ВС. Основным объемом работ для поддержания ВС в исправном состоянии в АТЦ является выполнение работ по ТО, состав и периодичность которых четко определен в программе ТО [59], устранение дефектов, как правило, является частью ТО.

Поддержание ВС в исправном состоянии можно представить в виде плоской структуры (Рисунок 3.2), в основе которой лежат элементарные технологические операции, описанные в руководствах разработчика ВС. Простейшие технологические операции складываются в пооперационные технологические ведомости, в соответствии с которыми производится обслуживание систем, зон, агрегатов ВС. И далее ведомости собираются в пакеты работ, в соответствии с программой ТО, и эти пакеты представляют собой формы ТО: оперативные, периодические, структурные и ТО агрегатов воздушного судна.

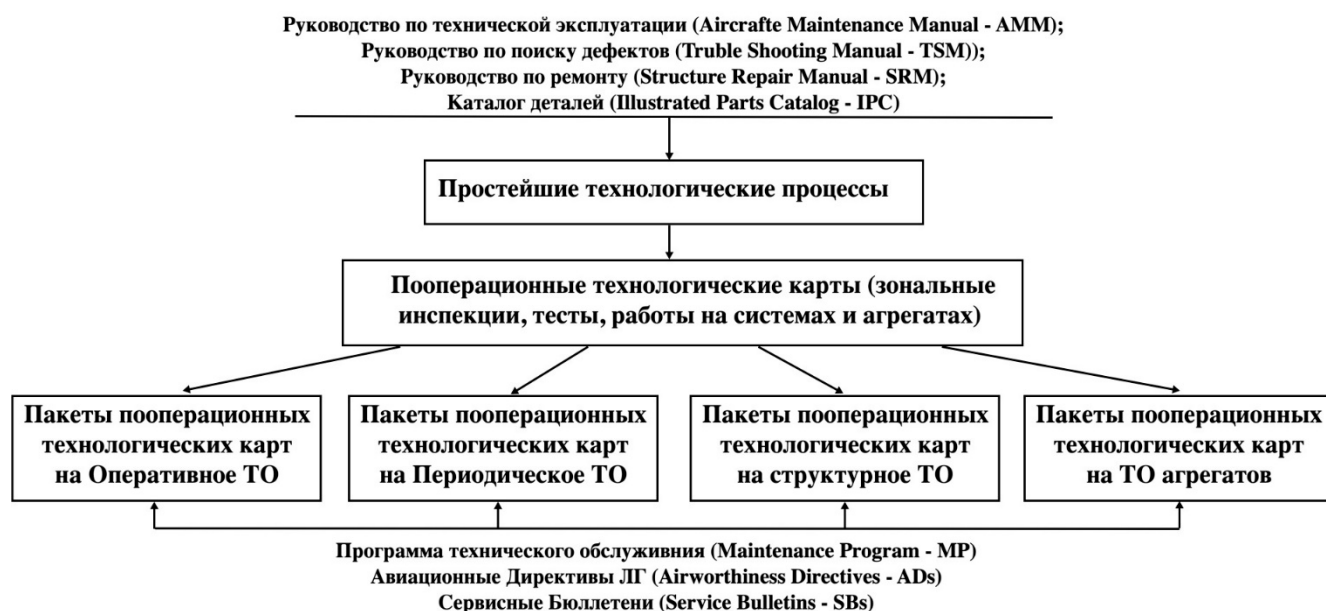


Рисунок 3.2 - Структура поддержания ВС в исправном состоянии

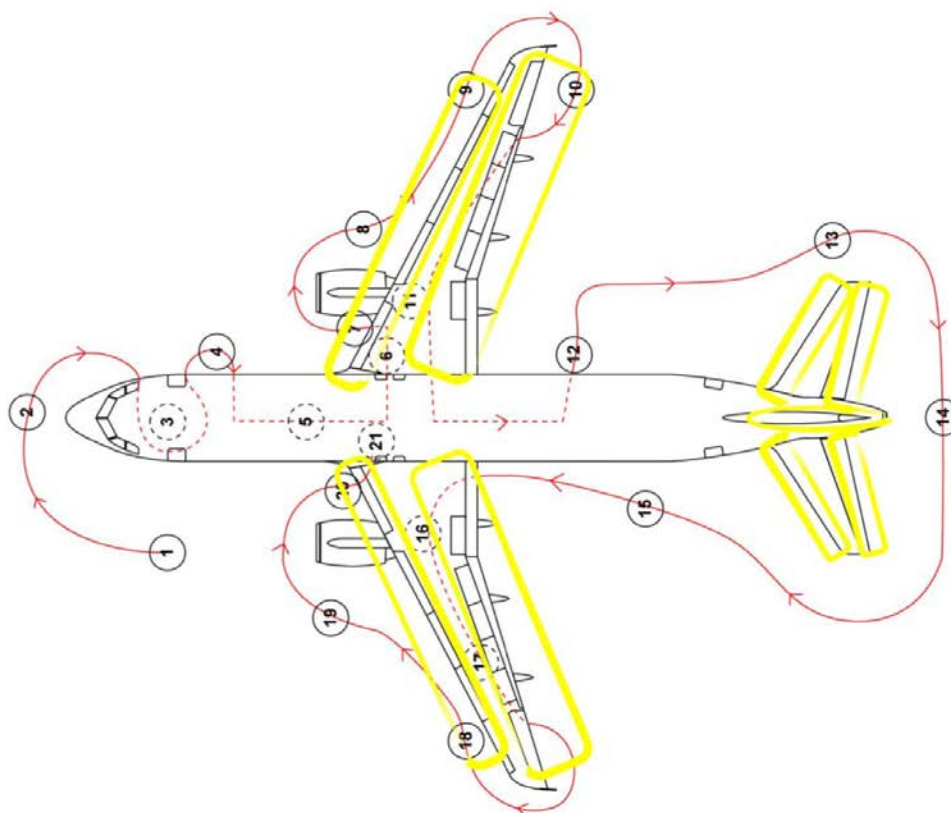
На основании сказанного выше можно сделать вывод, что для приведения ВС в исправное состояние структура должна быть построена как комплекс

выполненных работ (элементарных технологических операций, связанных в технологические карты и структурированных в рабочие пакеты), требуемых к выполнению в данный момент времени программой ТО (форма оперативного или периодического ТО либо другой комплекс работ), которые привели в исправное состояние все его системы.

Исправность систем ВС в отдельности определяется проявлением определенных факторов δ , свойства которых могут влиять на состояние (исправность/неисправность) ВС в целом своим наличием (есть или нет) либо характеризоваться набором параметров x . Данный набор определяющих состояние факторов и присущих им параметров, характеризующий работоспособность систем ВС в состоянии летной годности, будем называть идеальным образом исправного ВС или образом–эталоном исправного состояния. Текущий набор факторов и параметров, присущий индивидуально каждому ВС в данный момент, будем называть оригинальным состоянием.

Для описания построения образа исправного состояния ВС обратимся к примеру простейшей формы оперативного ТО ВС семейства А320 для того, чтобы в дальнейшем построить ее функциональную структуру.

Осмотр ВС по маршруту при выполнении оперативной формы ТО Daily-check (Рисунок 3.3) в соответствии с технологической картой разработчика делит ВС на 21 зону, предусматривающую визуальный контроль параметров систем и элементов конструкции ВС. Таким образом, производится процесс получения информации об объекте.



DAILY CHECK

Рисунок 3.3 - Визуальный осмотр ВС по маршруту во процессе Daily-check

Пример различных зон, систем, элементов конструкции и контролируемых факторов и параметров на ВС А320 приведен в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Различные зоны, системы, элементов конструкции и контролируемых факторов и параметров на ВС А320

№ зоны	Зона, система, элемент конструкции	Фактор δ_i	Измеряемый параметр x_i
1	Зона левой передней части фюзеляжа		
	Обшивка	Повреждения ЛКП, ослабление заклепок, вмятины, царапины	Площадь повреждения ЛКП, глубина вмятин, площадь вмятин, глубина и длина царапин
		Коррозия обшивки	Есть/нет
		Сквозные пробоины	Есть/нет
		Сквозные пробоины	Есть/нет
	Левое стекло кабины, форточка	Отслоение стекол, следы перегрева	Площадь отслоения, перегрева
		Трещины на стекле	Есть/нет
Иллюминаторы	Серебро, трещины	Площадь серебрения, дли-	

			на и количество трещин
	Входная левая передняя дверь	Прилегание входной двери к фюзеляжу	Зазор выхода двери из проема в закрытом положении
2	Зона носовой части фюзеляжа		
	Обтекатель локатора	Повреждения лакокрасочного покрытия (ЛКП), расслоение композита, пробоины	Площадь повреждения ЛКП, площадь отслоения
	Лобовые стекла пилотов	Отслоение стекол, трещины, следы перегрева	Площадь отслоения, длина трещин, количество трещин
	Обшивка носовой части фюзеляжа	Повреждения ЛКП, ослабление заклепок, вмятины, царапины	Площадь повреждения ЛКП, глубина вмятин, площадь вмятин, глубина и длина царапин
		Коррозия обшивки	Есть/нет
Сквозные пробоины		Есть/нет	
6/16	Зона правой/левой основной стойки шасси		
	Гидроцилиндр уборки-выпуска	Течь гидрожидкости	Есть/нет
	Зеркало штока гидроцилиндра	Зарядка амортизатора	Величина видимого зеркала
		Отслоение и трещины хромового покрытия	Площадь отслоения, длина трещин
	Пневматики колес	Обжатие пневматика	Давление азота в пневматике
		Состояние резины пневматика	Глубина протектора, величина порезов и проколов
		Сквозной прокол шины колеса	Есть/нет
		Сквозной порез боковины колеса	Есть/нет
	Тормоза колес	Износ тормозных дисков	Величина видимого индикатора износа
		Разрушение тормозного диска	Есть/нет

Работоспособное состояние элементов в каждой зоне n из всех 21 зон ВС будем описывать некоторым вектором

$$S_n^o = \{ x_1, x_2, \dots, x_i \}, \quad (3.1)$$

представляющим собой множество значений параметров x_i в этой зоне, как это отражено в примерах таблицы №1 (индекс «о» означает оригинальное ВС, $i=1, \dots, N$, где N – количество контролируемых параметров в n -й зоне).

Факторы δ , влияющие на работоспособность объекта и описываемые признаком «есть/нет» в таблице 1, не подлежат измерению. Само их появление уже приводит агрегат или систему в неработоспособное состояние.

Как пример – течь жидкости по цилиндру уборки-выпуска стойки шасси, сквозной прокол пневматика, трещины стекол форточки пилота. Для описания факторов δ можно применить булевы функции [1]. При этом признаку «есть» будет соответствовать символ 0, а признаку «нет» - 1.

Следует учесть, что в одной зоне может быть несколько факторов, как, например, в зонах 11 и 16 (Рисунок 3.2) – четыре фактора (таблица 1): течь гидрожидкости по штоку гидроцилиндра уборки-выпуска, сквозной прокол протектора, боковой порез колеса и разрушение тормозного диска [57].

Применительно к этим зонам булева функция будет определяться выражением:

$$\Delta_{11,16}^0 = \bigwedge_{j=1}^4 (\delta_j) = (\delta_1 \wedge \delta_2 \wedge \delta_3 \wedge \delta_4) \rightarrow \{0,1\}, \quad (3.2)$$

где символ \wedge - логическая операция конъюнкции «и». Соответственно проявление любого из четырех факторов на стойке шасси переводит взлетно-посадочное устройство самолета в неработоспособное состояние.

Составим таблицу истинности для четырех переменных (Таблица 3.2) для конъюнкции булевой функции для стойки шасси, используя известные факторы.

Очевидно, что состояние основной ноги шасси будет считаться работоспособным только в том случае, когда булева функция будет принимать значение 1. При любых других вариантах распределения значений переменных булева функция будет принимать значение 0, что соответственно будет говорить о неработоспособном состоянии основной стойки шасси.

Таблица 3.2 - таблица истинности для конъюнкции булевой функции факторов неработоспособного состояния основной ноги шасси А320

	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	Δ_n^0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	1	0
3	0	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	0	0
6	1	1	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	1	0	0	1	0
9	1	0	1	1	0
10	1	1	0	1	0
11	1	0	0	1	0
12	0	1	1	0	0
13	1	0	1	0	0
14	0	0	1	0	0
15	0	1	0	0	0

Итак, булева функция для единичной n -ой зоны будет выглядеть, как

$$\Delta_n^0 = \bigwedge_{j=1}^M \delta_j \rightarrow \{0,1\} \quad (3.3)$$

Здесь $j=1, \dots, M$, где M – количество контролируемых факторов в n -й зоне.

Данную методику можно применить ко всем 21 зонам осмотра и далее, для упрощения, ВС будем рассматривать как неделимый объект и не будем детализировать на зоны, системы и элементы конструкции [57]. Целью данной работы является синтез способа представления организации работ в ходе ТО ВС на основе понятий «теории синтеза образов» [50] и аппарата дискретной математики [54].

Для всего ВС, условно разбитого на 21 зону, булева функция будет выглядеть функцией первого порядка от объединения всех булевых функций, имеющих результат либо 0, либо 1

$$\Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} \Delta_n^0 \rightarrow \{0,1\}. \quad (3.4)$$

Таким образом, анализ значений всех параметров и во всех 21 зонах дает возможность, в соответствии с определениями, классифицировать состояние ВС как исправное P_u или неисправное P_n .

Исправное состояние ВС:

$$P_u = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^o) = \{x_i\} \in S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^o) = 1 \end{cases}, \quad (3.5)$$

здесь S_n^i – область допустимых значений параметров эталона в зоне осмотра.

Несправное состояние:

$$P_{u^-} = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^o) = \{x_i\} \in S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^o) = 0 \end{cases}, \quad (3.6)$$

условие, при котором множество оригинальных значений параметров соответствует множеству эталонных, но присутствует хотя бы один фактор неработоспособности;

$$P_{u^-} = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^o) = \{x_i\} \notin S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^o) = 1 \end{cases}, \quad (3.7)$$

условие, при котором отсутствуют факторы неработоспособности, но значение хотя бы одного параметра не соответствует области допустимых значений эталона.

ВС в связи со специалистом, выполняющим ТО, можно представить в виде образующих ВС и А/В1/В2, которые формируют конфигурацию (Рисунок 3.4).

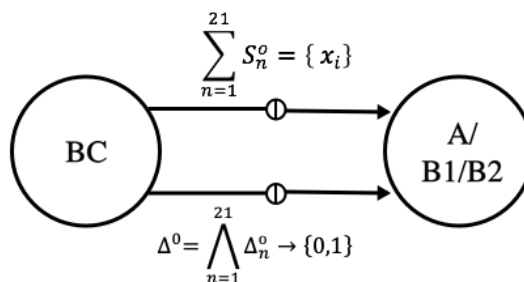


Рисунок 3.4 - Конфигурация системы «ВС-специалист»

А/В1/В2 – это образующая, обладающая конкретными признаками. Здесь А, В1 и В2 обозначения специализации специалиста в соответствии с международными классификаторами (в частности ЕАSА или ФАП-147) [57]. Специалисты получают текущие значения параметров оригинала и оценивают наличие факторов неработоспособности. Параметры идеального образа

описаны в документации разработчика ВС и агрегатов, и для их идентификации исполнитель – авиационный специалист – совершает мыслительный процесс, выбирая необходимое описание и сопоставляя его с текущим набором факторов и параметров, производя таким образом оценку состояния.

Далее происходит процесс принятия решения об исправности объекта, для этого результаты оценки сообщаются инженеру-бригадиру, который оценивает ситуацию в целом, используя, как правило, дерево поиска решений [23]. При этом возможны три варианта развития событий [57].

Образ оригинала, зарегистрированный во время выполнения работ, соответствует эталонному. В этом случае инженер оформляет сертификат исправного состояния (CRS – certificate release to service), ВС готовится к вылету в рейс по расписанию. Это идеальный вариант, и конфигурация, описывающая процесс сертификации исправного состояния, будет выглядеть так, как это показано на рисунке 3.5.

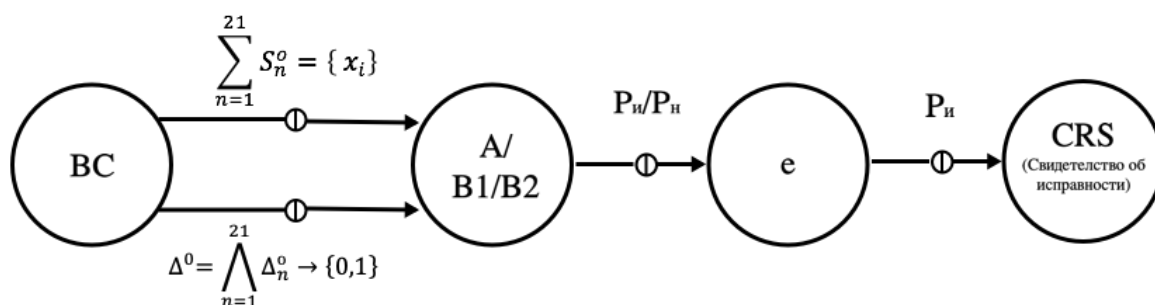


Рисунок 3.5 - Конфигурация, описывающая процесс ТО исправного ВС.

2. Во время осмотра обнаружены незначительные отклонения в техническом состоянии объекта (на идеальный образ накладываются незначительные деформации). В этом случае возможны три варианта событий [57]:

- устранение дефекта возможно в рамках времени обслуживания ВС, предусматривающего выполнение D_с, инженер принимает решение об устранении, образ исправного ВС возвращается к идеальному, инженер

оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс по расписанию;

- устранение дефекта невозможно в рамках времени простоя ВС на ТО, предусматривающего выполнение Дс, инженер принимает решение об откладывании его устранения, если это предусмотрено документацией разработчика ВС, появляется новый образ исправного ВС с допустимой деформацией, накладывающей ограничение на его эксплуатацию, инженер оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс по расписанию;

- устранение дефекта невозможно в рамках времени простоя ВС, предусматривающего выполнение Дс, но откладывание не предусмотрено документацией разработчика ВС, инженер принимает решение о его устранении, образ исправного ВС возвращается к идеальному, инженер оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс с задержкой времени, необходимой для устранения деформации.

3. Во время осмотра обнаружены значительные отклонения в техническом состоянии (на идеальный образ исправного состояния ВС накладываются недопустимые деформации). Инженер принимает решение об отклонении ВС от рейса. В этом случае задача выполнения рейса по расписанию должна быть решена другими методами.

3.2 Создание описательного языка функциональной модели производственной структуры технического обслуживания

Прежде чем создать пространственно-временной образ ТО ВС, создадим математическую модель процессов, в этих целях переведем вербальное описание ТО, приведенное выше, в математический аппарат, используя синтаксический подход распознавания образов [20]. Данный математический аппарат будет являться языком описания ТО, и с его помощью опишем правила и последовательности построения технологических цепочек и

многовариантность функционального взаимодействия внутри организационной структуры.

Для описания используем порождающую грамматику (грамматика Хомского) [4]:

$$G = (N, V, S, P),$$

где N – нетерминальный алфавит;

V – терминальный алфавит;



S – выделенный символ нетерминального алфавита, называемый аксиомой;



















P – конечное множество правил вывода.

Наша задача, используя нетерминальный и терминальный алфавиты $\mathcal{L} \cup (N, V)$, построить «слова» ℓ - сочетание букв «индексов» таким образом, чтобы они образовывали неразрывные последовательные цепочки, в практике представляющие собой последовательно построенные функции ТО ВС.

В качестве нетерминального алфавита будем использовать категории процессов, описанные выше (процессы обслуживания, мышления, получения информации, принятия решения и т.д.), к терминалам отнесем названия конкретных процессов (осмотр, поиск, измерение, идентификация и т.д.), применяемых при определенных работах. Для этого создадим таблицу (Таблица 3.3) соответствий категорий процесса технологическим процессам, осуществляемым при ТО и описанным в технологических картах. Для формирования алфавита используем транскрипции, которые будут применены для построения математического аппарата. Помимо этого, индексам присвоим символы, с помощью которых можно будет построить функциональные структуры для процессов, происходящих в АТЦ

Таблица 3.3 - Терминальные и нетерминальные алфавиты

Нетерминальный алфавит N		Терминальный алфавит V		
Описание процесса		Название процедуры	символы	Индекс (буква)
Получение информации об объекте	In	Осмотр		vi (view)
		Поиск		re (research)

		Нахождение		de (determination)
		Измерение		me (measurement)
Процесс мышления	Th	Идентификация		id (identification)
		Оценка		a (assessment)
		Оценивание		e (estimation)
Обеспечение работ	Pr	Транспортировка со склада (инструмента, запчастей, материалов)		bu (bring up)
		Транспортировка на склад (инструмента, запчастей, материалов)		tb (take back)
		Подготовка (обеспечение доступа, вывешивание, подъем и др.)		pr (preparation)
		Уборка (закрытие доступа, уборка оборудования)		n (nesting)
Принятие решения	D	Перенос времени устранения дефекта		mel
		отклонение		r (reject)
		выпуск		crs
Выполнение работы	W	Восстановление (регулировка, смазка, подтяжка, др.)		rp (repair)
		демонтаж		d (disassembling)
		монтаж		as (assembling)
		заправка (топливом, маслом, газами)		f (fill)
		переход		p (passage)
Выполнение обслуживания	M	maintenance		

Нетерминальный алфавит принимает вид:

$$N = \{\langle In \rangle, \langle Th \rangle, \langle Pr \rangle, \langle D \rangle, \langle W \rangle, \langle M \rangle\} \quad (3.8)$$

Терминальный алфавит включает в себя транскрипции, соответствующие действиям, описанным в таблице 3.3 и выполняемым специалистом при осуществлении технологических процессов:

$$V = \left\{ \langle vi \rangle, \langle re \rangle, \langle de \rangle, \langle me \rangle, \langle id \rangle, \langle a \rangle, \langle e \rangle, \langle du \rangle, \langle tb \rangle, \langle pr \rangle, \right. \\ \left. \langle n \rangle, \langle mel \rangle, \langle r \rangle, \langle crs \rangle, \langle rp \rangle, \langle d \rangle, \langle as \rangle, \langle f \rangle, \langle p \rangle \right\} \quad (3.9)$$

Отметим, что терминальный алфавит в данном случае состоит из 20 «символов». Он может быть расширен за счет включения дополнительных процессов, описывающих отдельные, более детализированные операции, выполняемые не только при ТО, но и для процессов логистики, процедур ПЛГ и управления качеством в АТЦ. В данном конкретном случае для описания технологических процедур одной из операций ТО при оперативном обслуживании примем предлагаемый набор, чтобы не усложнять формулы и создаваемую модель.

За аксиому S будет принято «выполнение обслуживания» M из нетерминального алфавита.

Создадим возможные «слова» $\ell = \{\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n\}$ из предложенных индексов. Данные слова будут частью всего множества \mathcal{L}^* слов в алфавите, отражающих ТО.

Путем установки правил вывода последовательных действий исполнителей при различных вариантах перехода ВС из одного состояния в другое в цепочках технологических операций, приводящих к принятию решения о летной годности/оформлению сертификата исправного состояния, используя все возможные варианты событий на основе полученных алфавитов, мы получим язык – множество всех выводимых из аксиомы грамматики терминальных цепочек:

$$\mathcal{L}(G) = \{\ell: M \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\} \quad (3.10)$$

Для модели ТО (Рисунок 3.4) получим цепочку:

$\langle M \rangle \rightarrow \langle In \rangle \langle Th \rangle \langle D \rangle \langle Pr \rangle \langle W \rangle \langle Pr \rangle \langle Th \rangle \langle D \rangle$ – обслуживание как единичного элемента, так и зоны, так и всего ВС.

Для модели обслуживания элемента ВС, получим следующие возможные цепочки:

$\langle \ell_1 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ – элемент исправен

$\langle \ell_2 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle$ – элемент неисправен;

$\langle \ell_3 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle pr \rangle \langle bu \rangle \langle d \rangle \langle as \rangle \langle n \rangle \langle tb \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ –
обслуживание элемента ВС с его отбраковкой и заменой на исправный;

$\langle \ell_4 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle e \rangle \langle pr \rangle \langle bu \rangle \langle rp \rangle \langle n \rangle \langle tb \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ –
обслуживание элемента ВС с его восстановлением (регулировкой, смазкой, подтяжкой и другими восстановительными операциями). Важно отметить, что в данном предложении элемент цепочки $\langle rp \rangle$, дословно «ремонт», имеет свою структуру, которая здесь не детализируется во избежание усложнения модели. Отметим только то, что процедура ремонта может быть простой, к примеру регулировка прилегания рулевой поверхности или восстановление герметичности уплотнительного профиля двери, либо сложной, такой как восстановление поврежденной обшивки механизации крыла или другой части, требующее значительных материальных, информационных и трудовых затрат. Именно поэтому в цепочке предложения после $\langle r \rangle$ отклонения элемента от эксплуатации требуется оценивание $\langle e \rangle$ возможности выполнения ремонта.

$\langle \ell_5 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle e \rangle \langle mel \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ – обслуживание
элемента ВС с допуском к эксплуатации с ограничениями.

В итоге мы получаем систему уравнений, описывающую порождающую грамматику

$$G = \left(\begin{array}{l} N = \{ \langle In \rangle, \langle Th \rangle, \langle Pr \rangle, \langle D \rangle, \langle W \rangle, \langle M \rangle \}; \\ V = \left\{ \begin{array}{l} \langle vi \rangle, \langle re \rangle, \langle de \rangle, \langle me \rangle, \langle id \rangle, \langle a \rangle, \langle du \rangle, \langle tb \rangle, \langle pr \rangle, \langle n \rangle, \\ \langle mel \rangle, \langle r \rangle, \langle crs \rangle, \langle rp \rangle, \langle d \rangle, \langle as \rangle, \langle f \rangle, \langle p \rangle \end{array} \right\}; \\ M; \\ \left\{ \begin{array}{l} \langle M \rangle \rightarrow \langle In \rangle \langle Th \rangle \langle D \rangle \langle Pr \rangle \langle W \rangle \langle Pr \rangle \langle Th \rangle \langle D \rangle; \\ \langle \ell_1 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle; \\ \langle \ell_2 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \\ \langle \ell_3 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle pr \rangle \langle bu \rangle \langle d \rangle \langle as \rangle \langle n \rangle \langle tb \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle; \\ \langle \ell_4 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle e \rangle \langle pr \rangle \langle bu \rangle \langle rp \rangle \langle n \rangle \langle tb \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle; \\ \langle \ell_5 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle e \rangle \langle mel \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle. \end{array} \right. \end{array} \right) \quad (3.11)$$

Используя полученную грамматику, мы получаем язык, который дает множество $\mathcal{L}(G)$ выводимых цепочек для описания организации оперативного ТО по форме Daily-check (Рисунок 3.2).

Очевидно, аналогичным образом можно построить языки для различных работ по обслуживанию ВС, к примеру, для программных операций, используемых в периодическом ТО для каждой системы в отдельности либо для ремонта элементов конструкции ВС.

Помимо технологических операций, выполняемых непосредственно при ТО ВС, возможно создать языки процессов, осуществляемых в логистике, информационном обеспечении и управлении качеством. Затем методом конкатенации языков, т.е. их различного объединения, мы получим все варианты цепочек, выстраиваемых в функциональную структуру АТЦ в рамках ее организационной структуры.

3.3 Описание процессов в организационной структуре цеха оперативного технического обслуживания авиационного технического центра

Теперь создадим пространственно-временную модель ТО, основываясь на правилах вывода цепочек при построении языка. В этих целях используем уже введенную в таблице 3.3 символику. Для этого опишем процессы ТО более детально.

В структуре ОП АТЦ для обеспечения исправного состояния ВС или идеального образа исправного ВС, выступающего в роли эталона, и подготовки его к вылету решаются следующие задачи:

- наблюдение за состоянием ВС;
- измерение параметров для выявления элементов, близких к отказу по достижении предельного состояния, выполнение регулировок;
- выполнение превентивных мероприятий, предупреждающих преждевременные износы;
- проведение замен агрегатов с ограниченным сроком службы или ресурсом.

Все эти задачи реализованы в виде форм оперативного (линейного) и периодического (базового) ТО ВС и структурно разделены в программе ТО для типа ВС в рамках конкретного парка авиакомпании. Данное разделение основано на базе программы планирования ТО, созданной разработчиком воздушного судна.

Оперативное ТО подразумевает:

- поиск, выявление и устранение отказов и неисправностей;
- перестановку и замену агрегатов ВС, включая двигатели, воздушные винты, их тестирование с применением различного оборудования, если это требуется;
- ТО предусмотренное программой (регламентом) для данного типа ВС, подразумевающее визуальные инспекции, позволяющие выявить видимые дефекты и отклонения, но не требующие более обширной диагностики. Работы по оперативному ТО могут включать осмотр элементов конструкции планера и частей силовых установок через съемные лючки без вскрытия панелей, а также несложные ремонты и простые модификации, которые не требуют разборки конструкции ВС и крупных ресурсных затрат.

Различие между простыми и более трудоемкими формами заключается в том, что более трудоемкие формы содержат большее количество смотровых и диагностических работ и, соответственно, требуется дополнительное обеспечение доступа к зонам обслуживания. При этом сами работы являются типовыми и описаны в руководстве по технической эксплуатации (АММ – aircraft maintenance manual).

Организационная структура АТЦ, как показано во второй главе, является сложной структурой и включает в себя подразделения, отвечающие за ТО ВС, за выполнение процедур поддержания летной годности, управление качеством и логистическое и материально-техническое обеспечение. Учитывая факторы больших размеров структуры АТЦ, сложности процессов, происходящих в

ней, предлагается применить принцип диакоптики и исследовать функционирование структуры по частям. Для этого возьмем подразделение департамента ТО ВС – цех оперативного ТО ВС - и проанализируем его работу, которая представляет наибольший интерес ввиду стохастичности процессов, возникающих и происходящих при обслуживании ВС.

Главная цель организации и выполнения оперативного ТО - поддержание исправного состояния основного объекта ТО - ВС либо приведение ВС из неисправного состояния в исправное путем выполнения работ по оперативному ТО между рейсами. Помимо этого, одной из важнейших задач подразделения оперативного обслуживания ВС в организациях по ТО является обеспечение регулярности вылетов ВС, связанной с техническим обеспечением – воздушное судно должно быть приведено в исправное состояние в ограниченное количество отведенного на обслуживание время. Следовательно, все работы и технологические операции, выполняемые исполнителями ТО, имеют лимит времени. Здесь задачи авиакомпании, как заказчика работ, являются внешними обязательствами технической организации.

Теперь на примере выполнения формы Daily check в цехе оперативного ТО авиационного технического центра авиакомпании «Уральские Авиалинии» рассмотрим структуру организации процессов в цехе ТО при выполнении оперативного ТО ВС. Это поможет разделить уровни решения задач по выполнению и организации ТО внутри подразделения – цеха ОТО.

3.3.1 Разделение функций при организации работ в структуре цеха оперативного технического обслуживания авиационного технического центра

Непосредственным выполнением работ по осмотру, диагностированию и оценке работоспособности систем и агрегатов на ВС заняты авиамеханики и авиатехники категории m, B1 и B2 (см. вторую главу). Бригада исполнителей в данном случае состоит из двух специалистов, отвечающих за назначенные зоны. Они производят пошаговый осмотр и оценку работоспособности

(Рисунок 3.2) планера, систем и агрегатов в каждой из 21 зон. Результаты оценки доводятся до инженера-бригадира, в подчинении которого находятся несколько бригад исполнителей. Инженер-бригадир на основе оценок производит оценивание соответствия полученных оценок данным технической и конструкторской документации, на основании чего делается заключение об исправности ВС.

Инженер-бригадир руководит бригадами на участке, включающем определенное ограниченное количество ВС. В случае выявления дефекта, требующего затрат ресурсов свыше имеющихся на участке, инженер или начальник смены должен произвести оценивание доступных ресурсов (наличие технологий, наличие необходимого инструмента, запчастей, материалов на складе, доступность специалистов требуемой квалификации и специальности, а также времени) для принятия решения о дальнейших действиях с ВС. Результаты оценивания технического состояния ВС доводятся до начальника смены для принятия окончательного решения, если работы на ВС повлияют на изменение расписания полетов.

На основе сопоставления момента приведения воздушных судов на участках цеха ОТО в исправное состояние с временем планируемого вылета начальник смены управляет трудовыми и материальными ресурсами, логистикой и перемещением ВС в рамках расписания вылетов. Начальник смены должен подготовить рабочие карты и технологии выполнения работ для исполнителей – выполнить информационное обеспечение в рамках своей смены. Также начальник смены анализирует причины несоответствий фактического времени подготовки ВС к вылетам с планируемым.

О результатах анализа причин несоответствий начальники смен докладывают начальнику цеха ОТО. Начальник цеха должен произвести организационные мероприятия по исключению несоответствий в своевременном приведении ВС в исправное состояние и в подготовке воздушных судов к вылетам. Для этого производится постоянная оценка численности и подготовленности технического персонала, качества логистики,

наполняемости инструментальных и материальных складов, продолжительности времени простоя ВС на ОТО.

Итак, как видно из приведённого примера, производственная организационная структура цеха оперативного ТО в рамках концептуальной модели, описанной во главе II, при решении задач оперативного ТО предусматривает четыре уровня принятия решений (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Уровни распределения задач цеха ОТО

Уровни	Наименование решаемой задачи	Компонент множества (вторая глава)	Должность (в структуре)
1	Непосредственное выполнение работ на ВС: - выполнение работ по оценке работоспособного состояния элементов конструкции, систем и агрегатов ВС; - работы по восстановлению работоспособного состояния.	М, В1, В2	Авиамеханик, авиатехник СиД, авиатехник АиРЭО
2	Планирование, организация и распределение работ по ТО на участке между исполнителями: - получение оценок работоспособности элементов воздушных судов; - оценивание возможности устранения дефекта; - оценивание состояния ВС; - принятие решения об исправности.	В1, В2, е	Инженер-бригадир
3	Планирование и организация работ по ТО в смене: - оценивание работы бригад, распределение работ по восстановлению исправного состояния ВС к времени вылета согласно расписания полетов; - оценка ресурсной базы в смене; - информационное обеспечение работ в смене; - оценивание возможности выполнения расписания вылетов ВС.	М _{бр}	Начальник смены
4	Оценивание соответствия фактической и плановой нагрузки в цехе, проведение организационных мероприятий по устранению несоответствий: - подготовка, планирование и проведение обучения персонала; - планирование и распределение работ на долгосрочный период; - планирование и обеспечение инструментом и расходными материалами; - информационное обеспечение, взаимодействие с инжинирингом; - оценивание деятельности смен, перераспределение ресурсов между сменами.	М _{ото}	Начальник цеха ОТО

Теперь перейдем к более детальному рассмотрению процессов и к построению функциональной структуры на примере простейшей формы оперативного ТО.

Для создания изображения ТО необходимо описать образующие и конфигурации, которые были бы применимы к конкретным случаям обслуживания ВС.

3.3.2 Описание образа технологической операции, создание образующих, конфигураций и изображений оперативного технического обслуживания

Для создания конфигураций и образа ТО, нам необходимо создать образующую – произвольный объект, который является частью всей формы ТО. Как уже было отмечено выше, форма включает в себя работы, представляющие собой законченные технологические операции. При взаимодействии специалиста и ВС (Рисунок 3.5) в качестве пространственно-временных образующих в условно 21 зоне (устранение дефектов пока не рассматривается) при выполнении Дс удобно принять законченные технологические операции, которые выполняются поочередно. И для рассмотрения можно принять любую технологическую операцию, т.к. все операции обслуживания при ОТО описаны в одном опорном пространстве и относятся к одному виду образующих: осмотр передней части фюзеляжа; осмотр входного устройства и первой ступени вентилятора двигателя, осмотр стойки шасси.

Важно отметить, что каждая образующая обладает свойствами времени и наполнена ресурсами. Время выполнения каждой операции зависит от множества факторов, которые будут описаны ниже. Ресурсы будут определять финансовые расходы на организацию ТО.





Рассмотрим обслуживание колеса основной стойки шасси при ОТО в зонах 11 и 16 (Рисунок 3.3), остановимся подробнее на обслуживании шины колеса. Обслуживание колеса включает осмотр шины и барабана. В случае отбраковки барабана либо шины, заменяется колесо целиком, хотя обслуживание шины и барабана колеса при ОТО – это две несвязанные

технологические операции. Для упрощения описания остановимся на технологической операции только шины. Обслуживание шины колеса при ТО состоит из осмотра шины колеса на предмет наличия повреждений и износа, оценки его технического состояния. Создадим описательный язык диаграммы движений обслуживания колеса, используя таблицу символов, представляющих собой отдельные технологические операции и описанных как пространственно-временные образующие (Таблица 3.5) в рамках формализма теории образов.

Таблица 3.5 - Символы и характеристики образующих технологических процессов ТО

№	Описание образующих	Символ	Название образующих
1	Визуальный осмотр агрегата в процессе технического обслуживания		осмотр
2	Поиск факторов неработоспособности агрегата, узла, детали δ_j^o . Изучение бортовой документации на наличие записей об уже обнаруженных ранее повреждениях с тем, чтобы подтвердить их наличие и исключить развитие повреждений сверх разрешенного допуска		поиск
3	Обнаружение либо фактора неработоспособности, либо остановка внимания на объекте, требующем измерения		нахождение
4	Определение параметра x_i^o отклонения		замер
5	Поиск и идентификацией фактора неработоспособности δ_j^i или поля допусков параметра x_i^i в технической документации разработчика авиационной техники		Идентификация
6	Сравнение найденного фактора δ_j^o с эталоном δ_j^i и параметра x_i^o с полем допуска эталона x_i^i		оценка
7	Перемещение запчасти со склада на воздушное судно для установки		Транспортировка 1
8	Перемещение снятой отстраненной от эксплуатации части на склад неисправных агрегатов		Транспортировка 2
9	Подготовительные работы по замене неисправного агрегата		Подготовка
10	Заключительные работы по замене, приборка рабочего места		Приборка
11	Демонтажные работы		Демонтаж
12	Монтажные работы		Монтаж
13	Заправка системы рабочим газом или жидкостью, если это требуется		Заправка

Продолжение таблицы 3.5

14	Принятие решения об отстранении агрегата от эксплуатации		отклонение
15	Принятие решения об исправности		допуск
16	Переход к следующей зоне осмотра		переход
17	Мыслительный процесс, связанный с: 1) сопоставлением всех оценок и полученных данных и оценением возможности утверждения состояния ВС или его элемента как «исправного» или «неисправного»; анализом оценок и состояния имеющихся ресурсов (материальных, человеческих, информационных) для выполнения работ по приведению ВС из неисправного состояния в исправное		оценивание

Во-первых, опишем с помощью пространственно-временной диаграммы обслуживание шины колеса (Рисунок 3.6) на ВС.

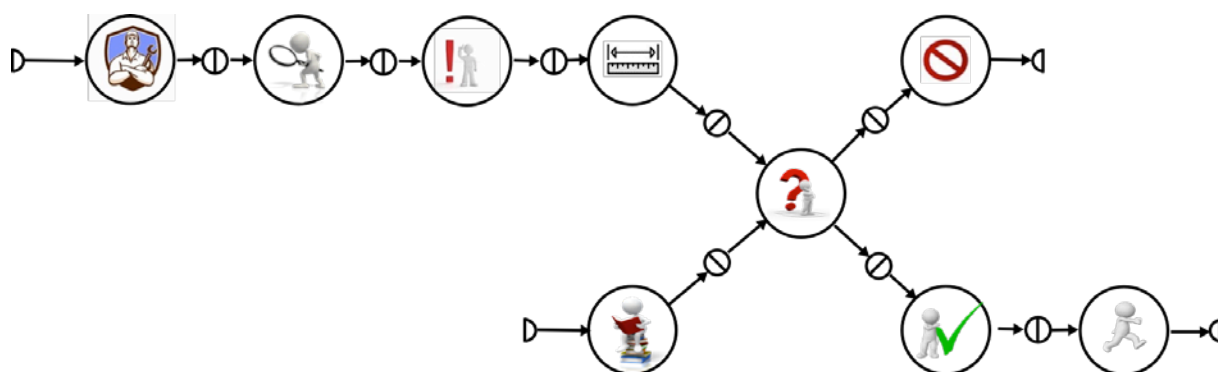


Рисунок 3.6 - Конфигурация обслуживания шины колеса стойки шасси

Данная диаграмма соответствует вариантам цепочек

$\langle \ell_1 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ – элемент исправен,

$\langle \ell_2 \rangle \rightarrow \langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle$ – элемент неисправен

и в привязке к нумерации таблицы 5 показывает следующую последовательность образующих – процессов. Специалист:

- производит поиск (2) видимых повреждений, а также акцентирует внимание на индикаторах износа; изучает бортжурнал на наличие предшествующих записей о ранее обнаруженных повреждениях;

- обнаруживает (3) и отмечает вновь найденные повреждения и описывает текущие значения параметров, обязательных к измерению;

- производит замер (4) текущих параметров ранее отмеченных повреждений и индикаторов износа;

- обращается к документации разработчика (5), сопоставляя информацию из технической документации с полученными данными о повреждениях и состоянии индикаторов;

Инженер/бригадир на основании предоставленных данных производит их оценку (6) и/либо:

- отбраковывает (14) элемент, отклоняя от эксплуатации с оформлением бортового журнала (внося причину отклонения от эксплуатации);

- допускает (15) элемент к дальнейшей эксплуатации с оформлением бортового журнала (при обнаружении новых повреждений и внесении новых значений измерений, обязательных к контролю).

Каждая образующая обладает признаками (конкретно для данной конфигурации):

- временем выполнения операции t_k ;
- количество исполнителей N .

Эти признаки крайне важны, так как влияние на них тем или иным образом позволит придавать модели желаемый вид.

Итак, мы получаем конфигурацию, состоящую из образующих, обладающих признаками (описанием, временем и количеством исполнителей), что дает возможность смоделировать определенную часть процесса с конечным результатом, оценить объем времени и количество исполнителей, которые понадобятся для ее выполнения.

Во-вторых, отметим, что пространственно-временная диаграмма обслуживания барабана колеса будет выглядеть аналогично.

Обслуживание всего колеса на ВС на формальном языке будет выглядеть как конкатенация двух «слов» в вариантах:

$\langle \ell_1 \rangle \langle \ell_1 \rangle$ - колесо исправно;

$\langle \ell_1 \rangle \langle \ell_2 \rangle$ – шина исправна, барабан неисправен;

$\langle l_2 \rangle \langle l_1 \rangle$ – шина неисправна, барабан исправен;

$\langle l_2 \rangle \langle l_2 \rangle$ – неисправны шина и барабан.

$$\mathcal{L}_K = \langle l_1 l_1, l_1 l_2 l_1, l_2 l_1, l_2 l_2 \rangle \quad (3.12)$$

В итоге мы получаем конфигурацию выполнения двух последовательных технологических операций (Рисунок 3.7) – макрообразующих ТО шины и барабана.

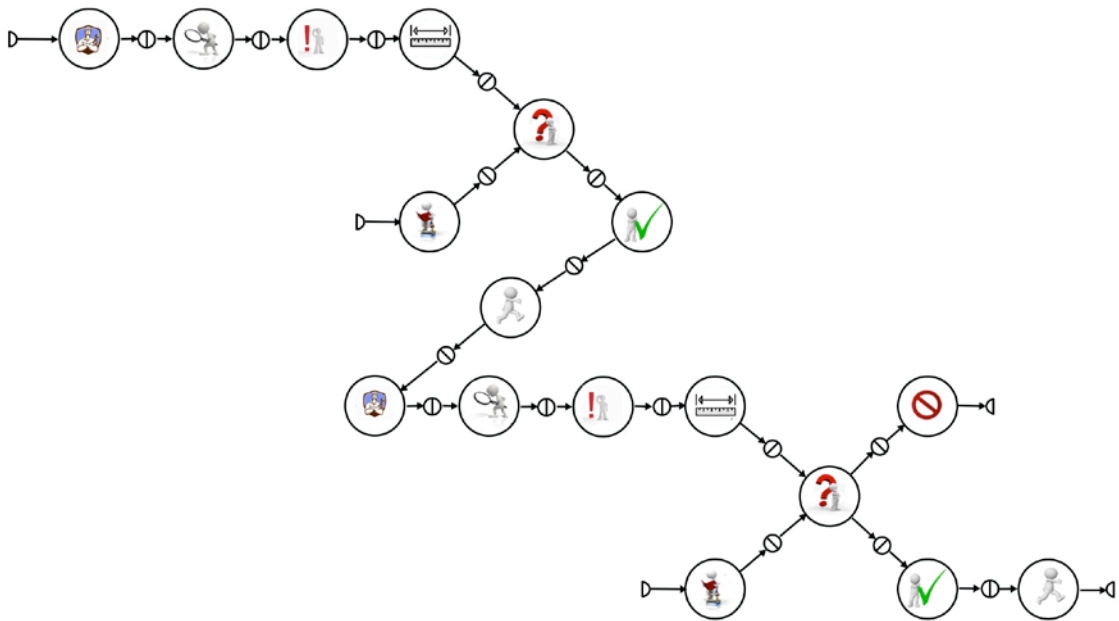


Рисунок 3.7 - Макроконфигурация обслуживания шины и барабана колеса шасси

Теперь создадим идеальное изображение обслуживания колеса стойки шасси $\mathcal{L}_K^i = \langle l_1 l_1 \rangle$ в зонах 11 и 16 (Рисунок 3.3) при выполнении Dc при идеальном стечении обстоятельств. Идеальным стечением обстоятельств мы будем называть поведение объекта, при котором пространственно-временные образующие и конфигурации изображения остаются неизменными и достаточными для решения запланированных задач ТО ВС. Идеальное стечение обстоятельств при ТО как одного элемента, так и зоны и всего ВС соответствует слову

$$\langle M \rangle \rightarrow \langle In \rangle \langle Th \rangle \langle D \rangle. \quad (3.13)$$

Другими словами, приведение ВС в исправное состояние в рамках выполнения оперативной формы ТО не потребует изменения структуры

функциональных связей между образующими и конфигурациями, здесь исключается обнаружение каких-либо повреждений.

Идеальное изображение не будет включать в себя возможные деформации – дефекты и процедуры их устранения. Рассмотрим ситуацию, когда отсутствует необходимость заменять колесо. Диаграмма (Рисунок 3.8) показывает идеальное изображение ТО колеса ВС при оперативном ТО. Данное изображение будет являться макрообразующей для изображения обслуживания ТО шасси на ВС в целом, что будет показано ниже. Таким образом, полученная идеальная модель уже может использоваться не только для построения образов оперативного ТО, но и периодического, т.к. технологическая операция обслуживания колес шасси на ВС, согласно программы ТО, является типовой.

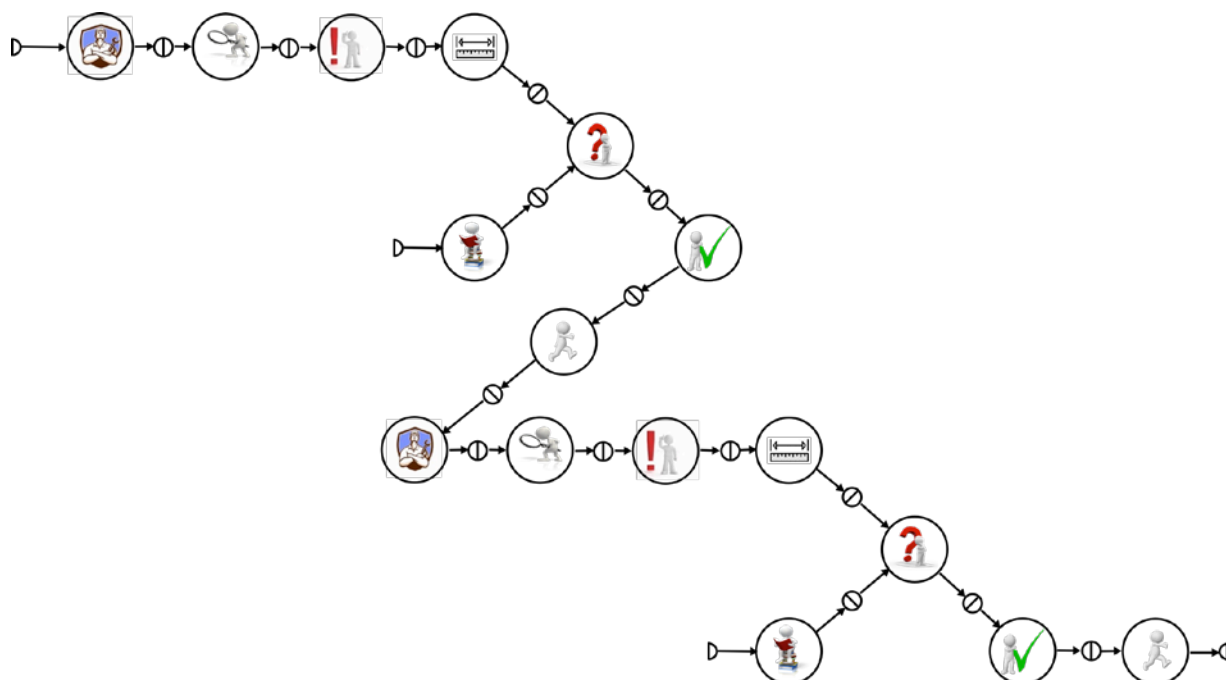


Рисунок 3.8 - Идеальное изображение ТО колеса шасси на ВС

Модель идеального изображения не может применяться при построении авиационных технических предприятий, т.к. не позволяет учитывать реальное состояние системы: необходимое количество персонала, информационное обеспечение, наполняемость инструментального и материального складов -

для обеспечения вылетов самолетов в рамках реального суточного расписания полетов определенного количества ВС.

В реальности при ТО проявляются и обнаруживаются различные дефекты, возникают непредусмотренные идеальной моделью ситуации, которые вносят изменения в функциональную структуру.

3.4 Деформации изображений функциональной структуры технического обслуживания, формирование репертуара движений

Как известно, в процессе оперативного ТО всегда присутствует фактор непредсказуемости: возникают инциденты, сложные отказы, повреждения ВС, либо количество работ, связанных с осмотрами и диагностикой элементов ВС, затребованное авиакомпанией, превышает запланированный объем типового регламента, либо отказы приводят к необходимости замены больших и сложных агрегатов (двигатель, стойка шасси), либо даже нечастое сезонное изменение метеоусловий влечет за собой смещение расписания прилетов и вылетов ВС. Все перечисленные факторы могут носить как временный, так и постоянный характер.

В случае проявления вышеописанных факторов в работе системы организации по ТО будут происходить изменения. При этом структурная составляющая, построенная в соответствии с требованиями и правилами авиационных администраций, остается неизменной – не изменяется структура смен, цехов, отделов и других структурных подразделений, остается неизменной инфраструктура – не увеличиваются и не уменьшаются имеющиеся производственные и складские площади и офисные помещения. Изменения будут происходить в рамках взаимодействия между элементами. Необходимо увеличивать время обслуживания, усиливать состав смены либо арендовать или покупать дополнительный недостающий инструмент, организовывать логистику необходимых агрегатов и запчастей.

В результате изображения будут претерпевать изменения различной формы: будут вынуждены изменяться пространственно-временные образующие и конфигурации, составляющие изображения – будет меняться время поиска и устранения дефекта, может потребоваться привлечение специалистов узкой специальности, к примеру диагностов, может измениться процесс получения информации, связанный с необходимостью запросов дополнительных технологий выполнения специальных работ у разработчика ВС и другие изменения. Именно такие изменения мы будем называть преобразованиями d применительно к изображению организации ТО.

Все преобразования d образуют множество \mathcal{D} – деформации – $d \in \mathcal{D}$ [60].

Деформации, как правило, усложняют и расширяют структуру, поэтому деформированные изображения $\mathcal{T}^{\mathcal{D}}$ менее структурированы, чем идеальные изображения \mathcal{T} .

Появление деформаций идеального изображения при ТО, как отмечено выше, происходит постоянно. Некоторые могут быть настолько существенны, что способны привести к остановке производственных процессов, несмотря на неизменность производственной структуры.

Рассмотрим, как деформации влияют на функциональную структуру на примере обслуживания колеса шасси.

3.4.1 Влияние оценки состояния элементов воздушного судна на формирование образа технического обслуживания

Прежде всего рассмотрим влияние оценки состояния элементов ВС на изображение его ТО.

Деформации идеального изображения обслуживания колеса шасси – это процедуры, которые осуществляются после того, как в процессе поиска дефектов будут выявлены факторы неработоспособности шины или барабана колеса. Очевидно, что в результате оценки и отбраковки одного из элементов колеса потребуются замена колеса, так как восстановление шины или барабана колеса без их разборки невозможно. Для этого необходимо обслуживание колеса в отдельном цехе обслуживания компонентов со съемом с основной

стойки и последующим проведением процедур транспортировки, складской логистики и других, таких как снятие шины с барабана, разборка барабана, смыв краски с дисков – процессов, предусмотренных руководствами обслуживающего предприятия и разработчиками колес. Однако в данном случае описание этих процедур нецелесообразно, т.к. мы рассматриваем процессы поддержания и восстановления исправного состояния ВС в процессе выполнения оперативного ТО непосредственно на перроне.

В случае обнаружения несоответствия в виде проявления факторов неработоспособности или выхода параметров за пределы, предусмотренные разработчиком компонентов колеса – шины или барабана, в процессе оценки должно быть принято решение о замене колеса, что повлечет за собой следующие процессы: транспортировку со склада нового колеса, подготовку стойки шасси к замене колеса, демонтаж неисправного колеса, монтаж исправного, заключительные работы и транспортировку неисправного колеса на склад. Отообразим все эти деформации на диаграмме движений, используя символы, уже принятые в качестве образующих и описанные в Таблице 3.5.

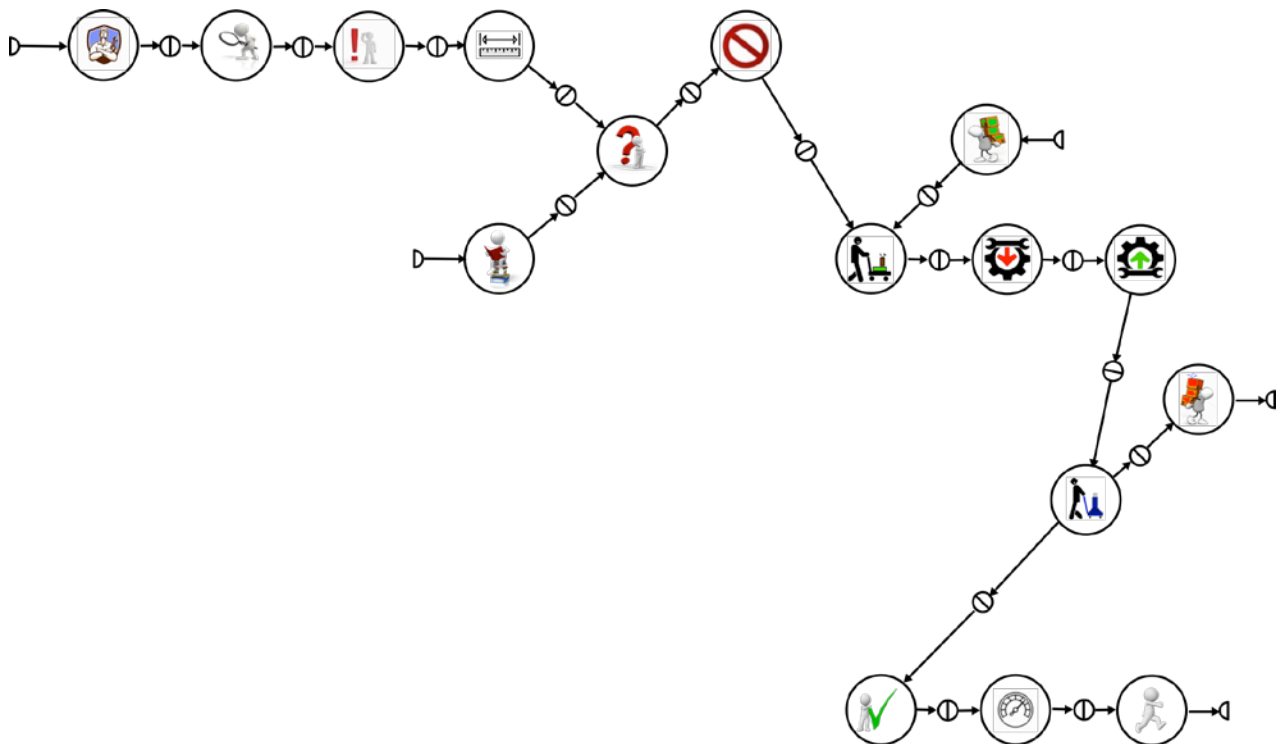


Рисунок 3.9 - Конфигурация обслуживания колеса шасси на ВС при неисправности шины

Чтобы увидеть, в какой степени деформировалось идеальное изображение (Рисунок 3.8), соответствующее обслуживанию исправного ВС (мы говорим об образе исправного состояния ВС), сравним его с репертуаром, когда неисправна шина и исправен барабан $\mathcal{L}_K^1 = \langle \ell_2 \ell_1 \rangle$ (Рисунок 3.9) и когда неисправен барабан колеса, но исправна шина $\mathcal{L}_K^2 = \langle \ell_1 \ell_2 \rangle$ (Рисунок 3.10).

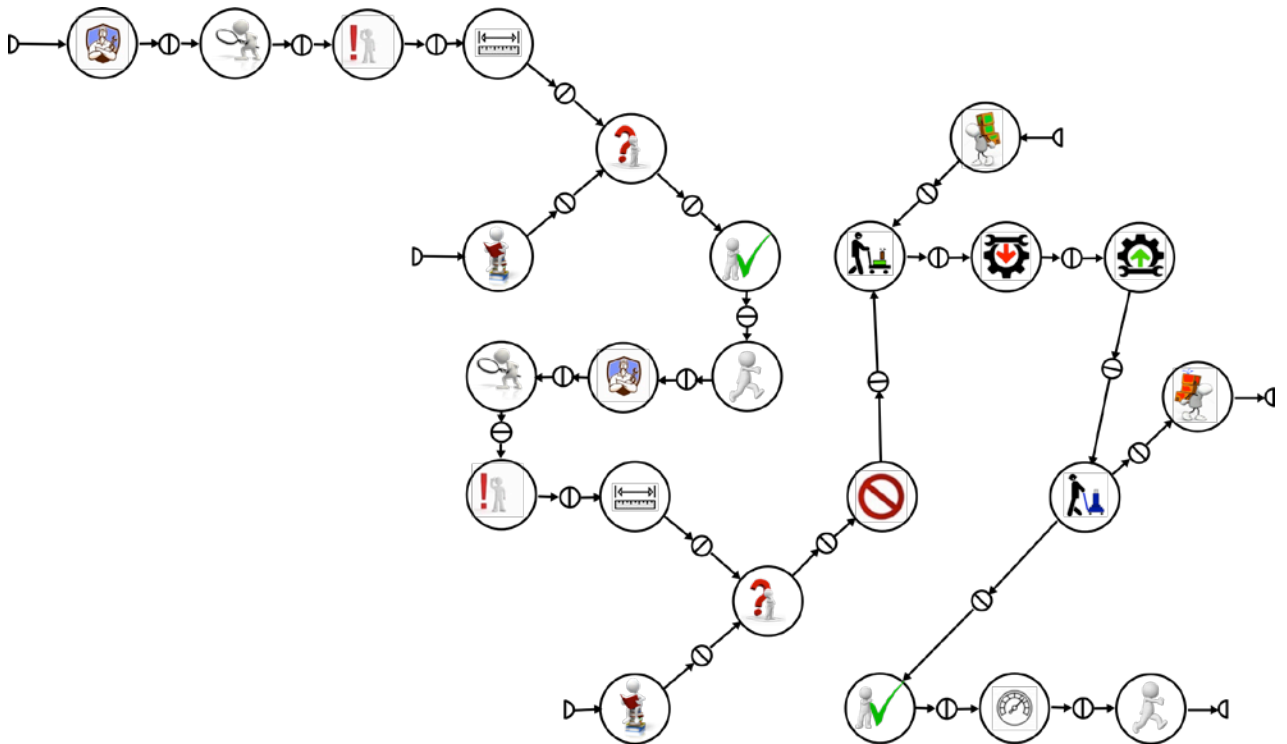


Рисунок 3.10 - Конфигурация обслуживания колеса шасси на ВС при неисправности барабана

Итак, мы получили три варианта репертуара движений, т.е. варианты конфигураций, которые соответствуют объединению заданных «слов» из полученной грамматики, обозначим их через s_1 , s_2 и s_3 , принадлежащих множеству $\mathcal{M}1(\mathcal{R})$, которые могут встретиться в реальной жизненной ситуации при обслуживании колеса стойки шасси на ВС при выполнении, как уже было отмечено, любой формы ТО. Здесь $\mathcal{R} = (\Sigma, \rho)$ – правила и ограничения, определяющие, каким именно способом образующие формируются в структуру Σ и какие связи ρ используются, формируя функциональную структуру. Требования к образующим сформулированы в

национальных правилах (EASA), и их трактовку в рамках определенной компании выполняет служба управления качеством.

3.4.2 Влияние различных факторов на свойства образующих конфигураций технического обслуживания

Помимо состояния элементов ВС на конфигурации ТО и на его образ в целом в значительной степени влияют деформации образующих, из которых состоят конфигурации обслуживания отдельных элементов. Таких факторов множество. Рассмотрим основные из них, влияющие на свойства образующих и формирующие облик образующих из приведенного примера для каждого ОП авиакомпании.

Человеческий фактор

При описании пространственно-временных образующих мы акцентировали внимание на их свойствах. Выше, в таблице 3.5, к свойствам образующих были отнесены время выполнения операций t_k и численность N исполнителей. В данном случае образующие, описывающие работу авиационных специалистов, находятся в прямой зависимости от человеческого фактора. На время выполнения оценки и работ по обслуживанию влияют такие человеческие врожденные и приобретенные способности и качества, как:

- состояние здоровья;
- физическое состояние;
- наличие знаний и навыков;
- накопленный опыт в решении необходимых задач и выполнении операций;
- способность воспринимать информативный материал;
- способность сосредоточения и анализа;
- способность к принятию решений;
- способность выполнения физических операций.

При построении модели необходимо учитывать особенности каждого специалиста. Для формирования эталонного образа специалиста при формировании идеальной конфигурации ТО элементов ВС нужно использовать технологические карты разработчика, в которых за эталонное время выполнения типовой операции принимается осредненное время ее выполнения несколькими разными авиаспециалистами, чьи способности и качества близки к требованиям, предъявляемым к авиационному техническому специалисту экспертной базой данных, а именно правилами авиационных государственных властей.

В реальной технической организации человеческий фактор может вносить значительные деформации в образ ТО и образ авиационного специалиста в различных организациях может в значительной степени отличаться от эталонного. Поэтому предложенные в приведенном примере образующие будут индивидуальны для каждого ОП, т.к. свойство времени t_k будет характерно только для его авиаспециалиста.

Техническая оснащенность

Ещё одним фактором, влияющим на свойство времени, является техническая оснащенность. В таблице 3.5 образующие 9, 10, 11 и 12, описывающие процессы подготовки, демонтажа, монтажа и уборки рабочего места, связаны с технической оснащенностью. В примере с заменой колеса на практике могут быть применены различные способы подготовки и непосредственно замены:

- использование только физической силы человека;
- использование разгрузочно-погрузочных механизмов и подъемников.

Очевидно, что здесь фактор технической оснащенности будет влиять и на время работ, и на численность персонала (вес колеса А320 составляет 180 кг.).

Так как учесть свойства каждого специалиста сложно, особенно в многочисленных подразделениях, и в каждой технической организации свой индивидуальный уровень технической оснащенности, поэтому в

производственных цехах ОП должно производиться нормирование технологических процессов, после чего в конфигурацию ТО элемента ВС вносится коэффициент деформации (коэффициент производственных потерь), который будет показывать, на сколько свойства образующих данного производства отличаются от эталонных.

3.5 Построение функциональной структуры технического обслуживания

Аналогично приведенному выше способу можно описать не только обслуживание элементов стойки шасси в зонах 11 (16) (Рисунок 3.3), но и всех элементов в оставшихся зонах ВС. Получается множество конфигураций, которые в свою очередь будут являться образующими для создания репертуара движений обслуживания стойки шасси, и впоследствии из полученных конфигураций получим возможность построить образ оперативного ТО всего ВС.

Репертуар движений в виде полученных конфигураций описывает решение задач цеха оперативного ТО на первом уровне (таблица 3.4).

Для решения задач планирования работ и решения задач второго уровня – инженера-бригадира данный репертуар показывает:

- количество времени, необходимое для выполнения операций при каждом возможном варианте стечения обстоятельств;
- количество, квалификацию и специализацию исполнителей, выполняющих работу;
- количество и последовательность технологических операций;
- вид и количество требуемого оборудования, инструмента и запчастей.

Опишем решение задачи второго уровня. Для этого рассмотрим обслуживание шасси ВС (Рисунок 3.3, позиции 11 и 16) как элемента на одном из этапов оперативного обслуживания при осмотре по маршруту.

При решении задачи второго уровня, как говорилось выше, инженер должен произвести оценивание возможности устранения найденных отклонений при выполнении оценок исполнителями в рамках времени, отведенного на ТО ВС, а также оценивание состояния ВС для классификации этого состояния. При ТО зон 11 и 16 необходимо обратить внимание на то, что существенным отличием отдельных элементов стойки шасси, таких как тормоз, цилиндр амортизатора, гидроцилиндр уборки-выпуска, от полученных моделей ТО шины, барабана и колеса в целом, является значительность деформаций, которая выражается в свойствах образующих – процессов, которые необходимо произвести для восстановления исправного состояния стойки шасси.

К примеру, документация разработчика допускает эксплуатацию ВС при деактивированном тормозе на одной стойке шасси. Все остальные элементы шасси не попадают под категорию разрешенной эксплуатации MEL. При обнаружении микротрещины на зеркале штока цилиндра дальнейшая эксплуатация стойки не описана в MEL, тем не менее имеется возможность получить разрешение разработчика шасси на эксплуатацию штока с определенными ограничениями в случае, если разработчик сочтет размеры микротрещины безопасными в рамках эксплуатационных нагрузок и введенных ограничений. Данное разрешение разработчика имеет аналогичную юридическую силу, как и MEL.

3.6.1 Влияние оценки комплекса технических и производственных факторов на построение оптимального образа репертуара движений при формировании структуры технического обслуживания

Правила и ограничения при выполнении операций, а также их последовательность и вариантность выполнения действий описаны в технологиях разработчика ВС. Технологии разработчика и другие его документы, такие как АММ, MEL, CDL, программа ТО, доработанные для конкретного парка ВС авиакомпании, обеспечивает инжиниринг в составе

АТЦ. Если образ состояния ВС с течением времени сохраняется идеальным, то и образ ТО его элементов и ВС в целом остается идеальным, никаких изменений и вмешательства со стороны инженерно-технического состава не требуется. Однако если появляются деформации, то в этом случае необходимо составление технологии – репертуара движений, в соответствии с которой ВС вернется к идеальному образу состояния.

Разработчик ВС всегда предлагает типовую программу поиска и устранения дефектов и неисправностей. Она представляет собой методику пошаговых оценок и замен элементов системы до тех пор, пока параметры системы не вернуться к идеальным или близким к ним в рамках условий документации разработчика.

Данная программа не является оптимальной, она исключает влияние человеческого фактора на построение функциональной структуры организации ТО и формирует образующие (технологические процессы) и их связи в простой последовательности исключения исправных элементов из цепи системы до тех пор, пока не встретит неисправный. Если строго следовать предлагаемой программе разработчика, то потребуются значительный склад запчастей и инструмента, непредсказуемое количество времени для поиска дефекта или неисправности, но при этом многочисленный низкоквалифицированный персонал.

Для создания оптимальной функциональной структуры организации ТО требуется рациональный подход, и для этого необходима комплексная оценка состояния элементов ВС и учет возможностей располагаемой инфраструктуры. Для этого необходимо построение оптимальной конфигурации репертуара движений при формировании структуры ТО ВС.

3.5.2 Построение рациональной модели функциональной структуры технического обслуживания

(на примере технического обслуживания шасси)

Для принятия решения о допуске стойки шасси к эксплуатации и для выбора оптимального в данной ситуации образа ТО на основании дополнительных вводных образующих требуется применение инженерных навыков и опыта работы, так как необходимо произвести оценивание таких факторов, как:

- влияние деградации элемента системы и вводимых эксплуатационных ограничений на поведение всего ВС в рамках предстоящего полетного задания;
- время, отпущенное на выполнение ТО;
- квалификация технического персонала, выполняющего работы;
- наличие необходимых запчастей и инструмента;
- удаленность складов и возможности логистики.

Из всего возможного множества конфигураций репертуара движений необходимо выбрать оптимальный, который позволит создать рациональную функциональную структуру с наименьшими потерями ресурсов.

Для принятия решений при выборе определенной конфигурации возможно использование экспертных систем, таких как программа учета надежности агрегатов и алгоритмы поиска дефектов, применяемых в ряде компаний.

Создадим изображение ТО стойки шасси на ВС в зоне 11 (16). В процессе обслуживания основной стойки шасси специалист осуществляет следующие работы по осмотру:

- узлов навески стойки шасси;
- гидрошлангов тормозной системы и гидротрубок;
- зеркала штока и цилиндра амортизатора шасси;
- гидравлического цилиндра уборки – выпуска стойки;
- двух колес (шины и барабана колеса) на стойке шасси;
- двух тормозов колес.

Построим диаграмму движения при обслуживании стойки шасси в зонах 11 и 16 (Рисунок 3.3). Для этого применим готовую конфигурацию обслуживания колеса, но с одним условием: детализированная схема для создания диаграммы движений, как на рисунках 3.8, 3.9, 3.10 использоваться не будет, поскольку новая диаграмма для всей стойки шасси получится громоздкой и плохо читаемой. Конфигурации заменим одиночными символами – макрообразующими (Таблица 3.6), которые в свою очередь будут также являться образующими для конфигурации обслуживания зоны ВС. Для упрощения примем то, что макрообразующая будет включать в себя весь возможный репертуар движений при выполнении технологических операций или процедур, как это описано выше.

Используем образующие таблицы 3.6 только для того, чтобы показать репертуар движений использования MEL, который невозможен при ТО колеса ВС, в данном случае для тормоза колеса.

Таблица 3.6 - Описание конфигураций процессов ТО

№	Символ	Название конфигурации	Описание конфигурации	Индекс (аксиома)
1		Инженерное информационно-технологическое обеспечение (инжиниринг авиакомпании)	Процедуры подготовки и выдачи технологических карт, обеспечение эксплуатационной и конструкторской документацией разработчика ВС и компонентов (АММ, СММ, MEL)	I
2		Техническое обслуживание	Процедуры ТО ВС, элементов ВС	M
3		Логистика	Процедуры логистики запчастей и материалов – перевозки и хранения	L
4		Обеспечение качества	Процедуры построения и обеспечения качества, системы аудитов и контроля производственных процессов	Q
5		Складирование	Конфигурация, отражающая процедуры приемки на склад, хранения, утилизации и выдачи компонентов и расходных материалов	Ls
6		Обслуживание компонента ВС	Конфигурация обслуживания компонента в отдельном цехе, восстановление его исправного состояния	Mk

Используя символы описания процессов, сформируем конфигурацию обслуживания основной стойки шасси (Рисунок 3.11), где мы получим все возможные репертуары поведения специалиста при дефектации тормоза на одной из тележек опоры шасси.

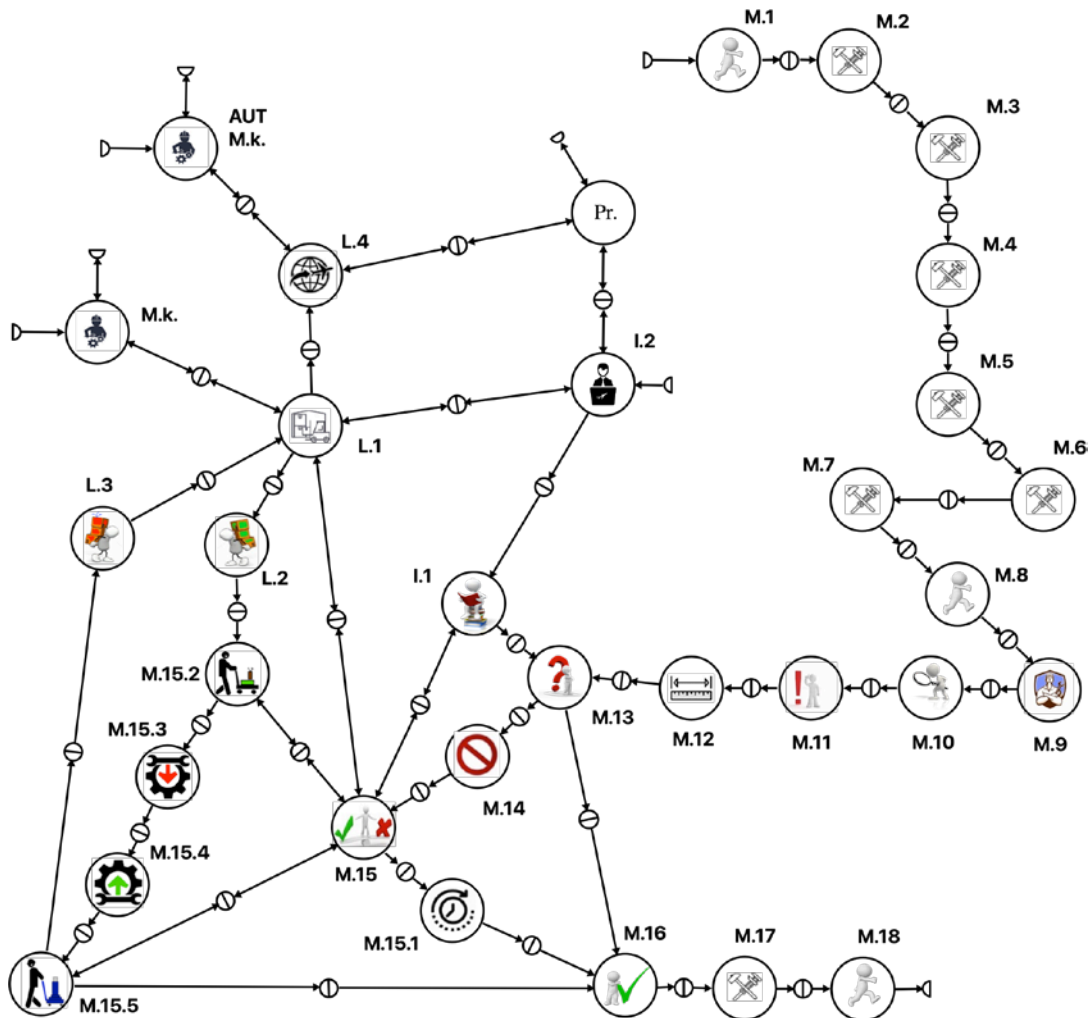


Рисунок 3.11- Изображение обслуживания стойки шасси с дефектацией тормоза

Таблица 3.7 - Описание изображения обслуживания стойки шасси

	Индекс	Описание образующей (макрообразующей – технологической карты)
1	M.1	Переход от зоны 5(15) к зоне 6 (16)
2	M.2	Обслуживание узлов навески шасси
3	M.3	Обслуживание гидрошлангов тормозной системы и гидротрубок
4	M.4	Обслуживание зеркала штока и цилиндра амортизатора шасси
5	M.5	Обслуживание гидравлического цилиндра уборки – выпуска стойки
6	M.6	Обслуживание первого колеса
7	M.7	Обслуживание второго колеса
8	M.8	Переход к обслуживанию второго тормоза
9	M.9	Осмотр второго тормоза
10	M.10	Поиск дефектов
11	M.11	Акцентирование внимания на индикаторах износа

Продолжение таблицы 3.7

12	M.12	Измерение индикаторов износа
13	M.13	Оценка состояния второго тормоза
14	M.14	Отклонение тормоза по состоянию
15	M.15	Оценивание возможностей замены тормоза или откладывания дефекта
16	M.15.1	Откладывание дефекта по MEL
17	M.15.2	Подготовка к замене тормоза
18	M.15.3	Демонтажные работы
19	M.15.4	Монтажные работы
20	M.15.5	Уборка рабочего места
21	M.16	Оценка состояния тормоза как «исправное» и допуск к эксплуатации
22	M.17	Обслуживание первого тормоза
23	M.18	Переход к зоне 7(17)
24	I.	Инжиниринг авиакомпании
25	I.1	Обращение к документации разработчика, относящейся в этому ВС (АММ, MEL)
26	L.2	Транспортировка исправного тормоза со склада
27	L.3	Транспортировка неисправного тормоза на склад
28	L.1	Процедуры хранения на складе
29	L.4	Процедуры транспортировки запчастей
30	M.k.	Процедуры технического обслуживания агрегатов в цехе ТО компонентов в рамках АТЦ
31	OUT M.k.	Процедуры технического обслуживания агрегатов на специализированном предприятии (аутсорсинг)

Полученное изображение является типовым, т.е. обслуживание ВС в любой из 21 зон можно представить подобным образом и описать перевод ВС в исправное состояние при выполнении Daily-check, при этом учесть все репертуары движений.

Инженер, производя оценивание всех построенных им конфигураций ТО, может выбрать наиболее рациональную, используя приоритетность критериев:

- безопасность полетов;
- регулярность выполнения вылета ВС;
- стоимость выполнения работ и цена обслуживания, включающая стоимость материалов и запчастей.

Решение задач третьего и четвертого уровней более объемное и связано с оцениванием производственной обстановки на участках и в цехе в целом, с принятием решений касательно выполнения ТО не на одном, а на нескольких ВС, с выполнением более сложных форм ТО и с поддержанием исправного состояния парка ВС на протяжении продолжительного времени эксплуатации в соответствии с программой ТО. Усложнение задачи обусловлено включением значительно большего количества образующих конфигураций и связей между

ними. Тем не менее, принцип использования методологии построения функциональных структур, описанный выше, применим и в этих случаях. Полученное изображение показывает функциональное взаимодействие таких подразделений, как служба логистического обеспечения, складская инфраструктура, цех оперативного ТО и службы обеспечения необходимой информацией о самолетах авиакомпании, а именно технологиями ТО, MEL и программой ТО для конкретного ВС. Выбор образа ТО в таком случае позволит сформировать требования к рациональной структуре всего ОП авиакомпании.

В таблицах 7 и 8 использованы индексы $\langle I \rangle$, $\langle L \rangle$ и $\langle Q \rangle$. Они аналогичны индексу $\langle M \rangle$ из нетерминального алфавита N , который используется для описания ТО. Им также присвоены символы, которые позволят построить конфигурации и изображения. Данным индексам будут соответствовать аксиомы для создания порождающих грамматик Хомского процедур инжиниринга, логистики и системы управления качеством в АТЦ соответственно.

В конечном результате получается система языков, которая раскрывает структуру деятельности авиационного технического центра при обеспечении исправного состояния ВС флота авиакомпании:

$$\mathcal{L}(G) = \begin{cases} \mathcal{L}(G) = \{\ell: M \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\} \\ \mathcal{L}(G) = \{\ell: I \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\} \\ \mathcal{L}(G) = \{\ell: L \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\} \\ \mathcal{L}(G) = \{\ell: Q \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\} \end{cases}, \quad (3.14)$$

которые полностью соответствуют составу и направлениям деятельности организационной производственной структуры АТЦ (Рисунок 2.2), что и является искомым методом синтеза функциональной структуры с использованием формальных языков и применением теории образов.

3.6 Выводы по третьей главе

Третья глава посвящена формированию представления функциональной части организации ТО.

1) Разработан синтаксический подход к описанию действий и взаимодействий компонентов организационной структуры, реализующей процессы ТО, позволивший синтезировать образ (модель) состояния объекта обслуживания – ВС.

2) Разработан язык для описания функционирования организационной структуры, реализующий описание пространственно-временных образов технологических процедур ТО.

3) Апробирован на примере ТО стойки шасси системный подход, позволивший с формальных позиций решить задачу эффективного описания процессов ТО как системы.

4) Предложен аппарат оценивания состояния ВС на базе полученных оценок о состоянии отдельных агрегатов и систем с учетом их реальных деформаций, и требований MEL и CDL.

5) Предложено реальное описание образа ТО ВС. Полученная модель функционального взаимодействия всех участников процесса приведения ВС позволяет исследовать влияние методов оценивания комплекса оценок технического состояния ВС и различных факторов, воздействующих на основные свойства образующих – технологических процессов ТО, на образ структуры ТО в технической организации по ТО ВС. В частности, обоснована потребность в необходимых элементах структуры АТЦ, таких как логистическое обеспечение, инженерно-технологическое, информационное, а также в других элементах, предусмотренных основополагающими документами EASA и ICAO.

Глава 4. Внедрение результатов теоретических исследований на примере авиационного технического центра «Уральские Авиалинии»

В предыдущих главах определен подход к построению решения для создания структуры системы ТО, решены в теоретическом формате структурная и функциональная задачи.

В данной главе на примере построения АТЦ ОАО АК «Уральские Авиалинии» будет показано создание оптимальной системы оперативного и периодического ТО в соответствии с требованиями основополагающих документов ICAO, EASA в условиях ограниченного финансирования, кадрового дефицита, а также ограниченных инфраструктурных и других существующих затруднений.

На основе полученной методики построения моделей структур ОП авиакомпаний и требований вышестоящих организаций к их эффективному функционированию задача построения системы управления подсистемы поддержания летной годности ВС авиакомпании (АТЦ авиакомпании, осуществляющий полный набор функций по ТО) в замкнутой форме может быть сформулирована следующим образом: необходимо построить реальную структуру организации по ТО ВС на базе выполненных теоретических исследований и методики, разработанной во второй и третьей главах.

Математические модели, полученные во второй и третьей главах, имеют практическое применение. На базе устаревшей производственной структуры АТБ, предназначенной для ТО ВС советского производства только в рамках авиакомпании «Уральские Авиалинии», сертифицированной по ФАП-145 и имеющей отрицательный экономический эффект, тандемный подход позволяет создать (с использованием методики структурного и функционального моделирования) новую организационную структуру, состоящую из множества структур и удовлетворяющую требованиям, обеспечивающим ее эффективное функционирование с учетом существующих

ограничений, сертифицированную по правилам EASA Part-145 с целью поддержания летной годности ВС A320F с развитой клиентской базой в лице авиакомпаний «Уральские Авиалинии», «Аэрофлот», «Россия», «Red Wings», «Turkish Airlines». И затем расширить сферу деятельности по ТО. Для этого необходимо решить ряд подзадач:

- 1) выбрать экспертную основу и сформировать описательную часть, раскрывающую функции и задачи подразделений АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии»;
- 2) сформировать множество предикатов структурной составляющей ОП;
- 3) создать идеальный образ ТО ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии»;
- 4) создать реальный образ структурной составляющей ОП ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии», учитывающий множество ограничений;
- 5) создать функциональную структуру ОП ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии» с учетом существующих ограничений;
- 6) сформировать рациональную структуру ТО на примере участка и смены цеха оперативного ТО;
- 7) показать возможности повышения эффективности функционирования построенной структуры ОП авиакомпании «Уральские Авиалинии» путем оптимизации процессов ТО.

4.1 Анализ и выбор экспертной основы для построения структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии»

На начальном этапе освоения ВС иностранного производства A320 концерна AIRBUS в авиакомпании «Уральские Авиалинии» возник вопрос о внедрении технической эксплуатации ВС на базе существующей на момент 2008 года советской авиационной технической базы (Рисунок. 4.1), построенной в соответствии с рекомендациями ИКАО и Правилами Министерства ГА СССР, которые были выражены в виде наставлений

НТЭРАТ ГА-93, и занятой обслуживанием ВС Ту-154, Ил-86 и Ан-24. Для анализа структуры ТО А320 и распределения функционала по ТО в подразделениях АТБ в качестве основы была взята базовая программа ТО (MPD – Maintenance Programme Date), как это было принято традиционно при освоении советской АТ.



Рисунок 4.1 - Структура АТБ ОАО АК «Уральские Авиалинии», построенная в соответствии с НТЭРАТ ГА–93

Уже на первых этапах анализа выяснилось, что в рамках советской структуры АТБ провести освоение иностранного ВС без радикального изменения программы ТО и многих других документов разработчика ВС, без изменения государственных законодательно-правовых документов Росавиации будет невозможно по ряду причин, к основным из которых относятся:

- отсутствие в АТБ подразделений, ответственных за ПЛГ иностранных ВС;
- существенные различия в процедурах поддержания летной годности, в частности в правилах и подходах к ТО ВС и агрегатов и к сертификации выполненных работ;
- невозможность замещения связей АТБ с авиационной администрацией страны регистрации ВС связями с ФАВТ в вопросах ПЛГ и ТО.

Основные проблемы влекли за собой множество других вопросов, связанных с подготовкой инженерно-технического персонала и его сертификацией, с налаживанием логистики запчастей и материалов с производителями, с ведением технологической документации и ее учетом, с необходимостью знания английского языка.

Важное обстоятельство заключалось также в том, что авиакомпания «Уральские Авиалинии» на правах аренды приняла в эксплуатацию самолеты А320, зарегистрированные в Бермудском регистре BDCA (Bermudian Department of Civil Aviation). Основным требованием собственников арендуемых ВС – европейских коммерческих банков является поддержание летной годности самолетов по правилам и наставлениям европейских государств либо по правилам их взаимного одобрения.

Для решения возникших проблем имелось два пути:

- полная гармонизация подходов к системе ПЛГ и ТО ВС и взаимное признание процедур и правил между ФАВТ и авиационными властями западных стран, что требовало существенного перестроения структуры и функциональных связей со стороны государственных властей России и в данном случае Европы и США;

- перестроение структуры АТБ в соответствии с требованиями EASA с учетом межправительственных соглашений и получением разрешения Росавиации.

Был выбран второй путь как единственно возможный.

Наставления МГА и формируемые ФАП не прошли взаимного одобрения EASA, как уже было отмечено, из-за большой разницы в формализации рекомендаций ICAO. В итоге принято решение считать законодательно-правовую базу EASA базисом для трансформации структуры АТБ в новую структуру, способную выполнять ТО иностранных ВС.

Построение структуры подразделения эксплуатации иностранных ВС началось в 2007 году на базе советской технической базы и потребовало

проведения исследований для построения организации по ТО этих ВС в рамках существующей инфраструктуры.

4.2 Применение методов синтеза образа (модели) для построения организационной структуры технического обслуживания самолетов в авиационном техническом центре

Методология системного подхода, реализованная при глубокой модернизации существующей инфраструктуры организации АТЦ «Уральские Авиалинии», потребовала проведения ряда исследований на основе введенного понятия организации, состоящей из двух главных составляющих структуры - структурной и функциональной частей, и, как следствие, постановку задачи в замкнутой форме, имеющей следующую формулировку:

найти в заданном множестве структур существующей организации X структуру x , удовлетворяющую множеству ограничений $K(x)$.

В качестве общего подхода в этой работе был предложен алгоритм синтеза образа организационной структуры, в рамках точного формализма, разработанного Ульфом Гренандером, с учетом специфики исходной организации.

В АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии» применение методологии построения теоретико-множественной модели организационной структуры позволило сформировать сначала образ желаемой структуры, основанный на базе требований EASA, программы ТО ВС и документации разработчика ВС – руководства по технической эксплуатации. Наложение деформаций в виде имеющихся ограничений позволило создать реальный образ организационной структуры АТЦ.

4.2.1 Создание идеального образа технического обслуживания воздушных судов авиакомпании «Уральские Авиалинии»

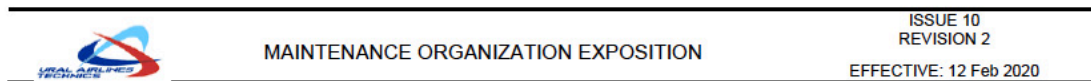
Идеальный образ ТО ВС включает в себя обслуживание всех его элементов и компонентов: планера, двигателей, шасси, ВСУ, всех элементов систем, блоков авионики. Во второй главе полученная система уравнений

(2.30) описывает полный состав структуры ТО ВС. Другими словами, идеальный образ ТО ВС авиакомпании должен включать в себя все описанные системой уравнений элементы, которые покрывали бы обслуживание всего ВС на основе программы ТО и технической документации разработчика.

В соответствии с математической моделью (2.30) структура АТЦ должна содержать все составляющие системы уравнений, которые обеспечивали как исправность каждого элемента в отдельности, так и всего ВС в целом. Основа структуры АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии», выраженная формулой из обобщенной модели, описанной системой (2.31)

$$\text{АТЦ} = \text{ДПЛГ} \cup \text{ТО} \cup \text{ДУК} \cup \text{ДБПиМТП} \quad (4.1)$$

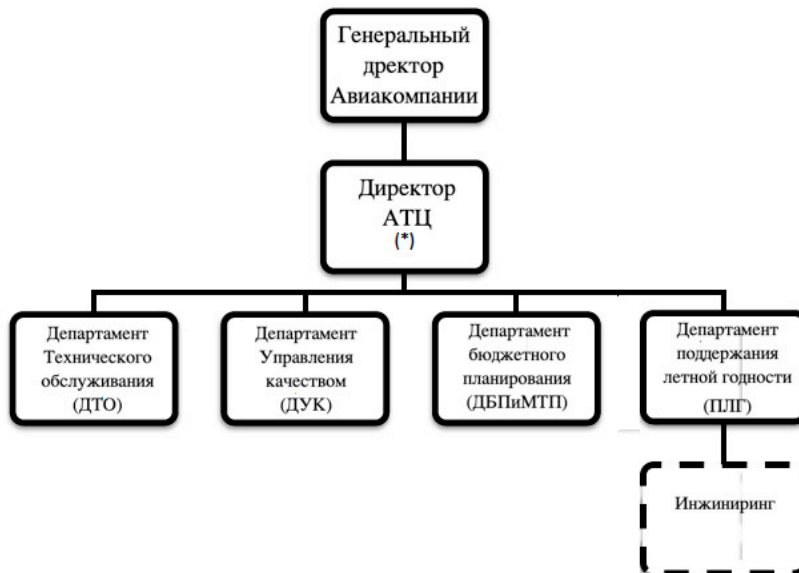
получила вид базовой производственной структуры (Рисунок 4.2), что было отражено в МОЕ АТЦ «Уральские Авиалинии» [11].



1.5 MAINTENANCE ORGANISATION CHART

(Ref.: 145.A.70(a)5)

Структура организации технического обслуживания



Внимание: инжиниринг выполняет некоторые функции (в соответствии с МОЕ 1.4.14) для технической организации, но структурно не является ее частью.

Note: Engineering Department performs some functions (iaw MOE 1.4.14) for the Maintenance Organization, but structurally is not part of it.

Рисунок 4.2 - Структура АТЦ в соответствии с теоретико-множественной моделью

Каждое подразделение: ДПЛГ, ДТО, ДУК и ДБПиМТП, - имеющее математический вид формул из обобщенной модели (2.31) или в частном отображении (2.27), (2.24), (2.30) и (2.29) соответственно, в развернутом варианте имеет вид более сложных подструктур. Рассмотрим подструктуру ДПЛГ АТЦ, реализованную в соответствии с моделью (2.28).

ДПЛГ АТЦ «Уральские Авиалинии» осуществляет функции по поддержанию, ведению и контролю за выполнением процедур поддержания летной годности ВС парка авиакомпании. Для этого в соответствии с требованиями EASA и ФАВТ персонал ДПЛГ выполняет ряд действий и взаимодействий внутри организации и с разработчиками ВС, его компонентов и агрегатов по вопросам формирования структуры документов, в их числе:

- получение и поддержание в актуальном состоянии документации, предоставляемой разработчиками ВС, двигателей и компонентов, и необходимой для ТО ВС авиакомпании – информационное обеспечение ОП (2.16);

- анализ эксплуатационной надежности парка ВС и регулярности полетов в части технической составляющей и разработка программы ТО для конкретных ВС авиакомпании с опорой на общую программу разработчика ВС (2.15);

- разработка MEL авиакомпании (2.14);

- отслеживание выпуска новых директив летной годности и сервисных бюллетеней, проверка их применимости к конкретным ВС (2.11) и (2.12);

- разработка технологий выполнения директив и бюллетеней (2.18);

- планирование ТО ВС, двигателей и комплектующих агрегатов парка ВС авиакомпании (2.17);

- создание заданий на ТО и рабочих пакетов (нарядов) для технических организаций и департамента ТО АТЦ, координация и распределение ТО между техническими организациями, хранение всей истории ТО для каждого ВС авиакомпании от момента начала эксплуатации до его передачи другому оператору либо до достижения пятилетнего срока после его списания (2.19) и (2.20);

- расчет необходимого ассортимента и количества, а также расположения складов запчастей и материалов для выполнения ТО в соответствии с программой ТО (2.9), (2.10), (2.11), (2.12).

Все данные функции распределяются между подразделениями, объединенными в департамент ПЛГ (Рисунок 4.3), что соответствует теоретико-множественной модели состава структуры ДПЛГ АТЦ (2.27).



0.4.2. Структура организации по поддержанию летной годности

0.4.2. Continuing airworthiness management organization chart

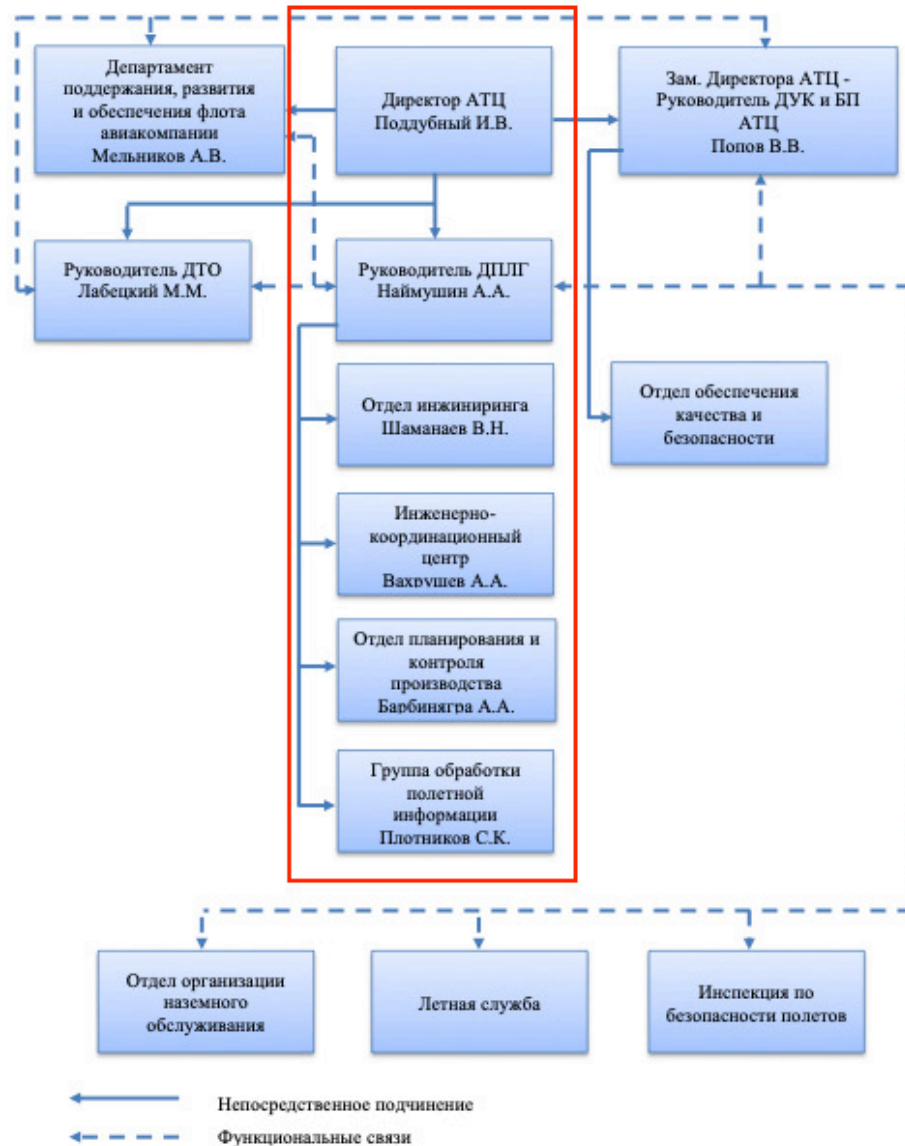


Рисунок 4.3 - Структура ДПЛГ в соответствии с моделью 2.27 (выделена красным контуром)

Структура ДПЛГ АТЦ «Уральские Авиалинии» (Рисунок 4.3), сформированная в соответствии с (2.27), отражена в Руководстве по Организации по ТО (МСМ) «Уральские Авиалинии» [56]. Структура документов оформлена в виде каталога актуальных ревизий документов «Technical Documentation Master List» (Рисунок 4.4), в котором объединены все документы ДПЛГ в соответствии с требованиями EASA и ФАВТ.


		TECHNICAL DOCUMENTATION MASTER LIST PART 1 - AIRCRAFT MAINTENANCE DATA						Page 1 of 7				
ABBR	TITLE	REVISION	SOURCE	LOCATIONS								
				AC	LS	ENG. DEPT	MCC	FD	CW	SRS	IS	
AIRBUS												
AirN@/A	AirN@/Associated Data (CML, SM, ESPM, TEM)	R Feb 01/21	airbusworld.com		1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
AirN@/M	AirN@/Maintenance SVR (AMM, TSM, IPC, ASM, AWM, AWL)	R Feb 01/21	airbusworld.com	1 DVD	1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
AirN@/V	AirN@/Maintenance AFL (AMM, TSM, IPC, ASM, AWM, AWL)	R Feb 01/21	airbusworld.com	1 DVD	1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
AirN@/R	AirN@/Repair (SRM, NTM, REG)	R Feb 01/21	airbusworld.com		1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
AC A319	Aircraft Characteristics	R 23 Dec 01/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
AC A320	Aircraft Characteristics	R 39 Dec 01/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
AC A321	Aircraft Characteristics	R 28 Dec 01/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
AFM	Airplane Flight Manual A319/A320/A321	R Mar 16/21	airbusworld.com			1 DVD						SC
ARM	Aircraft Recovery Manual	R 12 Nov 01/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
C@DETS	Computer Assisted Doc. Education Tutorial System	R 11 Dec 01/14	airbusworld.com			1 DVD						SC
CFM	Cable Fabrication Manual	R 14 Nov 01/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
CMPD	Configuration, Maintenance, Procedure and Dispatch standards	R 26 Sep 14/20	airbusworld.com			1 DVD						SC
CFM TDD	CFM56-5B (ESM, IPC, SB, SPM, CPM, NTM)	R Mar 2021	mycfmportal.com		1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
CFM TDD	CFM LEAP-1A (ESM, IPC, SB, SPM, CPM, NTM)	R Dec 2020	mycfmportal.com		1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC
IAE TDD	V2500 A1/A5 IETP (EM, CMM, EIPC, SB, SPM, CPM)	R Feb 2021	1 DVD		1 DVD	1 DVD	1 DVD				1 DVD	SC

Рисунок.4.4 - Структура документов ДПЛГ

Функции по осуществлению процедур поддержания высокого уровня качества производства и безопасности полетов, описанные во второй главе, возложены на департамент управления качеством и обеспечения безопасности полетов (ДУКиБП). Математическая модель ДУКиБП выражена формулой (2.30). Схематически образ подструктуры службы качества АТЦ соответствует идеальному, описанному в требованиях EASA (Рисунок 4.5). В соответствии с моделью он объединяет подразделения обеспечения, контроля качества и группу сертификации авиационного персонала.

1.5.2 QUALITY DEPARTMENTS



Рисунок 4.5 - Структура ДУКиБП в соответствии и моделью 2.29

Аналогичным образом с использованием предложенной методики построена структура ДБПиМТП.

Обобщенно идеальная структура ТО ВС авиакомпании состоит из множества подструктур ТО, соответствующих модели (2.25) (Рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 - Структура подразделения эксплуатации ВС иностранного производства в составе авиакомпании «Уральские Авиалинии»

4.2.2 Создание реального образа обслуживающего производства воздушных судов авиакомпании «Уральские Авиалинии»

Создание реальной структуры ОП авиакомпании «Уральские Авиалинии» основывалось на образе идеальной структуры ТО воздушных судов. С одной стороны, необходимо было учесть потребности авиакомпании в ТО ВС (Рисунок 4.6), с другой, накладывались ограничения в виде имеющейся советской инфраструктуры, на основе которой предстояло построить новую структуру – здания производственного комплекса, предназначенные для обслуживания агрегатов для Ту-154, Ил-86 и Ан-24; ангар ограниченной

площади для ТО одного ВС; офисы и помещения, занятые отечественными лабораториями; склады; приобрести оборудование и инструмент для обслуживания зарубежных ВС. Персонал для выполнения работ по процедурам ПЛГ и ТО возможно было отобрать только из числа авиационных специалистов, работавших в АТБ, кто по своим данным мог соответствовать образу авиационного специалиста, сформированного на основании требований EASA.

Стало очевидным, какие изменения в составе имеющейся реальной структуры АТБ необходимо произвести, чтобы приблизить ее к идеальной, а именно требовалось:

- подобрать и обучить авиационных специалистов;
- закупить необходимый инструмент и наземное оборудование;
- увеличить производственные площади ангара и цехов;
- закупить современное компьютерное оборудование;
- произвести реорганизацию складских помещений;
- реконструировать лаборатории и цеха для обслуживания агрегатов ВС

A320F.

При внесении изменений потребовалось учесть дополнительные ограничения, действующие на постоянной основе:

- 1) финансовые возможности компании;
- 2) авиационные правила страны регистрации ВС и страны эксплуатации – требования к организациям, выполняющим техническую и летную эксплуатацию ВС, требования к поддержанию летной годности ВС, требования к ВС;
- 3) решения EASA – требования к организации ТО ВС, к ее составляющим элементам и внутренним процедурам;
- 4) нормативно-законодательные документы страны, в которой осуществляется деятельность ОП авиакомпании – Трудовой Кодекс РФ, Государственные стандарты и системы стандартов безопасности

труда (ГОСТ Р ССБТ), Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ РМ);

- 5) приказы региональных авиационных властей в части ПЛГ ВС и правила технической эксплуатации ВС и наземного оборудования;
- 6) руководства по эксплуатации ВС, двигателей и агрегатов;
- 7) технологии и инструкции, регламентирующие использование инструмент и оборудование;
- 8) договор с обслуживаемой авиакомпанией – ценовая политика, технологии внутреннего взаимодействия;
- 9) договоры с субподрядными организациями – ценовая политика;
- 10) технологии взаимодействия между подразделениями АТЦ и субподрядными организациями.
- 11) требования к ВС со стороны авиакомпаний;
- 12) требования к времени и качеству ТО ВС со стороны авиакомпании;
- 13) расписания полетов воздушных судов авиакомпаний.

Помимо регулярных вышеописанных ограничений существуют нерегулярные факторы, влияющие на работу структуры АТЦ, не всегда поддающиеся прогнозированию, но которые приходится учитывать:

- 1) деятельность профсоюзов;
- 2) политическая и экономическая обстановка в стране эксплуатации ВС и в стране, осуществляющей деятельность ОП авиакомпании;
- 3) воздействие санкций со стороны стран, в которых находятся субподрядные организации;
- 4) валютные курсы;
- 5) сезонность и связанная с ней метеорологическая обстановка;
- 6) санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Применение теоретико-множественной модели (2.25), где вводными данными служили возможности существующей инфраструктуры, позволило

получить изображение структуры ТО иностранных ВС, показавшее состав имеющихся элементов. Полученное изображение структуры ТО в рамках имеющейся советской инфраструктуры оказалось сильно деформированным образом идеальной структуры ТО авиакомпании «Уральские Авиалинии» (2.22).

Исходя из учета всех описанных ограничений, был определен реальный состав структуры ДТО АТЦ и взаимосвязь элементов (Рисунок 4.7), что подтвердило достоверность разработанной методики структурного моделирования. Полученная структура включает в себя основные подразделения по ПТО и ОТО ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии», в том числе линейные станции ТО (ЛСТО) в ряде городов России и подразделения, обеспечивающие их работу. Здесь каждый цех и ЛСТО соответствуют модели:

$$W_{\text{ТО}} = \{e, \{b_1^*, \{b_1\}, \{b_2\}, \{m\}\} \cup \{i|F(\text{АММ}; 145, a40)\} \cup \{D2 \cup \{d|F(145. a. 45)\}\} \cup \{a|F(145. a. 25)\}\} = \{e, \{B\} \cup \{I\} \cup \{d\} \cup \{A\}\}. \quad (4.2)$$

В 2008 году успешно пройден первый аудит инспекторов EASA и в АТБ «Уральские Авиалинии» начал функционировать сертифицированный центр по обслуживанию иностранных судов (первый сертификат EASA в приложении), выполнявший на тот момент только оперативные формы ТО для ВС А320.

Образ структуры ТО по оперативным формам ТО в табличном виде содержится в МОЕ «Уральские Авиалинии» (Таблица 4.1). Помимо видов работ в МОЕ даны образы инструмента и оборудования, документации, ангара, помещений и персонала, представляющие собой производственную структуру, имеют табличный и графический вид, которые являются основной частью Руководства по организации технического обслуживания.

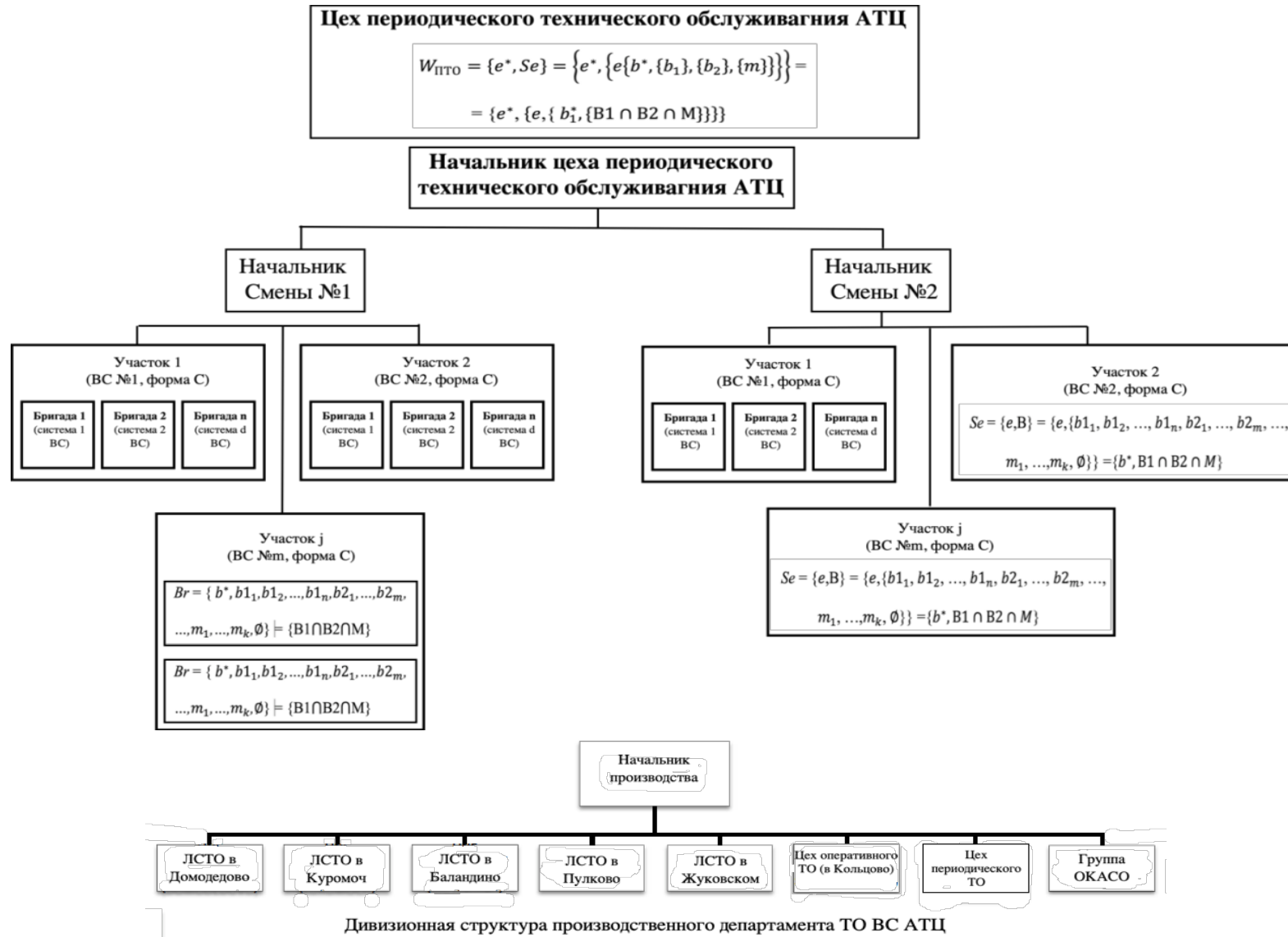


Рисунок 4.7 - Современная организационная структура ДТО АТЦ АК «Уральские Авиалинии» и отдельно подразделения департамента технического обслуживания ВС

Таблица 4.1 - Сфера деятельности подразделения АТЦ «Уральские Авиалинии», сертифицированного EASA на оперативное ТО в соответствии с сертификатом от 22.12.2008 г

Type of Maintenance /Вид ТО/	Description Check/Segment /Описание Форма ТО/подвид ТО	Man-hours Объем работ Чел.час.	
Line Maintenance Оперативное ТО		A319/320/321	
	After arrival Работы по встрече	1.0	
	Pre-flight/Transit Предполетный осмотр/транзит	1.5	
	Daily	4.0	
	8 Days	6.0	
		A319/320	A321
	A01	163.49	166.16
	A02	163.49	166.16
	A03	163.49	166.16
	A04	163.49	166.16

Существующие ограничения, описанные выше, не позволили создать идеальную структуру обслуживающего производства, отвечающую требованиям EASA и потребностям авиакомпании. В частности, АТЦ имеет возможность обслуживать только часть комплектующих агрегатов ВС из всего необходимого количества: выполняется оперативное и периодическое ТО ВС на базе в Кольцово и ЛСТО, обслуживание колес, тормозов, части авиационного и аварийно-спасательного оборудования.

Современная структура АТЦ дивизионного типа с элементами матричной структуры (Рисунок 4.8). К достоинствам структуры данного типа относятся:

- ориентация на потребности потребителя, повышение уровня конкурентоспособности;
- быстрая реакция на внешние условия в условиях динамичного рынка.

Недостатки:

- увеличенные накладные расходы управленческого аппарата;
- конфликты между подразделениями из-за ограниченных ресурсов – потребность в построении совершенной системы логистики.



Рисунок 4.8 - Современная структура АТЦ «Уральские Авиалинии»

При сравнении полученной структуры с эталонной выявился недостаток элементов структуры, ответственных за обслуживание таких агрегатов и компонентов, как двигатели, ВСУ, стойки шасси и агрегаты систем ВС. Для приближения реальной структуры ТО к эталонной, работы по ТО этих агрегатов на договорной основе переданы на аутсорсинг в компании, имеющие разрешение EASA (в Приложении) в России, странах Европы и Америки. Таким образом, для того, чтобы образ ТО АТЦ соответствовал эталонному была создана структура договоров с техническими организациями, покрывающими потребности в ТО всех элементов ВС.

4.3 Применение методов функционального моделирования при построении структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии»

В процессе формирования организационной структуры АТЦ после определения состава структурных звеньев возникли вопросы с их наполнением. Положения ICAO и EASA, как и других авиационных администраций, требуют дословно «обеспечить достаточность» авиационного персонала, материально-технических ресурсов, финансовых ресурсов, рабочих площадей, при этом не раскрывая методику расчета и обеспечения «достаточности». Еще более сложным является вопрос, крайне актуальный для коммерческих компаний, каким образом совместить достаточность человеческих и материально-технических ресурсов с финансовыми. Очевидно, что существует взаимная зависимость количества материально-технических и человеческих ресурсов, с одной стороны, и денежных, с другой: недостаток первых не позволит получить достаточно вторых, избыток первых приведет к перерасходу вторых, недостаток вторых приведет к недостатку первых.

Применение метода функционального моделирования позволило наполнить подразделения ОП, сформировать численность состава смен,

участков и цехов, а также установить режим их работы, определить количество необходимого оборудования и инструмента. С целью построения индивидуального образа функциональной структуры подразделений ОТО и ПТО для исследования были взяты следующие факторы:

1) для формирования сменности подразделений:

- расписание полетов самолетов авиакомпании;
- нормы трудового законодательства о режиме работы и отдыха;
- мнение профсоюзных органов.

2) для формирования численности подразделений:

- технологические карты ТО элементов ВС;
- критерии оценки норм времени выполнения технологических операций для каждой категории авиационных специалистов;
- пиковость нагрузки ТО в зависимости от времени суток, дней недели и сезона.

С опорой на методику функционального моделирования и с применением теории образов Ульфа Гренандера первоначально были сформированы изображения оперативного ТО, а затем периодического.

Для того, чтобы сформировать функциональную структуру ОП, необходимо создать образ ТО ВС, который лежит в основе производственной структуры.

4.3.1 Создание функционального образа технического обслуживания воздушного судна

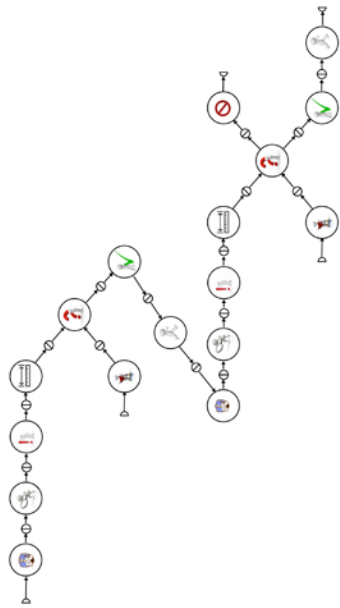
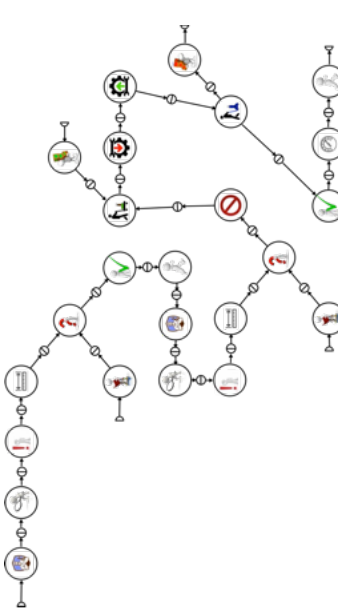
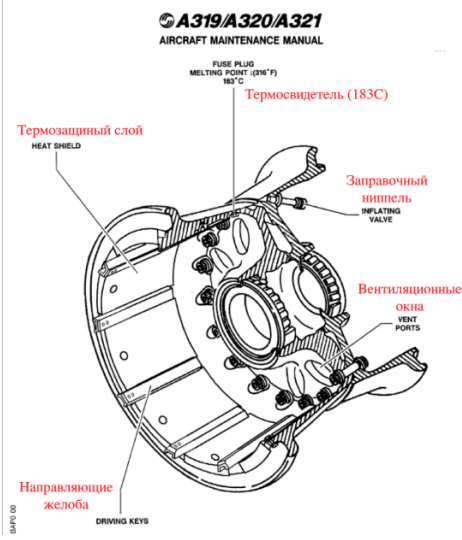
Изображения оперативных форм ТО были созданы из пространственно-временных образующих в соответствии с методикой, разработанной в третьей главе.

Анализ программы ТО [56] позволил сформировать пространственно-временной образ ТО ВС авиакомпании, включающий множество подобразов, описывающих формы ТО (оперативные, периодические, структурные), а также их наполнение, периодичность.

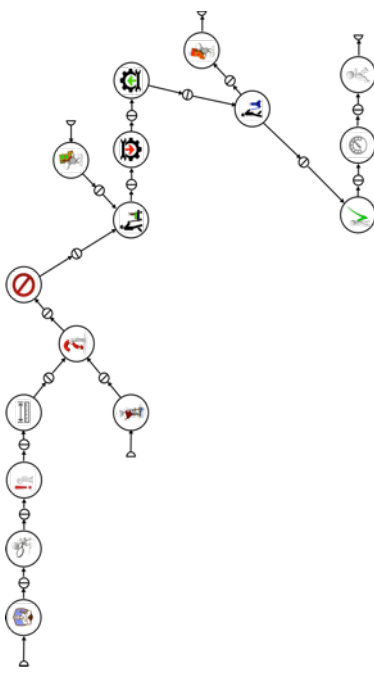

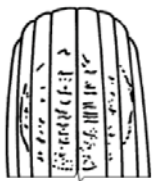
В качестве примера использования методики пространственно-временного моделирования, предложенной в третьей главе, рассмотрим формирование функционального образа оперативной формы Daily-check.

При создании образа ТО использованы образующие конфигурации, соответствующие конкретным элементарным технологическим операциям, обязательным к выполнению в соответствии с программой ТО так, как это показано в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Формирование репертуара движений и подбор технологических операций в соответствии с вариантами построенных моделей (третья глава)

Идеальная конфигурация и язык описания	Реальная конфигурация и язык описания	Описание элементарных технологических операций, взятых из актуального АММ А320F
$\mathcal{L}_K^i = \langle l_1 l_1 \rangle$ 	$\mathcal{L}_K = \langle l_2 l_1 \rangle$ 	<p>Технологическая операция 32-41-00-210-074</p> <p>А. Проверьте основное колесо</p> <p>(1) Убедитесь в отсутствии повреждений на стяжных болтах барабана колеса. Если повреждения есть, снимите колесо.</p> <p>(2) Проверьте половины барабана колеса на повреждения. Никакие повреждения не допускаются.</p> 

Продолжение таблицы 4.2

	<p style="text-align: center;">$\mathcal{L}_k = \langle \ell_1 \ell_2 \rangle$</p> 	<p>Технологическая операция 32-41-00-210-071</p> <p>В. Визуальная инспекция шин</p> <p>(1) Для дальнейшей эксплуатации на ВС убедитесь в нормальном состоянии шин:</p> <ul style="list-style-type: none"> - убедитесь в отсутствии спуска воздуха, - убедитесь в отсутствии потертостей, - убедитесь в равномерности износа, - убедитесь в отсутствии порезов и плоских пятен износа, - замените колесо, если шина изношена до глубины индикационной канавки или стали видны металлический или матерчатый корд. <p>Внимание: Измерения износа производите с учетом производителя шины.</p> <p style="text-align: center;">A319/A320/A321 AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p style="color: red;">Износ за пределами допуска</p>  <p>WORN BEYOND LIMITS</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="color: red;">Гидропланирование/прожиг скольжением</p>  <p>HYDROPLANING/SKID BURN</p> </div> </div>
--	---	---

Образующие конфигурации сформированы в технологические карты (Рисунок 4.9), представляющие собой обслуживание по зонам в соответствии с моделью (Рисунок 3.11).

	TC Type: Flexok	VQ-BTY	AMM Rev. Date: 01 Aug 2009 Rev. 37							
	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА	A/C Type: A325	AMS Rev. Date: 03 Feb 2009 Rev. 34							
TC Main Rev: 00 / 20 Oct 2011	ATA 05	TC Title:	WorkPack: VQ-BTYL 15900.2	MR: 20030465						
TC Item Rev: 2			Check: R0Y							
TC No: 052147-01-SVR / ITEM 1		ОБСЛУЖИВАНИЕ ОСНОВНЫХ СТОЕК ШАССИ И ГИДРАВЛИКИ	Project No: WY VQ-BTY 2003	Page: 2 / 3						
				Workpackage ITEM No: 3						
Phase: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zone</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>148</td> <td>ПРАВЫЙ ОСНОВНАЯ СТОЙКА ШАССИ И ОТСЕК ГИДРАВЛИКИ</td> </tr> </tbody> </table>					Zone	Description	148	ПРАВЫЙ ОСНОВНАЯ СТОЙКА ШАССИ И ОТСЕК ГИДРАВЛИКИ		
Zone	Description									
148	ПРАВЫЙ ОСНОВНАЯ СТОЙКА ШАССИ И ОТСЕК ГИДРАВЛИКИ									
ШАГ 2 / ОПИСАНИЕ РАБОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДЕФЕКТЫ (поставьте галочку в соответствующую ячейку) если есть. ЕСЛИ ДЕФЕКТ ПРИСУТСТВУЕТ В ДАННОМ ПУНКТЕ, СОСТАВЬТЕ ДЕТАЛЬНЫЙ ЗАКАЗ-ЗАДАНИЕ В СООТВЕТСТВУЮЩЕМ РАЗДЕЛЕ. ЗОНАЛЬНАЯ ИНСПЕКЦИЯ С ЗЕМЛИ, НА СКОЛЬКО ЭТО ВОЗМОЖНО КОЛЕС И ОСНОВНОЙ СТОЙКИ ШАССИ И ОТСЕКА ГИДРАВЛИКИ ВЫПОЛНИТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ КАРТУ SVR-A20-32-092 ревизия 1 +ДЕТАЛЬНАЯ ВИЗУАЛЬНАЯ ИНСПЕКЦИЯ ГИБКИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ШЛАНГОВ (2768GM) Date: _____										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Документ</th> <th>Ссылка</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AMM</td> <td>05-21-40-200-003-A</td> </tr> <tr> <td></td> <td>AMC SVR-A20-32-092.pdf</td> </tr> </tbody> </table>					Документ	Ссылка	AMM	05-21-40-200-003-A		AMC SVR-A20-32-092.pdf
Документ	Ссылка									
AMM	05-21-40-200-003-A									
	AMC SVR-A20-32-092.pdf									

	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА	SVR-A20-32-092 Rev.1
	A/C REGISTRATION	
		PAGE 2 of 4
2. Визуально исследуйте шланги, трубки и фитинги на предмет перетирания на поверхностях, порезов или перекручивания, или других повреждений.		B1
2.1 Замените гибкий трубопровод, если: - имеются признаки вырывов, перекручивания или других деформаций; - два или более проволок в косе плетения или несколько проволок на небольшой площади повреждены; - оплетка имеет неопределенную защиту и на ней имеются износ и истирание. 2.2 Если обнаружены следы износа: (ссылка на фигуру 1). - Измерьте ширину зноса (W) и внешний диаметр (D). Если $W * 100 / D * 3.14 > 10\%$, замените гибкий трубопровод. ВНИМАНИЕ: Вы должны измерять диаметр (D) на прямом участке сразу после наконечника.		B1
3. Заполните Таблицу №1 с результатами		B1
Таблица 1		
Дефекты поверхности	Обнаружен <input type="checkbox"/>	Не обнаружен <input type="checkbox"/>
Другие отклонения	Обнаружен <input type="checkbox"/>	Не обнаружен <input type="checkbox"/>
Гибкий трубопровод был заменен (если ДА, пожалуйста напишите описание в разделе ниже (FIN номер, партийный и серийный номера)	Нет <input type="checkbox"/>	Да <input type="checkbox"/>

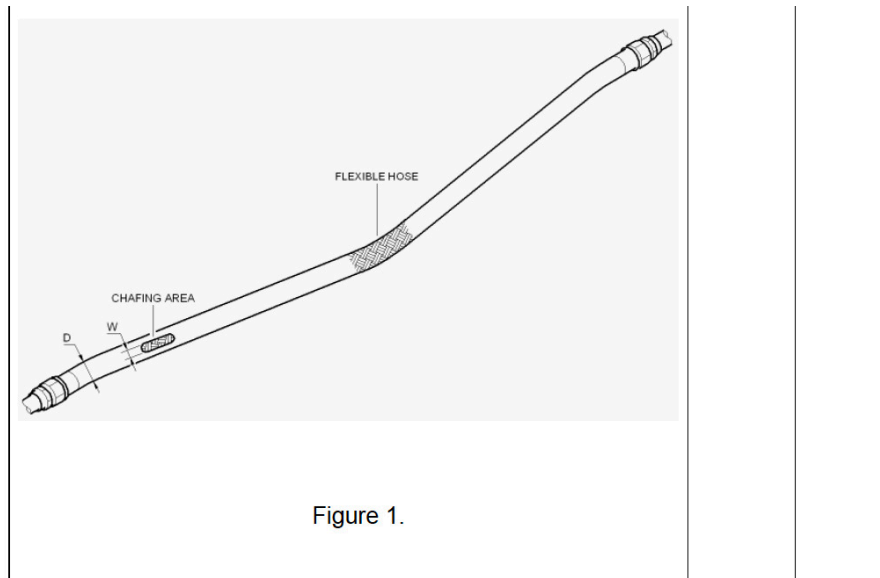


Рисунок 4.9 - Пример технологической карты исследования гибкого гидравлического шланга в отсеке шасси

Полученный набор конфигураций (идеальных и реальных) формирует пакет технологий (Рисунок 4.10). Полный репертуар движений описывается моделью (3.10) и (3.11), при этом возможны любые варианты применения технологических операций, описанных АММ для приведения ВС в исправное состояние при выполнении Daily-check.

URAL AIRLINES		Суммарный лист работ по ТО ВС MAINTENANCE JOB SUMMARY SHEET Work Package : _____ Пакет работ					
Type of work : DAILY CHECK		Printed on:					
A/C Type : A319/A320/A321		A/C Reg : VP(Q) : _____ MSN:					
Item	Job Description/LMCL Ref	Zone ATA	Check Task Code	Deferred or Added work	Date	Mechanic	Inspector
ROUTINE TASK : DAILY CHECK acc SVR Line Maintenance Check Lists A319/A320/A321 Rev 58, issue 17 JUN 2019							
1	Подготовительные работы Perform PRELIMINARY WORKS Item 4.1		YES NO N:				A
2	Проверка кол-ва масла в маслобаках двигателей Perform ENGINE OIL CHECK Item 4.2		YES NO N:				A
3	Проверка колес и шин стоек шасси Perform LAND, GEARS WHEELS AND TIRES CHECK Item 4.3		YES NO N:				A
4	Проверка тормозов стоек шасси Perform MLG BRAKES CHECK Item 4.4		YES NO N:				A
5	Проверка давления шин стоек шасси Perform TIRE PRESSURE CHECK Item 4.5		YES NO N:				A
6	Внешний осмотр по маршруту Perform EXTERNAL WALKAROUND Item 4.6		YES NO N:				A
7	Проверка приемников воздушного давления Perform AIR DATA PROBES CHECK Item 4.7		YES NO N:				A
8	Проверка давления кислорода в системе экипажа Perform CREW OXYGEN PRESSURE CHECK Item 4.8		YES NO N:				A
9	Проверка пассажирского салона Perform PASSENGER COMPARTMENT CHECK Item 4.9		YES NO N:				A
10	Проверка аварийно-спасательного оборудования Perform EMERGENCY AND LOOSE EQUIPMENT CHECK Item 4.10		YES NO N:				A
11	Проверка работы двери экипажа Perform COCKPIT DOOR OPERATIONAL TEST Item 4.11		YES NO N:				A

Рисунок 4.10 - Часть пакета технологических карт для выполнения Daily-check

В каждой рабочей технологической карте имеется информация о нормах времени, требуемого для выполнения операций, таким образом, исполнителям выделяется норма времени, за которое они должны произвести работы по ТО в каждой зоне. Особенностью приведенной нормы является возможность принять её как идеальную или эталонную. Указанная норма показывает, за какое время выполняется приведенная технологическая операция при идеальных условиях: работа выполняется на новом агрегате или элементе конструкции, в условиях цеха при благоприятных внешних условиях,

квалифицированным механиком без учета подготовительных и заключительных работ.

В реальных условиях в каждой технической организации формируются свои индивидуальные условия для выполнения работ по ТО. Именно эти условия накладывают определенные ограничения и являются деформациями, вносящими изменения в функциональную структуру ТО, а именно:

- квалификация авиационных специалистов;
- совершенство инструмента и оборудования;
- уровень доступности агрегатов на ВС;
- возраст воздушного судна и степень изношенности его элементов.

В практике для учета приведенных деформаций в идеальную норму времени вносится коэффициент потерь k . Он показывает, во сколько раз время выполнения операции в реальных производственных условиях превышает время выполнения той же операции в идеальных заводских условиях на новой технике. Данный коэффициент в современных обслуживающих производствах лежит в диапазоне $1 \leq k \leq 3$.

4.3.2 Формирование функциональной структуры технического обслуживания на участке и в смене оперативного обслуживания

Как отмечено выше, пакет с набором технологических карт попадает в цех, где идеальный образ ТО ВС должен быть преобразован в реальный образ ТО, отвечающий потребностям авиакомпании и возможностям ОП. Для этого инженер производит оценивание пакета и расписания полетов, после чего строится репертуар движений, основанный на модели (3.10) и (3.11), включающий в себя различные варианты построения конфигураций пространственно-временных образующих, т.е. технологических операций.

Модели управления персоналом при обслуживании строятся на основе уже полученной организационной структуры АТЦ, когда известно, кто из множества авиаспециалистов будет выполнять работы, каким инструментом и на основании каких документов.

Репертуар движения строится на основе определения критических путей при обслуживании одного ВС. В качестве примера рассмотрим варианты построения структур ТО формы Daily-check на ВС А320 в АТЦ авиакомпании «Уральские Авиалинии».

Для расчетов возьмем уже готовые данные из таблиц 4.3, 4.4 и 4.5 нормирования работ по ТО ВС. Нормирование производится несколькими специалистами для получения поля данных для расчета минимальной и максимальной оценок времени выполнения отдельных операций каждой формы ТО.

Таблица 4.3 - Исходные данные для Daily-check из расчета один специалист на ВС

Работа		Исполнители	Продолжительность (мин) t_w	Код работы	№ операции
Встреча и ОС (Preliminary work)		Mechanic (GH)	10	1,2	1
Об сл уж	Hydro reservoir fluid level check	B1 (A)	5	2,3	2
	Land. gears wheels and tires check	B1 (A)	5	3,4	3
	MLG Brakes check	B1 (A)	3	4,5	4
	Tire pressure check	B1 (A)	5	5, 6	5
	External walk around	B1(A)	10	6, 7	6
	Air Data Probes check	B1 (A; B2)	5	7, 8	7
	Engine fire and overheat detection	B1 (A; B2)	2	8, 9	8
	APU fire and overheat detection	B1 (A; B2)	2	9,10	9
	Crew oxygen system test	B1 (A; B2)	5	10, 11	10
	Crew oxygen pressure check	B1 (A; B2)	2	11, 12	11
	Passenger compartment check	B1 (A)	15	12, 13	12
	Emergency and loose equipment check	B1 (A; B2)	5	13, 14	13
	Cockpit door operational test	B1 (A; B2)	4	14, 15	14
	DFDR readout procedure	B1 (A; B2)	10	15, 16	15
	Instruments cleaning	B1 (A; B2)	5	16, 17	16
	Drain fuel for water content	B1 (A)	10	17, 18	17
	Service loose equipment check	B1 (A; B2)	11	18, 19	18
	Final works	B1 (A; B2)	5	19, 20	19
Passenger compartment cleaning	6 cleaners	20	20, 21	20	
Trouble shooting		B1 (A; B2)	10 - 60		
Контроль и оформление документации		B1 (A; B2)	10		22
Обеспечение вылета		Mechanic (GH)	15	21, 22	23

На основании таблицы 4.3 инженер может построить сетевой график (Рисунок 4.11), согласно которому все работы на ВС выполняются строго последовательно одним специалистом (исключая Passenger compartment cleaning

– мойку пассажирского салона). Ожидаемое время продолжительности работ составит $t_{ij} = 0.6a_{ij} + 0.4b_{ij}$, где a_{ij} – минимальная оценка продолжительности (левая нижняя четверть), b_{ij} – максимальная оценка продолжительности работ (правая нижняя четверть).

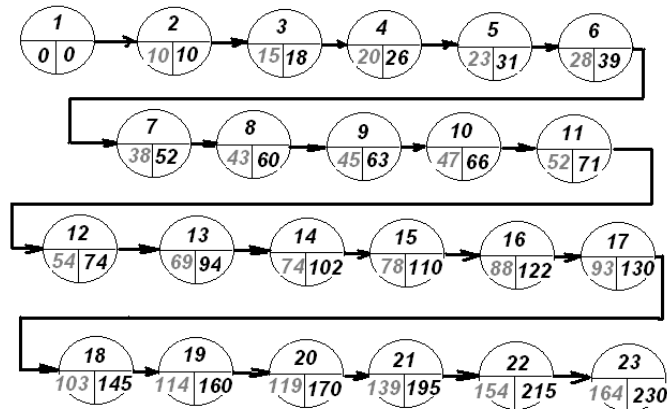


Рисунок 4.11 - Модель выполнения Daily-check для одного человека

Минимальная оценка времени соответствует работе специалиста высшей квалификации при благоприятных условиях.

Максимальная оценка времени соответствует работе новичка, имеющего малый стаж работы, либо среднестатистического специалиста при сложных условиях (усталость, сложные метеоусловия, слабая освещенность и т.д.).

Ожидаемое время продолжительности работ – среднестатистическое время среднестатистического специалиста при нормальных условиях труда, принимаемое для планирования работ. Это время и является произведением идеального времени на коэффициент интенсивности.

Рассмотрим случай выполнения всех операций ТО Daily-check одним специалистом В1 (в скобках стоит категория А или В2 – категории специалистов, которые могут заменить В1 на данной операции).

Из графика видно, что при таком построении работы Daily-check будут выполняться в течение минимум 164 минут, максимум 230 минут. Ожидаемое время продолжительности работ составит 190 минут. Такое построение работ применимо только из расчета один специалист на один самолет. Данная ситуация характерна для линейных станций (ЛСТО) с ограниченным составом инженерного и технического персонала.

На базе АТЦ АК «Уральские Авиалинии» применима ситуация 1В1+1В2 специалистов либо 1А +1В2 на участке. В этом случае таблица 4.3 преобразуется следующим образом (Таблица 4.4):

Таблица 4.4 - Исходные данные для Daily-check из расчета 1В1 (1А) +1В2 специалистов на участке.

Работа		Исполнители	Продолжительность (мин) t_w	Код работы	№ операции
Встреча и ОС (Preliminary work)		Mechanic (GH)	10	1, 2 1, 7	1
Обслуживание (Maintenance)	Hydro reservoir fluid level check	B1 (A)	5	2, 3	2
	Land. gears wheels and tires check	B1 (A)	5	3, 4	3
	MLG Brakes check	B1 (A)	3	4, 5	4
	Tire pressure check	B1 (A)	5	5, 6	5
	External walk around	B1 (A)	10	6, 12	6
	Air Data Probes check	B2	5	7, 8	7
	Engine fire and overheat detection	B2	2	8, 9	8
	APU fire and overheat detection	B2	2	9, 10	9
	Crew oxygen system test	B2	5	10, 11	10
	Crew oxygen pressure check	B2	2	11, 15	11
	Passenger compartment check	B1 (A)	15	12, 13	12
	Emergency and loose equipment check	B1 (A)	5	13, 14	13
	Cockpit door operational test	B1 (A)	4	14, 17	14
	DFDR readout procedure	B2	10	15, 16	15
	Instruments cleaning	B2	5	16, 19	16
	Drain fuel for water content	B1 (A)	10	17, 21	17
	Service loose equipment check	B2	11	18, 19	18
	Final works	B2	5	19, 22	19
Passenger compartment cleaning	6 cleaners	20	20, 22	20	
Trouble shooting		B1 (B2)	10 - 60		21
Контроль и оформление документации		B1 (A); (B2)	10	22	22
Обеспечение вылета		(B1; A) Mechanic (GH)	15	21, 22	23

Из исходной таблицы получаем сетевой график, согласно которому все работы на ВС выполняются двумя специалистами (исключая Passenger compartment cleaning – мойку пассажирского салона – его выполняют мойщики). Работы Daily-check по критическому пути (максимальной продолжительности) будут выполняться в течение минимум 97 минут, максимум 128 минут. Ожидаемое время продолжительности работ составит $t_{ij} = 0.6a_{ij} + 0.4b_{ij} = 0.6*97 + 0.4*128 = 110$ минут (Рисунок 4.12).

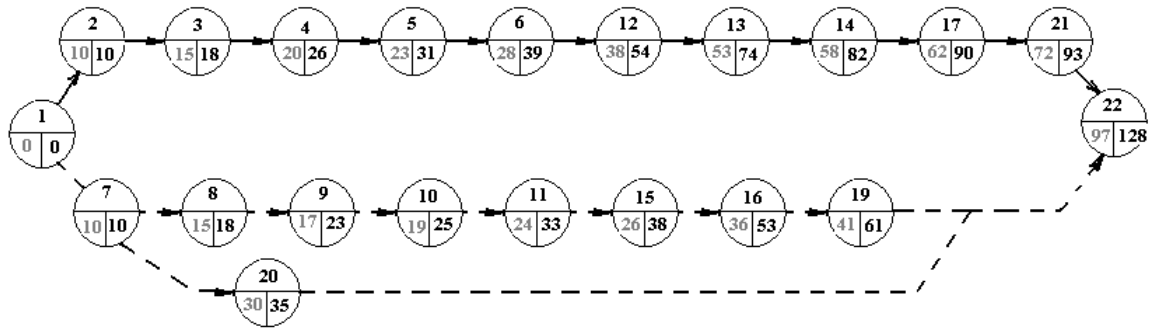


Рисунок 4.12 - Модель ОТО для двух специалистов на участке при ОТО Daily-check

На базе АТЦ АК «Уральские Авиалинии» в случае необходимости сокращения времени ТО по Daily-check также применима ситуация 1В1+2В1+1В2 специалистов либо 1В1+1А +1В2 на самолет. В этом случае таблица 4.3 преобразуется следующим образом (Таблица 4.5):

Таблица 4.5 - Исходные данные для Daily-check из расчета 1В1+2В1 +1В2 специалистов на ВС

Работа		Исполнители	Продолжительность (мин) t_w	Код работы	№ операции
Встреча и ОС (Preliminary work)		Mechanic (GH)	10	1,2 1,3 1,7	1
Обслуживание (Maintenance)	Hydro reservoir fluid level check	2 B1	5	2,12 2, 20	2
	Land. gears wheels and tires check	1 B1	5	3, 4	3
	MLG Brakes check	1 B1	3	4, 5	4
	Tire pressure check	1 B1	5	5, 6	5
	External walk around	1 B1	10	6, 17	6
	Air Data Probes check	B2	5	7, 8	7
	Engine fire and overheat detection	B2	2	8, 9	8
	APU fire and overheat detection	B2	2	9, 10	9
	Crew oxygen system test	B2	5	10, 11	10
	Crew oxygen pressure check	B2	2	11, 15	11
Passenger compartment check	2 B1	15	12,13	12	
Emergency and loose equipment check	2 B1	5	13,14	13	
Cockpit door operational test	2 B1	4	14,18	14	
DFDR readout procedure	B2	10	15, 16	15	
Instruments cleaning	B1 (B2)	5	16,19	16	
Drain fuel for water content	1 B1	10	17, 21	17	
Service loose equipment check	2 B1 (B2)	11	18,19	18	
Final works	2 B1 (B2)	5	19,22	19	
Passenger compartment cleaning	6 cleaners	20	20, 22	20	
Trouble shooting	B1 (B2)	10 - 60			
Контроль и оформление документации		1 B1 (B2)	10	0	22
Обеспечение вылета		2 Mechanic (GH)	15	21, 22	23

Из исходной таблицы 4.5 для трех специалистов можно получить оптимизированную модель обслуживания ОТО Daily-check (Рисунок 4.13), из которого видно, что критический путь составляет минимум 53 минуты, максимум 75 минут. Ожидаемое время продолжительности работ составит 62 минуты.

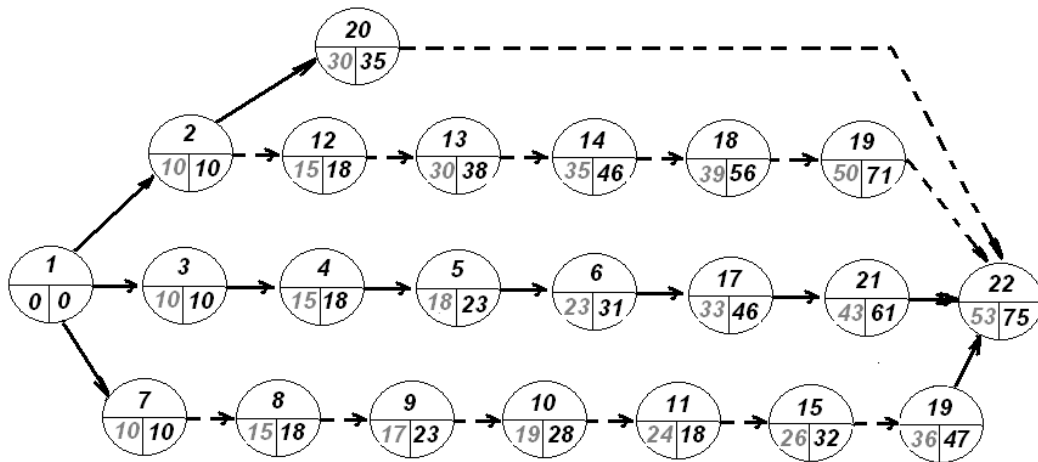


Рисунок 4.13 - Оптимизированная модель для 1В1+2В1+ 1В2 на один ВС при ТО по Daily-check

На основании полученных данных строим таблицу 4.6, где учитываем все варианты критических путей из сетевых моделей обслуживания ВС А320 по форме Daily-check.

Таблица 4.6 - Сводная таблица времени выполнения Daily-check в зависимости от количества персонала на основе построенных моделей

№ варианта	Количество специалистов	Минимальное время $t_{Dc}min = \sum_0^{22} t_v$	Максимальное время $t_{Dc}max = \sum_0^{22} t_v$	Ожидаемое время $t_{Dc} = \sum_0^{22} t_v$
1	1	164	230	190 минут (3ч. 10 мин.)
2	2	72	93	82 минуты (1ч. 50 мин.)
	Время работы В1	72	93	82
	Время работы В2	41	61	51
3	3	50	71	61 минута (1 час)
	Время работы 1В1	50	71	61
	Время работы 2В1	43	61	52
	Время работы В2	36	47	41

Полученные модели и таблица демонстрируют использование методики структурного и функционального моделирования на практике и формируют репертуар движений авиационных специалистов, из которого инженер-бригадир может выбрать оптимальный для текущей ситуации.

Для демонстрации влияния выявленного дефекта на управление работой персонала и временем ТО покажем, как преобразуется сетевой график Daily-check.

В модели ОТО Daily-check (Рисунок 4.14) оставим только среднестатистическое время (для упрощения), обозначим его t_1-t_{22} .

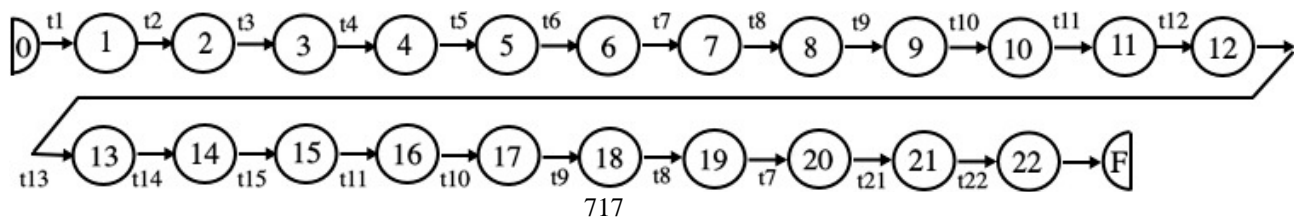


Рисунок 4.14 - Модель Daily-check со среднестатистическим временем выполнения работ

В случае если в процессе ОТО обнаруживается неисправность, то сетевой график изменится (Рисунок 4.15).

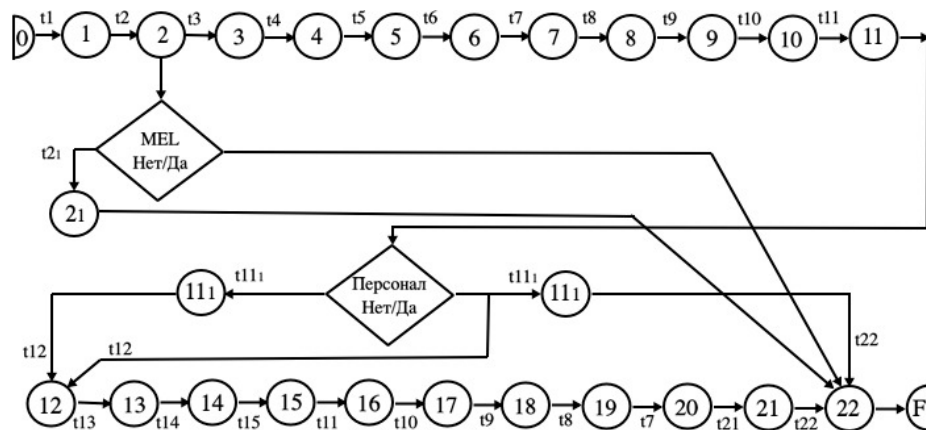


Рисунок 4.15 - Сетевой график Дс с вариантами замены стекла кабины пилотов и колеса

В данном случае взят пример возможного обнаружения перегрева одного из лобовых стекол кабины пилотов во время ТО зоны 2 (Рисунок 3.3) и повреждения колеса правой стойки шасси в зоне 11.

Если при ТО зоны 2 будут обнаружены следы перегрева лобового стекла, то авиаспециалист, выполняющий ТО, продолжит его и перейдет к зоне 3; инженер участка произведет оценивание и, если площадь поражения стекла находится в разрешенных пределах MEL, он оформит документацию. Дополнительного времени на ТО не потребуется. Если – нет, то должен будет организовать замену стекла. Технологические операции замены стекла займут время t_{wf} , получаемое из сложения времени всех последовательных операций замены – демонтаж отбракованного стекла, очистка проема, установка нового стекла, герметизация, затяжка и выжидание полимеризации герметика, равные приблизительно 6 часам, что значительно превышает норму простоя ВС на форме ОТО Daily check: $t_{Dc} = \sum_0^{22} t_w + t_{vf}$.

Если колесо будет забраковано, инженер может принять два решения: если в смене есть возможность пригласить дополнительного авиаспециалиста, то авиаспециалист, выполняющий ТО, переходит к зоне 12, а дополнительный авиаспециалист меняет колесо и оформляет на него документацию. Дополнительного времени на ТО не требуется. Если дополнительного исполнителя нет, то, прежде чем перейти к ТО зоны 12, авиаспециалист меняет колесо. Время ТО увеличивается на время замены колеса.

Аналогичным образом будут строиться модели обслуживания ВС по формам ОТО Weekly-check и A-check, в результате чего будут также получены данные по времени (таблица 4.7).

Таблица 4.7 - Сводная таблица времени выполнения Weekly-check в зависимости от количества персонала на основе построенных моделей

№ варианта	Количество специалистов	Минимальное время (минуты) $t_{wc\ min} = \sum_0^{38} t_w$	Максимальное время (минуты) $t_{wc\ max} = \sum_0^{38} t_w$	Ожидаемое время $t_{wc} = \sum_0^{38} t_w$
1	1	530	630	570 минут (9ч. 30 мин.)
2	2	270	325	300 минут (6ч)
	Специалист В1	270	325	300
	Специалист В2	216	260	238
3	3	218	230	224 минуты (3ч. 44мин.)
	Специалист В1	218	230	224
	Специалист В1	120	146	133
	Специалист В2	153	185	169
4	4	156	190	173 минут (2часа 53 мин.)
	Специалист В1	70	92	81
	Специалист В1(А)	140	158	150
	Специалист В1	120	146	133
	Специалист В2	156	190	173

Таким образом, получены функциональные структуры ТО ВС по оперативным видам ТО, показывающие репертуар движений при различных подходах планирования обслуживания ВС и позволяющие построить штатное расписание подразделения.

4.4 Создание реальной функциональной структуры обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии»

Для создания реальной функциональной структуры ОП, формирования штатного расписания, состава смен и цехов, наполнения инструментальной кладовой и расчета количества наземного оборудования на репертуар движений, полученный с применением пространственно-временного моделирования, было наложено расписание полетов, обслуживаемых ВС (Рисунок 4.10).

Рассмотрим формирование функциональной структуры подразделений АТЦ на примере цеха оперативного ТО ВС АТЦ с использованием элемента расписания для шести ВС.

Основой для формирования функциональной структуры цеха ОТО, а соответственно и формирования рабочих смен и бригад, является расписание пролетов ВС (Рисунок 4.16), которые находятся в обслуживании в цехе и полученные из ДПЛГ пакеты работ.

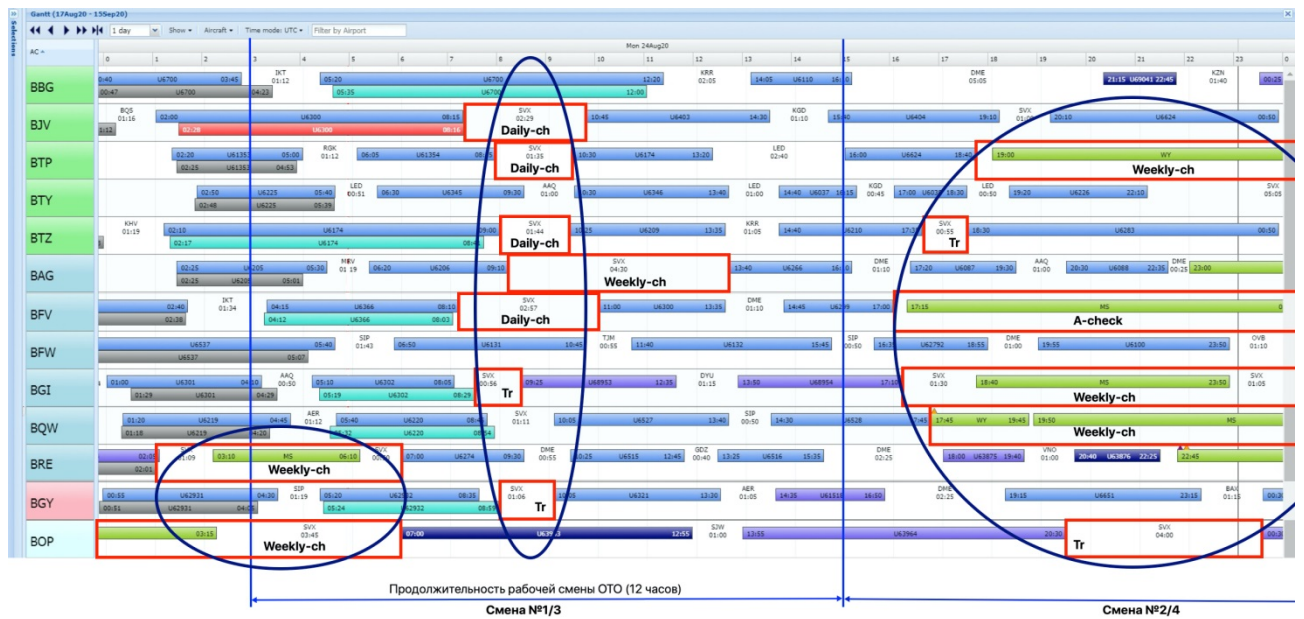


Рисунок 4.16 - Расписание полетов ВС ОАО АК «Уральские Авиалинии» с запланированным ТО на основной базе АТЦ в аэропорту Кольцово

На рисунке отражена следующая информация:

- в левой колонке помещены бортовые номера ВС А320 авиакомпании «Уральские Авиалинии», к примеру, верхний правый ВВГ;
- в верхней части отражается Всемирное координированное время (UTC – Coordinated Universal Time);
- горизонтальные голубые и синие линии обозначают рейсы (внутри указано время начала рейса, номер рейса и время окончания рейса);
- белое поле между линиями содержит код ICAO, обозначающий название аэропорта; например, для ВВГ: рейс U6700 из ИКТ (Иркутск) с вылетом в 5:20 в KRR (Краснодар) с окончанием в 12:20;
- между рейсами на базе в SVX (Екатеринбург) проставлены формы ОТО; например: BFV – запланирован Daily check в дневное время на стоянке с 8:10 до 11:00 и A-check на ночном простое с 17:15 до 0:20; виды форм ОТО соответствуют спецификации, представленной в третьей главе;
- время работы дневной и ночной смен: с 8:00 до 20:00 и с 20:00 до 8:00.
- разворот ВС, так называемый транзит – Tr (Transit), не является формой ТО и не требует присутствия, тем не менее, на этом этапе может потребоваться устранение дефектов.

Это расписание преобразуется в график ОТО смены. Разрешенное время работы, регламентированное трудовым законодательством России, и время отдыха между сменами, минимально разрешенное и согласованное с профсоюзными органами составляет: 12 часов работы и 24 часа отдыха. Исходя из данных условий цех ОТО АТЦ «Уральские Авиалинии» предусматривает четырехсменную работу, следовательно, включает в себя 4 смены (в других технических организациях может быть другое количество), работающие по 12 часов в сутки, таким образом покрывая потребности в ТО в течение 24 часов (день и ночь).

Каждая смена возглавляется начальником смены, который подчиняется начальнику цеха. Смена состоит из 2-4 бригад, возглавляемых инженером или бригадиром, в каждой бригаде от 2 до 6 участков, в зависимости от формы регламента и расписания ОТО.

ВС в оперативном обслуживании является производственным участком, на котором выполняются работы по форме Daily, либо Weekly, либо A-check.

Расписание полетов ВС каждой авиакомпании, как правило, имеет постоянную структуру, поэтому количество и расстановка форм ТО имеет предсказуемый характер, что позволяет заранее спланировать выполнение ТО. Для примера расписания, приведенного на рисунке 4.16 в пиковый момент при выполнении работ по оперативному ТО на шести ВС, расчеты показали потребность в авиационных специалистах, инженерах и руководителях (таблица 4.8), где реальная структура учитывает возможные деформации (отсутствие специалистов по причине отпуска, больничных, учебы и командировок).

Таблица 4.8 - Штатное расписание смен и цеха ОТО АТЦ из расчета обслуживания 6 ВС

Наименование должности	Количество штатных единиц (идеал/реальность) в смене	Количество штатных единиц (идеал/реальность) в цехе
Авиатехник В1 (механик)	6/7	24/28
Авиатехник В2 (Авионик)	4/5	16/20
Инженер СиД	1/2	4/6
Инженер АиРЭО	1/2	4/6
Начальник смены	1	4

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что в цехе ОТО реальная структура является избыточной, доступное количество персонала не имеет загрузки в промежутках между рейсами ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии».


		MAINTENANCE ORGANIZATION EXPOSITION		ISSUE 10 REVISION 2 EFFECTIVE: 12 Feb 2020	
1.7 MANPOWER RESOURCES					
(Ref.: 145.A.70(a)7, 145.A.30(d))					
1.7.1 GENERAL					
To provide maintenance of aircraft/components in accordance with the scope of works, approved Maintenance Program requirements, Airworthiness Directives, Service Bulletins, other requirements, MO Quality requirements, etc., MO has established the following manpower, based on experience and conditions to maintain aircraft/components.					
1.7.2 SUMMARY TABLE OF MO PERSONNEL					
	Categories	Sub categories	Total by Sub categories	Total Fact personnel	
1	Management personnel	Accountable Manager	1	4	
		Quality Assurance Manager	1		
		Production Manager	1		
		Responsible NDT Level 3	1		
2	Managers of Departments / Shop	Head of Development and Material Support of the Airline's Fleet Department	1	16	
		Maintenance Shop Manager	1		
		Line Maintenance Leading Engineer	1		
		Base Maintenance Leading Engineer	1		
		Line Maintenance Station Manager (DME)	1		
		Line Maintenance Station Manager (KUF)	1		
		Line Maintenance Station Manager (CEK)	1		
		Component Workshop Manager	1		
		PDCD Manager	1		
		Quality Control Manager	1		
		Certification Department (CTD) Manager	1		
		Head of Training Department	1		
		MSD Manager	1		
		Pre-production Shop Manager	1		
Metrological Support Section Manager	1				
SRS Manager	1				
3	Technical Support Staff	Planners & Engineers & Technical Record staff	27	41	
		GETS Storekeepers	14		
4	Safety, Quality policy & Quality System staff	Safety & Quality Policy, Maintenance Procedure, Auditors, SMS (Quality Assurance Department)	3	11	
		Qualifying Inspectors (Quality Control Department)	7		
5	Certifying staff and Support staff (including additional sites DME, KUF, CEK)	Aircraft "A" Category	23	93	
		Aircraft "B1" Category	47		
		Aircraft "B2" Category	29		
		Aircraft "C" Category	9		

Рисунок 4.17 - Современное штатное расписание структуры производственных цехов АТЦ «Уральские Авиалинии»

Для оптимизации рабочего времени и загрузки персонала были заключены договоры на ТО ВС авиакомпаний «Россия» и «Аэрофлот», что позволило сделать нагрузку равномерной в течение всего рабочего времени, а также получить дополнительную финансовую прибыль.

Современная структура производственных подразделений АТЦ «Уральские Авиалинии», полученная с помощью разработанной методики, представлена в МОЕ [11] и имеет следующий вид (Рисунок 4.17).

4.5 Совершенствование процессов технического обслуживания

В процессе создания организационной и функциональной структур обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии» производилась оценка промежуточных результатов ряда показателей производственной эффективности: объем выполняемых работ, нагрузка на персонал, интенсивность работ, себестоимость работ. На основе полученных оценок принимались решения о модернизации структуры: внедрение экспертных систем, увеличение производственных площадей, улучшения коэффициента интенсивности.

Таблица 4.9 - Изменение технических показателей инфраструктуры и производственных процессов

Данные по состоянию	2008	2020
Количество общее и из них ИТП (человек)	850 и 416	605 и 360
Количество производственных цехов и участков	4 и 2	9 и 3
Количество обслуживаемых ВС	27, из них: 3 Ил-86; 14 Ту-154, 4 Ан-24, 6 А320	85 А320F, из них: (50 УАл; 35 др.АК)
Площадь ангара для ПТО (м ²)	2400	9600
Вместимость ангара	1 ВС Ту-154/А320	5 ВС А320F

4.5.1 Совершенствование процессов оперативного технического обслуживания

Применение и исследование построенных реальных пространственно-временных моделей ОТО позволило выявить возможные пути улучшения

производственных процессов при выполнении оперативного обслуживания ВС на перроне. При исследовании полученного репертуара движений ОТО были выявлены свойства образующих, изменение которых привело к улучшению производственных показателей - времени и качества выполнения работ при неизменном составе исполнителей.

1. Квалификация специалиста (улучшение свойств исполнителя). Повышение требований к квалификации специалистов потребовало изменения структуры системы подготовки авиационных специалистов внутри АТЦ: расширена теоретическая программа подготовки и увеличено время стажировки. В то же время приведенные меры позволили сократить время выполнения операций по ТО.
2. Улучшение доступа к инструменту и запчастям (сокращение одной из составляющей пространства – расстояния между объектом и средствами ТО). Использование мобильных технических аптек и формирование инструментальных комплектов для выполнения типовых задач по обслуживанию значительно сократило время на подготовку ТО.
3. Использование ноутбуков в качестве мобильных станций доступа к информационному обеспечению улучшило свойства исполнителя и сократило пространственную составляющую.

Дополнительно были введены в производство усовершенствованные средства обслуживания – инструмент и оборудование, что также повлияло на изменение структуры ТО ВС, и, как результат, сократило общее время простоя ВС на ОТО на основной базе в Кольцово и на ЛСТО (таблица 4.7).

Таблица 4.10 - Изменение времени простоя ВС на формах ОТО по годам

год	Время выполнения работ и количества форм ОТО с учетом изменения программы ТО					Эквивалент вр. простоя количеству ВС (Налет 1 ВС 4000 час. в год)
	Кол-во форм ОТО на 1 ВС(D+W+A)	Время простоя 1 ВС на ОТО (час)	Простой на 1 ВС в год (час)	Кол-во ВС	Увеличение <u>эфф.исп.</u> парка ВС (час в год)	
2008	365+52+7	475+188+84	747	2	0	0
2015	243+52+7	243+188+70	501	35	8610	2
2020	183+37+6	146+111+50	307	50	22000	5

4.5.2 Совершенствование процессов периодического технического обслуживания

На начальном этапе создания АТЦ в 2008 году структура производства предполагала выполнение только оперативного ТО ввиду ограниченности ангарной площади, рассчитанной на 1 ВС. Флот ВС А320 составлял 2 ВС, и потребности авиакомпании вполне удовлетворялись выполнением ОТО в рамках АТЦ, ПТО в полном объеме выполнялось на аутсорсинге.

К 2013 году состав флота превысил 30 ВС. Выполнение работ в контрактных технических организациях стало экономически невыгодным. В связи с этим в 2014 году на месте одноместного устаревшего ангара (рисунки 4.18 и 4.19) начато возведение ангара на 5 ВС.



Рисунок 4.18 - Ангар на 1 ВС (2008г.) вид снаружи



Рисунок 4.19 - Ангар на 1 ВС вид изнутри

ВС 2015 году в инфраструктуре АТЦ авиакомпании появился ангар на 5 ВС (рисунки 4.20 и 4.21), началось освоение периодического ТО.



Рисунок 4.20 - Ангар на 5 ВС вид снаружи



Рисунок 4.21 - Ангар на 5 ВС вид изнутри

До 2019 года планирование работ в цехе ПТО производилось из учета фактического количества персонала по приведенным единицам человек/час с нормированием работ в ручном режиме на ВС. Для этого в 2008 году была принята за основу советская методика учета работ. До 2015 года выполнение форм ввиду малой площади ангара ТО ограничивалось А-check, включающих в себя 70-100 технологических операций, при этом ручной учет во множествах баз данных был приемлемым. После запуска в работу ангарного комплекса объем работ по ПТО постепенно нарастал, и к 2019 году весь объем ПТО стал выполняться в Кольцово без аутсорсинга. При одновременном выполнении 3-4 С-check объем обрабатываемой информации вырос в несколько раз (таблица 4.11). Прирост парка ВС добавил объем обрабатываемой информации при обработке оперативных форм ТО.

Таблица 4.11 - Рост объемов работ и обрабатываемой информации в месяц в разные годы

Год	Количество ВС	Количество форм ПТО/из них структуры	Количество форм ОТО А-check	Объем обрабатываемой информации (тех.операций)	Произв. 1 тех.ПДО (пр.ед)
2015	35	2	140	15000	3000
2016	37	20/8	157	32000	6400
2017	43	22/4	206	30700	6140
2018	45	28/7	275	48500	9700
2019	45	41/4	283	52800	10560
2020	48	31/8	300	53500	10700

Анализ ситуации с планированием работ в производстве ДТО АТЦ выявил недостатки использования ручных методов учета при планировании работ. В 2018 году исходя из оценок ключевых показателей эффективности принято решение о внедрении автоматизированной системы управления (АСУ) на платформе AMOS.

AMOS – это платформа для создания автоматической системы управления, на основе которой коллектив АТЦ построил экспертную систему (АСУ) с опорой на базу данных, содержащую набор всех образующих, относящихся к ТО ВС. В настоящее время внедренная АСУ позволяет комплектовать работы, строить репертуар движений и на основе полученных оценок исполнителей выбирать оптимальный путь выполнения ТО для каждого обслуживаемого ВС.

За единицу учета выработки принята норма времени за операцию с коэффициентом потерь (разницей во времени выполнения одной операции у производителя в идеальных условиях и в реальных условиях), разработанная AIRBUS.

Введение информационной платформы AMOS позволило устранить погрешности в учете работ, а затем и в планировании.

В процессе совершенствования организационной и функциональной структур обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии» удалось повысить эффективность производственных показателей по следующим направлениям (Таблица 4.12):

- снизить коэффициент потерь с 3,7 и 2,5 сначала до 1,7, затем до 1,5;
- сократить процент работ по ТО ВС, отдаваемых на аутсорсинг по ОТО на 20% и по ПТО на 100% при постоянном росте выработки основных производственных цехов;
- понизить полную себестоимость работ в АТЦ на 20%.

Таблица 4.12 - Изменения показателей эффективности по годам

Год	Общий объем работ (пр.ед) в год	Численность ДТО	Уд. выработка годовая	Кэфф. потерь	Аутсорсинг (ОТО/ПТО) %	Полная себестоимость работ (руб.)
2015	175 397	416	422	2,5	37/50	2424
2016	189380	369	513	2,5	32/25	2255
2017	193 722	390	520	2,5	34/18	2242
2018	195 281	388	558	2,5	25/15	2200
2019	203 188	380	880	1,7	15/0	2010
2020	213 015	360	926	1,5	10/0	1950

4.5.3 Развитие цехов обслуживания компонентов ВС

В соответствие с моделью 2.25 и полученной идеальной структурой ТО ВС (рисунок 4.6) на основе анализа экономической эффективности принято решение о создании цехового комплекса (рисунок 4.22) обслуживания компонентов ВС, составляющих наиболее затратную часть расходов.



Рисунок 4.22 - Цеховой комплекс ТО компонентов ВС.

В 2018 году запущено в производство ТО колес, тормозов (рисунки 4.23 и 4.24) , агрегатов электрооборудования (рисунок 4.25).



Рисунок 4.23 - Цех обслуживания колес и тормозов



Рисунок 4.24 - Участок сборки колес ВС



Рисунок 4.25 - Цех обслуживания электрооборудования ВС

4.6 Экономическая эффективность реализации подхода предложенных методик моделирования

В процессе изучения потребностей авиакомпании «Уральские Авиалинии» выявлены основные направления изменения организационной структуры обслуживающего производства: повышение выработки по ТО ВС авиакомпании, снижение коэффициента потерь производства, сокращение полной себестоимости работ. Анализ оценок показателей производственной эффективности полученных при изменении моделей структуры обслуживающего производства в различных условиях позволил выполнять оценивание состава и функций структуры без предварительных расходов и принять решения об ее совершенствовании путем внесения изменений: расширением инфраструктуры, повышением квалификации персонала, использование экспертных систем, созданием алгоритмов ТО и, тем самым, улучшить производственные показатели, что продемонстрировано в таблицах.

В результате совершенствования структуры периодического технического обслуживания при одинаковой себестоимости работ и обслуживаемом флоте 50 ВС экономический эффект составил:

- На первом этапе в 2018 году разница между нормативами была 1727,74 нормо-часа или 30% экономия составила 181 412 700,00 Р
- На втором этапе в 2019 году - разница между нормативами была 580,52 нормо-часа или 15,4% экономия составила 60 954 600,00 Р
- На третьем этапе в 2020 году плановый пересмотр норм после осеннего сезона периодического обслуживания 2020 года разница между нормативами составила 312,11 нормо-часа или 9,04% экономия составила - 32 771 550,00 Р.

В оперативном техническом обслуживании улучшение показателей в 2020 году по отношению к 2019 году производительности по формам ОТО составили:

- ТС- транзит-чек – повышение эффективности на 31,72 %
- Daily-чек– повышение эффективности на 40,78 %
- Weekly-чек– повышение эффективности на 26,41 %, что дало экономический эффект в размере 42 645 995,00 Р.

В период с 2008 по 2020 год получено повышение эффективности организации по ТО: при росте парка ВС от 2 до 50 ВС суммарный прирост производительности составил 25%, процент аутсорсинга по направлениям периодического и оперативного ТО сократился от 100% до 0% и от 30% до 10% соответственно, полная себестоимость работ в АТЦ сократилась на 20%. Динамика изменений экономических и производственных показателей представлена на рисунке 4.25.

Получен положительный экономический эффект: суммарная экономия на ТО ВС АК «Уральские Авиалинии» с 2015 по 2020г.г. 317.784.854 руб. Существенно выросла прибыль: так если в 2015г. убыток АТЦ 23млн.руб., то в 2020 году прибыль составила 65млн.руб.

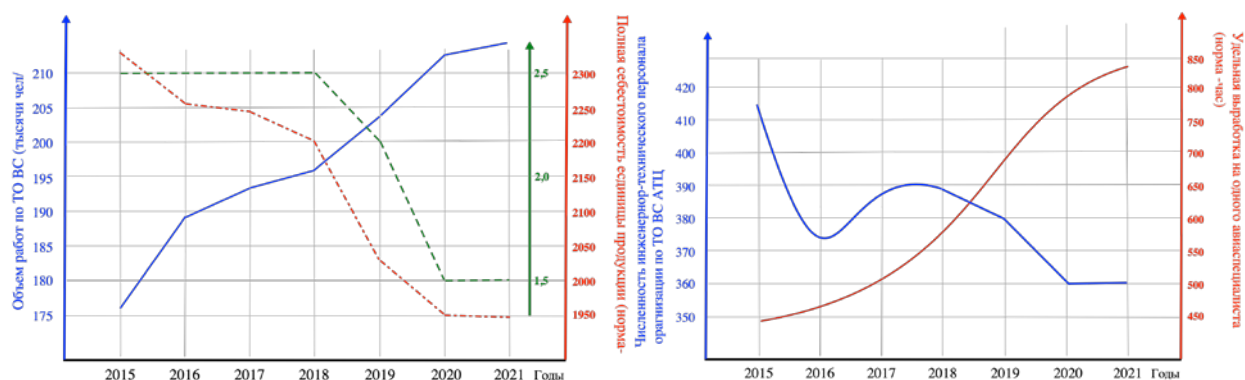


Рисунок 4.25 - Динамика изменения экономических и производственных показателей

Использование методов структурного и функционального моделирования позволило создать рациональную структуру обслуживающего производства авиакомпании «Уральские Авиалинии» и оптимизировать процессы ТО ВС.

4.7 Вывод по четвертой главе

Реализация предложенного подхода к формированию организации как синтеза ее образа потребовала решения задачи распознавания образа путем сравнения с эталоном, в качестве которого выбраны требования к организациям по ТО со стороны EASA. Это вызвало необходимость постановки задачи распознавания образа на основе реализации метода сравнения с эталоном, где каждый производный элемент полученной структуры сравнивается с цепочками произвольных элементов, составляющих эталонный образ, полученный в рамках системы ПЛГ и ТО из вербального описания в требованиях ICAO и EASA.

На начальном этапе распознавание образа было произведено с помощью синтаксического анализа и при использовании методики моделирования структурной части организации ТО. На основе требований EASA к ТО создан идеальный образ ТО для ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии», определивший полный состав основных элементов структуры ТО ВС.

Затем проведен анализ уже существующей инфраструктуры, Российской законодательной базы и других ограничений. Сравнение с эталонным образом позволило создать реальный образ структуры ОП ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии», которая по причине ограниченных возможностей не могла охватить все потребности в ТО и не соответствовала идеальному. Чтобы приблизить образ реальной полученной структуры к эталону, было принято решение передать недостающие элементы структуры по ТО в аутсорсинг.

При формировании наполнения структуры ОП с опорой на методику моделирования функциональной структуры был создан идеальный образ функциональной структуры ТО ВС. В качестве экспертной базы была использована программа ТО и технологические карты разработчика ВС. Внесение коэффициента потерь и расписания полетов авиакомпании в качестве примера деформации позволило построить реальную функциональную структуру ОП ВС авиакомпании «Уральские Авиалинии».

Использование методов структурного и функционального моделирования позволило создать рациональную структуру ОП авиакомпании «Уральские Авиалинии» и усовершенствовать процессы ТО ВС, тем самым повысить их эффективность. Последующий положительный экономический эффект связан с сокращением расходов материнской авиакомпании на обслуживание ВС, с использованием избытка производственных мощностей и с получением дополнительного дохода от оперативного и периодического обслуживания ВС сторонних авиакомпаний.

Заключение

Цель данной диссертационной работы состояла в разработке методов моделирования организации эффективной системы послепродажного обслуживания авиационной техники на примере организации ТО воздушных судов.

Основными результатами выполненной автором работы являются:

1. Исследование и обоснование применения законодательно–нормативной базы государственных авиационных администраций как основы для применения экспертного метода при моделировании сложных систем технического обслуживания. В результате проведенных исследований актуальных потребностей современных авиационных предприятий гражданской авиации в области авиационного регулирования в качестве экспертной базы были выбраны авиационные правила EASA (как описание на естественном языке всех аспектов поддержания летной годности и технического обслуживания ВС), послужившие для создания предикатов – неформальных элементов, образующих абстрактную структуру обслуживающего производства воздушных судов.
2. Разработан метода синтеза и анализа структурной части организационной системы обслуживающего производства с опорой на теорию распознавания образов с использованием теории множеств. В результате предложена методика формирования образа структурной части организации по ТО, позволяющая определить состав структуры обслуживающего производства ВС, связи между элементами и методика формирования идеального образа структурной части организации по ТО, позволяющего определить состав структуры обслуживающего производства ВС и связи между элементами.
3. Разработан методология пространственно-временного моделирования функционирования системы обслуживающего производства. В результате анализа описания технических и технологических процессов

на основе метода порождающих грамматик Н. Хомского разработан язык для описания функционирования организационной структуры, реализующей описание пространственно-временных образов технологических процедур ТО, апробирован системный подход, позволивший с формальных позиций решить задачу эффективного описания процессов ТО как системы на базе предложенного подхода. Создано реальное описание образа технического обслуживания воздушных судов.

4. Применение созданных методов для разработки рациональной структуры организации технического обслуживания ВС в авиакомпании «Уральские Авиалинии». Был определен оптимальный состав структурных звеньев обслуживающего производства ВС в составе авиакомпании: штатное расписание подразделений и оптимальный объем оборудования, инструмента и запчастей на складах АТЦ с точки зрения экономической целесообразности (наличия цехов, ангара, офисных помещений), а также состав субподрядных организаций, обслуживающих ВС, и компоненты вне инфраструктуры АТЦ.

В процессе совершенствования структуры авиационного технического центра получен следующий положительный эффект:

- процент аутсорсинга по направлениям периодического и оперативного ТО сократился от 100% до 0% и от 30% до 10% соответственно при росте парка ВС от 2 до 50 ВС;
- полная себестоимость работ в АТЦ сократилась в 2 раза;
- суммарный экономический эффект за три последних года составил около 320 млн.рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации «об утверждении «Наставления по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России. НТЭРАТ ГА-93» от 20 июня 1994 г. № ДВ-58
2. Воздушный кодекс Российской Федерации статья 35 От 19.03.1997 № 60-ФЗ (редакция от 14.03.2022) Доступ из СПС «Гарант».
3. <http://www.faa.gov/> - Официальный сайт Администрации Гражданской Авиации США (дата обращения 6.02.2022).
4. Красник В.В. Коммерческая электроэнергетика: словарь-справочник / В.В. Красник. М.: ЭНАС, 2006. – 224с.
5. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь: 5-е изд., перераб. и доп. / Б. А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева — М.: ИНФРА-М, 2007. — 495 с.
6. Типовые нормативы численности работников эксплуатационных предприятий гражданской авиации [Текст]: Утв. 20/V.1974 г. / М-во гражд. авиации СССР. - Москва: [б. и.], 1975. - 307с.
7. Morrisville, NC. Patrick D.T. O'Connor The new management of engineering, Copyright 2004, 62 Whitney Drive, Stevenage SG1 4Bj, UK 2004. – 276с.
8. Потапов А.С. Искусственный интеллект и универсальное мышление: учебное пособие \ А.С. Потапов. – СПб.: Политехника, 2012. – 771с.
9. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект [Электронный ресурс] / А.А. Жданов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 359с.
10. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: 4-е издание \ Дж. Джарратано, Г. Райли. - Москва-Санкт-Петербург-Киев: Вильямс, 2007. – 1152с.

11. Maintenance Organization Exposition (МОЕ) «Уральские Авиалинии» выпуск 10, ревизия 2 от 12.02.2020
12. Белокобыльский Н.Н. Транспортная безопасность. Термины. Понятия. Определения: словарь / Н.Н. Белокобыльский. – М.: Статут, 2017. – 352с.
13. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации: монография. - М: Воздушный транспорт, 2005. - 416 с.
14. Зубков Б.В., Минаев Е.Р. Основы безопасности полетов: основы безопасности полетов / Б.В. Зубков, Е.Р. Минаев. М.: Транспорт, 1987. – 143с.
15. Министерство гражданской авиации «Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР» (НПП ГА – 85): Техническая эксплуатация и ремонт авиационной техники. М.: Воздушный транспорт, 1985.
16. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации: воздушный транспорт / С.В. Далецкий, О.Я. Деркач, А.Н. Петров. - М.: Воздушный транспорт, 2002. - 216 с.
17. Приказ Федеральной авиационной службы России об утверждении и введении в действие Федеральных авиационных правил "Организации по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники" от 19 февраля 1999 г. № 41.
18. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации, департамент воздушного транспорта об утверждении Федеральных авиационных правил "Требования к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим техническое обслуживание гражданских воздушных судов. Форма и порядок выдачи документа, подтверждающего соответствие юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, осуществляющих техническое обслуживание гражданских воздушных судов, требованиям федеральных авиационных правил" от 25 сентября 2015 г. № 285.

19. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации об утверждении Федеральных авиационных правил "Требования к членам экипажа воздушных судов, специалистам по техническому обслуживанию воздушных судов и сотрудникам по обеспечению полетов (полетным диспетчерам) гражданской авиации" от 12.09.2008 № 147 (ред. от 16.09.2015).
20. <https://www.easa.europa.eu/> - Официальный сайт Администрации Гражданской Авиации Европейского Союза (дата обращения 6.02.2022).
21. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: учеб. 2-е издание, доп. / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – Томск: НЛТ, 1997.-396с.
22. Шуремов Е.Л. Теория систем и системный анализ: кратко о главном. / Е.Л. Шуремов. – М.: создано в интеллектуальной издательской системе Ridero ISBN 978-5-4483-5500-4, 2016. – 389с.
23. Курило В.М. Хозяйственный механизм гражданской авиации: проблемы совершенствования / В.М. Курило. - Мн.: Навука і тэхніка, 1991. - 272с.
24. Приказ Министерства гражданской авиации СССР об утверждении и введения в действие «наставление по материально – техническому снабжению в гражданской авиации» (НМТС ГА-82) от 4 ноября 1982 г. №169.
25. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации об утверждении федеральных авиационных правил «Сертификационные требования к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим коммерческие перевозки. Форма и порядок выдачи документа, подтверждающего соответствие юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, осуществляющих коммерческие воздушные перевозки, требованиям федеральных авиационных правил» от 13 августа 2015г. № 246.
26. Трудовой кодекс РФ "Сертификационные требования к персоналу инженерно-авиационной службы предприятий воздушного транспорта" [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 23 сентября 1992 № ДВ 6.1-58. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

27. Указания Министерства транспорта Российской Федерации о введении в действие "Положение о порядке оформления и выдачи свидетельств специалистов инженерно-технического персонала ВТ РФ" [Электронный ресурс]: утвержденное директором ДВТ 14 июня 1994г. № ДВ-71И.
28. Protocol relating to an Amendment to the Convention on International Civil Aviation [Article 83 bis], signed at Montreal on 6 October 1980. – 4 с.
29. Ицкович А.А., Чинючин Ю.М., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Управление качеством процессов технической эксплуатации авиационной техники: методическое пособие / А.А. Ицкович; Ю.М. Чинючин; Н.Н. Смирнов; И.А. Файнбург. – М.: МГТУ ГА, 2011. – 112с.
30. Чинючин Ю.М., Смирнов Н.Н. Сертификация объектов технической эксплуатации воздушных судов: учебное пособие / Ю.М. Чинючин, Н.Н. Смирнов, И.А. Файнбург. - М.: МГТУ ГА, 2009. - 82с.
31. Журавлев В.И., Иванов В.С. Безопасность полетов летательных аппаратов: теория и анализ / В.И. Журавлев, В.С.Иванов. М.: Транспорт, 1986. – 224с.
32. Горелик В.А., Каноненко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах / В.А. Горелик, А.Ф. Кононенко. - М.: Радио и связь, 1982. – 144с.
33. Пугачев А.И., Бураков М.Л. Техническая эксплуатация летательных аппаратов / А.И. Пугачев, М.Л. Бураков. – М.: Транспорт, 1969. 480с
34. Лещенко М.И., Марущак И.И. Организация производства на предприятиях машиностроения: учебное пособие / М.И. Лещенко, И.И. Марущак. – М.: МГИУ, 2008 – 155с.
35. Егорова Т.А. Организация производства на предприятиях машиностроения: учебное пособие / Т.А. Егорова. – СПб.: Питер, 2004. – 304с.
36. Aviation Maintenance Management. Harry A. Kinnison and Tariq Siddiqui, The McGraw-Hill Companies, Inc. 2013. – 20-23 с.
37. Loong M. The Essential of airplane maintenance; Partridge, 2015.

38. Maintenance organization and systems. Dr. Anthony Kelly. Batterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 200 Wheeler Burlington, MA 01803. Reprinted 2003.
39. <https://www.bcaa.bm/> - Официальный сайт Администрации Гражданской Авиации Бермудских островов (дата обращения 10.01.2022).
40. Поддубный И.В. Проблемы технического обслуживания современных воздушных судов [Текст] / Ковалев М.А. Поддубный И.В. // Вестник Самарского Университета – 2019. Т18. – Номер 2. С. 138-145.
41. <https://www.icao.int/> - Официальный сайт ИКАО (дата обращения 19.12.2021).
42. Lean maintenance repair and overhaul. Mandyam M. Srinivasan, Malissa R. Bowers, Kenneth C. Gilbert. The McGraw-Hill Education, Copyright 2014.
43. Боголепов В.П. О состоянии и задачах развития общей теории организации: организация и управление / В.П. Боголепов. - М.: Наука, 1968. – 222 с.
44. Ковалев М.А., Поддубный И.В. Теоретико-множественное представление организационной структуры авиационного технического центра // Известия Самарского центра Российской академии наук. – 2019. - Т 21. №1. – С. 11-17.
45. Каноненко А.Ф., Халезов А.Д., Чумаков В.В. Принятие решений в условиях неопределенности / А.Ф. Кононенко, А.Д. Халезов, В.В. Чумаков. - М.: МЦ АН СССР, 1991. – 211 с.
46. Harry Herbert Goode System Engineering: An Introduction to the Design of Large-scale System: - Мичиган: McGraw-Hill, 1957. – 551 с.
47. Гренандер У. Лекции по теории образов: том 2. Анализ образов / У. Гренандер. М.: Мир, 1981.
48. Фу, К.С. Структурные методы в распознавании образов: Распознавание образов / К.С. Фу. - М.: Мир, 1977. – 781 с.

49. <http://www.favt.ru/novosti-aktualnaja-informacija/?id=2233> – Сайт министерства транспорта РФ. Актуализированный перечень авиакомпаний, имеющих сертификат эксплуатанта для осуществления коммерческих воздушных перевозок от 11 июня 2014г (дата обращения 12.03.2022).
50. Гренандер У. Лекции по теории образов: том 1. Синтез образов / У. Гренандер. – М.: Мир, 1979. – 24 с.
51. Гренандер У. Лекции по теории образов: том 3. Регулярные структуры / У. Гренандер. - М.: Мир, 1983. – 451 с.
52. Кристофидес Н. Теория графов: алгоритмический подход /Н. Кристофидес. - М.: Мир, 1978. – 432 с.
53. Устенко А.У. Основы математического моделирования и алгоритмизации процессов функционирования сложных систем / А.У. Устиненко. – М.: Просвещение, 2000. – 287с.
54. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. Дискретная математика: учебное пособие \ А.И. Белоусов, С.Б. Ткачев. – М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
55. Коптев А.Н. Кириллов А.В. Синтез систем диагностического управления техническим состоянием бортовых комплексов оборудования летательных аппаратов [Электронный ресурс] / Коптев А.Н. Кириллов А.В. Тихонов А.Н. - Самара: СГАУ,2012. - 293с.
56. Программа технического обслуживания воздушных судов ОАО АК «Уральские Авиалинии» ревизия 31 от 09 октября 2018.
57. Ковалев М.А. Поддубный И.В. Способ представления процесса выполнения оперативного технического обслуживания воздушных судов / М.А. Ковалев, И.В. Поддубный. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук – 2020. - Т22. № 4. – С. 10-20.
58. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов: учебное пособие / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир 1978. - 411 с.

59. Applied mathematics and computation. Pattern recognition principles. Julius T.Tou, Rafael C. Gonzalez. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts. 1974.
60. Grenander, U., Pattern Synthesis, Lectures in Pattern Theory I /U. Grenander. - Berlin-Heidelberg-New York. Springer-Verlag. 1976. VII, 509с.
61. Райзберг Б.А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь: 5-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева — М.: ИНФРА-М, 2007. — 495 с.
62. Maintenance Control Manual (MCM) «Уральские Авиалинии» выпуск 6, ревизия 1 от 02.03.2020.
63. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации «о введении в действие Положения о порядке принятия на эксплуатацию, организации и обеспечения технического обслуживания и контроля за поддержанием летной годности воздушных судов иностранного производства в авиапредприятиях России» от 30 ноября 1995 г. № ДВ-130.
64. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации об утверждении федеральных авиационных правил "Сертификационные требования к физическим лицам, юридическим лицам, осуществляющим коммерческие воздушные перевозки. Процедуры сертификации" от 4 февраля 2003г. № 11.
65. ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85) Государственный стандарт Союза ССР: Система технического обслуживания и ремонта техники, термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2007. – 31с.
66. Приказ Министерство гражданской авиации СССР об утверждении и введении в действие "Наставления по материально-техническому снабжению в гражданской авиации" от 13 июня.2020г. № 857.
67. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы стимулирования в вероятностных моделях социально-экономических систем: учебное пособие /

В.Н. Бурков, А.К. Еналеев, Д.А. Новиков. – М.: Автоматика и Телемеханика, 1993. 3-30с.

68. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями: учеб. пособие по спец. N 010300 "Приклад. математика и физика" / В. Н. Бурков, Д.А. Новиков. - М.: СИНТЕГ, 2004. - 388 с.

69. Боргест Н.М., Данилин А.И., Комаров В.А. Краткий словарь авиационных терминов / Н.М. Боргест, А.И. Данилин, В.А. Комаров. - М.: МАИ, 1992.

70. Гермейер Ю.Б. Игры и непротивоположными интересами: оптимизация и исследование операций / Ю.Б. Гермейер. М.: Наука, 1976. - 327с.

71. Чечевицына Л.Н, Хачадурова Е.В. Экономика организации: учебное пособие / Л.Н. Чечевицына, Е.В. Хачадурова. – Ростов н/Д: Феникс, 2017. – 382с.

72. Ян Макдермотт The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving Paperback. Thorsons, 1997. - 288 с.

73. Hart O.D. Holmstrom B. Theory of contracts // Advances in economic theory. 5-th World Congress. Cambridge: Univ. Press, 1987. - 71-155p.

74. Mas-Collel F., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic theory. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1995.- 981p.