

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Зрячев Сергей Александрович

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДИКИ ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
С УЧЕТОМ СОГЛАСОВАННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.

Организация производства

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Ларин Сергей Николаевич,
кандидат технических наук, доцент

Ульяновск – 2022

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Анализ современных методов организации производства в области технического обслуживания авиационной техники.....	9
1.1 Анализ подходов к решению проблем организации производства и организационных систем.....	10
1.1.2 Зарубежный опыт в области ПЛГ и ТОиР АТ.....	13
1.1.2 Отечественный опыт в области ПЛГ и ТОиР АТ.....	21
1.2 Характеристика средств обработки и сбора информации, формируемой в ходе ПЛГ и ТОиР АТ.....	25
1.3 Характеристика средств автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ.....	27
1.4 Обзор современных методов формирования программы ТОиР АТ.....	33
1.5 Обзор взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ.....	37
1.6 Проблематика существующего подхода к ПЛГ и ТОиР АТ.....	41
Глава 2. Разработка математических моделей согласованного взаимодействия в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники.....	47
2.1 Постановка задач.....	47
2.2 Подход к устранению противоречий между участниками ТОиР АТ.....	48
2.2 Подход к формализации процессов построения математической модели участников ПЛГ и ТОиР АТ.....	55
2.2.1 Текстовая модель моделирования потоков информации ПЛГ и ТОиР АТ.....	58
2.2.2 Графическая модель моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ.....	60
2.2.3 Алгоритмическая модель моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ.....	63
2.2.3 Модель бизнес–отношений моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ.....	65
2.2.4 Общее представление о работе моделей ПЛГ и ТОиР АТ.....	73
2.3 Концептуальное описание модели ПЛГ и ТОиР АТ.....	77
2.3.1 Формализованное представление разработанной модели ПЛГ и ТОиР АТ.....	79
2.3.2 Формальное описание модели ПЛГ и ТОиР АТ.....	80
2.3.3 Выводы.....	82

Глава 3. Создание методики формирования модели базы знаний в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники	83
3.1 Структурно–функциональная детализация процесса формирования единой базы данных ПЛГ и ТОиР АТ	83
3.2 Структурно–функциональная детализация процесса формирования распределенной организационной структуры, ответственной за процессы анализа ПЛГ и ТОиР АТ	90
3.3 Структурно–функциональная детализация процесса формирования единой БЗ ПЛГ и ТОиР АТ	96
3.4 Формирование СППР ПЛГ и ТОиР АТ	101
3.5 Методические указания по работе с СППР ПЛГ и ТОиР АТ	107
3.6 Алгоритм совершенствования регламентного ТО при помощи СППР ПЛГ и ТОиР АТ	111
3.7 Выводы	113
Глава 4. Алгоритмы работы информационной системы автоматизации ТОиР АТ в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники	115
4.1 Анализ результатов исследования в сфере автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ	116
4.2 Разработка рекомендаций по формированию единой БД типа АТ	119
4.3 Формирование единой БЗ типа АТ на этапе ПЛГ и ТОиР АТ	132
4.4 Разработка методических рекомендаций по созданию интерфейсных решений автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ	148
4.5 Экономический эффект внедрения моделей согласованного взаимодействия ОТС ТОиР АТ	164
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	168
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	170
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	173
ПРИЛОЖЕНИЕ	188

Введение

Актуальность работы. Современные возможности технического прогресса позволили в достаточной степени автоматизировать проектирование и производство в самолетостроении. Зарубежные и отечественные авиастроительные компании смогли добиться существенного прогресса в подготовке производства авиационной техники (АТ). Элементы автоматизации внедряются еще на стадии проектирования АТ.

С другой стороны, проблема автоматизации процессов поддержания летной годности (ПЛГ) и технического обслуживания и ремонта (ТОиР) АТ распространена глобально. В мире прогнозируется существенный рост производства АТ, а значит возрастет количество выполняемых работ ТОиР АТ.

Для повышения конкурентоспособности АТ Российского производства на мировом рынке необходимы не только превосходство характеристик, но и полная автоматизация процессов ТОиР АТ для минимизации затрат на подготовку и проведение работ ТОиР как эксплуатантами АТ, так и операторами ТОиР АТ, а также для повышения качества ТОиР за счет анализа информации, возникающей в ходе процессов ТОиР АТ.

Степень разработанности темы.

Организационные системы как часть организации производства были глубоко изучены таким учеными как Хаймович И.Н., Гришанов Г.М., Коптев А.Н. Морозов В.В., Кириченко А.С., Багриновский К.А., Волкович В.Л., Засканов В.Г., и другими.

Общие теоретические положения об автоматизации ТОиР АТ представлены в работах Andreas W., Thomas B., Roland M., Rodrigues V., Lavorato L. и др. Разработка и внедрение CALS технологий в ТОиР АТ подробно рассмотрены Клочковым В.В. и Братухиным А. Г. Информационная поддержка и сопровождение жизненного цикла (ЖЦ) АТ были изучены Бакаевым В. В.

Теоретические аспекты систем поддержки принятия решений (СППР) были изучены David A., Graham P. и Roger A.

Работа направлена на решение актуальных задач в области ТОиР АТ таких, как повышение качества планирования и выполнения работ, снижение затрат на все типы операций по ТО АТ.

Цель работы – повышение результативности взаимодействия организационных структур обслуживающего производства и производственных процессов за счет внедрения системы автоматизированного взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ.

Основные задачи исследования:

1. Провести анализ современных стандартов, регулирующих процессы ПЛГ и ТОиР АТ;
2. Провести анализ существующих организационных структур участников ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Разработать модель согласованного взаимодействия в организационной системе ТОиР АТ;
4. Разработать модели принятия проектных решений руководителя и сотрудников отдела ЭАТ;
5. Провести расчет данных моделей на конкретном предприятии;
6. Разработать методику формирования базы знаний (БЗ) ПЛГ и ТОиР АТ;
7. На основе БЗ построить алгоритмы работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

Область исследования соответствует п.16 «Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов» и п.21 «Развитие теоретических основ и практических приложений организационно-технологической надежности производственных процессов. Оценка уровня надежности, адаптивности и устойчивости производства.» по паспорту специальности 2.5.22 – Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Объектом исследования является организация технического обслуживания и ремонта авиационной техники.

Предметом исследования являются механизмы и процессы взаимодействия в организации ТОиР АТ.

Научная новизна заключается в разработке структурного подхода к взаимодействию участников поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники, а также оптимизации выполнения задач поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Основные научные результаты, определяющие новизну проведенного исследования, состоят в следующем:

1. Разработана модель согласованного взаимодействия участников технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

2. Разработана модель принятия проектных решений в области технического обслуживания авиационной техники;

3. Разработана методика формирования базы знаний поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники, необходимая для сбора, обработки, формализации знаний, формируемых в организационных структурах и задействованных в поддержании летной годности и техническом обслуживании и ремонте авиационной техники;

4. Сформированы алгоритмы работы системы поддержки принятия решений поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники, позволяющие одновременно обрабатывать дефекты, возникающие в ходе эксплуатации и ТОиР АТ, а также одновременно формировать решения по устранению дефектов.

Направление исследований в диссертации связано с:

1. Исследованием средств совершенствования ПЛГ и ТОиР АТ;

2. Исследованием средств автоматизации процесса формирования БЗ. Применение полученной информации для моделирования единой БЗ;

3. Исследованием документов и стандартов, регулирующих формирование и взаимодействия организационных структур ответственных за ПЛГ и ТОиР АТ. Результаты исследования применяются для создания модели взаимодействия

организационных структур, ответственных за ПЛГ и ТОиР АТ, а также для формирования СППР ПЛГ и ТОиР АТ;

4. Исследование эксплуатационной, конструкторской и технологической документации АТ. Результаты исследования используются для автоматизации процесса выдачи задания на обслуживание, ремонт или замену элементов АТ, а также автоматизации процесса заказа запасных элементов АТ.

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные теоретические результаты позволяют:

1. Устранить противоречия, возникающие при взаимодействии участников процессов ТОиР АТ;

2. Формировать оптимальную стратегию проведения работ ТОиР АТ за счет использования БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ;

3. Формировать эффективные способы устранения дефектов в ходе оперативного обслуживания АТ за счет анализа эффективности выполнения работ единой распределенной организационной структурой ПЛГ и ТОиР АТ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Модель согласованного взаимодействия участников ТОиР АТ отличающаяся от существующих наличием новых обратных связей между производителем АТ и эксплуатантом АТ, а также между эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ;

2. Модели принятия проектных решений в системе эксплуатации АТ отличающиеся от существующих подходов к организации ТОиР АТ наличием целевых функций участников ТОиР АТ, их сотрудников и целевой функции руководителя эксплуатанта АТ, а также наличием ограничений на стимулирующие выплаты в данных целевых функциях;

3. Методика формирования базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ, отличающийся своевременным поступлением информации;

4. Алгоритмы работы информационной системы автоматизации ТОиР АТ, отличающиеся единовременностью передачи информации между участниками ТОиР АТ.

Апробация работы. Основные результаты диссертации были апробированы на научно-технических конференциях: XLIV Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения – 2018», XLV Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения – 2019», Всероссийская научная конференция по организации производства «Восьмые Чарновские чтения – 2019», 18th International Conference «Aviation and Cosmonautics – 2019», 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019», Международная молодежная научная конференция «Гражданская авиация: XXI век», 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2020», 19th International Conference «Aviation and Cosmonautics – 2020». Было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021613564 «интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 3 публикации, определенных ВАК России, 2 работы в изданиях, индексируемых базой данных Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 132 наименований; включает 125 рисунков и 3 таблицы.

Глава 1. Анализ современных методов организации производства в области технического обслуживания авиационной техники

Авиационная промышленность во всех своих аспектах является специфическим ответвлением машиностроения [51]. Все этапы жизненного цикла АТ связаны со сложностями, присущими высокотехнологичному производству, с высочайшими требованиями к эксплуатационным характеристикам и безопасности [52]. Требования государственных и межгосударственных органов, ответственных за контроль ПЛГ и ТОиР АТ, нацелены на безопасность и эффективность выполнения работ ПЛГ и ТОиР АТ [82], учитывается экономический аспект ПЛГ и ТОиР АТ [117].

Международные требования к ПЛГ и ТОиР АТ определены международной организацией гражданской авиации (ИКАО): регулируются как организации ответственные за проведение работ ТОиР [124], так и ответственные за ПЛГ [88] и обучение персонала [96].

В России и ряде стран, принявших данные стандарты, действует несколько ГОСТ, в том числе ГОСТ 18675–2012 «Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее». Настоящий стандарт устанавливает требования к комплектности, условиям поставки, построению, содержанию, изложению и оформлению эксплуатационной и ремонтной конструкторской документации на авиационную технику и покупные изделия для нее [9]. На основе данного ГОСТ формируются регламенты технического обслуживания для каждого вида.

ГОСТ 53863–2010 «Система технического обслуживания летной техники ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ» также используется в данном направлении [10]. Данный ГОСТ необходим для однозначного определения названия всех процедур по обеспечению летной годности авиационной техники.

За рубежом (Европа и Северная Америка) порядок обслуживания и ремонта АТ регулируется European aviation safety agency (EASA) и federal aviation administration (FAA). Требования к ТОиР и ПЛГ АТ формируются документами контроля качества ISO/TC 20 [87], ISO 9000 [38]. Европейское агентство по

безопасности полетов (EASA) регулирует ТОиР АТ [96], ПЛГ АТ [73] и обучение авиационного персонала [54]. Федеральное авиационное агентство (FAA) также контролирует ТОиР АТ [111], ПЛГ АТ [112] и обучение авиационного персонала [64].

1.1 Анализ подходов к решению проблем организации производства и организационных систем

Проблемы организации производства широко изучены в отечественной науке.

Организационные системы как часть организации производства были изучены такими учеными как Хаймович И.Н., Гришанов Г.М., Коптев А.Н. Морозов В.В., Кириченко А.С., Багриновский К.А., Волкович В.Л., Засканов В.Г., и другими.

Хаймович И.Н. были изучена и разработана методология сбалансированного взаимодействия в процессе конструкторско-технологической подготовки производства (КТТП) [50]. Особый интерес представляет формирование условий согласованного взаимодействия, определение фактов с целью оценки надежности деталей, узлов и изделия, разработка методологического подхода к согласованному взаимодействию и формирование информационно-технологической модели обеспечивающая высокую надежность изделия.

Хаймович И.Н. внесла вклад в исследование конфликтов интересов при внедрении информационных технологий (ИТ) в КТТП. Было выяснено что при внедрении ИТ возникают конфликты интересов второго порядка (Рисунок 1) [49].

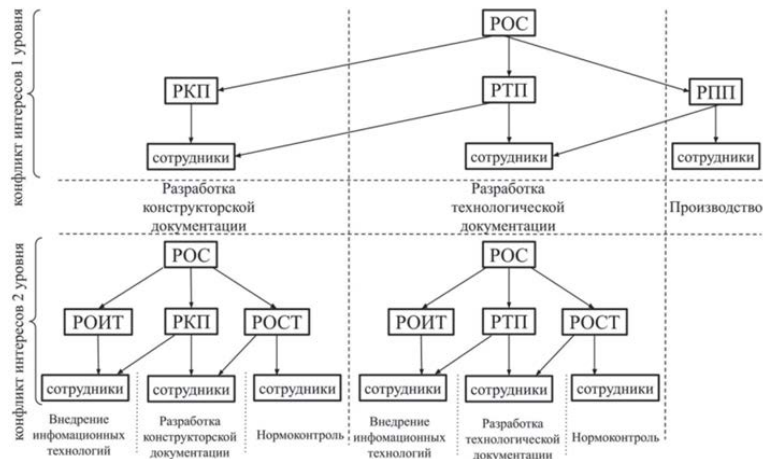


Рисунок 1.1 – Двухуровневая матричная структура взаимодействия

На основе анализа взаимодействия структур, задействованных в КТТП, Хаймович И.Н. был разработан механизм управления «Центр-конструктора-технологи» на основе чего были предложены возможности интеграции взаимодействия конструкторских и технологических структур через информационное взаимодействие [48].

Хаймович И.Н. и Кириченко А.С. внесли вклад в области согласование интересов в КТТП. Ими была выявлена область компромисса для КП и ТП (Рисунок 2) [46][47].

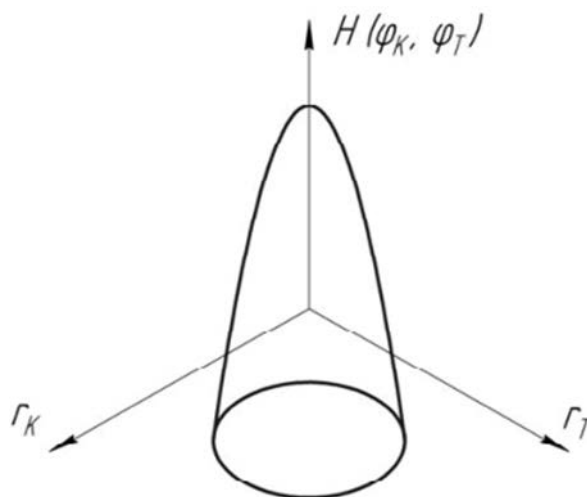


Рисунок 1.2 – Область компромисса для конструкторских и технологических подразделений

В свою очередь Гришанов Г.М. внес большой вклад в такие области как имитационное моделирование в сфере организации производства [11] [12] [13] [14].

Им были изучены такие проблемы как изучение динамики конкурентного взаимодействия между производителями легкомоторной АТ [13][14]. Изучены экономические аспекты имитационного моделирования производственных участков [12] и система планирования и подготовки аддитивного производства при помощи имитационного моделирования [11]. Гришановым Г.М. был разработан выбор уровня надежности изделий по критерию максимизации прибыли, так как качество является важнейшим составляющим элементом конкурентоспособности, а одним из основных свойств качества является надежность, Гришанов Г.М. провел исследования выбора конкурентных стратегий по уровню надежности изделий. В результате исследований было выяснено что предприятие с более высоким уровнем надежности имеют большое количество запусков [15] [16]. Гришановым Г.М. были сформированы модели задач выбора конкурентных стратегий по уровню надежности и цене изделия [16].

Кириченко А.С. провел исследования в области КТПП малых космических аппаратов [25] [29] [28]. Основными задачи исследования было проведение анализа и выявление проблем в области КТПП производства малых космических аппаратов и разработка новых методов ОКТР, состоящих из базовой концептуальной модели и механизма сбалансированного взаимодействия. В результате были разработаны новые унифицированные методы принятия ОКТР, определены области допустимых решений и разработан автоматизированный комплекс принятия ОКТР. Также Кириченко А.С. были изучены такие проблемы как распределение стимулирования при согласовании интересов КТПП [27] и предотвращение противоречий профессиональных интересов в КТПП [26].

Багриновским К.А. был внесен большой вклад в решение проблем развития инновационной деятельности [3] [4], формирование методологических принципов анализа и моделирования инновационного развития социально экономической системы [2].

Заскановым В.Г. были изучены вопросы синтеза систем материального стимулирования на предприятиях машиностроительного комплекса [19], организации, планирования и управления производство предприятий машиностроения [20], а также методологически аспекты повышения эффективности организации процессов проектирования, производства и эксплуатации АТ [18].

Коптевым А.Н. изучены вопросы моделирования задач распределения ресурсов в рамках управленческих решений ТО АТ [34] [33] [32], методология оптимизации технологических систем производства АТ [36], а также разработки системы математических моделей для принятия решений при ТО ВС [35].

Таким образом, отечественные ученые такие как Хаймович И.Н., Гришанов Г.М., Морозов В.В., Кириченко А.С., Багриновский К.А., Волкович В.Л., Засканов В.Г. внесли существенный вклад в развитие организации производства, организационных систем, имитационного моделирования и механизмов сбалансированного взаимодействия. Однако в их работах в первую очередь рассматриваются подходы к организации производства в области производства АТ. Организация ТОиР и ПЛГ АТ существенно отличается от всех этапов производства АТ, таким образом необходима выработка новых решений в области организации производства ТОиР АТ в виде математических моделей, методов и подходов к взаимодействию участников, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ.

1.1.2 Зарубежный опыт в области ПЛГ и ТОиР АТ

ИКАО основана в 1944 г. [76], СССР также стал членом ИКАО в 1970 году [24]. ИКАО – международное учреждение ООН, устанавливающее международные нормы [7] и координирующее развитие гражданской авиации (ГА) [43]. Целью работы ИКАО является гармонизация международных стандартов ГА [8].

ИКАО были разработаны 19 международных стандартов, которые в настоящее время контролируются и обновляются. В рамках данного

диссертационного исследования кратко рассматриваются следующие приложения:

1. Annex 1 Выдача свидетельств авиационному персоналу [56];
2. Annex 6 Part–1 Эксплуатация воздушных судов, Международный коммерческий воздушный транспорт. Самолеты [58];
3. Annex 8 Летная годность воздушных судов [59];
4. Annex 19 Управление безопасностью полетов [57].

Annex 1 определяет правила выдачи свидетельств авиационному персоналу по ТОиР АТ. Главным аспектом получаемых свидетельств является то, что работник, имеющий соответствующее свидетельство, имеет право удостоверить летную годность АТ и его частей после осмотра, линейного или регламентного технического обслуживания.

Annex 6, Part 1 определяет правила и стандарты эксплуатации международного коммерческого воздушного транспорта. Глава 8 данного приложения определяет правила ТОиР АТ. В данном приложении рассматривается ответственность эксплуатанта АТ за летную годность, сертификацию летной годности и выполнение программы ТО в соответствии с одобренной программой ТОиР АТ. Дается определение свидетельства о выполненном ТО АТ (maintenance release).

Annex 8 определяет правила и стандарты летной годности АТ. Содержит требования к типам АТ, к сертификату летной годности, сертификации поддержания летной годности.

Annex 19 определяет правила и стандарты управления безопасностью полетов, в том числе критические элементы системы контроля за безопасностью полетов и требования к системе управления безопасностью полетов.

Стандарты ИКАО являются базисом для формирования законов и стандартов национальных авиационных регуляторов (Рисунок 3).



Рисунок 1.3 – Стандарты ИКАО как базис формирования законов и стандартов национальных регуляторов

Российские эксплуатанты АТ используют помимо Российских законов и стандартов, стандарты и законы европейского союза от EASA.

EASA берет свое начало в 1955 году с момента появления европейской конференции гражданской авиации [99]. Далее в 1970 году были созданы объединённые власти летной годности [113]. Непосредственно EASA было сформировано в 2002 году [60].

EASA контролирует:

1. Проектирование, производство и ТОиР АТ;
2. Организации и персонал, задействованные в ТОиР и ПЛГ АТ;
3. Проектирование, производство и ТОиР аэродромов;
4. Управление воздушным движением.

Основные стандарты EASA в области ТОиР и ПЛГ АТ (Рисунок 4):

1. Part M определяет требования к ПЛГ АТ;
2. Part 145 определяет требования к организациям, ответственным за ТОиР АТ;

3. Part 66 определяет требования к сертифицирующему персоналу;
4. Part 147 определяет требования к организациям, ответственным за обучение авиационного персонала.

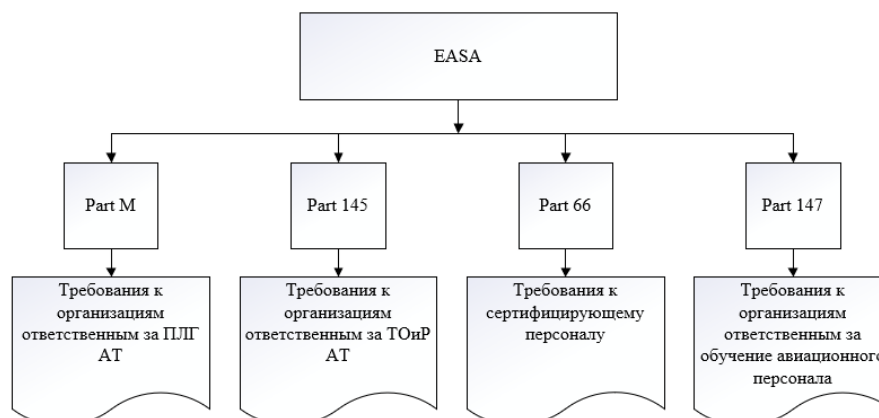


Рисунок 1.4 – Стандарты EASA в области ТОиР и ПЛГ АТ

Организация, которой необходимо получить сертификат организации по поддержанию летной годности (Continuing airworthiness management organization (CAMO)), должна предоставить разработанное руководство по поддержанию летной годности, в которую входит:

1. Структура организации;
2. Процедуры, которые собирается выполнять данная организация
3. Процедуры внесения изменений в руководство по ПЛГ;
4. Подтверждение, что организация будет работать в соответствии с стандартом Part M и руководством по ПЛГ;
5. Список персонала, в том числе уполномоченные лица, занятые в ПЛГ.

Также организация ПЛГ АТ должна обладать необходимыми помещениями для персонала. Персонал должен соответствовать квалификационным требованиям, предъявляемым Part M.

Организация, ответственная за ПЛГ, должна разрабатывать программу ТОиР, в том числе программу управлением надежности АТ, предоставлять программу ТОиР властям, а также организации ответственной за ТОиР АТ, гарантировать, что все директивы летной годности будут выполнены в срок.

Организация, которой необходимо получить сертификат организации ТОиР АТ, должна указать какой типа АТ, агрегата или компонентов будет обслуживаться согласно Appendix 2 Part 145 Система рейтингов и классов [130] (Рисунок 5).

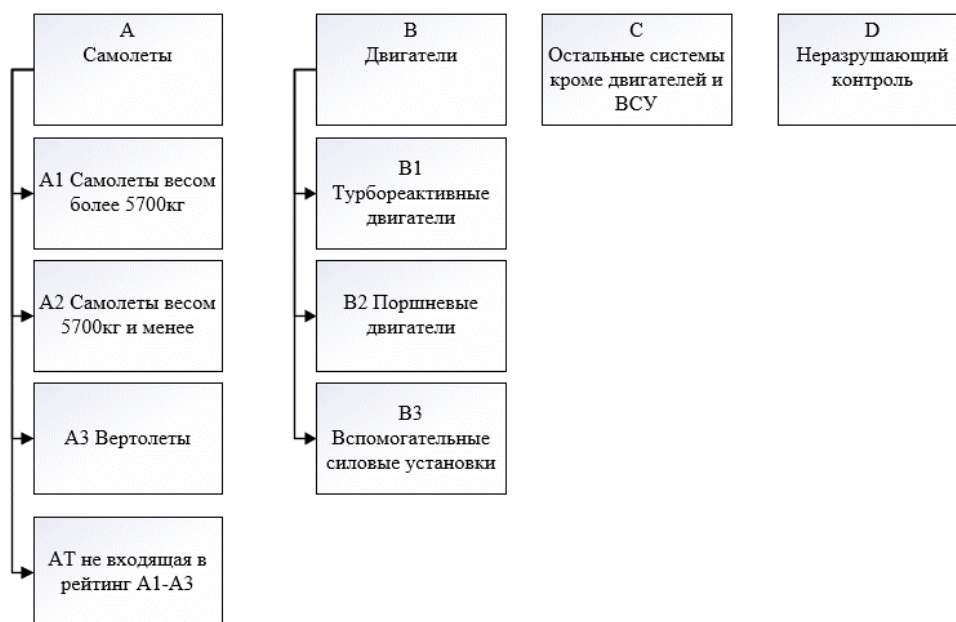


Рисунок 1.5 – Система рейтингов и классов

Организация должна подтвердить, что имеет в наличии необходимые помещения. Для регламентного ТО, а также для выполнения оперативного ТО в сложных метеорологических условиях, необходимо наличие ангара. Организация должна подтвердить, что обладает цехами по обслуживанию компонентов, а также складами с разделением детали и агрегаты на следующие категории:

1. Работоспособные агрегаты и детали;
2. Неисправные агрегаты и детали;
3. Расходные материалы;
4. Оборудование и инструменты.

В организации ТОиР АТ должны работать сотрудники, имеющие лицензии на проведение работ по ТО АТ согласно следующим категориями.

Оперативное обслуживание:

1. В1 – персонал, ответственный за механические и электрические системы;

2. В2 – персонал, ответственный за авионику и электрические системы;
3. А – персонал, выполняющий несложные работы под контролем персонала В1 и В2.

При оперативном обслуживании сертифицирующим персоналом является [67] персонал В1 и В2.

Регламентное обслуживание:

1. С – персонал, ответственный за полный контроль проводимых работ и подписывающий сертификат выпуска в эксплуатацию (CRS) [80];
2. В1 – персонал, ответственный за механические и электрические системы;
3. В2 – персонал, ответственный за авионику и электрические системы.

Рассмотрим основы ТОиР АТ в Европейском союзе [75] (Рисунок 6).

Секция «Ограничение летной годности» включает в себя такие документы, как:

1. Документы, ограничивающие летную годность для безопасной эксплуатации (в основном связано с деталями с ограниченным сроком службы);
2. Документы, ограничивающие летную годность согласно устойчивости к усталостным напряжениям и повреждениям;
3. Требования к сертификации работ обслуживания и ремонта;
4. Требования к работам ремонта и обслуживания систем самолета;
5. Ограничение летной годности по требованиям к топливу.

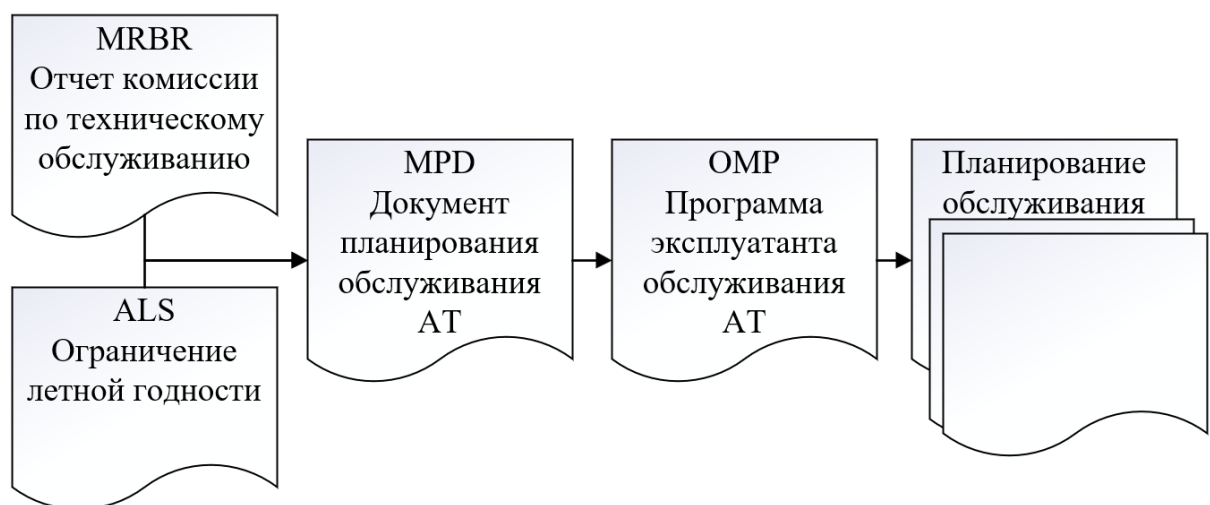


Рисунок 1.6 – Схема построения программы ТОиР EASA

Список документации, этапы обслуживания, сроки и интервалы определяются при помощи параметров: Часы налета (FH), Летные циклы (FC) или календарные дни. Сроки и интервалы обслуживания определяются при помощи анализа устойчивости к усталостным напряжениям и повреждениям, а также требований к безопасности работ систем самолета.

Данный пакет документации включает в себя требования к конкретной модели самолета независимо от того, кто является эксплуатантом. Заданные значения сроков и интервалов не могут быть изменены, если это не оговорено.

В отличие от секции «Ограничение летной годности» (ALS), секция «Отчет комиссии по техническому обслуживанию» (MRBR) разработана в соответствии с процессом обслуживания и включает в себя эксплуатантов и государственные структуры, отвечающие за летную годность, а также производителей и основных поставщиков. MRBR сфокусирован не только на безопасности полетов, но и доступности АТ, а также затрат на обслуживание и ремонт. Данный процесс основан и поддерживается благодаря стандарту maintenance steering group 3 (MSG-3).

В отличие от ALS и MRBR, документ планирования ТО АТ не контролируется государственным регулятором. В него включены требования из других источников (государственные требования, ALS и MRBR). В первую очередь данный документ помогает эксплуатантам подготовить их процедуры по обслуживанию АТ, которые описаны в инструкции по эксплуатации данного АТ (Рисунок 7). Требования по обслуживанию от производителя АТ разрабатываются с учетом качественного и количественного анализа. Данные документы показывают связь с требованиями по поддержанию летной годности и в соответствие с индустриальными стандартами (MSG-3).

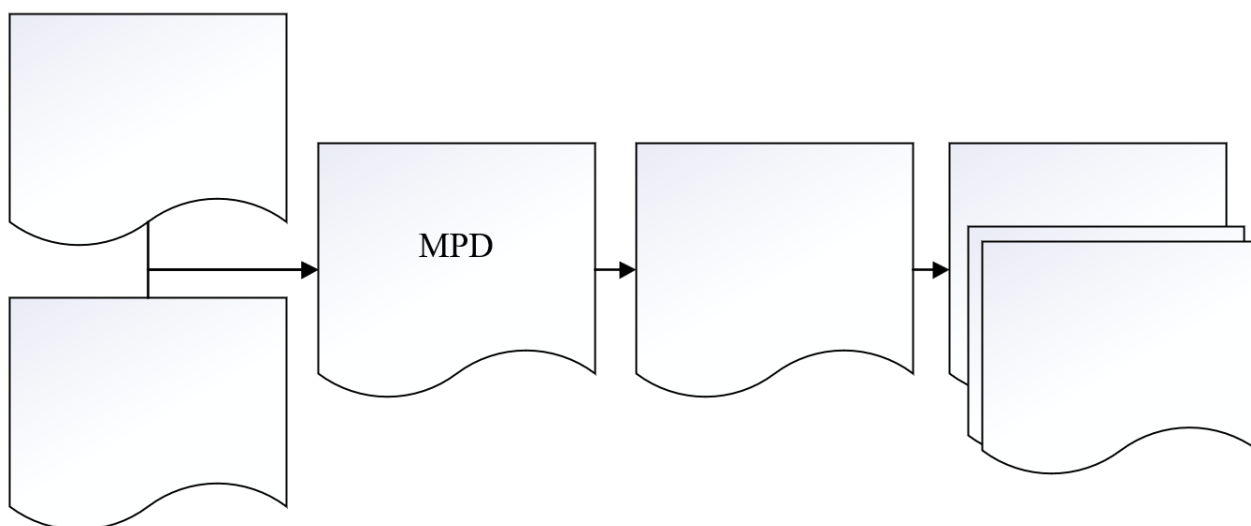


Рисунок 1.7 – Документ планирования ТО АТ

ОМР также можно назвать программой обслуживания АТ или программой по поддержанию летной годности (Рисунок 8). ОМР разрабатывается в соответствие с требованиями национальных регуляторов по поддержанию летной годности. ОМР необходим для эксплуатанта для получения сертификата эксплуатанта АТ.

ОМР включает в себя такие требования, как:

1. Требования производителя АТ (MRBR, ALS);
2. Рекомендации изготовителя с учетом того, что инженеры эксплуатанта решили, что они подходят под данные условия;
3. Требования директив по поддержанию летной годности.

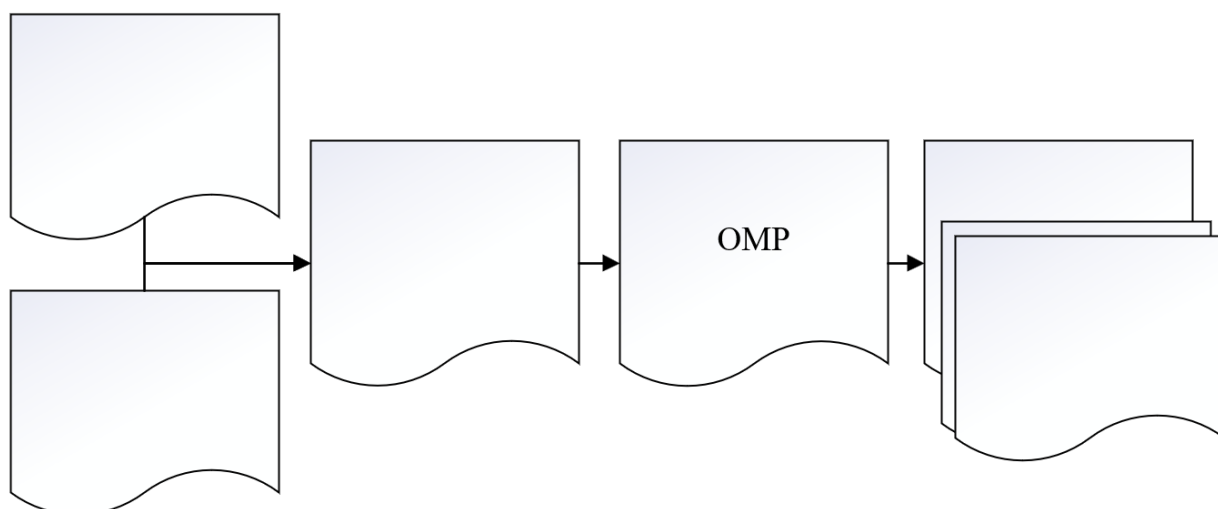


Рисунок 1.8 – Программа обслуживания АТ

Учитывая, что самолет приносит прибыль, когда находится в воздухе, и убытки, когда находится на земле [37], необходимо обеспечить максимальную доступность самолета для операторов (минимальное время простоя). Необходимо чтобы эксплуатанты рационально использовали имеющиеся ресурсы. Эксплуатанты АТ не обязаны выполнять каждую задачу в программе обслуживания (ОМР) в точно отведенный интервал (Рисунок 9). Выполнение абсолютно всех задач в программе обслуживания ТО может привести к повышению часов простоя АТ, а также отрицательно сказаться на затратах на обслуживание.

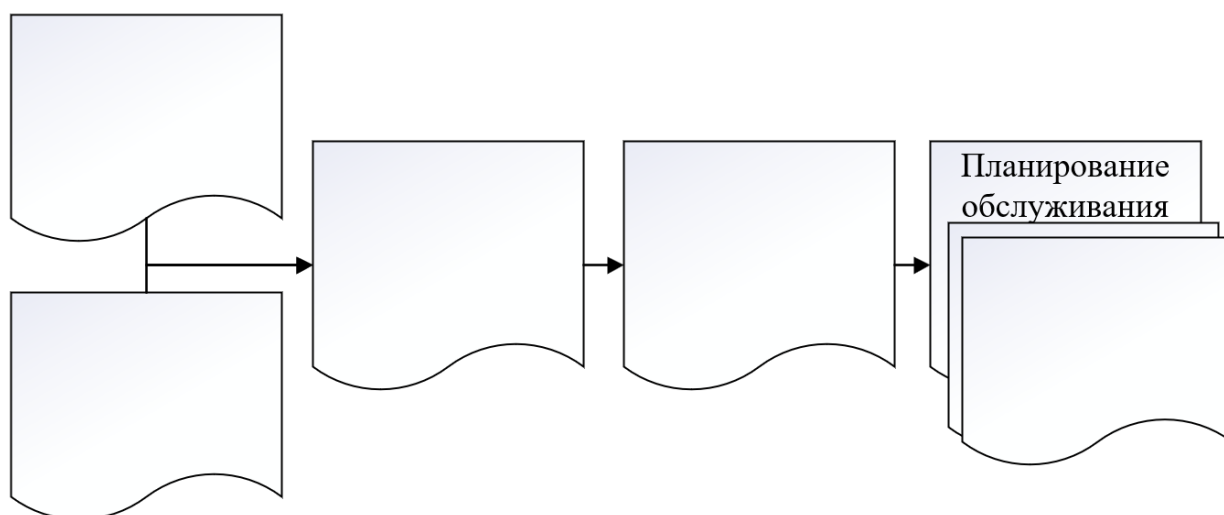


Рисунок 1.9 – Программа ТО эксплуатанта АТ

1.1.2 Отечественный опыт в области ПЛГ и ТОиР АТ

В России на данный момент для технического обслуживания и ремонта авиационной техники используются такие документы, как ГОСТ Р 53863–2010 «Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения», наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники гражданской авиации (НТЭРАТ ГА–93) [40], а также ФАП–285 [31] [41].

Согласно НТЭРАТ ТОиР АТ производится по наработке и по состоянию. В случае работ ТОиР по наработке учитываются показатели надежности элементов АТ. Под диагностическим параметром понимают количественную характеристику

свойства конкретного изделия, определяющую его техническое состояние. Целью проведения работ по состоянию является уменьшение затрат, которые возникают при работах по наработке. При этом организация и порядок оперативного, регламентного и сезонного видов ТОиР не зависит от выбранного способа.

Техническое обслуживание с контролем уровня надежности применимо для изделий, отказы которых не оказывают прямого влияния на безопасность полетов. Такие изделия могут использоваться без ограничения ресурса (срока службы).

Порядок, технология контроля уровня надежности и правила принятия решений о режимах ТОиР изделий, эксплуатируемых с контролем уровня надежности, определяются эксплуатационной документацией (ЭД) для изделий конкретного типа.

Анализ уровня надежности изделий АТ производится в типовом случае специализированным подразделением инженерно–авиационной службы (ИАС) (подразделение диагностики технического состояния АТ и его производственно–функциональные аналоги). На специалистов указанного подразделения возлагают функции ведения учетно–аналитической документации по надежности изделий, систематизации статистической информации, ее обработки, анализа и интерпретации. Они несут ответственность за своевременное выявление тенденций в изменении уровня надежности соответствующих изделий и формирование эффективных мер профилактики на основе установленных ЭД правил принятия решений.

Рассмотрим ГОСТ Р 55255–2012 «Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Организация работ по диагностике технического состояния авиационной техники. Основные положения». ГОСТ предписывает (Рисунок 10), что в организации, производящей техническое диагностирование АТ, необходимо иметь специализированные подразделения такие, как лаборатории, группы, участки технической диагностики авиационной техники.

Специализированные подразделения ТД АТ должны производить соответствующую диагностику и мониторинг технического состояния АТ. В ходе

выполнения проверок появляются данные по отказам на данном АТ и на совокупности АТ (по типу двигателя или самолета), также создаются данные по методам их устранения.



Рисунок 1.10 – Система технической диагностики АТ

Рассмотрим схему структуры задач (Рисунок 11), решаемых системой контроля ТС АТ в условиях эксплуатации. Согласно данной схеме, все задачи по контролю и в остальных этапах ТОиР АТ делятся на два типа: оперативные и долговременные.

Оперативные задачи. Данный тип задач возникает при появлении отказов в ходе эксплуатации АТ. В начале группы ТД АТ необходимо определить место и причину отказа элемента АТ или АД и одновременно с этим дать прогноз по техническому состоянию АТ или АД. Затем необходимо составить решение по данному отказу и выполнить дальнейшие действия по техническому обслуживанию АТ или АД или по летной эксплуатации данного типа АТ. В

конечном счете опыт, полученный в ходе данных работ, необходимо обобщить для дальнейшего его использования в последующих задачах по контролю ТС.

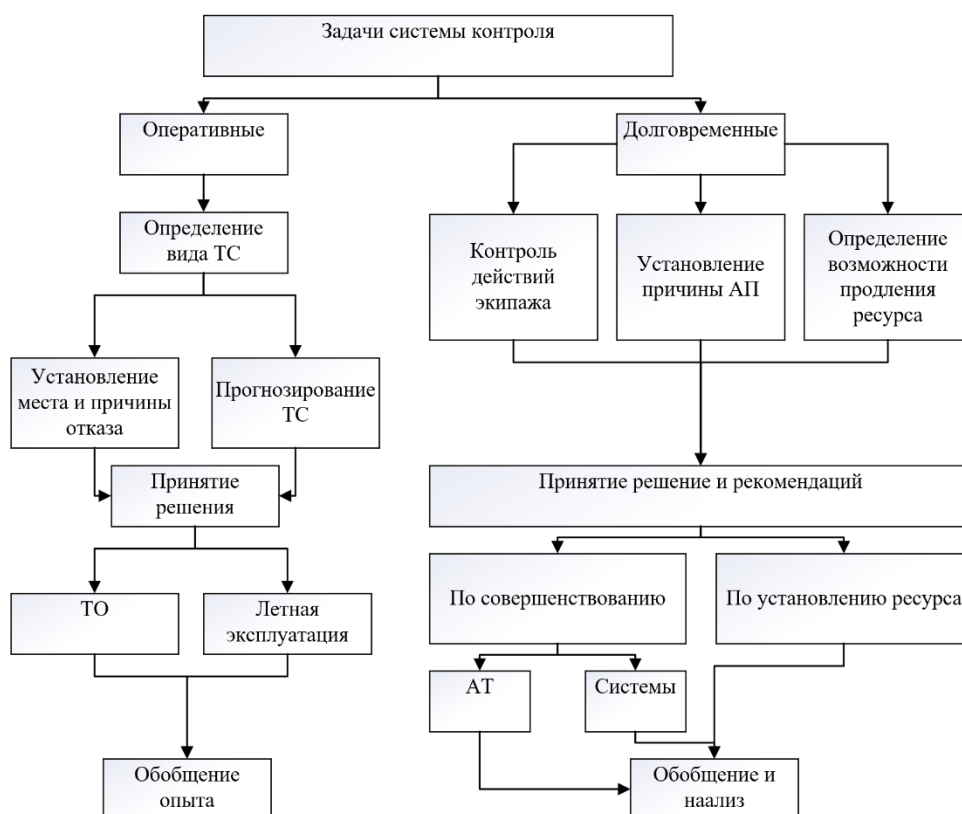


Рисунок 1.11 – Задачи систем контроля

Долговременные задачи. Данный тип задач выполняется во время всего этапа эксплуатации АТ. Проводится контроль действий экипажа, в случае появления авиационного происшествия необходимо провести анализ. Также в ходе работ по контролю ТС необходимо проверять АТ на возможность продления ресурса его элементов. В ходе операций по долговременному контролю ТС возникают рекомендации по совершенствованию АТ, которые необходимо передать разработчику, а также набираются статистические данные по уточнению ресурса тех или иных элементов АТ.

Рассмотрим схему основных задач и функций подразделений ТД АТ (Рисунок 12). В первую очередь показаны основные типа работ, выполняемые данными подразделениями: анализ информации с самописцев, проверка систем, лабораторные анализы и специализированный анализ. На основании данных, полученных в ходе проверок, появляется оценка надежности парка АТ и анализ

информации о состоянии АТ. В то же время в ГОСТ не указывается автоматизация данных этапов и этап переработки информации, полученной в ходе проверки для передачи ее разработчикам и заводу–изготовителю, для учета в конструкции последующих АТ.



Рисунок 1.12 – Оценка технического состояния АТ

1.2 Характеристика средств обработки и сбора информации, формируемой в ходе ПЛГ и ТОиР АТ

Современная АТ формирует большое количество информации во время выполнения полета [93] [94] [126]. Данную информацию необходимо собирать, обрабатывать и анализировать. Подробный анализ информации помогает в формировании модели прогнозирования отказов АТ, создания календаря обслуживания флота АТ авиакомпаний и, соответственно, улучшает параметры

безопасности использования АТ и уменьшает время простоя АТ в ходе ожидания или проведения работ ТОиР.

На данный момент компании производители АТ и производители систем предлагают свои средства обработки информации (Рисунок 13), поступающей как в ходе проведения процессов ТОиР, так и при выполнении полетов [69].

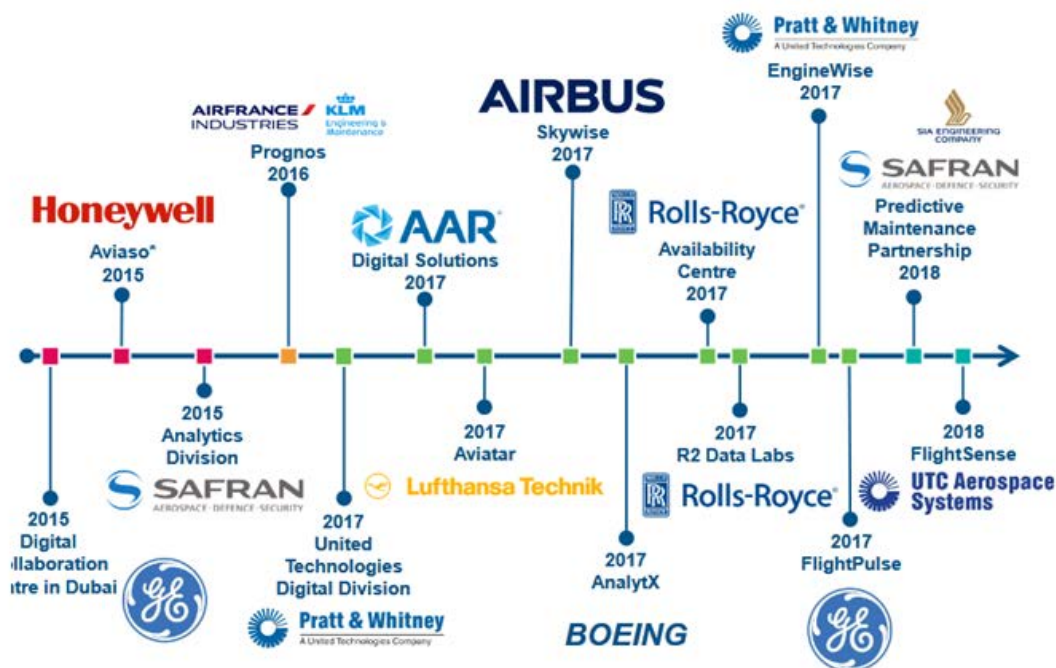


Рисунок 1.13 – Программные комплексы автоматизации ТОиР и ПЛГ АТ

Подробнее рассмотрим средства, предлагаемые компаниям Boeing и Airbus. Компания Airbus в 2017 году представила средство обработки больших объёмов полетной информации Skywise [53]. Средство представляет собой программный продукт, автоматизирующий сбор, обработку и анализ информации, поступающие как от авиакомпаний, так и от производителя АТ. За счет участия большого количества авиакомпаний появилась возможность сравнительного анализа трендовых характеристик эффективности использования АТ по сравнению с флотами других АК. Хотя в современной ГА происходит переход к средствам стандартизации электронной документации (ASD S1000D) [91], информация от разных источников может отличаться по структуре и методам классификации. Skywise приводит информацию к единому варианту. Благодаря этому появляется возможность анализировать информацию, поступающую от всех источников.

Авиакомпании могут начать проводить анализ эффективности и безопасности их АТ гораздо точнее и эффективнее за счет сравнения информации с АТ флотов других АК, а также за счет автоматизированного формирования информации внутри системы. Традиционный отчет по надежности «Reliability report» создается за 3 недели. За счет использования Skywise он формируется за минуту, авиакомпания может сразу приступить к выполнению работы по анализу и решению проблем.

За счет использования информации, получаемой от АК, у компании Airbus появилась возможность гораздо подробнее производить мониторинг и анализ всего флота АТ. Еще одним плюсом использования системы является то, что производитель АТ может отвечать на запросы АК гораздо быстрее. На базе программного обеспечения Skywise сформирована библиотека решений, благодаря которой появилась возможность формировать новые решения гораздо быстрее.

Компания Boeing в 2017 году представила программный продукт Analytix [67]. Analytix представляет из себя сборник программных продуктов для решения таких задач, как планирование процессов ТОиР АТ, управление запасами, планирование полетов. Также компания предлагает услуги собственных аналитиков для анализа получаемой информации.

1.3 Характеристика средств автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим опыт зарубежных производителей АТ в области ТОиР. Компания Boeing использует большое количество методов и средств для: минимизации времени простоя гражданской АТ, увеличения скорости и качества ремонта ТО, уменьшения количества ошибок при линейном и регламентном ТО.

Наиболее показательным средством автоматизации этапа эксплуатации гражданской АТ является программа работы с клиентами компании Boeing myboeingfleet.com [77]. Клиентская часть данной программы представляет собой веб-приложение, функционал которого позволяет эксплуатантам АТ получить всю интересующую их информацию по вопросам обслуживания самолета [107].

Онлайн–система «Maintenance performance toolbox» (Рисунок 14) предоставляет эксплуатантам актуальную информацию по ТОиР АТ, включающая в себя необходимую документацию, а также методы визуальной навигации в структуре самолета.

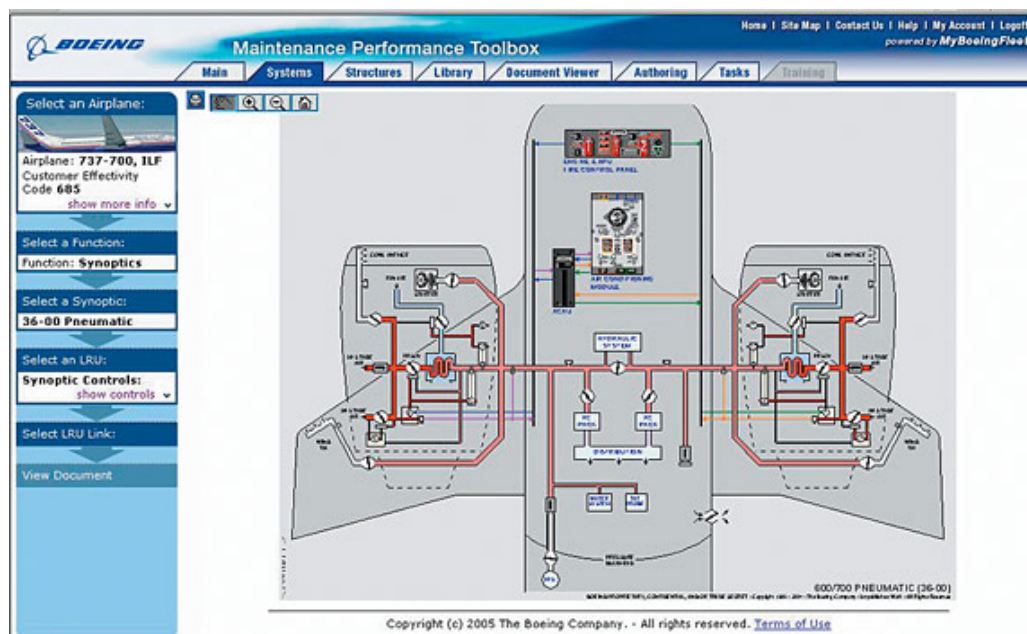


Рисунок 1.14 – Пример интерфейса «Maintenance performance toolbox»

Программа разработана для улучшения работ обслуживания наземного персонала и предоставляет такие функции, как:

1. Обслуживание систем самолета;
2. Учет структурного ремонта;
3. Замена деталей, узлов и агрегатов;
4. Управление технологическими картами обслуживания;
5. Управление правами доступа;
6. Обучение персонала.

Согласно исследованиям, проведенным в статье [23] [78], персонал обслуживания тратит от 30% до 40% времени на поиск документации и документирование всех этапов обслуживания (Рисунок 15).

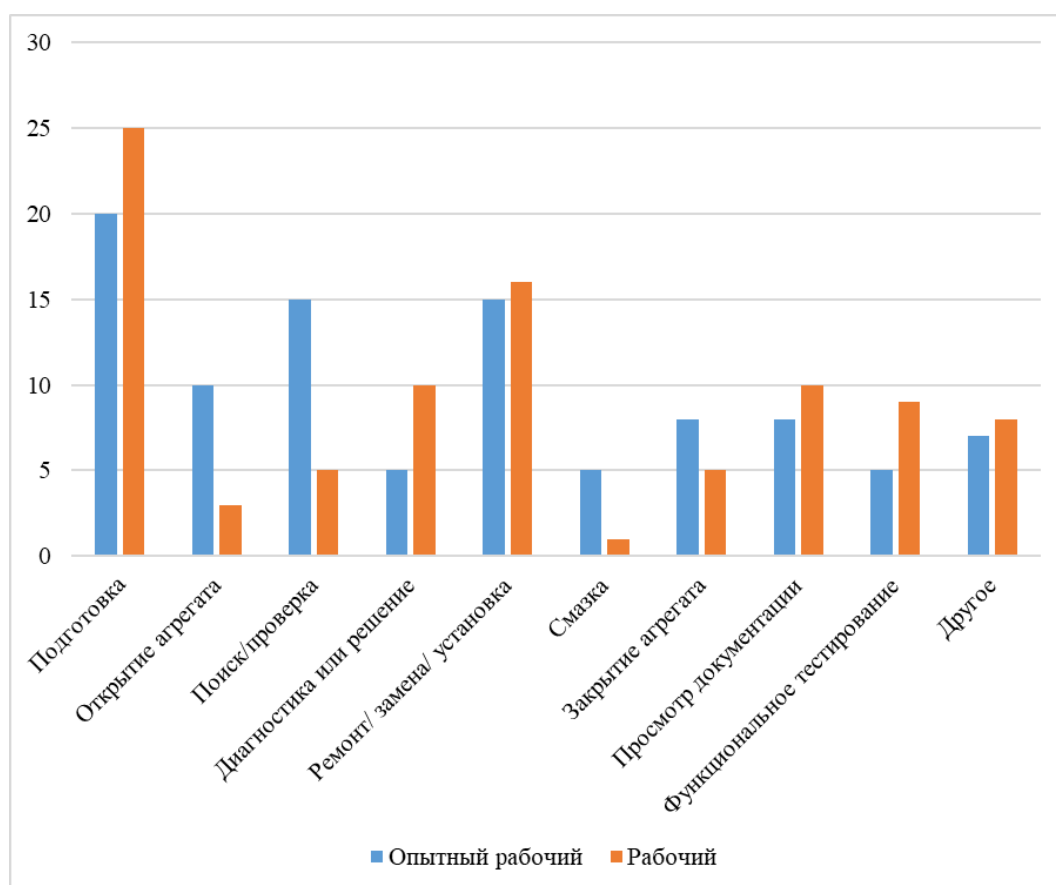


Рисунок 1.15 – Затраты времени на обслуживание в традиционной схеме поступления ЗИП и компоновки ремонтной документации

Компания Boeing для решения данного вопроса предложила систему удаленного управления данными АТ в режиме реального времени, основной функцией которой является сбор информации, получаемой непосредственно с самолета, и последующий анализ с получением статистических данных [95].

Эксплуатант получает доступ к системе через «MyBoeingfleet». Благодаря данным, получаемым в ходе эксплуатации всего парка АТ, у АК и заводов-изготовителей появляется возможность предупредить поломки и отказы в будущем, а также начинать готовить ремонтные комплекты или системы обслуживания еще до того, как самолет приземлится (Рисунок 16).

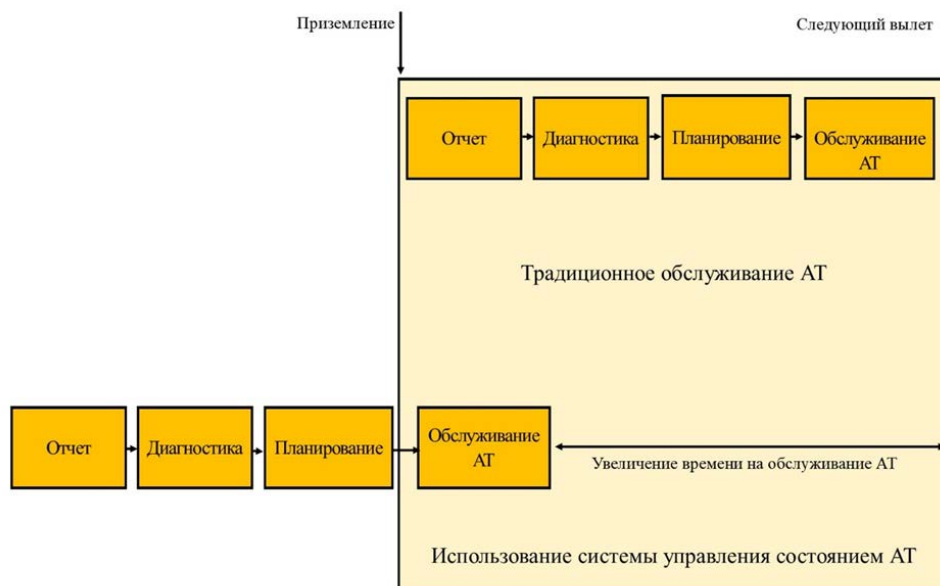


Рисунок 1.16 – Различия в традиционной схеме обслуживания и при использовании системы управления состоянием АТ

На основании данных исследований компания Boeing провела модернизацию систем сервисных бюллетеней (Рисунок 17) [66].

Они имеют четыре особенности по сравнению с обычными бюллетенями (Рисунок 18), благодаря которым снижаются затраты на инженерные работы, планирование и операционные расходы:

1. Инструкции, основанные на бережливом производстве;
2. Быстрый доступ к необходимой информации;
3. Улучшенная компоновка ремонтного комплекта;
4. Улучшенная подача информации.



Рисунок 1.17 – Пример электронной бюллетени компании Боинг

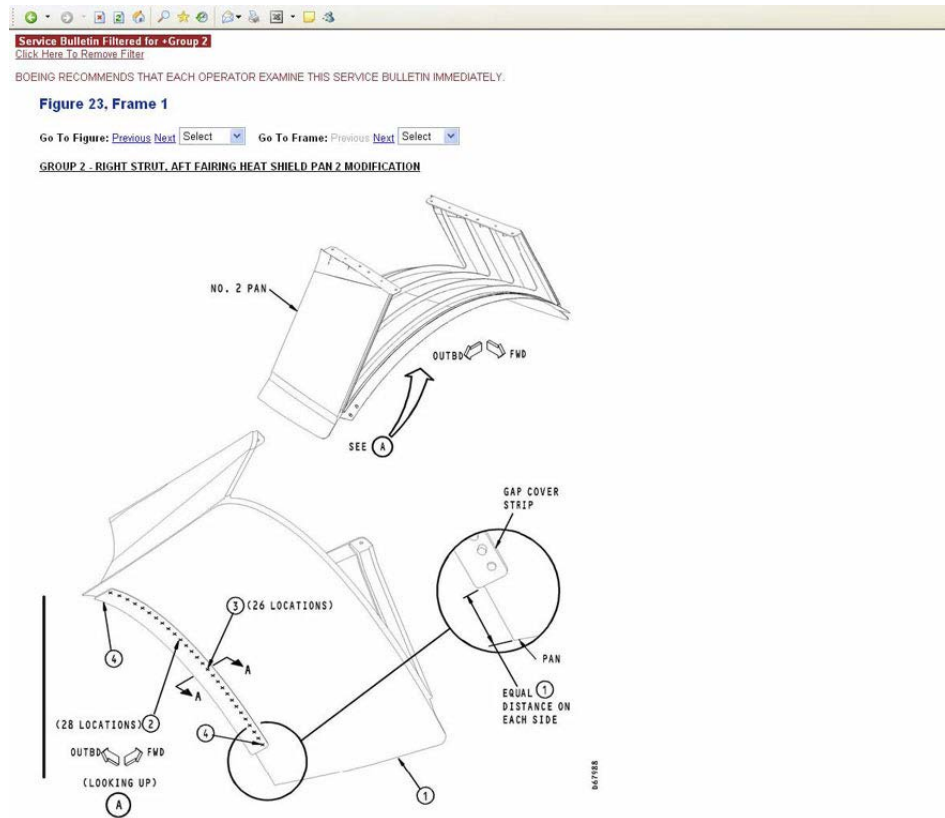


Рисунок 1.18 – Пример эскиза в электронной бюллетени компании Boeing

Исследования Boeing показали, что использование бюллетеней, представленных в цифровом виде, снижает затраты времени (Рисунок 19).

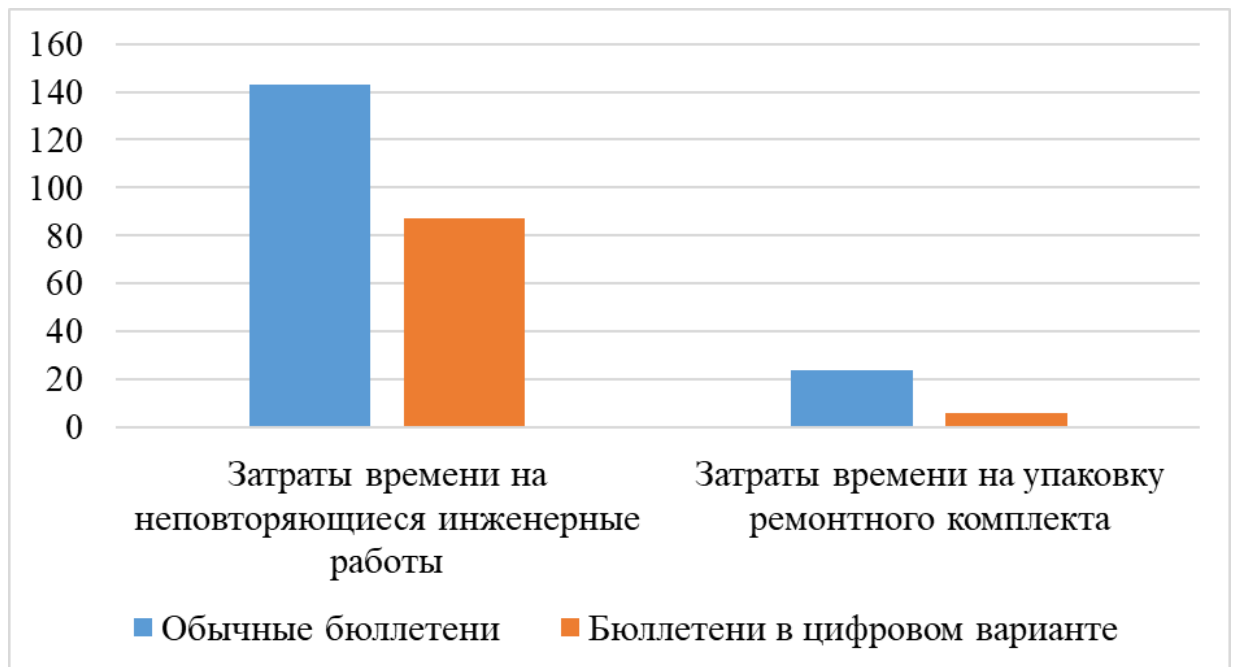


Рисунок 1.19 – Сравнение затрат времени при работе с традиционными бюллетенями и бюллетенями, представленными в цифровом варианте

Благодаря развитию технологий в мире свою нишу заняли такие портативные устройства, как смартфоны и планшеты. Их использование эффективно и при выполнении операций ТОиР АТ. Благодаря использованию программных продуктов Boeing на мобильных устройствах у техников появляется доступ к документации для проведения работ ТОиР АТ [79] (Рисунок 20). На данной схеме изображен пример работы программного обеспечения, в котором указаны пункты регламента технического обслуживания и изображены необходимые элементы в соответствующем графическом каталоге. Благодаря использованию гиперссылок и перекрестных указателей есть возможность быстрого нахождения необходимого места работ, соответствующего инструмента и технологических карт для данного типа работ.

Registry N706AL

777-300ER AIPC 30-42-02-01
 DK33W111-FTH-0027 - AIPC revision: 05 May 2013
 Copyright © 2013 ECCN 9E991

001-999
WIPER INSTL-WSHLD (WINDSHIELD WIPER ARMS ONLY)
 Sheet 001

FIG ITEM	PART NUMBER	NOMENCLATURE	EFFECT FROM TO	UNITS PER ASSY	TOTAL QTY PER AIR
01		WIPER INSTL-WSHLD (WINDSHIELD WIPER ARMS ONLY)	001-999		
-1	MOOREF143843	WIPER INSTL - WSHLD (WINDSHIELD WIPER ARMS ONLY) MODULE NUMBER: 232W6100-7 REV A POSITION DATA: LH FOR ADDITIONAL DETAILS SEE: 30-42-01-02 30-42-03-01	001-999	RF	AR
-5	MOOREF143844	WIPER INSTL - WSHLD (WINDSHIELD WIPER ARMS ONLY) MODULE NUMBER: 232W6100-8 REV A POSITION DATA: RH FOR ADDITIONAL DETAILS SEE: 30-42-01-02 30-42-03-01	001-999	RF	AR
10	90-0216-1	ARM ASSY Supplier Code: V72914 SPECIFICATION NUMBER: S2327601-83 COMPONENT MAINT MANUAL REF: 30-42-12 POSITION DATA: LH SIDE FUNCTIONAL DESCRIPTION: THIS ARM HOLDS THE WIPER BLADE. MAINTENANCE MANUAL REF: 30-42-02	001-999	1	AR
10	90-0216-7	ARM ASSY Supplier Code: V72914 SPECIFICATION NUMBER: S2327601-83 COMPONENT MAINT MANUAL REF: 30-42-12 POSITION DATA: LH SIDE	001-999	1	AR

Figure 3 (Sheet 001)

Illustrations

App navigation: Airplane Selector, Publications, TOC, Viewer, History, Bookmarks, Manager

Рисунок 1.20 – Пример программного обеспечения компании Boeing на мобильном устройстве

1.4 Обзор современных методов формирования программы ТОиР АТ

Современная программа ТОиР строится на основании группы руководства ТОиР 3 (MSG–3). Рассмотрим развитие групп руководства ТОиР.

В ранние этапы становления авиации программы ТОиР АТ разрабатывались механиками, они были простыми, не включали в себя аналитические функции [51].

С появлением реактивных АТ на коммерческом рынке США в 1950–х годах производители АТ стали поставщиками программ ТОиР АТ.

Основной концепцией первых программ ТОиР АТ американских производителей было то, что каждый компонент системы подлежал капитальному ремонту в определенный срок. В 1960–х годах авиационная индустрия создала специальную группу для исследования возможностей по превентивному обслуживанию, что в итоге послужило толчком для создания формата обслуживания «по состоянию».

В 1968 году для самолета Boeing 747 был создан документ «Maintenance Evaluation and Program Development» (MSG–1) [101] [128], разработанный группой, состоящей из представителей авиатранспортной ассоциации (АТА), производителей АТ, эксплуатантов АТ и федеральной авиационной администрации (FAA). Основой MSG–1 была логика решений для разработки запланированного обслуживания АТ.

В 1970–х годах программа получила дальнейшее развитие и была названа MSG–2 [98]. Программа была основана на процессно–ориентированном подходе и моделях анализа отказов. Основной идеей MSG–2 было то, что все АТ и все их компоненты имеют ограниченное время эксплуатации. Через некоторое время были выявлены несколько недостатков системы MSG–2 [55] [108]:

1. Система разработана в первую очередь для обеспечения безопасности полетов (БП), но не учитывает экономическую составляющую процессов ТОиР АТ;

2. Скрытые отказы, возникающие в полете, не были точно определены, в связи с этим они оставались «скрытыми» для пилотов;

3. Система снизу–вверх тратит большее количество рабочих часов;

4. MSG–2 не учитывало внимание к современным средствам коррозионной защиты.

В связи с имеющимися недостатками работа по совершенствованию логической схемы была продолжена. В 1980 году была представлена MSG–3 [1] [115]. Основным отличием является изменение методологии определения неисправностей. Метод восходящей проверки от деталей к узлам, системам и агрегатам, был заменен на нисходящий способ проверки.

В MSG–3 было представлено три типа контроля:

1. Жесткое ограничение по времени: максимальные интервалы между выполнением задач по обслуживанию агрегатов или деталей;

2. Контроль по состоянию: повторяющиеся инспекции или тесты для определения состояния агрегатов или систем, включая обслуживание, инспектирование, тестирование, калибровку и замену;

3. Мониторинг состояния: данный тип контроля предназначался для элементов, которым не подходили 2 предыдущих типа контроля. Элемент используется до отказа, если его выход из строя не критичен.

В MSG–3 уделено большое внимание экономическим аспектам процессов ТОиР АТ.

Плюсы использования системы MSG–3 [109]:

1. Это процесс сверху–вниз, обеспечивающий возможность проведения анализа в процессе ТОиР «шаг за шагом»;

2. Система обеспечивает меньшие затраты времени от 15% до 25%;

3. Система обеспечивает существенное снижение затрат при замене компонентов;

4. Уменьшается количество операций, при этом не увеличивается количество компетенций у наземных команд обслуживания АТ.

Рассмотрим принцип построения схемы обслуживания MSG–3. Схема строится в 2 этапа. На первом этапе (Рисунок 21) проверяется, является ли дефект скрытым, и влияние дефекта на безопасность полетов и эксплуатацию в целом. На втором этапе на основании ответов на вопросы (Рисунок 22) формируется список задач для устранения данного дефекта.

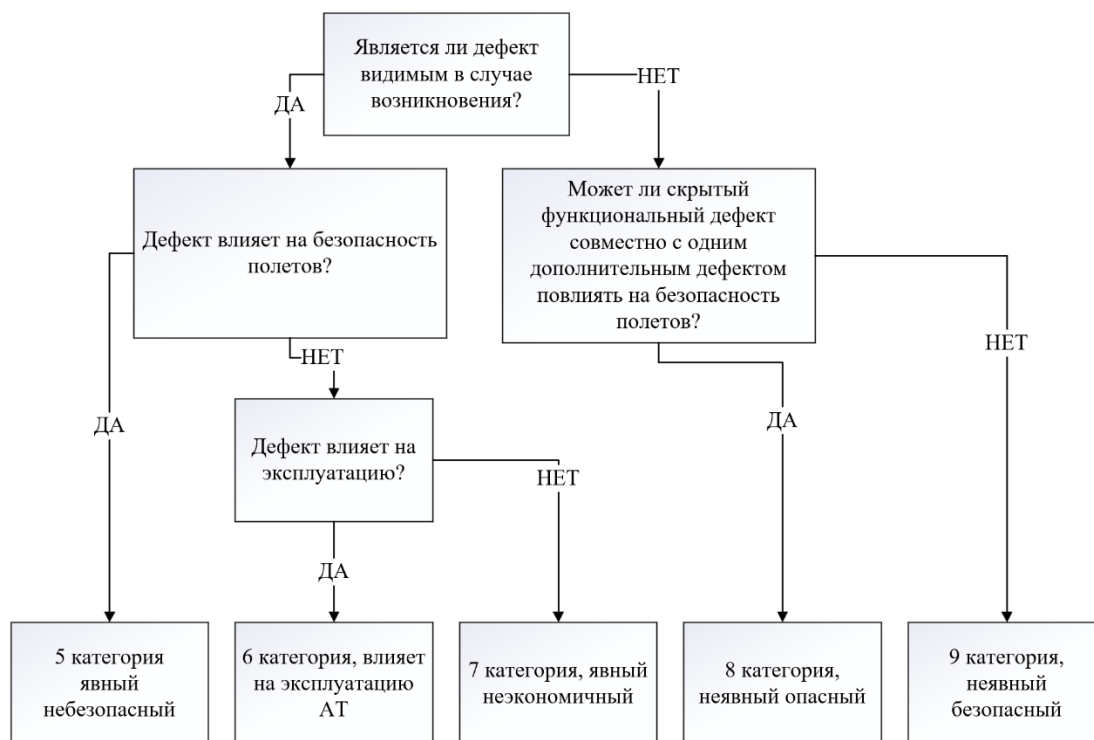


Рисунок 1.21 – Построение схемы обслуживания согласно MSG–3

5	6	7	8	9		Вопросы	Метод ТО
✓	✓	✓	✓	✓	A	Являются ли смазка и/или обслуживание эффективными	Смазка, сервисное обслуживание
			✓	✓	B	Является ли проверка работоспособности эффективной	Операционная проверка
	✓	✓	✓	✓	C	Является ли проверка функциональности эффективной?	Инспекция, функциональная проверка
✓	✓	✓	✓	✓	D	Является ли восстановление эффективным	Восстановление ресурса
✓	✓	✓	✓	✓	E	Является ли утилизация эффективной?	Утилизация
✓			✓		F	Является ли выбранная комбинация ТО эффективной?	

Рисунок 1.22 – Схема выбора типа ТО согласно MSG–3

Рассмотрим формирование программы ТОиР на примере программы ТОиР самолета В737 (Рисунок 23). Сама программа ТОиР и все изменения, вносимые в нее, должны быть одобрены национальными властями. Программа ТОиР должна включать в себя все периоды выполнения работ, связанных с ТОиР. С учетом построения программы ТОиР на основании MSG–3 в дополнение к программе ТОиР должна быть разработана программа надежности АТ, на основании которой формируются изменения в программу ТОиР. Программа ТОиР подлежит периодическому пересмотру в связи с изменениями инструкций ТО, которые вносятся производителями АТ, двигателей и систем.

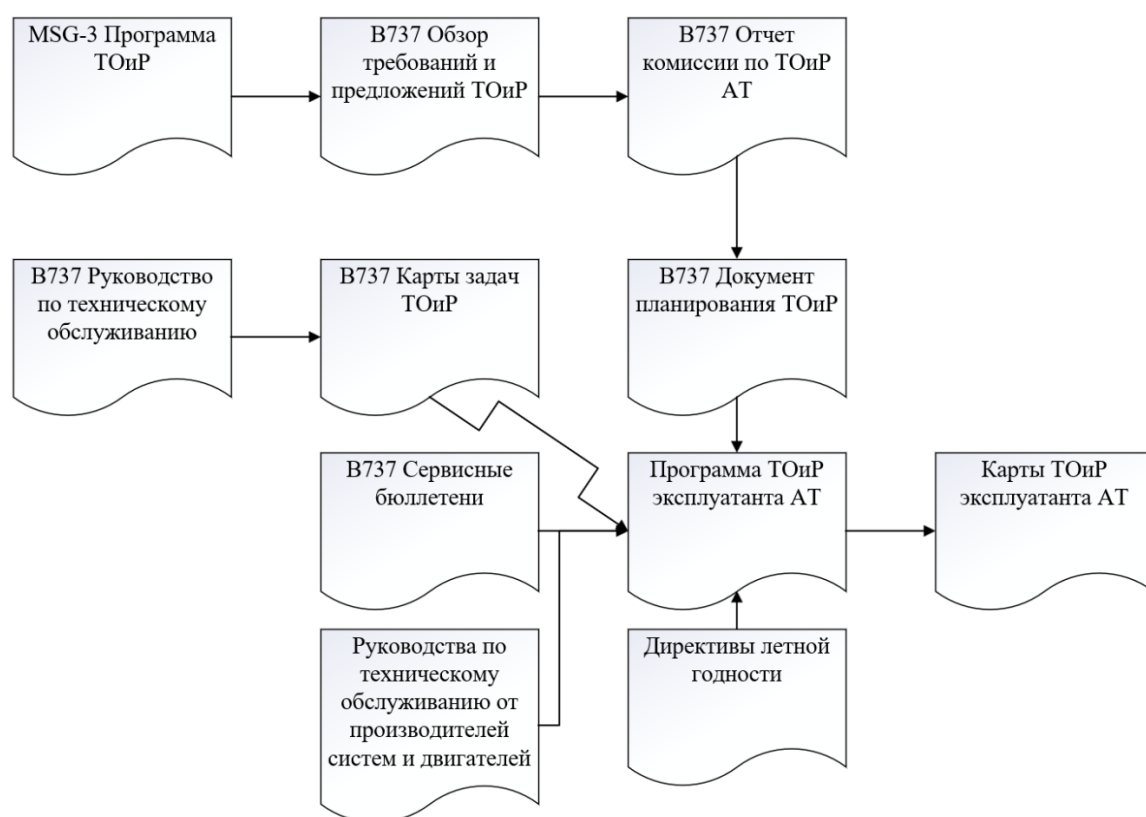


Рисунок 1.23 – Формирование программы ТОиР эксплуатанта АТ

На основе подхода к ТОиР MSG–3 авиационным властями, ответственным за поддержание летной годности [71], формируется отчет по программе ТОиР для типа ВС. На основе данного отчета формируется документ по планированию ТОиР АТ, в котором определены основные требования к программе ТОиР типа АТ. Эксплуатант или организация, ответственная за поддержание летной годности, на основе документа по планированию ТОиР АТ, руководства по

техническому обслуживанию типа АТ, его компонентов, систем и двигателей, сервисных бюллетеней и директив летной годности, формирует свою программу ТОиР, в которой указывает регламент проведения ТОиР типа АТ.

1.5 Обзор взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим взаимодействие организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ.

При передаче и приемке АТ производитель передает АТ и всю необходимую документацию (Рисунок 24), в том числе:

1. Руководство по техническому обслуживанию (Aircraft maintenance manual). Документ, в котором описываются все задачи ТОиР за исключением структурного ремонта и модификаций;

2. Иллюстрированные каталоги деталей (Illustrated parts catalog), включающие в себя подробное графическое описание всех компонентов и систем АТ;

3. Документация по планированию ТО (Maintenance planning document), формируемая на основе отчета комиссии по ТОиР АТ. Включает в себя требования по планированию и выполнению регламентного ТО [97];

4. Основной перечень минимально исправного оборудования (Master minimum equipment list), включающий в себя перечень компонентов, агрегатов и систем, с которыми возможно выполнение полета с ограничениями или без них [110].

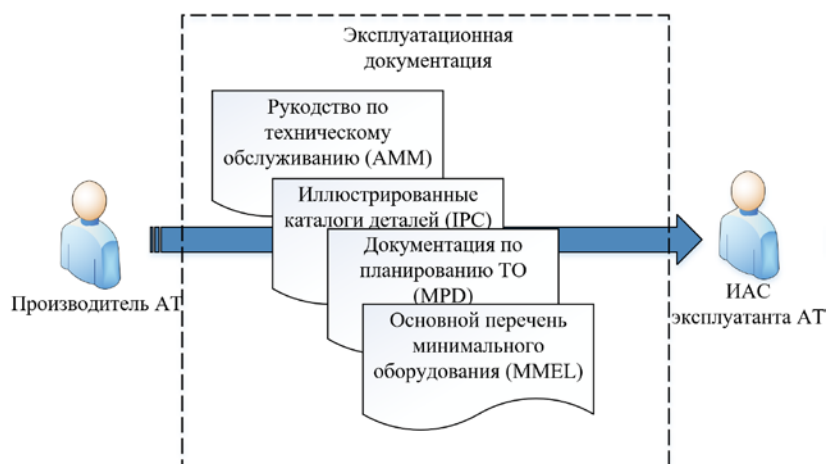


Рисунок 1.24 – Передача эксплуатационной документации от производителя к эксплуатанту АТ

На основе полученной документации эксплуатант АТ формирует свою программу ТОиР АТ и передает ее организационной структуре оператора ТОиР АТ. (Рисунок 25). Программа ТОиР АТ состоит из программы оперативного [120] и регламентного ТО [106].

Организационная структура авиакомпании, задействованная в инженерно–технологическом обеспечении ПЛГ, формирует собственную программу ТОиР АТ согласно подходу MSG–3. Формируются задачи для регламентного и оперативного ТО. В ходе эксплуатации авиакомпания вносит изменения в документацию ТОиР АТ, которая также передается оператору ТОиР АТ. Для устранения нетиповых дефектов отдел инжиниринга ИАС формирует карты устранения дефектов NRC (Non routine card). Также оператору ТОиР передается вся эксплуатационная документация (ЭД), обновления к ней и перечень минимально–исправного оборудования MEL. Производитель АТ напрямую не передает ЭД операторам ТОиР.

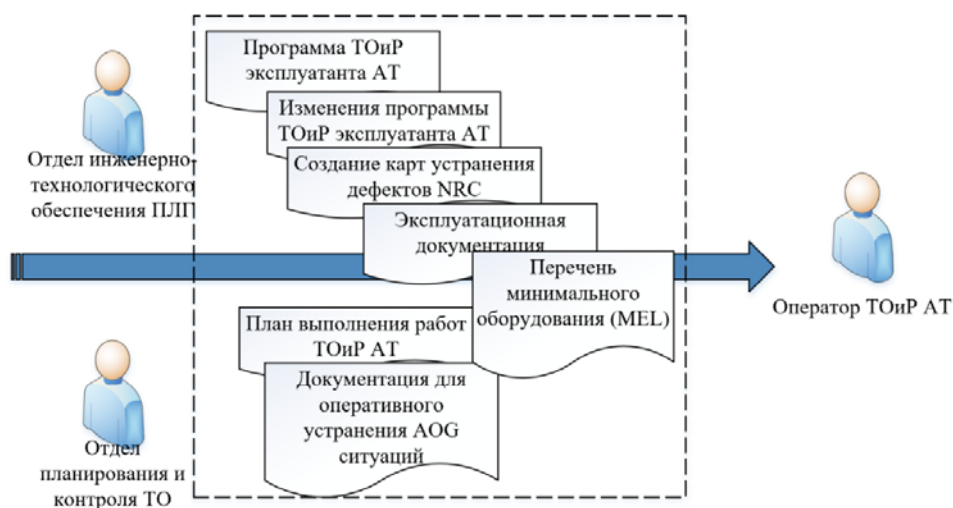


Рисунок 1.25 – Передача документации организационной структуре оператора ТОиР АТ

В свою очередь, организационная структура ИАС, ответственная за планирование и контроль ТО, формирует план выполнения регламентного ТО, а также определяет возможность переноса устранения дефектов открытых по MEL (дефектов с возможностью дальнейшей эксплуатации с ограничениями) с оперативного на одно из ближайших регламентных ТО.

Отдел планирования совместно с отделом инженерно–технологического обеспечения ПЛГ формирует документацию и персонал для устранения ситуаций типа АОГ (Aircraft on ground).

Рассмотрим процесс передачи документации в обратном порядке. Документация передается от операторов ТОиР АТ в процессе выполнения задач оперативного и регламентного ТО (Рисунок 26). Оператор ТОиР передает всю отчетность по выполненным работам в ходе оперативного и регламентного ТО. Передается информация по дефектам, выявленным в ходе оперативного обслуживания MAREPS (Maintenance reports), отчеты по устранению дефектов, а также отчеты по подтверждению или не подтверждению дефектов, обнаруженных летным составом в ходе непосредственно эксплуатации АТ PIREPS (Pilot reports), а также отчеты по проверке систем, по которым была произведена сигнализация системы автоматизированного контроля АНМ (Aircraft health monitoring).

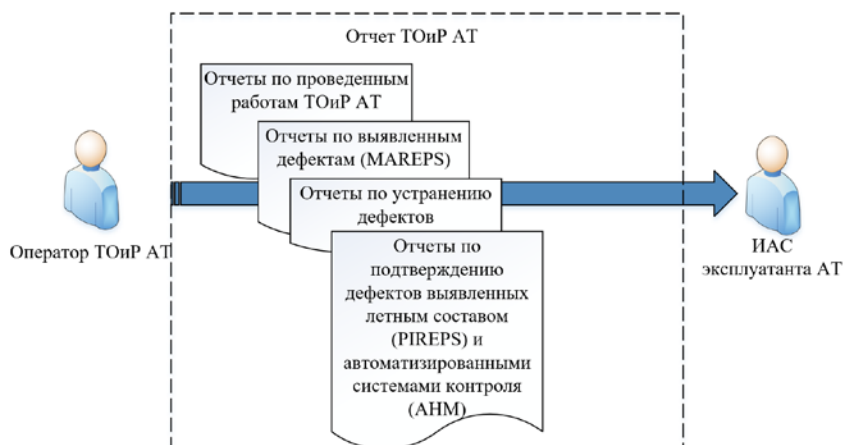


Рисунок 1.26 – Передача информации от оператора ТОиР ИАС эксплуатанта АТ

В свою очередь ИАС эксплуатанта АТ обрабатывает поступающую информацию и передает в виде отчетов производителю и авиационным властям (Рисунок 27). Организационные структуры, задействованные в управлении надежности флота эксплуатанта АТ, собирают и обрабатывают информацию, поступающую от оператора ТОиР АТ, замечания от летного состава PIREPS и от автоматизированных систем контроля АНМ. Сформированный отчет включает в себя всю информацию по выявленным дефектам и способам их устранения, данные по самолетным системам и по заменам компонентов АТ. В свою очередь отдел контроля ТО формирует отчетность по выполненным работам ТОиР, а также общую статистику по ПЛГ и ТОиР АТ.

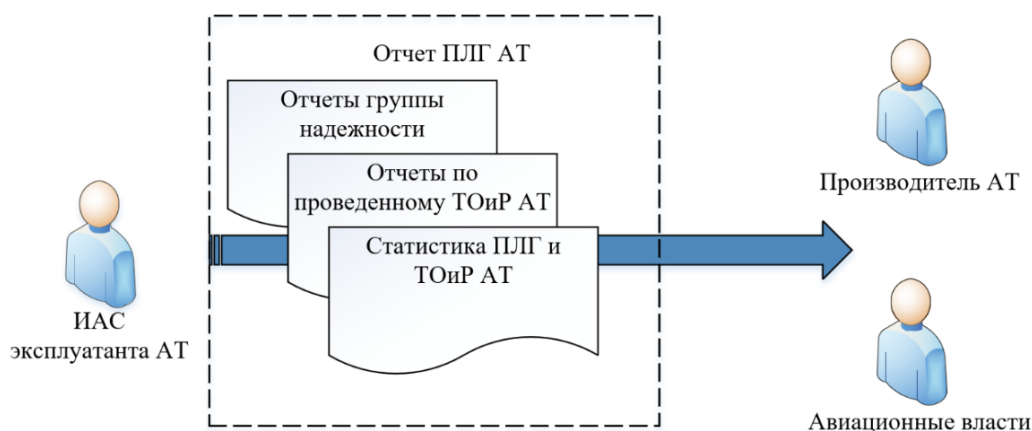


Рисунок 1.27 – Передача документации по ПЛГ и ТОиР АТ от эксплуатант АТ производителю и авиационным властям

Производитель АТ собирает и обрабатывает всю информацию, поступающую в виде отчетов от эксплуатантов АТ, а также данные из автоматизированной системы контроля АНМ, если она установлена на данном типе АТ. На основе получаемых данных инженерные организационные структуры проводят расследования [127], создают бюллетени и директивы летной годности совместно с авиационными властями (Рисунок 28).

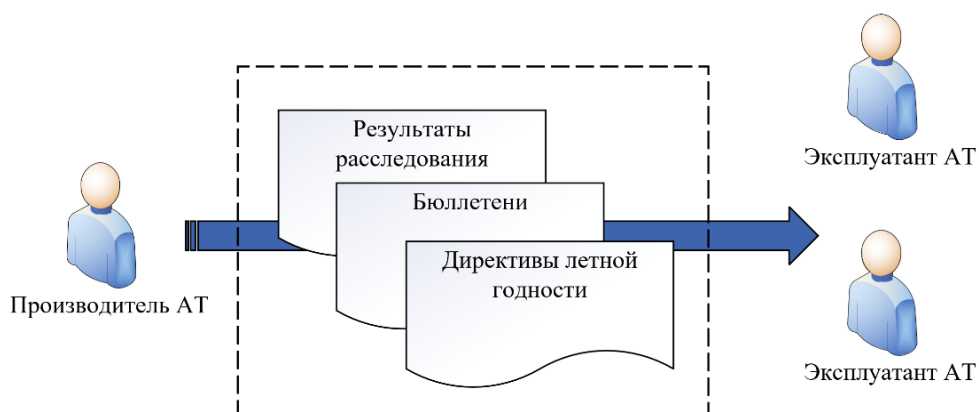


Рисунок 1.28 – Передача документации, сформированной на основе информации поступающей в ходе эксплуатации АТ

1.6 Проблематика существующего подхода к ПЛГ и ТОиР АТ

Ключевой проблемой текущего подхода к ТОиР АТ является наличие противоречий при взаимодействии всех участников задействованных в ТОиР АТ.

Противоречия между участниками возникают в связи с разницей в подходах к ПЛГ и ТОиР АТ, а также из-за разницы в целях работы предприятий.

Рассмотрим противоречия возникающие между участниками системы ТОиР АТ (Рисунок 29).

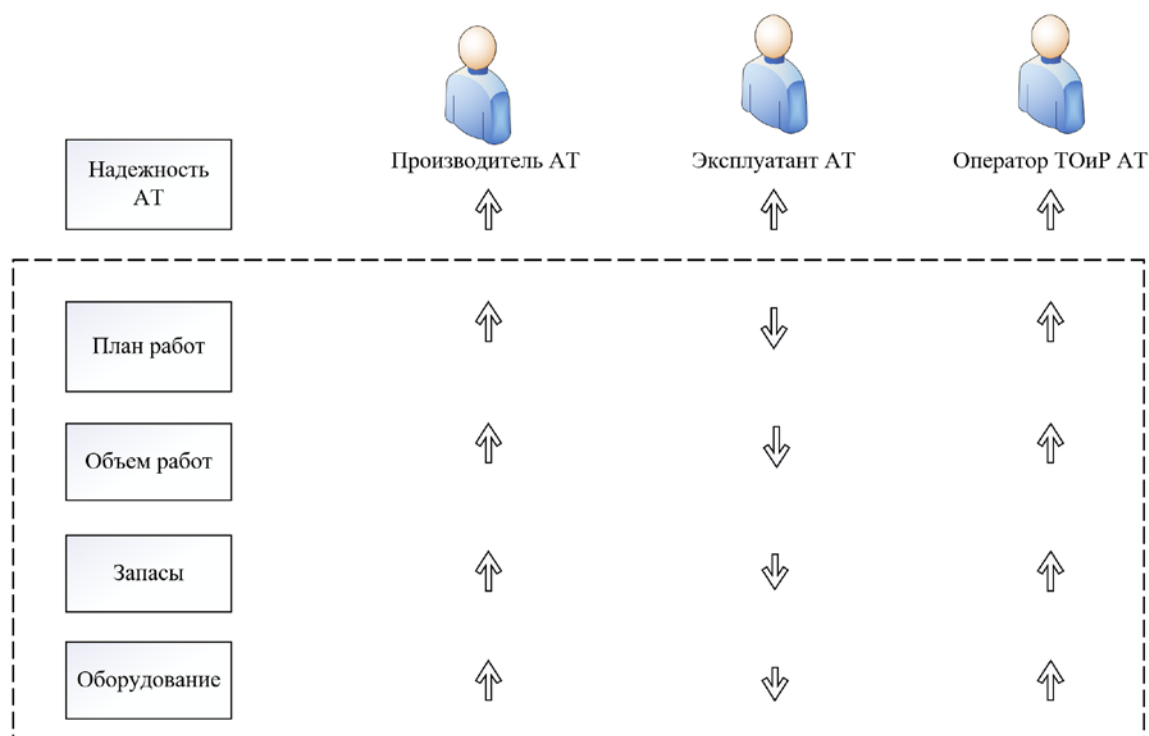


Рисунок 1.29 – Противоречия между участниками системы ТОиР АТ

План работ. Производители АТ (ПАТ) и операторы (О) ТОиР АТ заинтересованы максимизации частоты выполнения работ ТОиР АТ, так как от количества и частоты выполняемых работ ТОиР АТ зависит их прибыль. В свою очередь эксплуатант АТ (ЭАТ) старается минимизировать частоту выполнения работ ТОиР АТ в пределах установленных эксплуатационной документации, при этом выдерживая потребный уровень надежности АТ.

Объем работ. ПАТ и О ТОиР АТ заинтересованы в максимизации объёмов работ выполняемых для ПЛГ АТ. Количество АТ и объём работ, выполняемых на данных АТ, прямо влияет на прибыль данных организаций. ЭАТ старается минимизировать объём выполняемых работ, в пределах устанавливаемых эксплуатационной документацией и законодательством в сфере ПЛГ и ТОиР АТ, с учетом выдерживания потребного уровня надежности флота АТ.

Запасы. ПАТ и О ТОиР АТ заинтересованы в максимизации запасов. Благодаря максимизации запасов производитель АТ увеличивает количество продаваемой продукции в виде деталей, агрегатов и узлов АТ. О ТОиР АТ заинтересован в максимизации запасов запасных частей с целью уменьшения

затрат времени и ресурсов на поиск необходимых компонентов при проведении работ ТОиР АТ. ЭАТ старается минимизировать складские запасы, такие как излишние запасы, которые прямо не влияют на безопасность полетов и общую надежность флота, но оказывают существенное влияние в виде затрат на хранение и обслуживания данных запасов.

Оборудование. ПАТ и О ТОиР АТ заинтересованы в максимизации объёмов поставляемого оборудования. Производитель АТ таким образом повышает количество выпускаемой продукции. Оператор ТОиР АТ снижает затраты времени и ресурсов на поиск и доставку оборудования необходимого для проведения работ ТОиР АТ. ЭАТ старается минимизировать затраты на оборудование с учетом потребного уровня надежности флота АТ.

В ходе выполнения работ по ПЛГ и ТОиР АТ на предприятии «Волга-Днепр» было выяснено, что существует зависимость между надежностью АТ и надежностью информации, формируемой в ходе проведения работ ПЛГ и ТОиР АТ. Изменение надежности информации в виде изменений сроков доставки данных, качества данных и их прозрачности приводили к изменениям качества и скорости обработки и устранения дефектов возникающих на флоте, что в конечном счете приводило к изменению надежности флота АТ.

При этом, если рассматривать надежность информации, то возникает противоречий для каждого участника между поступающей и передаваемой информацией (Рисунок 30). Каждый участник не заинтересован в затрате ресурсов на глубокий анализ и обработку формируемой им информации, но заинтересован, чтобы информация, поступающая от других участников, была максимально качественной.

Таким образом основными противоречиями в данной системе является то, что основное качество АТ- надежность, участниками системы стараются выдерживать разными подходами. ПАТ и операторы ТОиР АТ с помощью максимизации частоты и объёмов работ ТОиР, а также за счет повышения объёмов складских запасов запасных частей и оборудования. В свою очередь ЭАТ минимизирует затраты на работы ТОиР и на складские запасы и выдерживает

надежность флота АТ на потребном уровне за счет постоянного анализа эксплуатации и ТОиР АТ и гибкого формирования объемов и плана работ ТОиР и нахождения оптимального объема складских запасов запасных частей и оборудования.

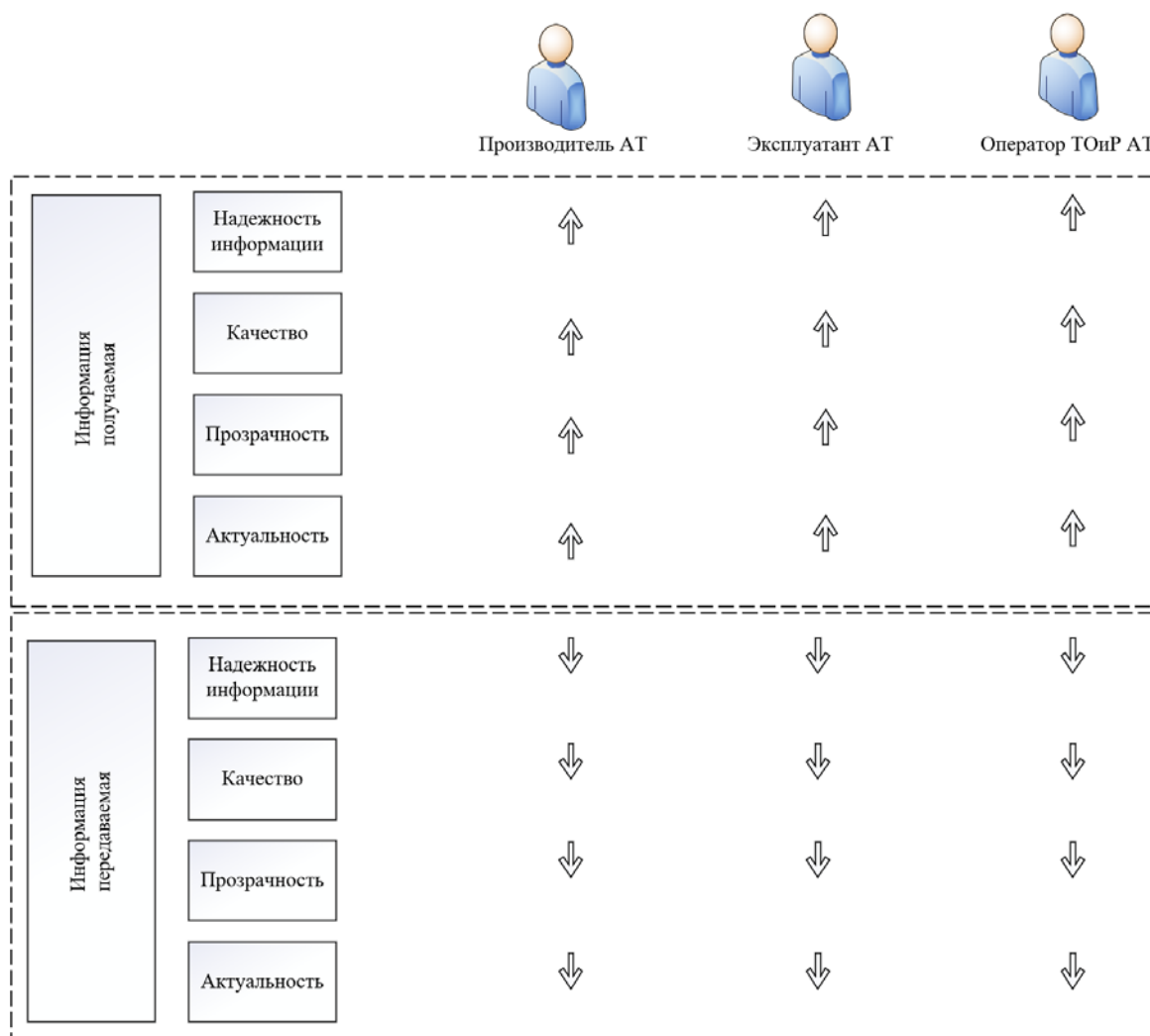


Рисунок 1.30 – Противоречия между участниками ТОиР АТ в надежности информации

Помимо противоречий возникающих между участниками ПЛГ и ТОиР АТ, современные подходы взаимодействия между организационными структурами, задействованными в ПЛГ и ТОиР АТ, а также непосредственного проведения ПЛГ и ТОиР АТ, являются несовершенными по следующим причинам.

Обмен информацией между организационными структурами, задействованными ПЛГ и ТОиР АТ. Обмен информацией в существующих подходах является неоптимальным по следующим причинам:

Информация от О ТОиР АТ к ИАС ЭАТ передается не в режиме реального времени, а после выполнения осмотра или технического обслуживания как при оперативном, так и при регламентном ТО (Рисунок 31).

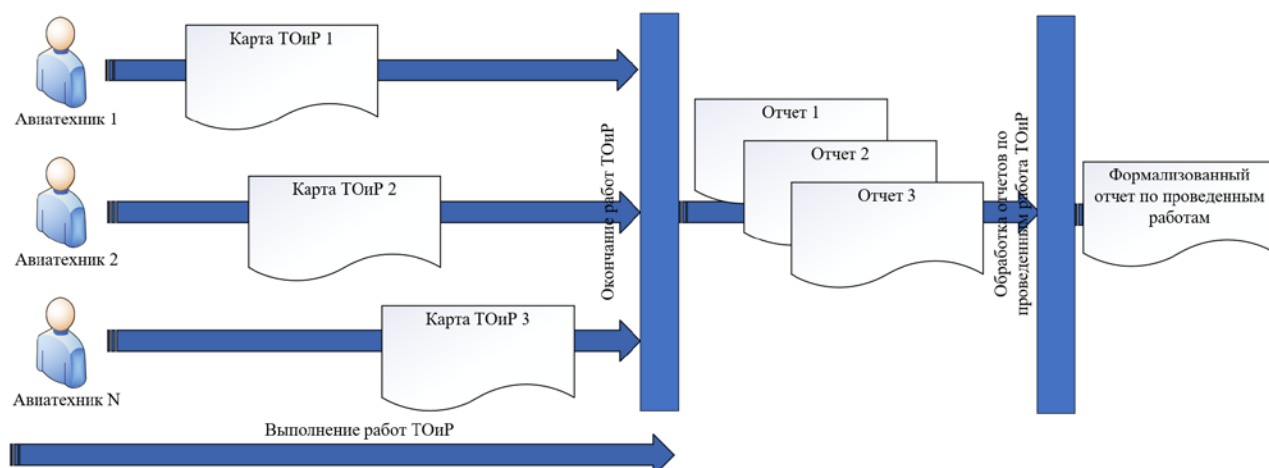


Рисунок 1.31 – Передача информации от оператора ТОиР к эксплуатанту АТ

Информация от О ТОиР передается в виде заполненных карт ТОиР только после выполнения ТО. Использование подобных подходов усложняет проведение статистического анализа и поиск симптоматики дефектов на флоте эксплуатанта АТ, так как на распознавание рукописного может происходить с ошибками [65] [84] [118], которые могут существенно влиять на последующий статистический анализ информации.

В свою очередь ЭАТ отправляет отчетность производителю АТ и авиационным властям с определенным периодом, что также сказывается на точности анализа поступающей информации силами производителя АТ. Так как все эксплуатанты АТ передают информацию в базу данных (БД) производителя АТ с одинаковым интервалом, анализ поступающей информации в режиме реального времени невозможен.

Сбор информации, его обработка и выдача результатов со стороны производителя АТ является непрозрачной и производится с задержкой.

Из существующих подходов к организации взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, а также передаче информации между участниками, возникает невозможность единовременного анализа всех процессов ПЛГ и ТОиР, что снижает возможность оперативного реагирования на тренды, возникающие в ходе эксплуатации типа АТ.

В настоящее время у производителей АТ нет единой базы знаний (БЗ) ПЛГ и ТОиР АТ. Информация собирается периодически и включает в себя только статистические данные. Каждая организация, задействованная в эксплуатации, проведении ПЛГ и ТОиР АТ, формирует собственную БЗ.

Глава 2. Разработка математических моделей согласованного взаимодействия в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники

2.1 Постановка задач

На основании проведенного анализа существующих проблем, присущих текущим подходам к взаимодействию организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, а также подходам к сбору, передаче и обработке информации, были сформированы следующие методы решения:

1. Математическое моделирование организационно-технических систем (ОТС);

2. Формирование математической модели взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ. Формирование моделей позволит формализовать и стандартизировать потоки данных между всеми организационными структурами;

3. Создание математической модели потоков данных, формируемых в ходе взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ. Моделирование потоков данных позволит формализовать подходы к созданию и передаче данных;

4. Разработка методики формирования БЗ ПЛГ и ТОиР АТ. При текущих подходах взаимодействия каждый оператор ТОиР, эксплуатант и производитель АТ имеют собственные БЗ. При использовании моделей организационных структур и моделей потоков данных возможно формирование единой БЗ ПЛГ и ТОиР АТ;

5. Формирование алгоритмов работы системы поддержки принятия решений (СППР) ПЛГ и ТОиР АТ, позволяющие создавать единую СППР для всех организационных структур, ответственных за ПЛГ и ТОиР АТ, а также для единой распределенной организационной структуры ПЛГ и ТОиР АТ.

2.2 Подход к устранению противоречий между участниками ТОиР АТ

В системе участников ТОиР проблема устранения противоречий при взаимодействии подразделений остаётся актуальной, так как каждый специалист занят своей деятельностью, направленной на решение задач, поставленных руководителем своего подразделения, и не видит всей задачи целиком.

В момент взаимодействия разных подразделений формируются разногласия между операторами ТОиР, ЭАТ, производителями АТ: срабатывает противоречие в интересах, когда специалисты в ЭАТ не могут обеспечить ремонт авиационной техники из-за имеющихся ограниченных ресурсов, или не могут увеличить количество обслуживаемых самолетов, что повлечёт за собой уменьшение надежности эксплуатируемых изделий.

Это в итоге приводит к увеличению сроков ТОиР АТ и возможного уменьшения конкурентоспособности предприятия в целом.

Руководитель своего предприятия имеет целью обслуживание и ремонт за короткий период времени АТ с высоким уровнем надежности, также должна быть приемлемая цена для пассажиров.

Для получения желаемого эффекта, а именно организации работы специалистов, с минимальными противоречиями между ними, необходимо, чтобы операторы, отдел ЭАТ и производители АТ принимали согласованные решения по математическим моделям.

Каждого инженера надо мотивировать для такой согласованной работы через дополнительное стимулирование (денежные средства, повышение квалификации, моральное и социальное вознаграждения). Это стимулирование должно быть оптимальное.

Для нахождения оптимального финансирования разработаем математическую модель методом согласованного управления ресурсами. Рассмотрим матричную структуру взаимодействия (Рисунок 1).

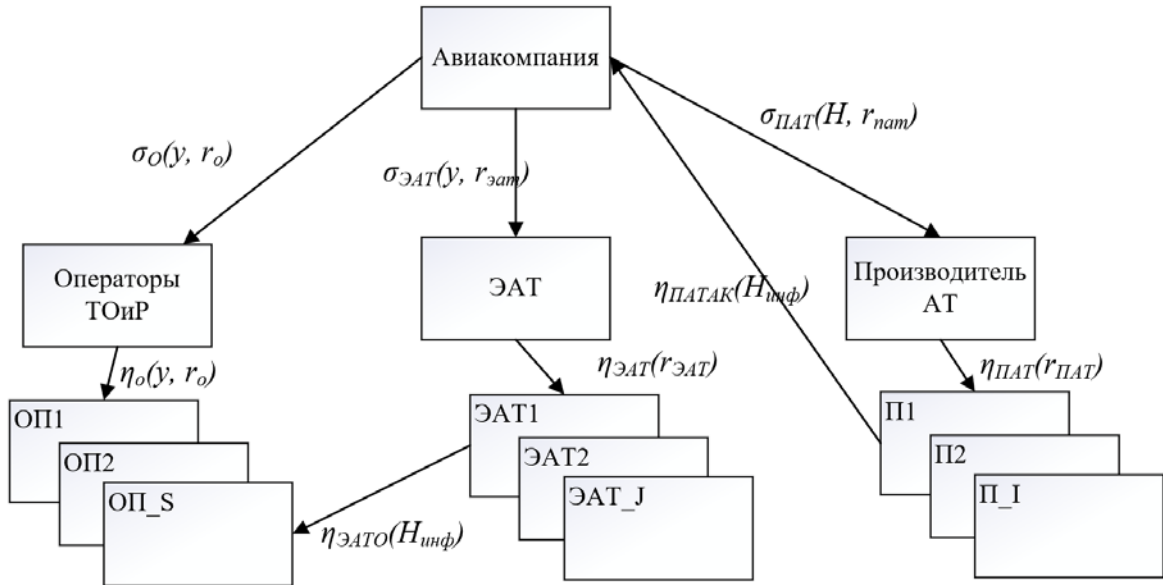


Рисунок 2.1 – Матричная структура взаимодействия в авиакомпании

На рисунке 1 представлен фрагмент матричной структуры организационной системы, включающий функциональные и производственные подразделения. Более подробно опишем имеющуюся структуру, в которой на иерархическую организационную вертикальную производственную структуру накладывается «горизонтальная» функциональная структура.

Целевые функции участников организационной системы, представленной на рисунке 1, имеют вид:

$$\Phi_{\text{АК}}(\sigma_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}), \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}), \sigma_o(y, r_o), r_{\text{ПАТ}}, r_{\text{ЭАТ}}, r_o) \quad (2.1)$$

$$= D(H, y) - \sigma_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}) - \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) - \sigma_o(y, r_o)$$

$$\Phi_{\text{ПАТ}}(\sigma_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}), \eta_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}), H, r_{\text{ПАТ}}) =$$

$$= \sigma_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}) - \sum_{i=1}^m \eta_{\text{ПАТ}}^i(H, r_{\text{ПАТ}}^i) - C_{\text{ПАТ}}(r_{\text{ПАТ}}) \quad (2.2)$$

$$\Phi_{\text{ЭАТ}}(\sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}), \eta_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}), y, r_{\text{ЭАТ}}) =$$

$$= \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) - \sum_{j=1}^n \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) - C_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}) \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \Phi_0(\sigma_0(y, r_0), \eta_0(y, r_0), y, r_0) &= \\ &= \sigma_0(y, r_0) - \sum_{s=1}^S \eta_0^s(r_0^s) - C_0(r_0) \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} f^i_{\text{ПАТ}}(\eta^i_{\text{ПАТ}}(r^i_{\text{ПАТ}}), \eta^i_{\text{ПАТАК}}(H_{\text{инф}}), H_{\text{инф}}, r^i_{\text{ПАТ}}) &= \\ = \eta^i_{\text{ПАТ}}(r^i_{\text{ПАТ}}) + \eta^i_{\text{ПАТАК}}(H_{\text{инф}}) - C^i_{\text{ПАТ}}(H_{\text{инф}}, r^i_{\text{ПАТ}}), & \quad (2.5) \\ i \in I & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f^j_{\text{ЭАТ}}(\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ПАТ}}), \eta^j_{\text{ЭАТО}}(y, H_{\text{инф}}), y, H_{\text{инф}}, r^j_{\text{ЭАТ}}) &= \\ = \eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) + \eta^j_{\text{ЭАТО}}(y, H_{\text{инф}}) - C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}), j \in J & \quad (2.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f^{sl}_0(\eta^s_0(y, r^s_0), y, r^{sl}_0) &= \\ = \eta^s_0(y, r^s_0) - C^{sl}_0(r^{sl}_0), s \in S & \quad (2.7) \end{aligned}$$

Где $D(H, y)$ – функция дохода организационной системы;

$\sigma_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}), \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}), \sigma_0(y, r_0)$ – бюджетные ресурсы, выделяемые производителю авиационной техники (ПАТ), отделу эксплуатации авиационной техники (ЭАТ) и операторам технического обслуживания и ремонта (О) со стороны руководителя организационной системы - авиакомпания (РОС);

$\eta_{\text{ПАТ}}(H, r_{\text{ПАТ}}), \eta_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}), \eta_0(y, r_0)$, – функции стимулирования подразделений ПАТ, ЭАТ, О;

$\eta^i_{\text{ПАТАК}}(H_{\text{инф}})$ – функция стимулирования i -того ЭАТ со стороны ПАТ через авиакомпанию;

$\eta^j_{\text{ЭАТО}}(y, H_{\text{инф}})$ – функция стимулирования i -того О со стороны ЭАТ;

$\eta^s_0(y, r^s_0)$ – функция стимулирования сотрудников i -того О ТООиР;

$C_{\text{ПАТ}}(r_{\text{ПАТ}}), C_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}), C_0(r_0)$ – функции затрат ПАТ, ЭАТ, О ТООиР;

$C^{sl}_0(r^{sl}_0)$ – функции затрат s – того сотрудника l – того подразделения;

H – положительный эффект: уровень соответствия АТ заявленным требованиям;

y – количество АТ;

$r_{\text{ПАТ}}, r_{\text{ЭАТ}}, r_0$ – квалификация, соответственно, специалистов подразделений ПАТ, ЭАТ, О ТООиР.

Предположим, что каждый из сотрудников подразделений ПАТ, ЭАТ, О ТООиР выбирает решение в соответствии с принципом рационального поведения. Это означает, что каждый сотрудник при известных функциях стимулирования со стороны функциональных и производственных подразделений стремится своим выбором максимизировать свою целевую функцию: сотрудник подразделения ПАТ – целевую функцию (2.5), сотрудник подразделения ЭАТ – (2.6), сотрудник подразделения О ТООиР – (2.7).

Наличие квадрата относительного количества обрабатываемой АТ обусловлено использованием расчетов полученных И.Н. Хаймович [50].

В общем виде задача решается с участием представителей из каждого подразделения. Для разработки системы ограничения введём упрощения. Модель задачи принятия решений руководителем ЭАТ:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{ЭАТ}}(\sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}), \eta_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}), y, r_{\text{ЭАТ}}) = \\ = \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) - \sum_{j=1}^n \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) \\ - C_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}) \xrightarrow{y, r_{\text{ЭАТ}}} \max \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) = \beta_{\text{ЭАТ}} y^2 / 2r_{\text{ЭАТ}} + b_{\text{ЭАТ}} r_{\text{ЭАТ}} \quad (2.9)$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) = \sum_{j=1}^J \beta_{\text{ЭАТ}j} (r_{\text{ЭАТ}}^j - r_{\text{ЭАТ}0}^j) \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) \geq \sum_{j=1}^n \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) + C_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}); r_{\text{ЭАТ}}^j \\ \in R_{\text{ЭАТ}j}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$j \in J.$$

Модель задачи принятия решений сотрудником отдела ЭАТ:

$$\begin{aligned}
 f^j_{\text{ЭАТ}}(\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ПАТ}}), \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}), y, H_{\text{инф}}, r^j_{\text{ЭАТ}}) = \\
 = \eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) + \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) \\
 - C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) \xrightarrow{y, H_{\text{инф}}} \mathbf{max}
 \end{aligned}
 \tag{2.12}$$

$$\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) = \beta_{\text{ЭАТ}j} y^2 / 2r^j_{\text{ЭАТ}} + b^j_{\text{ЭАТ}} r^j_{\text{ЭАТ}}
 \tag{2.13}$$

$$\eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) = b^j_{\text{ЭАТОП}} (H^j_{\text{инф}} - H^j_{0\text{инф}})
 \tag{2.14}$$

$$C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) = C^j_{\text{ЭАТО}} - b^j_{\text{ЭАТО}} (r^j_{\text{ЭАТ}} - r^j_{\text{ЭАТО}})
 \tag{2.15}$$

$$\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) + \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) \geq C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}),
 \tag{2.16}$$

$$r^j_{\text{ЭАТ}} \in R_{\text{ЭАТ}j}, j \in J$$

Где $\beta_{\text{ЭАТ}j}$ – коэффициент правильно принимаемых решений j специалистом ЭАТ;

$r^j_{\text{ЭАТ}}$ – уровень квалификации j специалиста ЭАТ;

$b_{\text{ЭАТ}}$ – коэффициент уровня квалификации j специалиста ЭАТ согласно сетке уровня квалификации;

$C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}})$ – затраты в качестве стимулирования на повышение квалификации j специалиста ЭАТ для работы с создаваемой ИС с уточнением дефектов и своевременно получаемой информацией.

Сетка уровня квалификации позволяет оценить коэффициент уровня квалификации сотрудника. Распределение коэффициента уровня квалификации для сотрудников отдела надежности указано в Таблице 3.

Для правильного расчёта по представленным формулам необходимо ввести значения исходных данных специалиста ЭАТ (таблица 1), которые связаны с уровнем квалификации каждого участника ОТС.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета математической модели принятия решений сотрудниками ЭАТ на предприятии «Волга –Днепр»

Обозначения	Числовое значение
$\beta^j_{\text{ЭАТ}j}$	0,7
$r^j_{\text{ЭАТ}}$	0,2
$r^j_{\text{ЭАТО}}$	0,1
$b^j_{\text{ЭАТ}}$	0,3
$b^j_{\text{ЭАТО}}$	0,3
$b^j_{\text{ЭАТОП}}$	0,8
$\Delta H_{\text{инф}}$	0,2

Модель задачи принятия решений сотрудником отдела ЭАТ:

$$\begin{aligned}
 f^j_{\text{ЭАТ}}(\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ПАТ}}), \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}), y, H_{\text{инф}}, r^j_{\text{ЭАТ}}) &= \\
 &= \eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) + \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) - C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) = \\
 &= 0,0852 + 0,16 - 0,07 = 0,1752
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

$$\begin{aligned}
 \eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) &= \frac{\beta_{\text{ЭАТ}j} y^2}{2r^j_{\text{ЭАТ}}} + b^j_{\text{ЭАТ}} r^j_{\text{ЭАТ}} = \\
 &= \frac{0,7 \cdot 0,6^2}{2 \cdot 0,2} + 0,1 \cdot 0,2 = 0,0852
 \end{aligned} \tag{2.18}$$

$$\begin{aligned}
 \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) &= b^j_{\text{ЭАТОП}}(H^j_{\text{инф}} - H^j_{0\text{инф}}) = 0,8 \cdot 0,2 \\
 &= 0,16
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

$$\begin{aligned}
 C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) &= C^j_{\text{ЭАТО}} - b^j_{\text{ЭАТО}}(r^j_{\text{ЭАТ}} - r^j_{\text{ЭАТО}}) = \\
 &= 0,1 - 0,3 \cdot (0,2 - 0,1) = 0,07
 \end{aligned} \tag{2.20}$$

$$\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}) + \eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}}) \geq C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}}), \quad (2.21)$$

$$r^j_{\text{ЭАТ}} \in R_{\text{ЭАТ}j}, j \in J$$

Полученные в ходе расчетов результаты сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные полученных в ходе расчетов на предприятии «Волга-Днепр»

	Бюджетные средства от руководителя ОС	Согласование с сотрудниками другого подразделения	Затраты на организацию работы в собственном подразделении	Выгода сотрудников
ЭАТ	0,0852	0,16	0,07	0,1752

Таким же образом был произведен расчет для группы надежности на предприятии «Волга-Днепр» (Таблица 3).

Таблица 3 – Данные полученных в ходе расчетов на предприятии «Волга-Днепр»

	Руководитель отдела надежности	Ведущий инженер	Линейный инженер	Линейный инженер	Стажер
Обозначения	1	2	3	4	5
$\beta^j_{\text{ЭАТ}j}$	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5
$r^j_{\text{ЭАТ}}$	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
$r^j_{\text{ЭАТО}}$	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
$b^j_{\text{ЭАТ}}$	0,5	0,4	0,3	0,3	0,1
$b^j_{\text{ЭАТО}}$	0,5	0,4	0,3	0,3	0,1
$b^j_{\text{ЭАТОП}}$	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6
$\Delta H_{\text{инф}}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$C^j_{\text{ЭАТО}}$	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1
y	1	0,8	0,6	0,6	0,2
$\eta^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}})$	0,285	0,1968	0,0852	0,0852	0,022
$\eta^j_{\text{ЭАТО}}(H_{\text{инф}})$	0,18	0,16	0,16	0,16	0,12
$C^j_{\text{ЭАТ}}(r^j_{\text{ЭАТ}})$	0,35	0,26	0,07	0,07	0,09
$f^j_{\text{ЭАТ}}$	0,115	0,0968	0,1752	0,1752	0,052

Таким образом была сформирована матричная иерархическая структура управления, в которой учитывается взаимодействие между руководителями ОС и руководителями подразделения в системе ТОиР и ПЛГ АТ. Разработанные математические модели позволили устранить противоречия, возникающие при взаимодействии участников процессов ПЛГ и ТОиР АТ, что в дальнейшем позволяет перейти к моделированию непосредственно потоков данных и взаимодействию участников с целью повышения надежности АТ.

2.2 Подход к формализации процессов построения математической модели участников ПЛГ и ТОиР АТ

Основным подходом к формированию БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ в данном диссертационном исследовании является математическое моделирование организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, а также моделирование потоков между организационными структурами.

Развитие компьютерных технологий сделали формирование математических моделей важной основой для индустрии. Математическое моделирование широко используется в машиностроении [39] [42], в авиационном производстве [121] [125] [103] и в эксплуатации АТ [72] [85] [104] [117].

Математические модели организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, модели конструкции АТ, модели технологических процессов ПЛГ и ТОиР АТ и модели алгоритмов проведения работ ПЛГ и ТОиР АТ, являются основой для формирования обобщенной математической модели взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ [22].

Ключевыми целями моделирования взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ является:

1. Формализация потоков информации, формируемых при взаимодействии организационных структур ПЛГ и ТОиР АТ;
2. Использование моделей в создании БЗ ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Использование моделей в создании СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

Для автоматизации взаимодействия организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, в том числе формирования заданий на обслуживание, ремонт и замену элементов АТ, необходимы модели конструкции АТ, технологии изготовления компонентов АТ и ЭД ($T_{кд}; T_{гд}; T_{эд}$).

Определение точности возникновения события, решением которого является совершение необходимых операций, описанных в руководстве по технической эксплуатации (РЭ) и регламенте технического обслуживания (РО), напрямую зависит от количества статистических данных, методов их обработки, а также от количества участников ТОиР, участвующих в процессе сборки и обработки статистических данных с последующим анализом.

Для материализации системы понятий, представляющих собой взаимодействие организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, предлагается использовать математическую модель $M_{общ}$, основанную на теории множеств.

Материализация системы понятий ПЛГ и ТОиР АТ и взаимодействие участников, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, основана на построении обобщенной математической модели $M_{общ}$, с помощью которой описывается взаимодействие организационных структур, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ.

Описание процессов ПЛГ и ТОиР АТ, взаимодействие участников, а также формирование потоков производится при помощи внедрения математических моделей предприятий, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 2):

1. $M_{изг}$ – модель завода–изготовителя;
2. $M_{ОКБ}$ – модель ОКБ;
3. $M_{АК}$ – модель эксплуатанта АТ или организации, задействованной в ПЛГ АТ;
4. $M_{ОП}$ – модель оператора ТОиР ответственного за выполнение работ ТОиР.

Взаимодействие организаций, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, описывается $\{M_{изг}, M_{ОКБ}, M_{АК}, M_{ОП}\}$.

Взаимодействие организаций с буквенно–цифровыми обозначениями такими как, текст в электронном чертеже (ЭЧ), в электронной модели (ЭМ), в

технологической карте, в картах ТОиР, в отчетах оператора ТОиР, в отчетах организационной структуры, ответственной за ПЛГ, в отчетах служб объективного контроля, в результатах работы систем автоматизированного контроля АНМ, производится через модель текстовых данных $T_{ОБЩ}$.

Взаимодействие организаций с графической информацией такой как: ЭЧ, ЭМ, эскизы, формы отчетности, фотографии и графики организационных структур, задействованные в управлении надежностью, средствами объективного контроля, автоматизированных систем контроля АНМ, производится через графическую модель $G_{ОБЩ}$.

Взаимодействие организаций с алгоритмами проведения работ оперативного и регламентного ТО, алгоритмами управления и изменения программ ТО, алгоритмами создания конструкторско–технологических решений, алгоритмами поиска, устранения или изоляции дефектов производится через общую модель алгоритмов $A_{ОБЩ}$.

Взаимодействие между организациями ПЛГ и ТОиР АТ и формирование потоков информации между организациями ПЛГ и ТОиР АТ производится через модель бизнес–отношений $B_{ОБЩ}$.

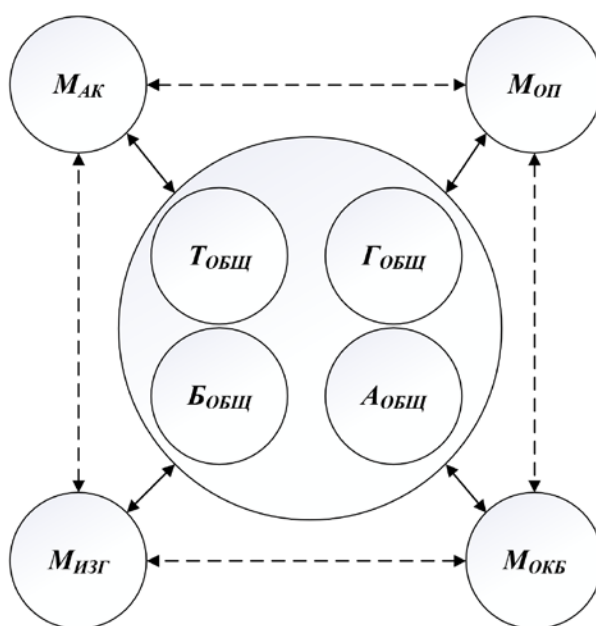


Рисунок 2.2 – Взаимодействие моделей организаций, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ

2.2.1 Текстовая модель моделирования потоков информации ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим текстовую модель, необходимую для моделирования потоков информации между организационными структурами, задействованными в ПЛГ и ТОиР АТ, формирования задач ПЛГ и ТОиР АТ.

Текстовая модель основана на текстовой составляющей конструкторской ($T_{КД}$), технологической ($T_{ТД}$) и эксплуатационной документации ($T_{ЭД}$). В текстовую модель также включены текстовые данные из ограничений и стандартов ($T_{СТАНДАРТ}$) и данные, отправляемые эксплуатантом АТ ($T_{АК_{ОБЩ}}$) и оператором ТОиР АТ ($T_{ТО_{ОБЩ}}$).

Текстовая модель представлена множеством текстовых данных:

$$T_{ОБЩ} = \{T_{КД}, T_{ТД}, T_{ЭД}, T_{СТАНДАРТ}, T_{АК_{ОБЩ}}, T_{ТО_{ОБЩ}}\} \quad (2.22)$$

Рассмотрим принцип формирования карт ТОиР АТ на основе текстовой модели без учета использования текстовых данных из $T_{АК_{ОБЩ}}$ и $T_{ТО_{ОБЩ}}$, где $T_{ЭД}$ (2.2) представляет собой множество всей ЭД, в том числе руководства по летной эксплуатации (РЛЭ), РТО, РЭ, списков минимально–исправного оборудования (MEL) и списка сообщений и ошибок, выявляемых в ходе полета АТ системой автоматизированного контроля (АНМ).

$$T_{ЭД} = \{T_{РЛЭ}, T_{РТО}, T_{РЭ}, T_{MEL}, T_{АНМ}\} \quad (2.23)$$

На основе $T_{ЭД}$ формируется подмножество элементов $\{A_x, B_x, C_x\}$, которое представляет собой единичные операции для элемента X , обозначение которого, а также обозначение всех компонентов, являющихся под–сборками элемента X , существуют в множестве $T_{КД}$ (Рисунок 3).

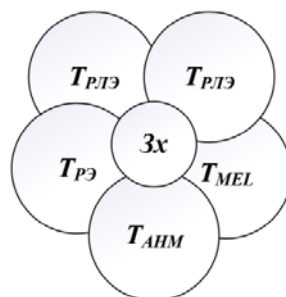


Рисунок 2.3 – Формирование списка задач для элемента X

Формируется множество $\{Z\}$, для которого верно условие:

$$\{Z\} = \{A_x, B_x, C_x\} \quad (2.24)$$

При создании задач ТОиР АТ как при регламентном, так и при оперативном ТО, формируются задачи для N элементов, где N зависит от множества факторов, в том числе времени наработки АТ в целом и компонентов в частности, замечаний летного состава и технического персонала, а также требований национальных регуляторов. Созданные подмножества задач $\{Z\}$ для каждого из N элементов, в зависимости от нахождения компонентов, для которых проводится ТО, могут иметь пересечения:

$$Z_{xyn} = \{Z_x\} \cap \{Z_y\} \cap \{Z_n\} \quad (2.25)$$

Для списка задач ТОиР в независимости от типа обслуживания формируется общее множество задач:

$$Z_{общ} = \{Z_x, Z_y, Z_n\} \quad (2.26)$$

Соответствующим образом формируются требования и ограничения к выполняемым работам и компонентам на основании текстовых данных, включенных в множество $T_{СТАНДАРТ}$.

$$T_{СТАНДАРТ} = \{T_{ГОСТ}, T_{ФАЛЬ}, T_{FAA}, T_{EASA}, \dots, T_{нстандарт}\} \quad (2.27)$$

При продолжении формирования задания на основе зависимости между элементами АТ, самого АТ и требованиями к компонентам и выполняемым работам формируется отношение множеств с учетом их связи с элементом X .

$$\begin{aligned} T_{КД_X} &\in T_{КД} \\ T_{ТД_X} &\in T_{ТД} \end{aligned} \quad (2.28)$$

$$T_{СТАНДАРТ_X} \in T_{СТАНДАРТ}$$

Где $T_{КД_X}$ представляет собой множество текстовой информации КД, в том числе обозначения на ЭЧ и ЭМ, а также в каталогах заменяемых деталей и агрегатов. $T_{ТД_X}$ представляет собой множество текстовой информации ТД, в том

числе текстовых данные из технологических процессов компонентов, которые возможно производить силами эксплуатанта АТ или оператора ТОиР АТ.

Сумма текстовых множеств:

$$T_x = Z_x \cup T_{\text{СТАНДАРТ}_x} \cup T_{\text{КД}_x} \cup T_{\text{ТД}_x} \quad (2.29)$$

Представляет собой сформированный список задач, все условия и ограничения для элемента X .

Рассмотрим текстовые множества информации, формируемой в ходе эксплуатации и проведении работ ПЛГ и ТОиР АТ, $T_{\text{АК}_{\text{ОБЩ}}}$ и $T_{\text{ТО}_{\text{ОБЩ}}}$.

$T_{\text{АК}_{\text{ОБЩ}}}$ представляет собой множество всей текстовой информации, формируемой в ходе эксплуатации эксплуатантом АТ. В множество $T_{\text{АК}_{\text{ОБЩ}}}$ включены данные из замечаний летного состава, предложений и замечаний эксплуатанта в области ПЛГ и ТОиР АТ, текстовые данные организационных групп, ответственных за объективный контроль и надежность флота эксплуатанта АТ.

$T_{\text{ТО}_{\text{ОБЩ}}}$ представляет собой множество всей текстовой информации, формируемой в ходе проведения работ ТОиР оператором ТОиР АТ. В множество $T_{\text{ТО}_{\text{ОБЩ}}}$ включены данные из замечаний технического персонала, ответственного за выполнение работ ТОиР АТ, выявленные дефекты, снятые компоненты, способы решения и другая текстовая информация, формируемая в ходе проведения работ ТОиР АТ.

$T_{\text{АК}_{\text{ОБЩ}}}$ и $T_{\text{ТО}_{\text{ОБЩ}}}$ будут более подробно рассмотрены в ходе формирования потоков данных между участниками ПЛГ и ТОиР АТ.

2.2.2 Графическая модель моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ

Графическая модель ГОБЩ представляет собой коллекцию множеств графической информации, формируемой в ходе всего жизненного цикла типа АТ.

$$G_{\text{ОБЩ}} = \{G_{\text{КД}}, G_{\text{ТД}}, G_{\text{ЭД}}, G_{\text{СТАНДАРТ}}, G_{\text{АК}_{\text{ОБЩ}}}, G_{\text{ТО}_{\text{ОБЩ}}}\} \quad (2.30)$$

$G_{\text{КД}}$ представляет собой множество ЭМ всех изделий АТ, которые применяются при производстве полетов данной АК, или все изделия, которые

производятся на заданном производстве, или все изделия, которые проектируются заданным ОКБ. При просмотре модели каждый участник процессов ТОиР АТ будет видеть только ту часть, на которую у него есть права доступа. В общем виде:

$$\Gamma_{KD} = \{\Gamma_{MOD1}, \Gamma_{MOD2}, \Gamma_{MODN}\} \quad (2.31)$$

Где $\Gamma_{MOD1} \dots \Gamma_{MODN}$ представляют собой множества всей графической информации модификаций $1 \dots N$ для данного типа АТ.

Γ_{KD} для современных типов АТ, проектирование которых производилось при помощи формирования 3Д электронного моделирования, является полной цифровой копией абсолютно всех элементов АТ и самого АТ в целом. Используя такой тип модели, в дальнейшем появляется возможность ускоренного формирования всех необходимых эскизов, ЭЧ и ЭМ для проведения работ ПЛГ и ТОиР АТ, в том числе для создания конструкторских решений, необходимых при механических повреждениях конструкции АТ.

В случае если АТ эксплуатируется давно и разрабатывалась во времена, когда основным носителем конструкторской информации являлся бумажный чертеж, необходимо сформировать набор электронных копий бумажных чертежей, а также связать их с конструкторско–технологической спецификацией (КТС).

В общем виде Γ_{KD} выглядит как:

$$\Gamma_{KD} = \{\Gamma_{AGP1}, \Gamma_{AGP2}, \Gamma_{AGPN}\} \quad (2.32)$$

Где N – количество агрегатов в данном типе АТ. Каждый агрегат разделяется на множества узлов, деталей и компонентов, при этом необходимо выделить группу элементов такие, как крепеж, фитинги, компенсаторы, в отдельное множество, так как оно представляет собой группу стандартных элементов.

$$\Gamma_{\text{станд_эл}} = \Gamma_{\text{агр1}} \cap \Gamma_{\text{агр2}} \cap \Gamma_{\text{агрn}} \quad (2.33)$$

Так как стандартные элементы применяются во всех агрегатах типа АТ (Рисунок 4), то пересечение по стандартным элементам происходит не только по агрегатам и компонентам типа АТ, но и по модификациям типа АТ.

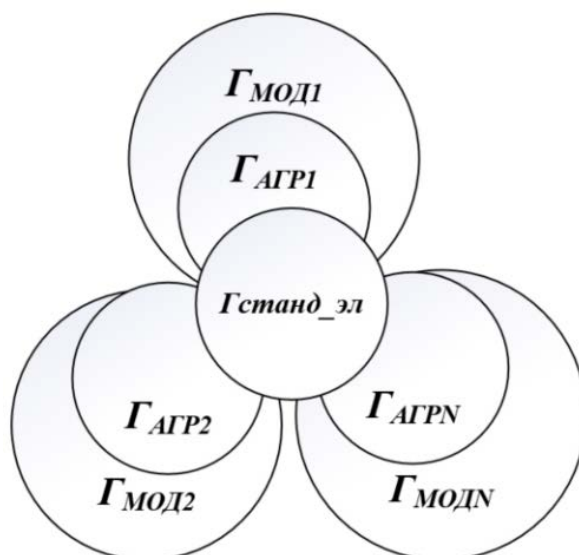


Рисунок 2.4 – Формирование множества стандартных элементов типа АТ

Формирование СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также БД и БЗ типа АТ предполагает их внедрение на стадии проектирования типа АТ. На стадии проектирования АТ для формирования множеств $\Gamma_{ТД}$ и $\Gamma_{ЭД}$ необходимо наполнение $\Gamma_{КД}$ на всех стадиях жизненного цикла типа АТ.

Современные РЛЭ, РЭ, РТО и электронные каталоги поставляются в цифровом виде, что позволяет сократить время на поиск документации и повышает удобство использования при выполнении всех видов работ, связанных с использованием данной документации, начиная от общего осмотра АТ и заканчивая производством полетов.

Наполнение графическим материалом множеств $\Gamma_{ГОСТ}$, $\Gamma_{ФАИ}$, $\Gamma_{ФАА}$, $\Gamma_{EASA}, \dots, \Gamma_{\text{стандарт}}$ зависит от данных, предоставляемых в документации регуляторов и стандартов. Данные множества также связаны с элементами АТ и

выполнением ПЛГ и ТОиР АТ, так как устанавливают рекомендации, требования и ограничения.

Аналогично с текстовой моделью формируется отношения между:

$$\begin{aligned} \Gamma_{\text{ЭД}_X} &\in \Gamma_{\text{ЭД}} \\ \Gamma_{\text{КД}_X} &\in \Gamma_{\text{КД}} \\ \Gamma_{\text{ТД}_X} &\in \Gamma_{\text{ТД}} \\ \Gamma_{\text{СТАНДАРТ}_X} &\in \Gamma_{\text{СТАНДАРТ}} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Формируется новое множество:

$$\Gamma_X = \{ \Gamma_{\text{КД}_X}, \Gamma_{\text{ТД}_X}, \Gamma_{\text{СТАНДАРТ}_X} \} \quad (2.35)$$

Представляющее собой всю коллекцию всего графического материала элемента X .

Вкупе с T_X создает множество:

$$Z_{\Gamma} = \{ T_X, \Gamma_X \} \quad (2.36)$$

Представляющей собой коллекцию данных, в которую включены необходимые требования, рекомендации и ограничения, а также все графические материалы.

2.2.3 Алгоритмическая модель моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ

Общая алгоритмическая модель:

$$A_{\text{общ}} = \{ A_1, A_2, \dots, A_n \} \quad (2.37)$$

Представляет собой общее множество, состоящее из единичных элементов алгоритмов. Алгоритмы напрямую зависят от текстовой информации, находящейся в $T_{\text{ЭД}}$ и $T_{\text{СТАНДАРТ}}$, так как на основе информации, требований, инструкций и ограничений формируется алгоритм проведения работ ПЛГ и ТОиР АТ.

Целью создания алгоритмической модели является упорядочивание данных в T_X и Γ_X в множестве (Рисунок 5):

$$Z_{\Gamma} = \{ T_X, \Gamma_X \} \quad (2.38)$$

В законченную модель проведения работ ТОиР АТ, т. е. формирование из множества Z_{Γ} связанных списков Z_C :

$$\mathcal{Z}_C = \{T_X, \Gamma_X, A_X\} \quad (2.39)$$

в которых в необходимой последовательности поставлены элементы из всех множеств (Рисунок 6).

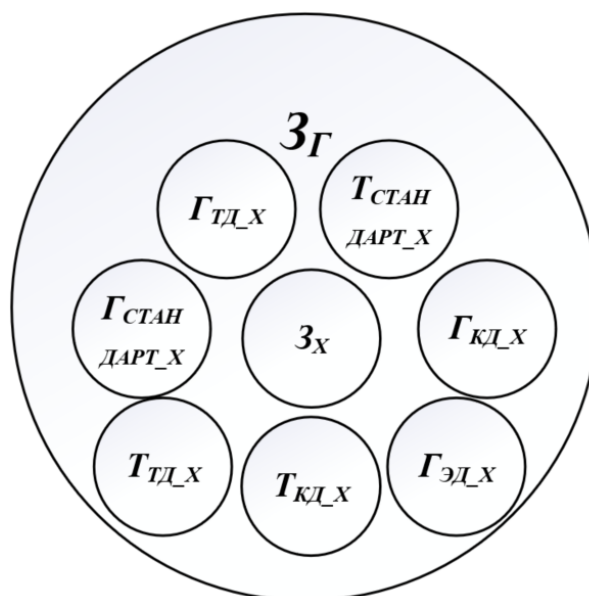


Рисунок 2.5 – Множество \mathcal{Z}_G

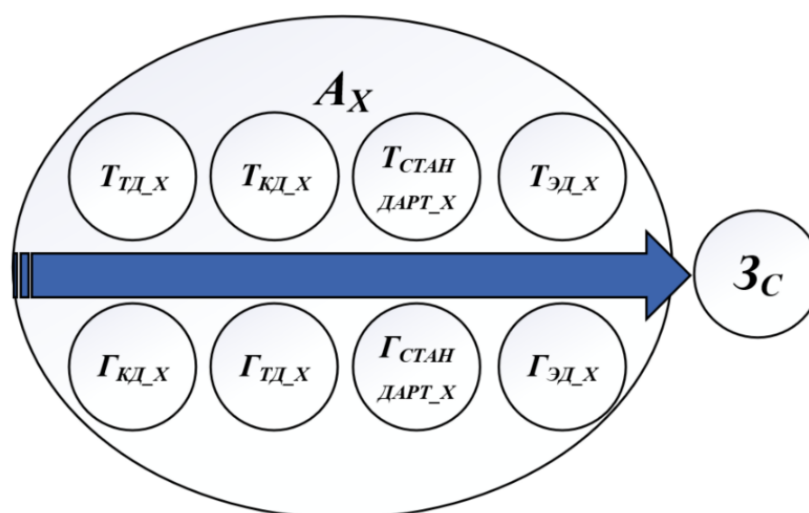


Рисунок 2.6 – Связанный список задач \mathcal{Z}_C для элемента X

В качестве базовой логической модели используется логическая модель проверки элементов MSG-3, связанные списки формируются «сверху вниз», т. е.

начиная от самого АТ в целом, переходя к агрегатам АТ и заканчивая единичными элементами (Рисунок 7).

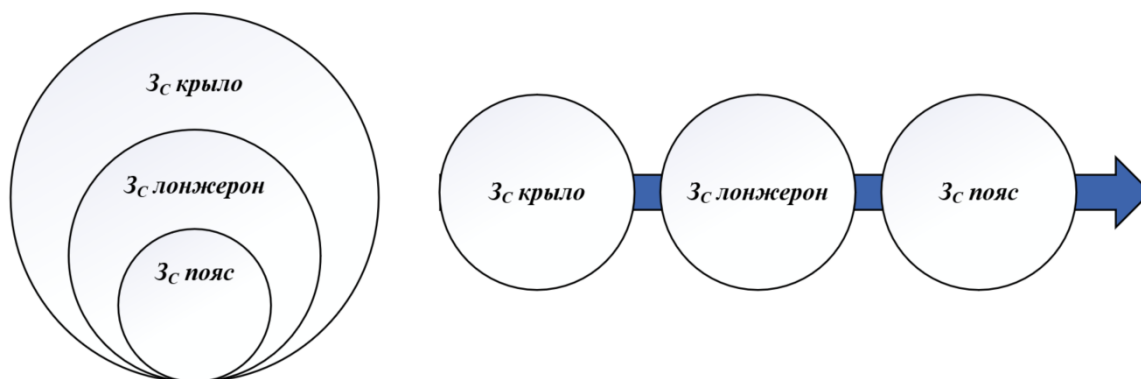


Рисунок 2.7 – Формирование связанных списков на основе вхождения элементов

Для каждого элемента, подлежащего проверке, ремонту или замене в ходе проведения оперативного или регламентного ТО, формируется множество Z_G , которое формирует множество плана работ $Z_{ОБЩ}$, которое представляет собой:

$$Z_{ОБЩ} = \{ Z_1, Z_2, \dots, Z_n \} \quad (2.40)$$

где n количество элементов в данном списке работ. Потребное количество числа n рассчитывается согласно количеству полученных множеств Z_n , т. е. от количества элементов, не прошедших проверку по условиям представленным в элементарных текстовых множествах $T_{ЭД}$, $T_{КД}$, $T_{ТД}$, $T_{СТАНДАРТ}$.

2.2.3 Модель бизнес–отношений моделирования потоков ПЛГ и ТОиР АТ

В основе модели бизнес–отношений всех участников процессов ПЛГ и ТОиР АТ стоит моделирование взаимодействий предприятий разных направленностей, использующих различную документацию и сформировавшие разные процессы, и подходы к процессам ПЛГ и ТОиР АТ.

Основой моделирования бизнес–отношений в данной диссертационной работе является моделирование потоков обмена информации между всеми участниками.

Авиационная отрасль является регламентированной не только в сфере производства АТ и последующей эксплуатации, но и в обмене информацией [63]. Некоторые участники могут посчитать что информация может послужить средством в конкурентной борьбе против них. Ведутся дискуссии между всеми участниками рынка ПЛГ и ТОиР АТ по поводу методов и подходов к организации передачи информации между участниками, задействованными в ПЛГ и ТОиР АТ, а также контролирующих организаций таких, как авиационные национальные регуляторы.

Взаимодействие между моделями $M_{ИЗГ}$ и $M_{ОКБ}$. Взаимный обмен информацией между ОКБ и заводами–изготовителями начинается с проектирования АТ и длится в течение всего ЖЦ типа АТ. На начальной стадии проектирования АТ ОКБ и заводы–изготовители производят обмен информацией, представленной в $T_{КД}$, $T_{ТД}$, $G_{КД}$, $G_{ТД}$. Производится сверка и сопоставление информации по множеству $T_{СТАНДАРТ}$ (Рисунок 8).



Рисунок 2.8 – Обмен информацией между заводом–изготовителем и ОКБ на стадии проектирования АТ

В ходе дальнейшего проектирования и опытного производства формируются подмножества множеств $T_{ЭД}$ и $G_{ЭД}$ (Рисунок 9):

$$\begin{aligned} T_{ЭД} &= \{T_{РЛЭ}, T_{РТО}, T_{РЭ}, T_{МЕЛ}, T_{АНМ}\} \\ G_{ЭД} &= \{G_{РЛЭ}, G_{РТО}, G_{РЭ}, G_{МЕЛ}, G_{АНМ}\} \end{aligned} \quad (2.41)$$

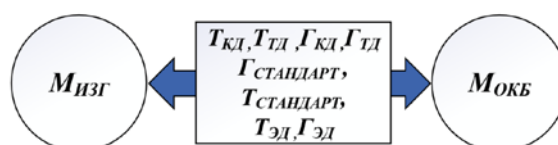


Рисунок 2.9 – Обмен информацией между заводом–изготовителем и ОКБ на стадии опытного производства

При выходе на серийное производство формируется постоянный поток данных $T_{КД}$, $T_{ТД}$, $G_{КД}$, $G_{ТД}$, $G_{СТАНДАРТ}$, $T_{СТАНДАРТ}$, $T_{ЭД}$, $G_{ЭД}$, которым обмениваются участники, задействованные в производстве АТ.

В ходе всех этапов жизненного цикла АТ передаются изменения в $T_{КД}$, $T_{ТД}$, $G_{КД}$, $G_{ТД}$, $G_{СТАНДАРТ}$, $T_{СТАНДАРТ}$, $T_{ЭД}$, $G_{ЭД}$ таких, как изменения ЭМ, ЭЧ, технических требований, изменений в каталогах деталей, альбомах смазки и т.д. Текстовая составляющая изменений передается в $T_{доп_X}$, графическая передается в $G_{доп_X}$ для элемента X . Обмен информацией производится, в том числе при помощи отчетов по конструкторско–технологической отработке (КТО), разрешения на отклонения (РНО) и извещений (Рисунок 10). Часть информации, передаваемой в виде подобной документации, может не относиться к КД, ТД или ЭД, ее можно формально добавить в множества $T_{доп}$ и $G_{доп}$ для дальнейшего использования в построении БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

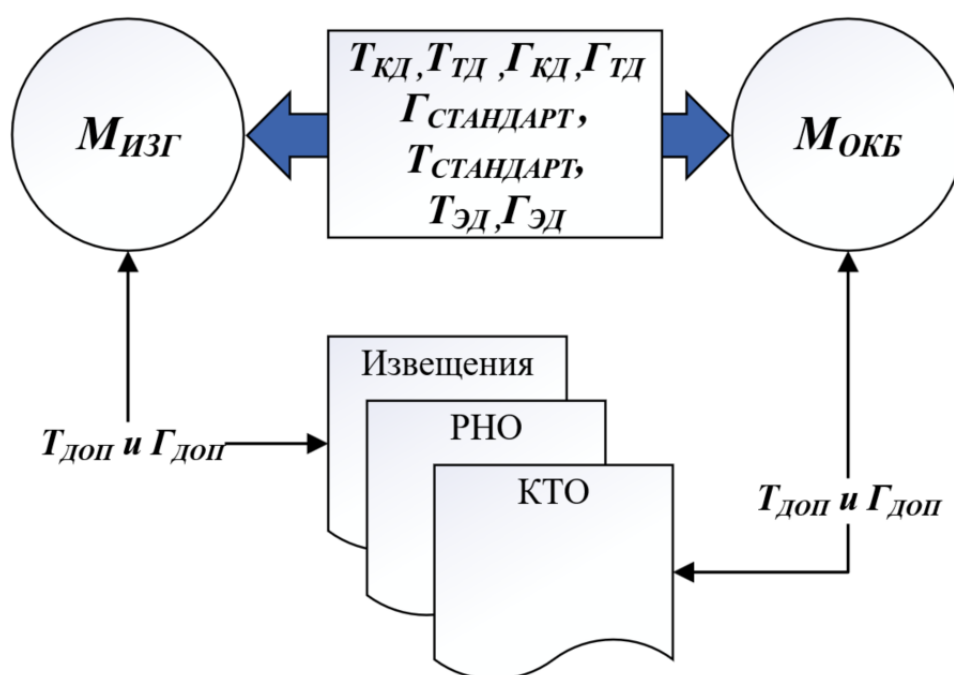


Рисунок 2.10 – Обмен информацией между заводом–изготовителем и ОКБ на стадии серийного производства

Обмен информацией между операторами ТОиР АТ, эксплуатантами АТ, заводами–изготовителями и ОКБ начинается на стадии приемки АТ. Согласно требованиям ФАП эксплуатанту представляется вся необходимая информация, в том

числе РЛЭ, РЭ, РО, паспорта на все необходимые элементы АТ, каталог заменяемых элементов и главный перечень минимально исправного оборудования (ММЕЛ).

Рассмотрим взаимодействие между эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ и формирование потоков данных ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 11).

Эксплуатант АТ в процессе эксплуатации АТ и взаимодействия с операторами ТОиР, с заводами–изготовителями и ОКБ формирует потоки данных представленные в виде множества *АК_{ОБЩ}*.

АК_{ОБЩ} состоит из обработанной и необработанной информации. Необработанная информация представляет собой данные, генерируемые непосредственно АТ в ходе эксплуатации такие, как параметрическая информация, в последующем обрабатываемая организационной структурой, ответственной за объективный контроль, и результаты работы системы мониторинга АТ. Также к необработанным данным относятся данные по заменам компонентов и их наработке, замечания летного состава, записанные в бортовой журнал (дефекты типа PIREPS).

Обработанная информация представляет собой формализованный поток данных, представленный в виде отчетов организационных структур, ответственных за организацию и планирование ПЛГ и ТОиР АТ, результаты работы отделов логистики, надежности и объективного контроля.

При подписании договора на проведение работ ТОиР АТ, эксплуатант АТ передает всю необходимую ЭД в виде множеств *T_{ЭД}* и *G_{ЭД}*. В случае изменения в ЭД в виде бюллетеней, директив летной годности или изменения в КД, эксплуатант АТ передает операторам ТОиР АТ информацию в виде множества *Э_{доп}*.

В свою очередь, в процессе проведения работ ТОиР АТ как оперативного, так и регламентного ТО, оператор ТОиР АТ формирует потоки данных в виде множеств *ТО_{ОБЩ}*.

$ТО_{ОБЩ}$ представляет собой множество всей информации как текстовой, так и графической, формируемой в ходе выполнения работ ТОиР АТ. $ТО_{ОБЩ}$, так же как и $АК_{ОБЩ}$, состоит из обработанной и необработанной информации.

Необработанная информация в $ТО_{ОБЩ}$ состоит из оцифрованных записей по выявленным дефектам (дефекты типа MAREPS), записей по выполненным работам, заменённым компонентам и их количеству, времени наработки в виде трех параметров:

1. Время с момента установки;
2. Время с момента ремонта;
3. Время с момента первого использования.

Данная информация в последующем обрабатывается и формализуется в виде отчетов и экспертных решений.

Обработанная информация $ТО_{ОБЩ}$ состоит из формализованной отчетности, поставляемой эксплуатанту АТ.

На основе получаемой информации как от внутренних организационных структур в виде множества $АК_{ОБЩ}$ и множества информации, поступающей от оператора ТОиР АТ, организационные структуры эксплуатанта АТ, ответственные за ПЛГ, формируют экспертные решения, на основе которых производится устранение дефектов, решение которых не описано в документации, а также вносятся изменения в процессы ПЛГ и ТОиР АТ.

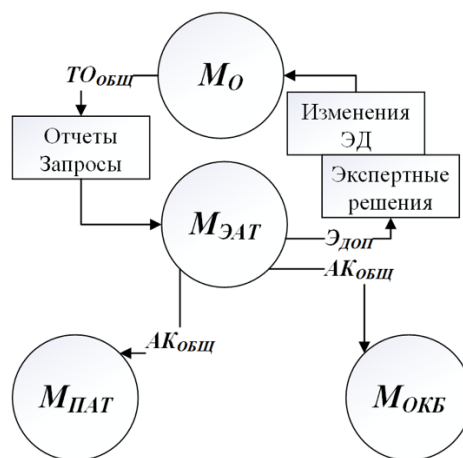


Рисунок 2.11 – Обмен информацией между эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ

Рассмотрим формирование потоков данных при взаимодействии эксплуатанта АТ, оператора ТОиР АТ, завода–изготовителя и ОКБ (Рисунок 12).

При взаимодействии эксплуатанта АТ с заводом–изготовителем и ОКБ формируются множества $AK_{общ}$, в которые также включены множества $TO_{общ}$. Информация передается как в виде необработанной информации, так и в виде отчетов и запросов. Запросы представляют собой формализованные документы, включающие в себя вопросы по проведению работ ПЛГ и ТОиР АТ, совершенствованию конструкции АТ и его эксплуатации, а также всей необходимой информации для дальнейшего анализа силами организационных структур завода–изготовителя и ОКБ ответственные за ПЛГ и ТОиР АТ.

В свою очередь завод–изготовитель и ОКБ производят анализ поступающей информации, формируя дополнительные потоки данных $T_{доп}$ и $G_{доп}$ как в виде изменения документации, в том числе эксплуатационной в виде $Э_{доп}$, так и виде РНО, директив летной годности и извещений. $Э_{доп}$ в виде изменения ЭД и экспертных решений передается эксплуатанту АТ, который в свою очередь на основе полученных данных формирует изменения в стратегию ПЛГ и ТОиР АТ и формирует собственные экспертные решения. На основе полученной $Э_{доп}$ формируются изменения в ЭД у оператора ТОиР.

Формирование потоков данных с учетом внедрения распределенной организационной структуры, БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ рассматривается в третьей главе.

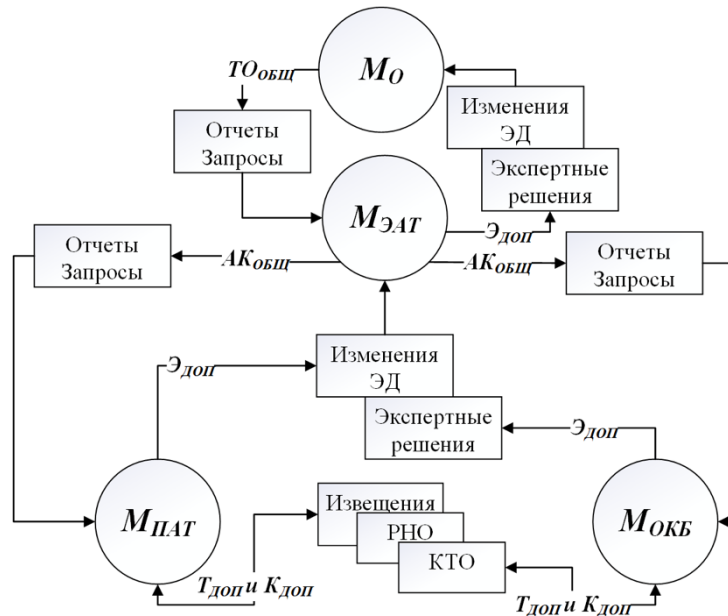


Рисунок 2.12 – Обмен информацией между эксплуатантом АТ, оператором ТОиР АТ, заводом– изготовителем и ОКБ

При подписании соответствующих договоров руководство АК может посчитать, что информация по полетам, полетная информация (ПИ), информация по расходу топлива, маршруты и поле операционной деятельности могут послужить в дальнейшем средством конкурентной борьбы. В таком случае информация от АК в сторону заводов–изготовителей и ОКБ может быть частично анонимизирована (Рисунок 13). Анонимность собираемых потоков данных, правила разделения ролей, доступ к данным и последующий контроль за доступом к информации позволит включить большее число эксплуатантов АТ в создание БЗ типа АТ, СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также позволит включить экспертов данных эксплуатантов в распределенную организационную структуру ПЛГ и ТОиР АТ.

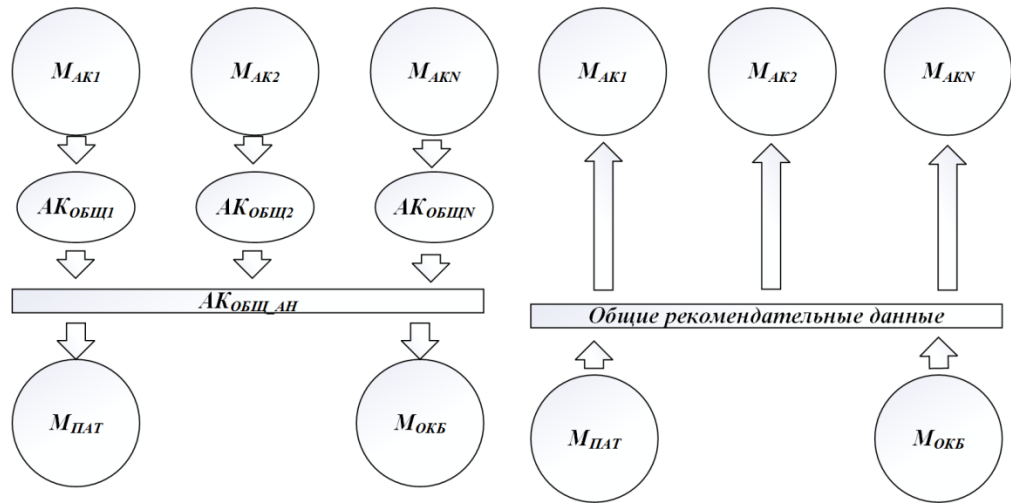


Рисунок 2.13 – Обмен информацией между эксплуатантами АТ, заводом–изготовителем и ОКБ с использованием анонимизирующего буфера

В случае если эксплуатант АТ готов делиться большим количеством информации, а именно полем операционной деятельности, данные по расходу топлива, данные по выполняемым работам (частично анонимизированные), завод–изготовитель, ОКБ и распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ, которая будет представлена далее, смогут формировать более качественные экспертные решения на основе большего количества поступающей информации (Рисунок 14).

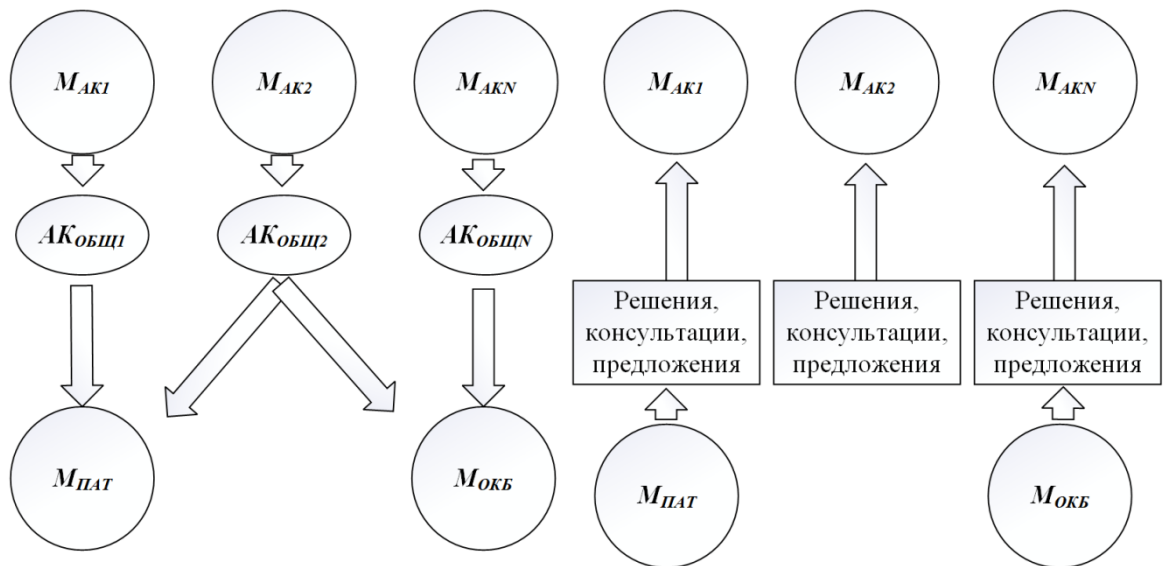


Рисунок 2.14 – Обмен информацией между эксплуатантами АТ и заводом–изготовителем и ОКБ без анонимизирующего буфера

2.2.4 Общее представление о работе моделей ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим принципы работы модели на примере формирования задач для проведения работ ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 15).

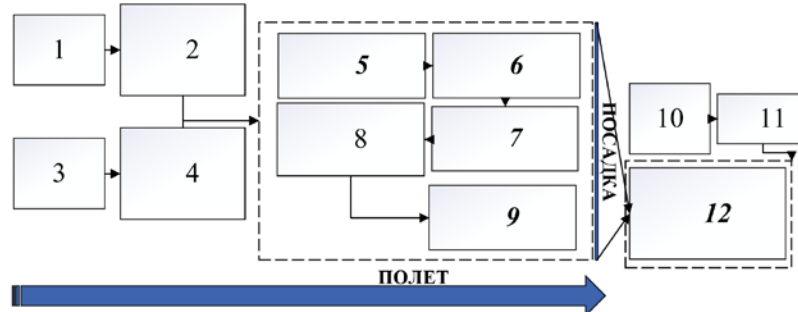


Рисунок 2.15 – Формирование задачи ПЛГ и ТОиР АТ на основе предложенной модели

Пункт 1. В ходе выполнения полета пилоты записывают все дефекты, возникающие в процессе, в бортовой журнал (technical log book). (Рисунок 16).

Пункт 2. В то же время автоматизированные системы контроля (АНМ) формируют и отправляют дефекты, ошибки и отказы систем, возникающие в ходе выполнения полета (Рисунок 17).

defect_type	defect_item	status	chapter	defect_description
PILOT		1 CLOSED	32	"GEAR TILT" EICAS MSG AFTER TAKE OFF
PILOT		1 CLOSED	32	"GEAR TILT" EICAS MSG AFTER T/OFF
PILOT		1 CLOSED	32	EICAS MSG "GEAR TILT" AFTER TAKE OFF

Рисунок 2.16 – Дефекты, записываемые в бортовой журнал летным экипажем

Message C	Message Text	Airline	Airplane	Report Date
32723	L BODY GEAR TILT LVRLK PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL FLT (PSEU)	ABM	RC606	25.08.2021 20:14
32669	L BODY GEAR TRUCK TILT PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL (PSEU)	ABM	RC606	25.08.2021 20:14
32709	L BODY GEAR TRUCK TILT ALTERNATE PROX SWITCH TARGET FAIL (PSEU)	ABM	RC606	25.08.2021 20:14
32669	L BODY GEAR TRUCK TILT PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL (PSEU)	ABM	RC606	25.08.2021 20:14
32709	L BODY GEAR TRUCK TILT ALTERNATE PROX SWITCH TARGET FAIL (PSEU)	ABM	RC606	25.08.2021 20:14
NO COR		ABM	RC606	25.08.2021 20:14
32723	L BODY GEAR TILT LVRLK PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL FLT (PSEU)	ABM	RC606	26.08.2021 4:44
32723	L BODY GEAR TILT LVRLK PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL FLT (PSEU)	ABM	RC606	26.08.2021 4:44
32723	L BODY GEAR TILT LVRLK PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL FLT (PSEU)	ABM	RC606	27.08.2021 4:44
32723	L BODY GEAR TILT LVRLK PRIMARY PROX SWITCH TARGET FAIL FLT (PSEU)	ABM	RC606	27.08.2021 4:45

Рисунок 2.17 – Дефекты, ошибки и отказы систем, формируемые автоматизированными системами контроля (АНМ)

Пункт 3. Обращение летного состава форматируется, удаляются все служебные символы, далее проверяется вхождение текста описания дефекта с текстовым множеством ЭД (Рисунок 18).

$$T_{\text{def}X} \in T_{\text{ЭД}} \quad (2.42)$$

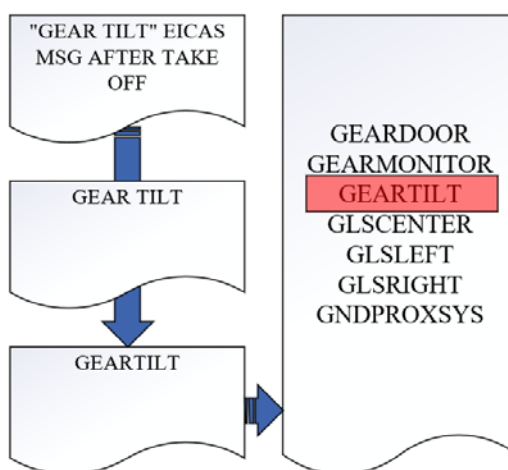


Рисунок 2.18 – Проверка наличия дефекта $T_{\text{def}X}$ в словаре дефектов в множестве $T_{\text{ЭД}}$

Пункт 4. Проверяется входимость текста дефекта, ошибки или отказа системы АТ, сформированные автоматизированными системами контроля в множествах $T_{\text{АНМ}}$ и T_{MEL} , которые являются подмножествами $T_{\text{ЭД}}$.

$$\begin{aligned} T_{\text{def}X} &\in T_{\text{АНМ}}; \\ T_{\text{def}X} &\in T_{\text{MEL}}; \end{aligned} \quad (2.43)$$

Где

$$\{T_{\text{АНМ}}, T_{\text{MEL}}\} \subset T_{\text{ЭД}}$$

Пункт 5. В случае если текст дефекта от пилотирующего экипажа или автоматизированных систем контроля входит в множество $T_{\text{ЭД}}$, происходит формирование множества текстовых данных для элемента X , в том числе текстовые данные из конструкторской, технологической, эксплуатационной документации и документации стандартов. Также формируется набор статистических данных для заданного дефекта:

$$T_X = \{A_X, B_X, C_X, T_{\text{стат}X}\};$$

Где

$$T_X \subset T_{\text{общ}};$$

$$T_{\text{общ}} = \{T_{\text{КД}}, T_{\text{ТД}}, T_{\text{ЭД}}, T_{\text{СТАНДАРТ}}\}$$

(2.44)

Пункт 6. Таким же образом, как и формирование текстовых данных, формируются графические данные для дефекта X .

$$G_X = \{AG_X, BG_X, CG_X\};$$

Где

$$G_X \subset G_{\text{общ}};$$

$$G_{\text{общ}} = \{G_{\text{КД}}, G_{\text{ТД}}, G_{\text{ЭД}}, G_{\text{СТАНДАРТ}}\}$$

(2.45)

Пункт 7. Формируется список задач для дефекта X на основе данных из множества алгоритмов проведения работ $A_{\text{ЭД}}$.

$$A_X = \{A_1, A_2, A_N\};$$

Где

$$A_X \subset A_{\text{ЭД}};$$

(2.46)

Пункт 8. Производится проверка текста дефекта $T_{\text{деф}X}$ на наличие в списках отложенных дефектов, который является подмножеством множества T_{MEL} . В случае если дефект возможно отложить, то из множеств $T_{\text{ЭД}}$ и $T_{\text{СТАНДАРТ}}$ формируется список ограничений на эксплуатацию АТ для заданного дефекта.

Если

$$T_{\text{деф}X} \in T_{\text{некрит}}$$

Где

$$T_{\text{некрит}} \subset \{T_{\text{ЭД}}, T_{\text{СТАНДАРТ}}\}$$

То

$$T_{\text{отл}X} = \{T_{\text{огр}1}, T_{\text{огр}2}, T_{\text{огр}N}\}$$

(2.47)

Пункт 9. На основе сформированных множеств для дефекта X формируется множество задач Z_X , если есть ограничения по дефекту, формируются ограничения $T_{\text{отл}X}$. Так как за один полет может сформироваться несколько замечаний, дефектов и отказов систем как со стороны летного состава, так и со стороны автоматизированных систем контроля, формируется общий список задач для N элементов и общий список ограничений для отложенных дефектов.

$$\begin{aligned}
 Z_X &= \{T_X, \Gamma_X, A_X\} \\
 &T_{отлX} \\
 Z_{ОБЩ} &= \{Z_X, Z_Y, Z_n\} \\
 T_{ОТЛ} &= \{T_{отлX}, T_{отлY}, T_{отлn}\}
 \end{aligned}
 \tag{2.48}$$

Пункт 10. После посадки при выполнении оперативного ТО, наземный персонал также проводит поиск дефектов, отказов и ошибок (Рисунок 19).

Пункт 11. Текст дефектов формируется аналогично дефектам, получаемым от летного состава, и проверяется на входимость в множество текстовой эксплуатационной документации.

$$T_{дефX} \in T_{ЭД} \tag{2.49}$$

defect_type	defect_item	status	chapter	defect_description
MAINT	1	CLOSED	5	ICA ENG 1, ENG 4 CAME ON
MAINT	1	CLOSED	21	EE CLNG BYPASS, EE 3WAY VLV DURING MAINT FOUND BALL
MAINT	1	OPEN	25	PANEL IN AFT C/C STA 1920 R/H DAMAGED
MAINT	1	CLOSED	25	DURING MAIN DECK INSP FOND: BTU (8EA) DAMAGED
MAINT	1	CLOSED	25	DURING MAIN DECK INSP FOUND 2 LOCKING UNITS DAMAGED
MAINT	1	CLOSED	26	STS MSG ENG 3 FIRE LP A TIME TO TIME IN FLIGHT
MAINT	1	CLOSED	28	OVRD FWD 3 FUEL PUMP EICAS MSG
MAINT	1	OPEN	28	STS MSG FUEL TEMP

Рисунок 2.19 – Дефекты, выявляемые наземным составом в ходе проведения оперативного ТО

Пункт 12. В случае если наземным персоналом найдены дефекты, ошибки или отказы систем АТ, задачи формируются аналогично задачам для дефектов, выявленных летным составом и автоматизированными системами контроля.

$$\begin{aligned}
 Z_X &= \{T_X, \Gamma_X, A_X\} \\
 &T_{отлX} \\
 Z_{ОБЩ} &= \{Z_X, Z_Y, Z_n\} \\
 T_{ОТЛ} &= \{T_{отлX}, T_{отлY}, T_{отлn}\}
 \end{aligned}
 \tag{2.50}$$

Таким образом, используя предложенные модели и в дальнейшем БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ, появляется возможность формировать задачи ПЛГ и ТОиР АТ прямо во время выполнения полета и формировать задачи по подтверждению дефектов для наземного персонала.

2.3 Концептуальное описание модели ПЛГ и ТОиР АТ

Создание математической модели процессов ПЛГ и ТОиР АТ сопряжено со сложностями, обусловленными особенностями отрасли самолетостроения и эксплуатации АТ:

1. Сложность производства запасных деталей и запчастей. Конструктивными особенностями деталей АТ являются их большие габариты, малая жесткость, сложность геометрических форм. К деталям применяются жесткие требования по прочности, надежности и другим параметрам. В то же время спрос на запасные части является нелинейным, так как из-за сложности эксплуатации АТ и большого количества систем и компонентов прогнозирование необходимого количества запасных частей не всегда является возможным;

2. Сложность формирования программ ТОиР и ПЛГ АТ. Формирование программ ПЛГ и ТОиР АТ включает в себя согласование с производителем АТ и авиационными властями. Программы ПЛГ и ТОиР АТ постоянно развиваются и совершенствуются как со стороны производителей в виде выпуска бюллетеней и директив летной годности, так и со стороны эксплуатанта в виде внесения изменений в выполнение и контроль программы ТО, изменение количества и ассортимента компонентов, хранящихся на складах эксплуатанта АТ, а также изменения часов наработки для компонентов;

3. Большое количество информации, формируемой в ходе эксплуатации АТ. В ходе ежедневной эксплуатации АТ формируется огромное количество информации, в том числе информация по возникающим дефектам, отчеты автоматизированных систем контроля, информация по контролю, замене и обороту компонентов АТ, а также отчеты служб объективного контроля и инжиниринга. Большая часть данной информации используется непосредственно самим эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ. В то же время производитель АТ для анализа получает только необходимый перечень данных, которые поступают с определенной периодичностью;

4. Отсутствие взаимодействия между эксплуатантами АТ и отсутствие связи между операторами ТОиР АТ и производителями АТ. В современном подходе к ПЛГ и ТОиР АТ эксплуатант АТ передает всю необходимую информацию оператору ТОиР только через себя, отсутствует прямая связь между операторами ТОиР и производителями АТ. В то же время эксплуатанты АТ имеют только ограниченную связь между собой в виде общих статистических данных и системы запросов, которые могут просматривать другие эксплуатанты АТ.

Для минимизации существующих сложностей предлагается концепт модели на основе обобщенной БД (Рисунок 20). Рассмотрим данные, вносимые в БД.

Цифробуквенное обозначение КД представляется в виде текстовой модели $T_{КД}$ и графическая составляющая в виде $G_{Общ}$ для проведения работ по ремонту и обслуживанию АТ. ОКБ при разработке сразу вносит КД в БД, также конструкторские отделы завода–изготовителя и ОКБ вносят изменения в ходе производства АТ.

Технологическая документация $T_{ТД}$. Завод–изготовитель вносит часть технологической документации по запасным деталям. В случае кооперации по производству АТ данная информация позволит быстро запустить в производство необходимые запасные части на другом производстве, участвующем в кооперации.

Информация по наработке элементов АТ и данные по ТО предоставляются эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ.

Информация по доработкам представляется в виде бюллетеней и разрабатывается совместно ОКБ и заводом–изготовителем. Благодаря общей БД инженерно–авиационная служба (ИАС) эксплуатанта может сразу получить информацию по доработке, а вкупе с наличием КД и технологического процесса появляется возможность автоматизировано формировать бюллетени на доработку.

На основе данной БД основана текстовая модель $T_{Общ}$, по которой производится поиск, по ключевым словам, также туда включены элементы $G_{Общ}$ для формирования графической части.



Рисунок 2.20 – Формирование БД на основе предложенных моделей

2.3.1 Формализованное представление разработанной модели ПЛГ и ТОиР АТ

Модель обобщенной БД отражает предметную область автоматизированного построения бизнес–отношений между всеми участниками ПЛГ и ТОиР АТ.

$$M_{БД} = \{ \mathit{ЭД}_{Общ}, \mathit{КД}_{Общ}, \mathit{ТД}_{Общ}, \mathit{СТАНДАРТ}_{Общ}, \mathit{АК}_{Общ}, \mathit{ТО}_{Общ}, \mathit{М}_{Изг}, \mathit{М}_{Ак}, \mathit{М}_{Обк}, \mathit{М}_{Оп} \} \quad (2.51)$$

$\mathit{ЭД}_{Общ}$ – множество ЭД. Представляет собой единичные графические и текстовые данные, используемые при эксплуатации АТ и проведении ПЛГ и ТОиР АТ. Текстовая часть является служебной частью модели для индексации процессов и быстрого поиска необходимых операций или процессов, также для формирования моделей алгоритмов $\mathit{А}_{Общ}$, модели минимально исправного оборудования MEL T_{MEL} , модели автоматизированной системы контроля $\mathit{T}_{Анм}$. Графическая часть необходима для формирования графической составляющей задач ТОиР АТ.

$\mathit{КД}_{Общ}$ – множество конструкторской документации. Представляет собой единичные графические и текстовые данные, в виде группы подмножеств,

имеющих между собой связанные элементы. Их связанность обусловлена взаимосвязью с элементами КД изделия.

ТД_{Общ} – множество ТД. Представляет собой множество графической и текстовой информации, связанной с технологической документацией изделия АТ.

СТАНДАРТ_{Общ} – множество стандартов. Включает в себя множество графической и текстовой информации, включенной в государственные и межгосударственные стандарты.

М_{Изг} – модель заводов–изготовителей. Участвует при моделировании процессов передачи информации.

М_{Ак} – модель эксплуатантов АТ. Участвует при моделировании процессов передачи информации.

М_{Оп} – модель оператора ТОиР АТ. Участвует при моделировании процессов передачи информации.

М_{Окб} – модель ОКБ. Участвует при моделировании процессов передачи информации.

2.3.2 Формальное описание модели ПЛГ и ТОиР АТ

Основой классификации является упорядочивание объектов. На данном этапе диссертационного исследования предлагается классифицировать объекты как реальные модели, чертежи и детали, так и их представление в виде множества математических объектов.

В первом случае классифицируем объекты множеств иерархическим методом, разделяя их по заданным параметрам от общих множеств на множество более мелких подмножеств.

На рисунке 47 показана иерархическая классификация одного из подмножеств $T_{КД}$, а именно $T_{КД_КРЫЛО}$ и связанные с ней $\Gamma_{КД_КРЫЛО}$, которую в свою очередь разделено на $\Gamma_{ЭЧ_КРЫЛО}$ и $\Gamma_{ЭМ_КРЫЛО}$. Все указанные множества разделяются на подмножества стрингеров, лонжеронов и нервюр, которые в свою очередь делятся на единичные детали (Рисунок 21).

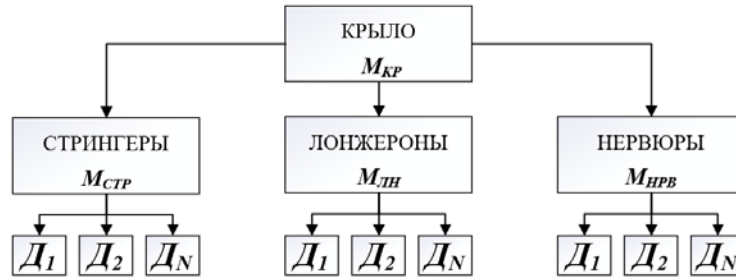


Рисунок 2.21 – Иерархическая классификация множеств и подмножеств элементов конструкции АТ

На рисунке 48 показана иерархическая классификация подмножества $T_{PЭ}$,

$$T_{PЭ} \subset T_{ЭД} \quad (2.52)$$

которая делится на подмножества этапов, в каждом из этапов конечными элементами являются операции $T_{PЭ11} - T_{PЭNM}$ (Рисунок 22).

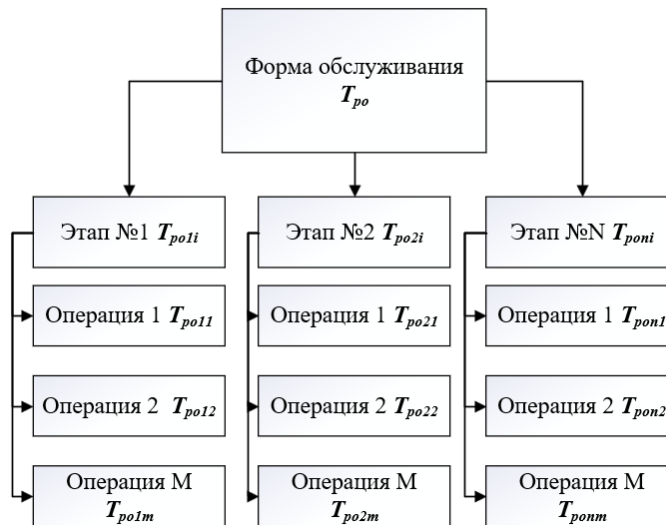


Рисунок 2.22 – Иерархическая классификация подмножеств и множеств элементов работ ТОиР АТ

Особенностью данного метода является жесткая связь между отдельными классификационными группами, выявляемая через общность и различие существенных признаков. В основе деления исходного множества на подмножества лежит уровень (ступень, этап) классификации, который образует

совокупность таксонов. Каждый уровень и каждый таксон обусловлены своим существенным признаком.

2.3.3 Выводы

Формирование моделей согласованного взаимодействия и моделей принятия решений проектных решений в системе эксплуатации АТ позволили устранить противоречия, возникающие в ОТС ТООР АТ что подтверждено расчетами на примере предприятия «Волга-Днепр». Устранение противоречий при взаимодействии участников процессов ТООР АТ позволило перейти к подготовке моделей потоков данных для дальнейшего формирования БД и БЗ типа АТ, а также формировать алгоритмы работы СППР ТООР АТ.

Сформированные потоки данных между участниками, а также модели взаимодействия участников ТООР с сформированными потоками данных позволили:

1. Консолидировать потоки информации между всеми участниками СППР и ПЛГ ТООР типа АТ;
2. Направлять потоки данных между участниками через единый узел с целью формирования единой БЗ и СППР ПЛГ и ТООР АТ;
3. Формировать новые потоки данных с целью формирования новой распределенной организационной структуры, ответственной за анализ ПЛГ и ТООР АТ;
4. Автоматизировать процессы формирования задач ПЛГ и ТООР АТ;
5. Автоматизировать процессы подачи запросов и передачи данных для анализа распределенной организационной структурой, ответственной за ПЛГ и ТООР АТ.

Глава 3. Создание методики формирования модели базы знаний в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники

В данной главе рассмотрены вопросы методического характера, связанные с использованием математической модели и программного продукта, предлагаемые в диссертационном исследовании. Рассмотрены вопросы, связанные с созданием методики знаний ПЛГ и ТОиР АТ, алгоритмом формирования СППР ПЛГ и ТОиР АТ на основе математических моделей, предложенных в главе 2. Рассмотрены вопросы взаимодействия организационных структур, ответственных за ПЛГ и ТОиР АТ, с целью формирования базы знаний и СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также с целью формирования распределенной организационной структуры и анализа ПЛГ и ТОиР АТ.

3.1 Структурно–функциональная детализация процесса формирования единой базы данных ПЛГ и ТОиР АТ

В главе 2 было предложено взаимодействие участников процессов ПЛГ и ТОиР АТ через сформированные математические модели $M_{ИЗГ}$, $M_{ОКБ}$, $M_{АК}$ и $M_{ОП}$, потоки данных в виде текстовых ($T_{ОБЩ}$) и графических ($G_{ОБЩ}$) множеств и алгоритмов ($A_{ОБЩ}$). В свою очередь формируемая единая БД СППР и ПЛГ ТОиР АТ представляет собой:

$$M_{БД} = \{ЭД_{ОБЩ}, КД_{ОБЩ}, ТД_{ОБЩ}, СТАНДАРТ_{ОБЩ}, АК_{ОБЩ}, ТО_{ОБЩ}, M_{ИЗГ}, M_{АК}, M_{ОКБ}, M_{ОП}\} \quad (3.1)$$

Рассмотрим процесс наполнения единой БД с целью дальнейшего формирования БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

При проектировании и опытном производстве ОКБ формирует КД, ТД и ЭД. Также формируется база стандартов, представляющая собой базу всех государственных и межгосударственных стандартов, требований и законов, связанных с данным типом АТ (Рисунок 1).

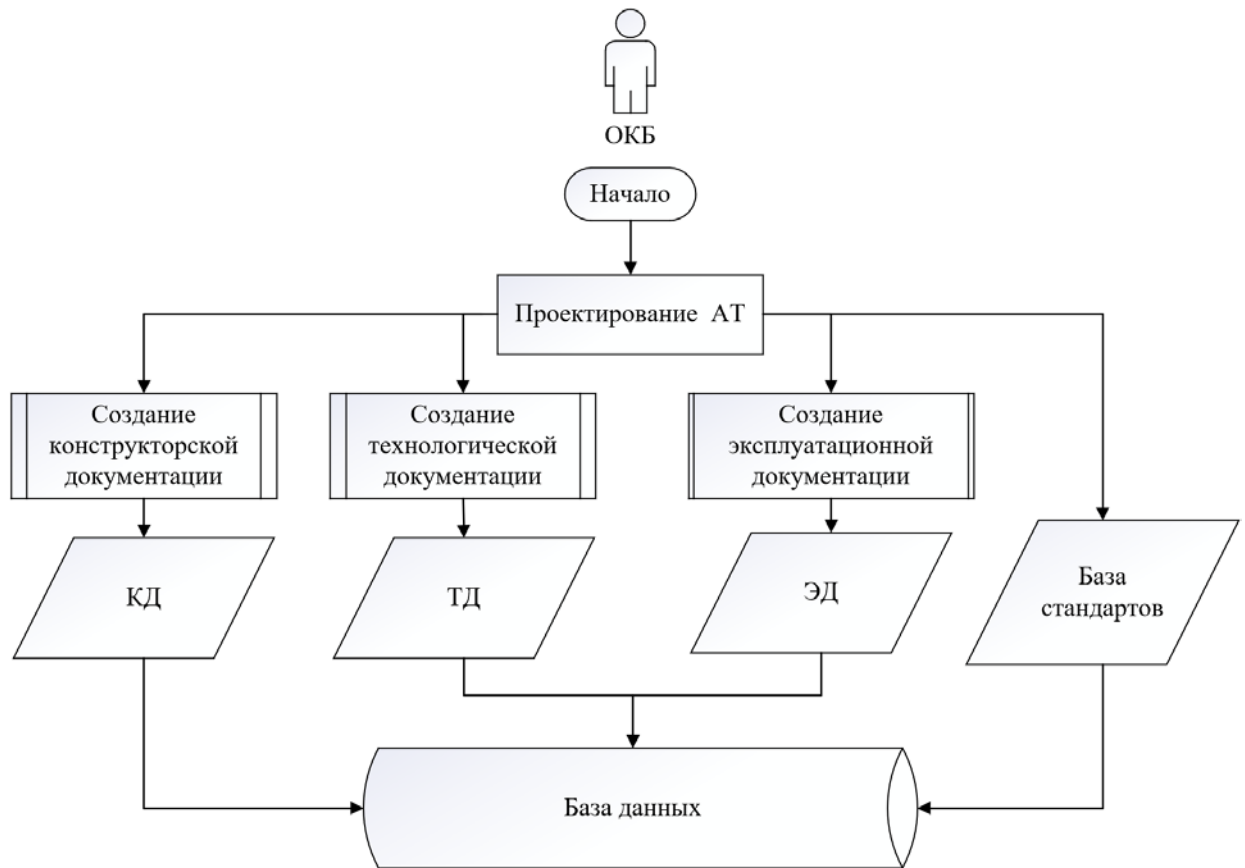


Рисунок 3.1 – Формирование единой БД типа АТ в процессе проектирования АТ

Организационные структуры завода–изготовителя после получения данных от ОКБ производят проработку полученной документации (Рисунок 2). Во время как опытного, так и серийного производства, организационные структуры завода–изготовителя, ответственные за сопровождение КД, формируют предложения по изменению КД. Отделы, ответственные за технологическое сопровождение изделия и создание оснастки, формируют предложения по изменению ТД. Отделы, ответственные за формирование ЭД и взаимодействие с эксплуатантами АТ, формируют предложения по изменению ЭД. Все предложения согласовываются с ОКБ и также загружаются в единую БД типа АТ.

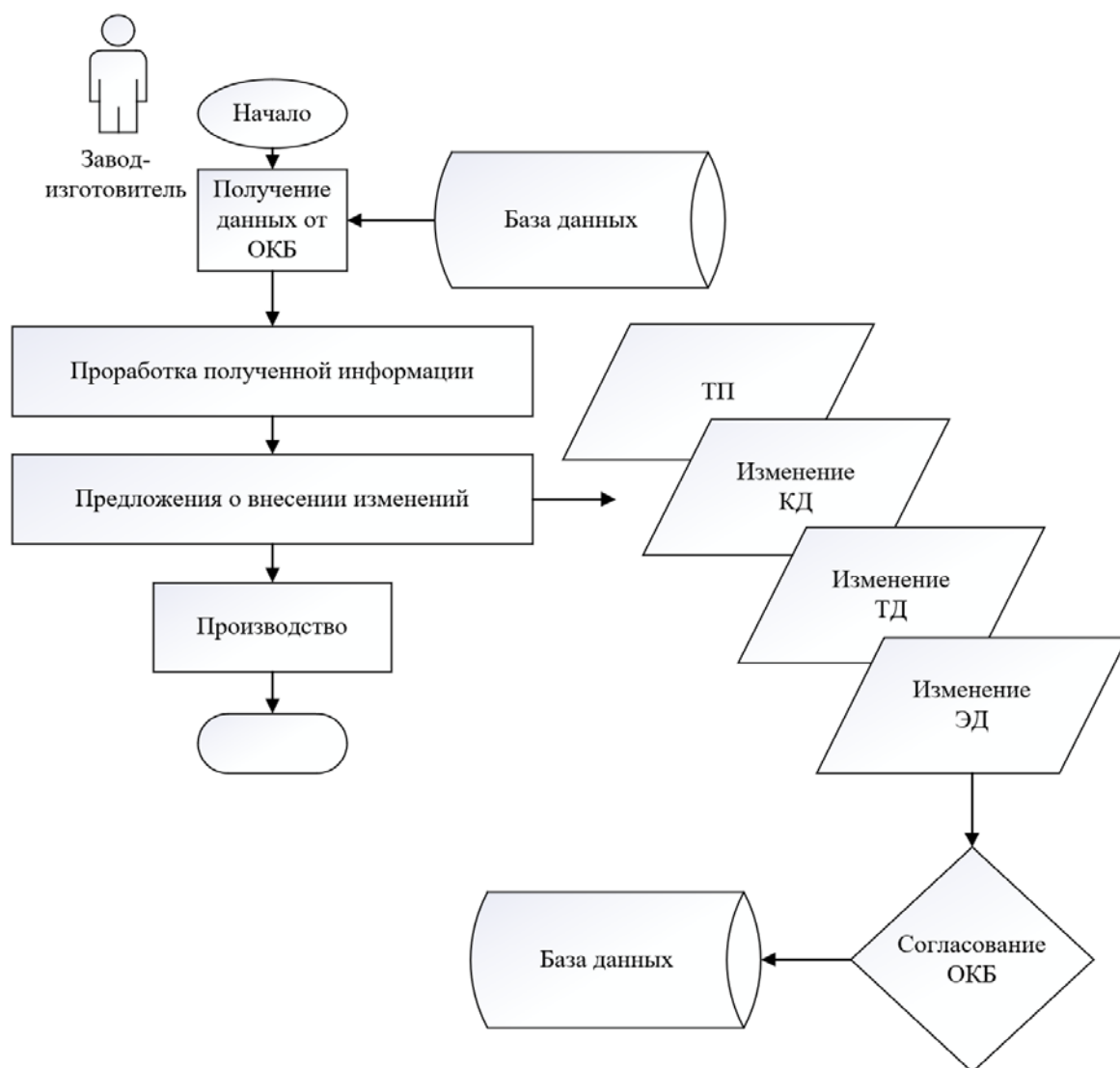


Рисунок 3.2 – Формирование единой БД типа АТ в процессе проектирования АТ

Так как в современном проектировании и производстве АТ повсеместно используется product life management (PLM) технологии [45] [68] [92] [100] [102] [123] подразумевается одновременная загрузка информации как в PLM системы, используемые ОКБ и заводами–изготовителями, так и в единую БД типа АТ. При проектировании КД конструктор помимо загрузки в БД ОКБ или в БД завода–изготовителя загружает КД в единую БД типа АТ (Рисунок 3).

КБ и ТБ завода–изготовителя, ответственные за разработку оснастки, технологических процессов, РЛЭ, РЭ, РО и внесения изменений в КД, также могут загружать информацию одновременно в обе системы (Рисунок 4).

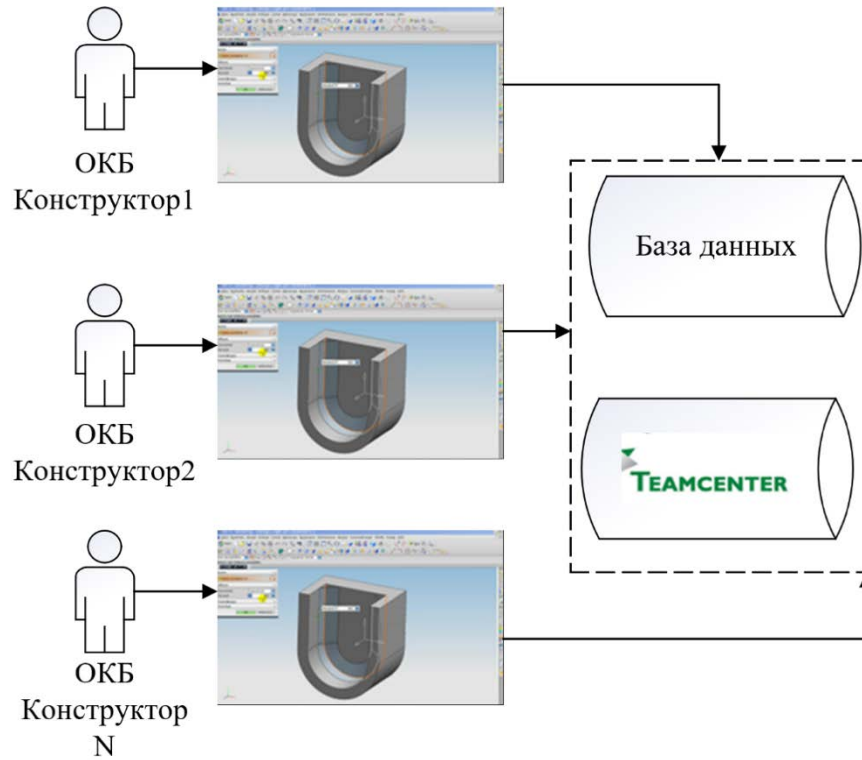


Рисунок 3.3 – Одновременная загрузка КД в PLM систему и в единую БД типа АТ

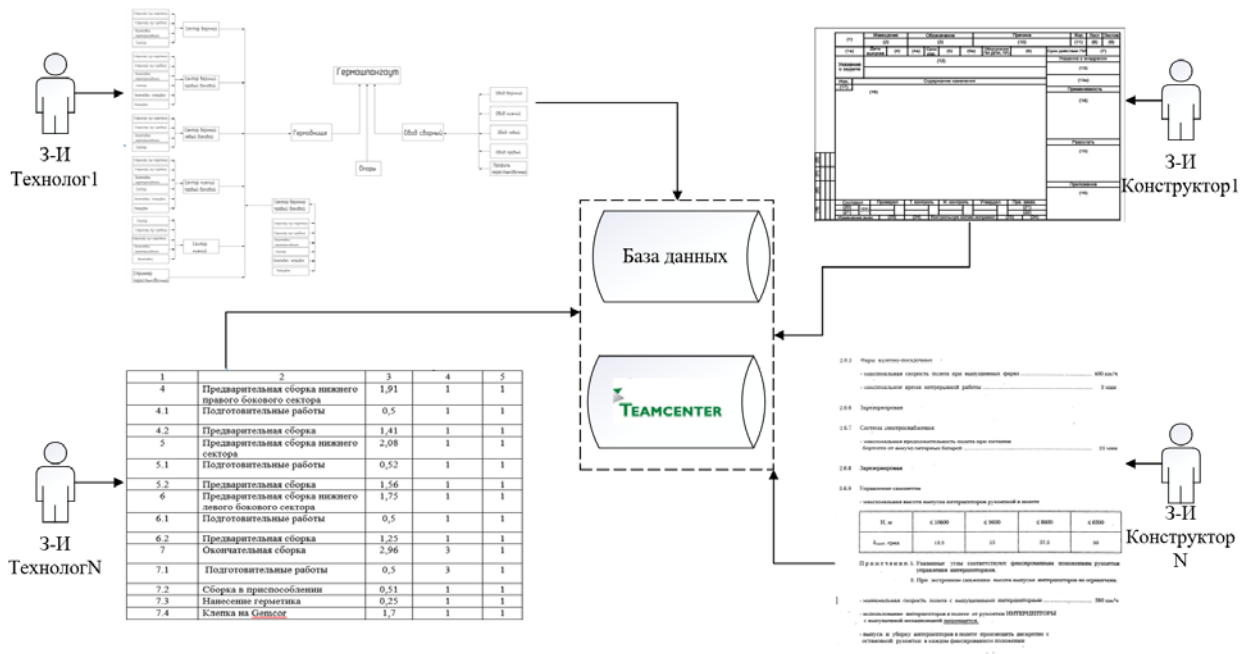


Рисунок 3.4 – Одновременная загрузка КД и ТД в PLM систему завода-изготовителя и в единую БД типа АТ

При эксплуатации типа АТ эксплуатанты и операторы ТОиР АТ также загружают данные, формируемые в ходе эксплуатации, проведения работ по ПЛГ и ТОиР АТ. В случае если эксплуатант АТ передает все данные по эксплуатации АТ, работе собственных служб, ответственных за ПЛГ АТ, а также всю отчетность, получаемую от оператора ТОиР АТ, загрузка информации в единую БД производится без анонимизирующего буфера (Рисунок 5). Если же оператор передает только ту информацию, которую обязан передавать согласно авиационному законодательству, то информация частично анонимизируется в анонимизирующем буфере (Рисунок 6–7).

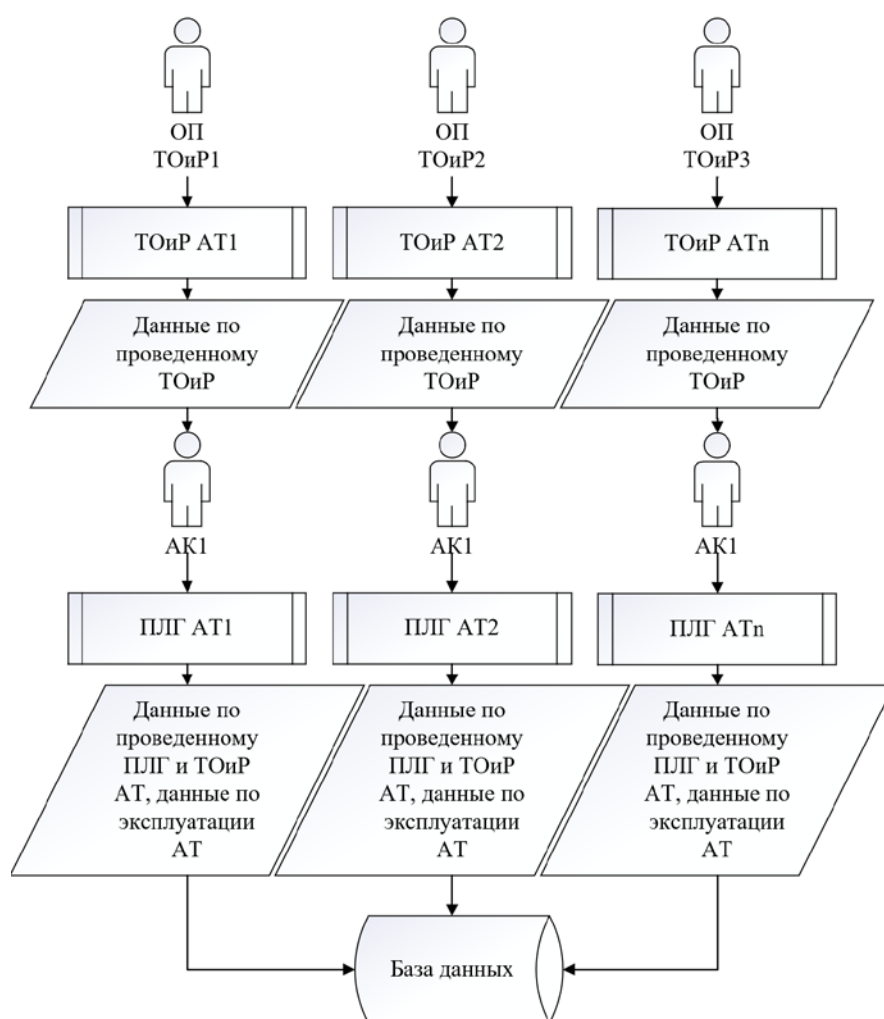


Рисунок 3.5 – Загрузка информации, формируемой в ходе эксплуатации АТ, в единую БД типа АТ без использования анонимизирующего буфера

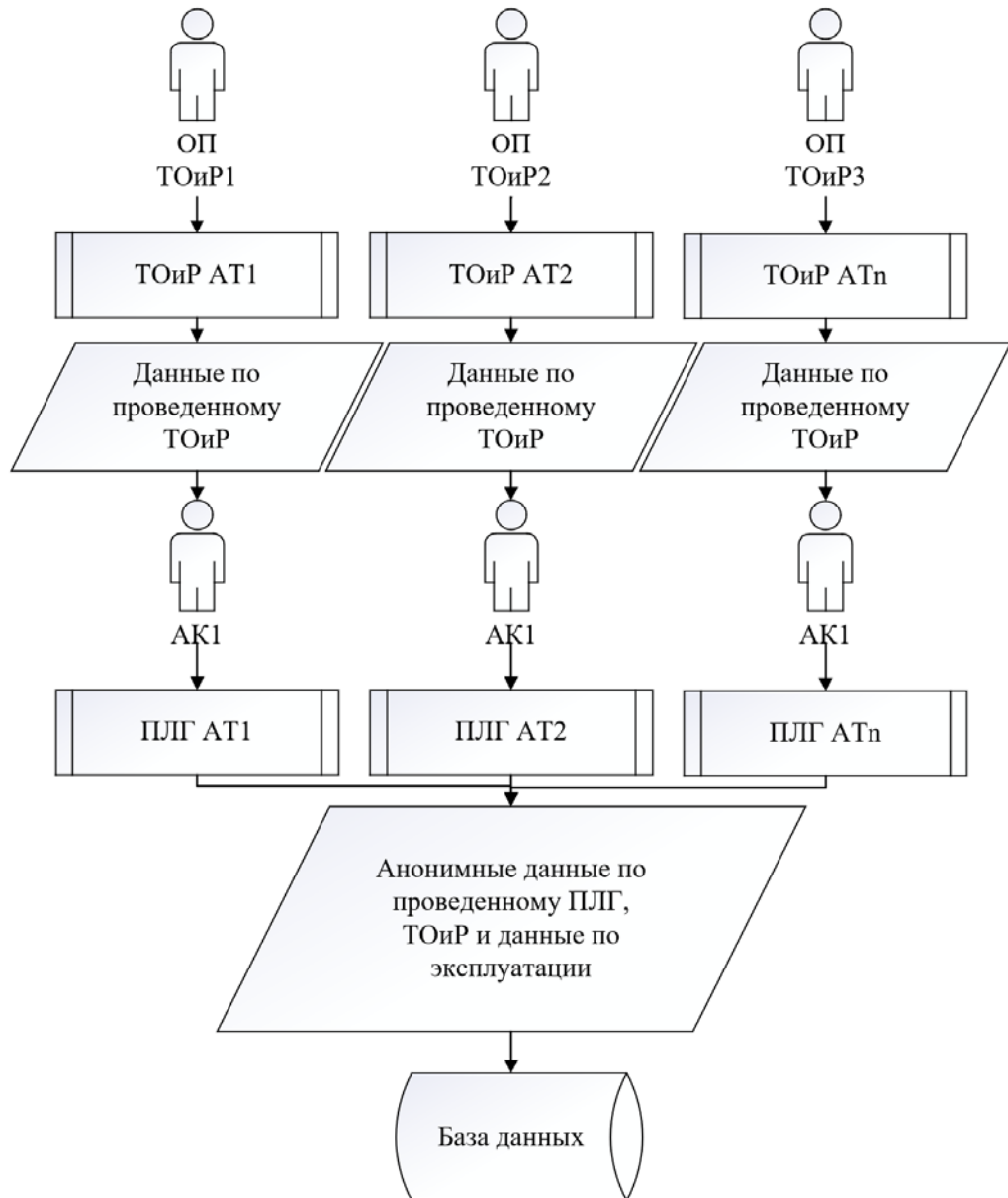


Рисунок 3.6 – Загрузка информации, формируемой в ходе эксплуатации АТ, в единую БД типа АТ с применением анонимизирующего буфера

AC	Date	Station	Defect
RA00001	11.01.2020	HKG	EICAS MSG ENG#2 START VLV DURING ENG START. ENGINE STARTED NORMALLY.
RA00002	12.01.2020	HKG	STS MSG: ENG#1 START VLV. STARTING AT DEPARTURE NO ENG#1 START
RA00003	13.01.2020	HKG	DURING ENGINES START EICAS MSG "ENG 2 START VLV"
RA00004	14.01.2020	HKG	ENG#2 AUTOSTART EICAS MSG
RA00005	15.01.2020	HKG	

➔

AC	Date	Station	Defect
XXXX	11.01.2020	XXX	EICAS MSG ENG#2 START VLV DURING ENG START. ENGINE STARTED NORMALLY.
XXXX	12.01.2020	XXX	STS MSG: ENG#1 START VLV. STARTING AT DEPARTURE NO ENG#1 START
XXXX	13.01.2020	XXX	DURING ENGINES START EICAS MSG "ENG 2 START VLV"
XXXX	14.01.2020	XXX	ENG#2 AUTOSTART EICAS MSG
XXXX	15.01.2020	XXX	

Рисунок 3.7 – Пример работы анонимизирующего буфера

В процессе жизненного цикла изделия вносятся изменения в документацию. Для дальнейшего анализа всей доступной информации распределенной организационной структурой, ответственной за ПЛГ и ТОиР АТ, необходима загрузка в единую БД типа АТ всех изменений, вносимых в КД, ТД, ЭД. Таким образом, эксплуатанты АТ всегда будут иметь доступ к самой последней версии ЭД, а участники распределенной организационной структуры смогут производить анализ эффективности изменений в КД, ТД и ЭД изделия (Рисунок 8).

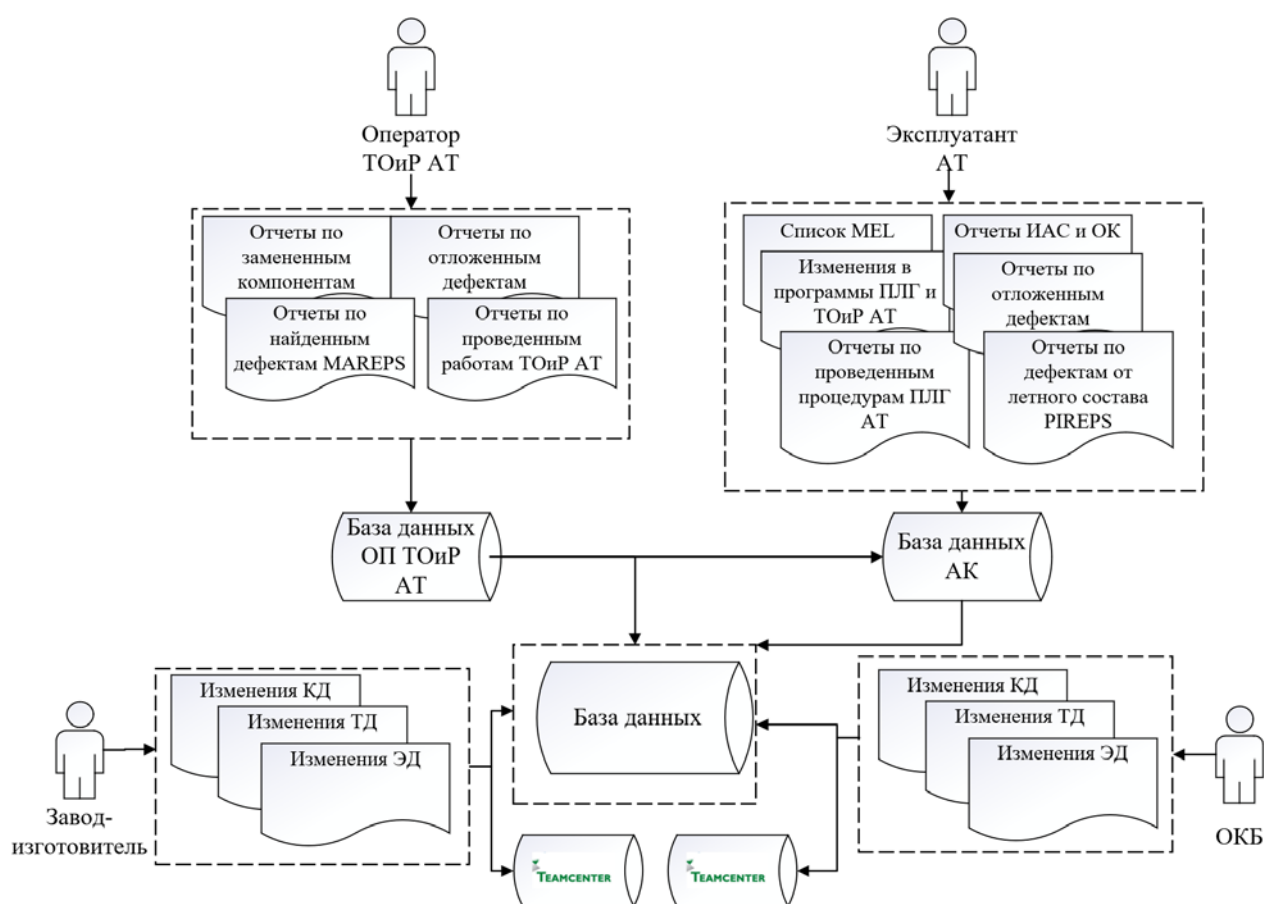


Рисунок 3.8 – Загрузка информации в единую БД типа АТ на этапе эксплуатации АТ

Оператор ТОиР АТ формирует данные в ходе проведения операций ТОиР АТ такие, как отчеты по заменам компонентов, отчеты по отложенным дефектам, отчеты по дефектам, найденным в процессе проведения оперативного и регламентного ТО (MAREPS), а также отчеты по проведенным работам ТОиР АТ. В свою очередь эксплуатант АТ формирует данные по изменению программы

ТОиР АТ, утверждению или изменению перечня минимально–исправного оборудования (MEL), отчеты по дефектам, выявленным летным составом (PIREPS), отчеты по проведенным процедурам ПЛГ и ТОиР АТ, а также отчеты от организационных структур, задействованных в управлении надежностью флота и объективным контролем.

3.2 Структурно–функциональная детализация процесса формирования распределенной организационной структуры, ответственной за процессы анализа ПЛГ и ТОиР АТ

С целью формирования базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ и формализации взаимодействия участников процессов ПЛГ и ТОиР АТ предлагается формирование единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ.

Организационная структура по своей природе является виртуальной, так как формируется не из сотрудников одной организации, а из сотрудников разных организаций, задействованных в процессах ПЛГ и ТОиР АТ. Каждая организация выделяет одного или нескольких специалистов, ведущих взаимодействие со специалистами других организаций, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ. Данные специалисты не обязательно являются экспертами в предметных областях. Специалист является связующим звеном между экспертами других организаций и организации, в которой он работает (Рисунок 9). В производстве и последующей эксплуатации АТ может присутствовать более одного участника каждого типа. Благодаря формированию единой распределенной организационной структуры возможно взаимодействие не только между разными типами участников, но и взаимодействие между участниками одного вида, например, совместный анализ эффективности программ ТОиР совместными усилиями ИАС нескольких эксплуатантов АТ.

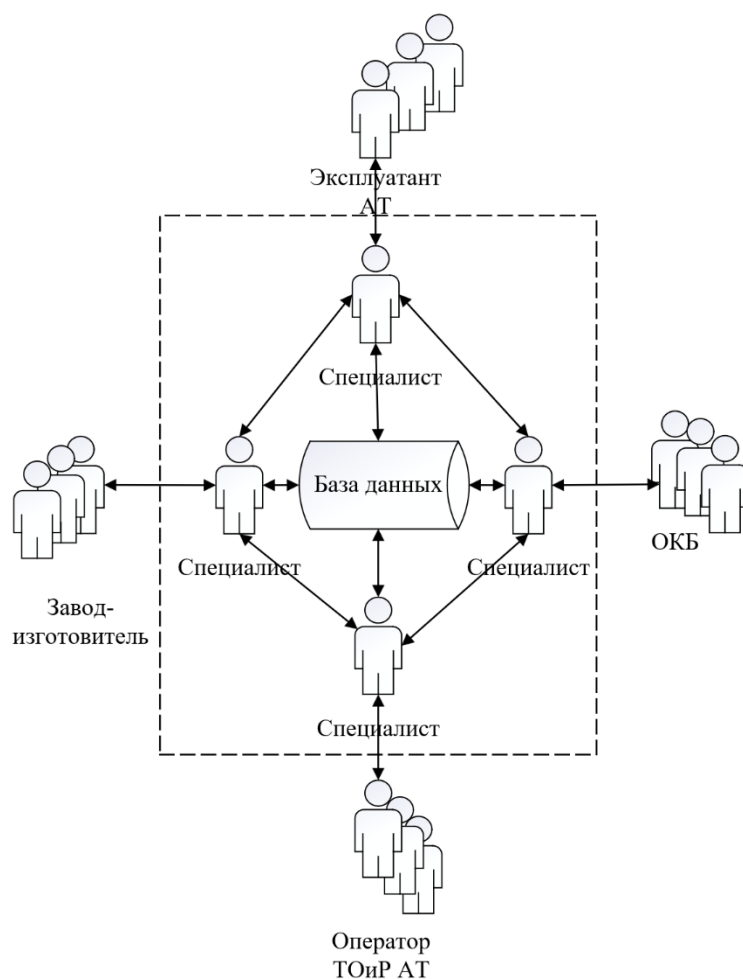


Рисунок 3.9 – Формирование единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим подход к взаимодействию специалиста единой распределенной организационной структуры с организацией, в которой он работает.

Взаимодействие специалиста единой распределенной организационной структуры и завода–изготовителя. При внедрении специалиста в данном типе организации подразумевается использование специалистов завода–изготовителя, связанных с послепродажным ТОиР АТ или систем АТ, в зависимости от направленности завода–изготовителя.

Рассмотрим взаимодействие между заводом–изготовителем, специалистом и остальными членами организационной структуры на примере завода–изготовителя АТ (Рисунок 10). Специалист, взаимодействуя с другими участниками единой распределенной организационной структуры, получает

данные по текущему состоянию флота типа АТ у всех эксплуатантов АТ, статистику по проведенным работам ТОиР АТ. На основе полученных данных, во-первых, ведется внутренний анализ поступающей информации, на основе результатов которого формируются предложения по изменению документации. Во-вторых, специалист привлекает экспертов при получении запросов от других участников единой распределенной организационной структуры для решения проблем и задач на флоте типа АТ.

Подобным образом формируется взаимодействие ОКБ и единой распределенной организационной структуры. При получении данных от остальных членов единой распределенной организационной структуры ведется анализ, на основе которого формируются изменения в документацию АТ и формируются решения для устранения проблем на флоте типа АТ.

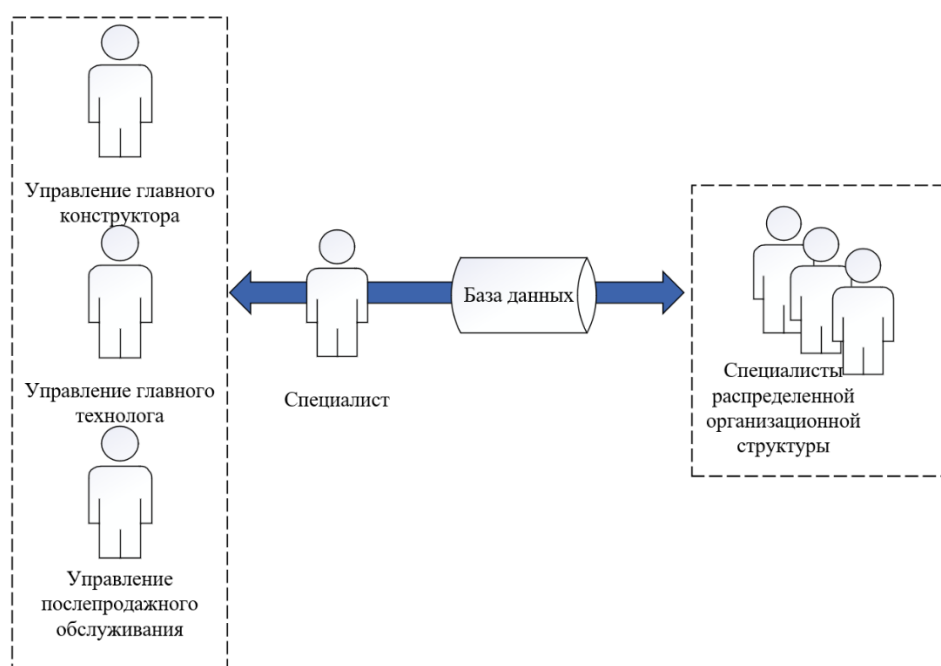


Рисунок 3.10 – Взаимодействие завода–изготовителя и ОКБ с единой распределенной организационной структурой

Рассмотрим взаимодействие эксплуатанта АТ и единой распределенной организационной структуры (Рисунок 11). Специалист эксплуатанта АТ формирует и формализует потоки информации, формируемые в ходе проведения процессов ПЛГ и ТОиР АТ. Так как он является связующим звеном с другими

участниками ПЛГ и ТОиР АТ, он информирует службы эксплуатанта АТ, собирает и отправляет запросы, а также подключает экспертов эксплуатанта АТ. Так как целью формирования единой распределенной структуры является совершенствование ПЛГ и ТОиР АТ, основной организационной структурой, с которой взаимодействует специалист, является ИАС. В то же время для совершенствования процессов ПЛГ и ТОиР АТ могут подключаться другие организационные структуры такие, как летная служба (ЛС) и объективный контроль (ОК).

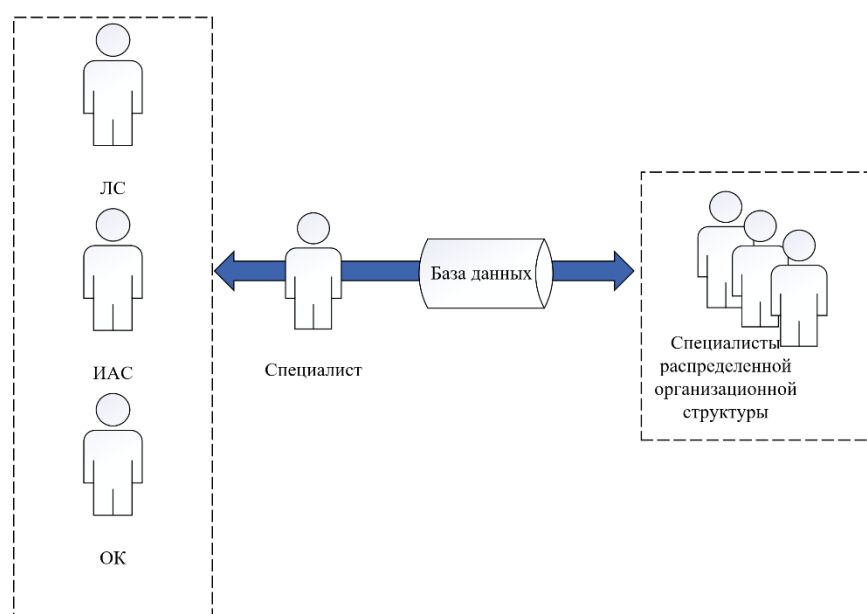


Рисунок 3.11 – Взаимодействие специалиста эксплуатанта АТ с единой распределенной организационной структурой

Рассмотрим взаимодействие специалиста оператора ТОиР АТ с единой распределенной организационной структурой (Рисунок 12). При внедрении единой распределенной структуры подразумевается, что операторы ТОиР АТ, имеющие договоры на обслуживание типа АТ, будут получать всю необходимую информацию не только от эксплуатанта АТ, но и напрямую из единой БД и в дальнейшем из единой БЗ типа АТ. Таким образом, возможно устранены проблемы несвоевременного получения информации по способам устранения дефектов на флоте типа АТ.

Специалист оператора ТООР АТ ведет взаимодействие с организационными структурами оператора ТООР АТ, ответственным как за регламентное ТО, так и за оперативное ТО. Он является ответственным за формализацию передачи информации по дефектам, выявленные в ходе ТО, а также для подключения специалистов в случае появления запросов от эксплуатантов АТ.

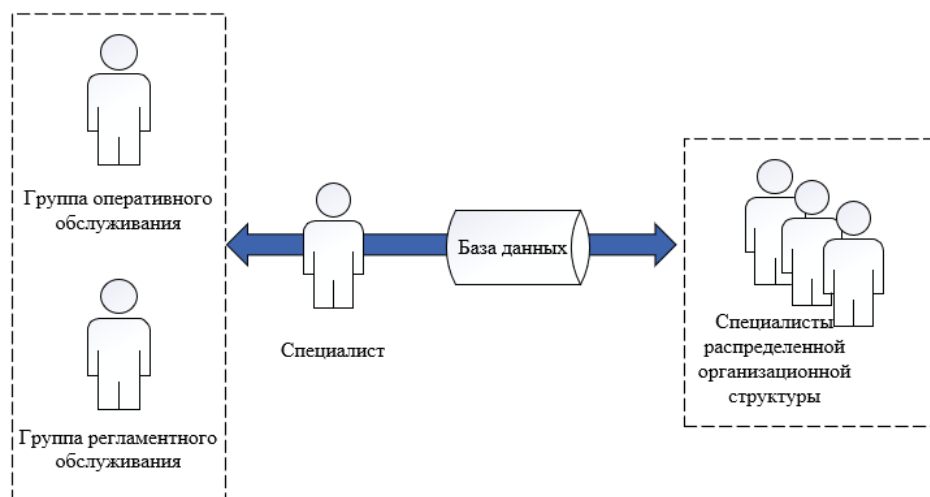


Рисунок 3.12 – Взаимодействие специалиста оператора ТООР АТ с единой распределенной организационной структурой

Рассмотрим непосредственное взаимодействие специалистов внутри единой распределенной организационной структуры ПЛГ и ТООР АТ. Специалисты единой распределенной организационной структуры разных типов организаций, задействованных в ПЛГ и ТООР АТ, проводят постоянный мониторинг информации, формируемой в ходе эксплуатации ПЛГ и ТООР АТ. На основе пределов, сформированных ОКБ и заводами–изготовителями, а также требований авиационных властей, формируются списки ограничений, превышение которых сигнализирует всем участникам единой распределенной организационной структуры. На основе данной сигнализации специалисты единой распределенной организационной структуры, взаимодействуя между собой, формируют необходимый список экспертов из своих организаций и формируют порядок взаимодействия. Эксперты, имея прямой доступ к взаимодействию с подобными экспертами, формируют список рекомендаций и предложений по понижению

параметра ниже установленного предела. В зависимости от типа организации это может быть как изменение в КД, ТД и ЭД изделия, так и изменение подходов к эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ. Вторым подходом к взаимодействию внутри единой распределенной организационной структуры является реагирование на авиационные инциденты или резкое повышение количества дефектов на флоте АТ, статистика по которым ниже, чем установленные пределы, но имеет тренд к повышению. Эксплуатанты и операторы ТОиР, задействованные в ПЛГ и ТОиР тех АТ, с которыми произошли авиационные происшествия или резкое повышение инцидентов, подключают к обсуждению других участников с целью выработки общего мнения по решению дефектов и устранения причин появления авиационного происшествия. Третьим и самым главным вариантом взаимодействия является постоянное сотрудничество между специалистами единой распределенной организационной структуры. Проводя постоянный анализ поступающей информации, специалисты подключают экспертов и сигнализируют об изменениях, которые могут влиять на ПЛГ и ТОиР АТ. Общий анализ таких изменений позволяет проводить постоянный всесторонний анализ изменений ПЛГ и ТОиР АТ, оперативно реагировать и внедрять улучшения с целью повышения качества ПЛГ и ТОиР АТ и повышения эффективности эксплуатации АТ.

Участие в предлагаемой единой распределенной организационной структуре анализа ПЛГ и ТОиР АТ является добровольным для всех участников, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, также как и передача всей информации по ПЛГ и ТОиР АТ от эксплуатантов АТ в единую БД типа АТ. Участие организаций в данной распределенной организации позволит организациям, ответственным за производство АТ и систем АТ, и ОКБ:

1. Получить доступ к информации по эксплуатации и дефектам АТ и систем АТ в режиме реального времени;
2. Оперативно реагировать на дефекты, возникающие в ходе эксплуатации типа АТ или систем АТ;
3. Оперативно получать предложения и запросы от эксплуатантов АТ.

Эксплуатанты АТ и операторы ТОиР АТ при участии в единой распределенной организационной структуре смогут:

1. Получить доступ к информации других эксплуатантов АТ и операторов ТОиР АТ в общем или обезличенном виде в режиме реального времени;
2. На основе полученной информации проводить анализ эффективности ПЛГ и ТОиР АТ собственного флота;
3. Оперативно отправлять и получать запросы и решения на устранение дефектов, а также ответы на предложения по улучшению ПЛГ и ТОиР АТ от заводов–изготовителей и ОКБ.
4. На основе получаемой информации совершенствовать собственную программу ТОиР АТ.

3.3 Структурно–функциональная детализация процесса формирования единой БЗ ПЛГ и ТОиР АТ

Основной целью формирования единой БД типа АТ и в последующем формирования единой распределенной организационной структуры ПЛГ и ТОиР АТ является формирование базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ. База знаний – это упорядоченная информация об опыте и знаний, представленная в виде БД [5] [6] [17] [21] [44].

БЗ ПЛГ и ТОиР АТ представляет собой упорядоченную структуру, состоящую из базы данных, в которую включена вся конструкторская, технологическая и эксплуатационная документация, связанная с типом АТ, а также вся информация, возникающая в ходе эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ. Вторым элементом БЗ ПЛГ и ТОиР АТ является упорядоченные знания и опыт, формируемые в ходе эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ как отдельными участниками ПЛГ и ТОиР АТ, так и в ходе взаимодействия специалистов единой распределенной организационной структуры и подключенных экспертов.

Знания в дальнейшем формализуются в виде БЗ ПЛГ и ТОиР АТ. БЗ предлагает формализованное накопление выходных данных работы отдельных организационных структур организаций, задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ, и

единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ для дальнейшего повторного использования знаний и опыта всеми участниками ПЛГ и ТОиР АТ, а также ретроспективного анализа с целью формирования новых знаний и опыта совершенствования ПЛГ и ТОиР АТ.

Рассмотрим подход к формированию знаний и дальнейшего формирования БЗ ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 13).

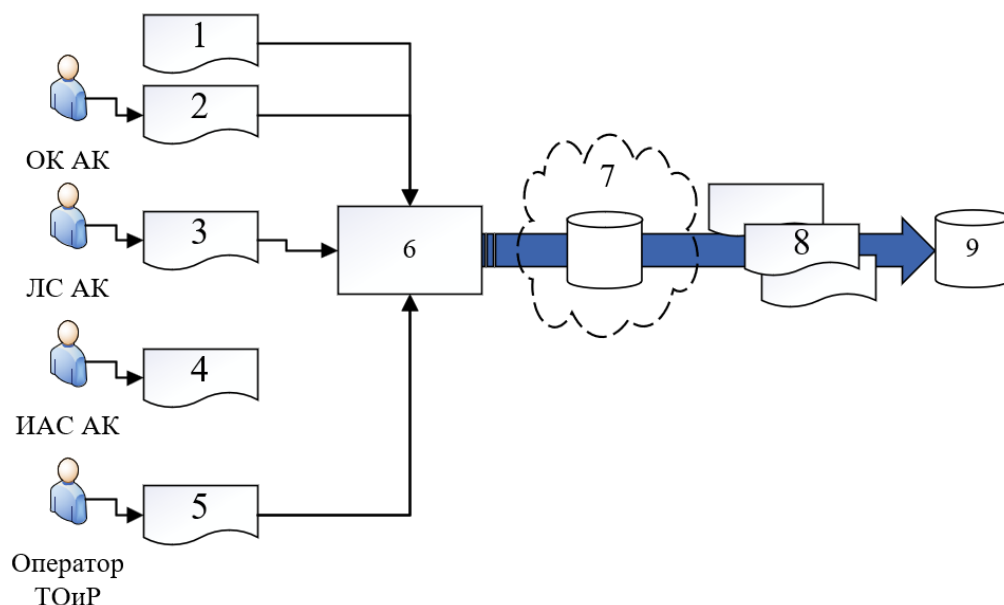


Рисунок 3.13 – Формирование БЗ ПЛГ и ТОиР АТ

Пункт 1. Системы автоматизированного контроля передают информацию с каждого АТ в процессе выполнения полета не только производителю АТ, ОКБ и эксплуатанту АТ, но и в единую БД типа АТ (Рисунок 14).



Рисунок 3.14 – Передача данных автоматизированных систем мониторинга АТ от каждого эксплуатанта АТ

Пункт 2. Объективный контроль передает данные, полученные с бортовых систем контроля АТ, а также результаты анализа организационной структуры, ответственной за анализ данных бортовых систем контроля (Рисунок 15).

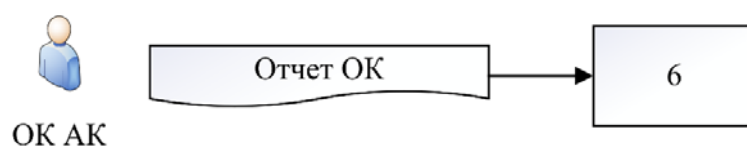


Рисунок 3.15 – Передача данных от объективного контроля

Пункт 3. ЛС эксплуатанта АТ передает данные по дефектам, выявленным в ходе выполнения полета, а также замечания и предложения по выполнению полетов (Рисунок 16).



Рисунок 3.16 – Передача данных от летной службы

Пункт 4. ИАС эксплуатанта АТ передает данные по устраненным дефектам, всем изменения в программе регламентного ТО, изменения в списке минимально-исправного оборудования (MEL) и формализованные отчеты надежности (Рисунок 17).

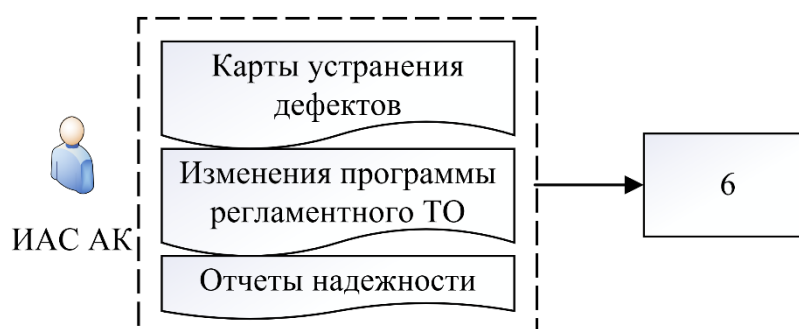


Рисунок 3.17 – Передача данных от инженерно-авиационной службы

Пункт 5. Оператор ТОиР АТ передает данные по проведенным работам, выявленным дефектам (MAREPS), а также формирует запросы новых карт на устранение дефектов (Рисунок 18).

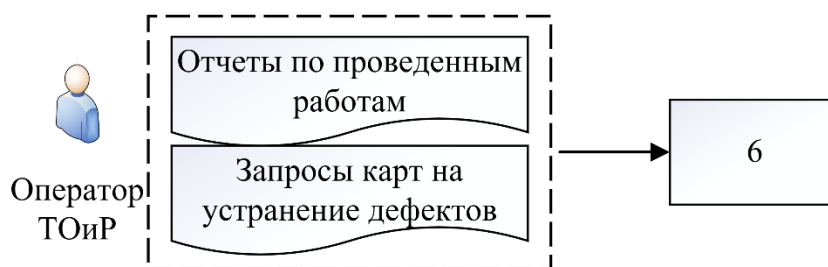


Рисунок 3.18 – Передача данных от оператора ТОиР АТ

Пункт 6. Данные передаваемые от эксплуатанта АТ и оператора ТОиР могут частично анонимизироваться или передаваться полностью. Эксплуатант АТ получает только тот объём данных, который он сам передает в единую БД типа АТ. (Рис 19).

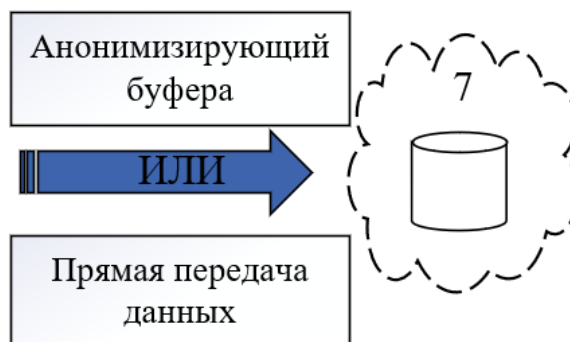


Рисунок 3.19 – Способы передачи данных от эксплуатанта АТ в единую БД типа АТ

Пункт 7. Данные от эксплуатанта АТ и оператора ТОиР АТ передаются через анонимизирующий буфер или способом прямой передачи данных. Единая распределенная организационная структура производит постоянный анализ поступающей информации. На основе поступающей информации формируются новые знания как каждым участником ПЛГ и ТОиР АТ, так и распределенной организационной структурой. Помимо постоянного анализа поступающей информации единая распределенная организационная структура реагирует на сигнализирующие события такие, как повышение порога параметров, изменение надежности флота типа АТ, запросы и предложения от других участников ПЛГ и ТОиР АТ, а также авиационные инциденты. В свою очередь организации,

задействованные в ПЛГ и ТОиР АТ, проводят собственную программу ПЛГ и ТОиР АТ, на основе которой формируют опыт проведения работ, который также загружается в единую БЗ. Так как доступ к работе единой распределенной организационной структуры и БЗ обладают только те организации, которые предоставляют специалистов для работы в единой распределенной организационной структуре и делятся данными, то и доступ к знаниям и опыту других организаций получают только те организации, которые предлагают свой опыт и знаний.

Рассмотрим знания и опыт, формируемые в ходе взаимодействия участников единой распределенной организационной структуры. На основе постоянного анализа эффективности выполнения ПЛГ и ТОиР АТ в виде анализа возникающих дефектов на всем флоте АТ и их взаимосвязи с существующими подходами ПЛГ и ТОиР АТ эксплуатанта АТ, формируются знания по совершенствованию программ регламентного ТО и программы оперативного ТО. На основе постоянно поступающей информации ОКБ и завод–изготовитель совместно со специалистами эксплуатантов и операторов ТОиР АТ могут оперативно вносить изменения в документацию, в том числе в ЭД. На основе запросов, поступающих от эксплуатантов АТ и операторов ТОиР АТ, остальные участники единой распределенной организационной структуры формируют новые более эффективные карты устранения дефектов или делятся своим опытом по устранению дефекта, который в дальнейшем становится общедоступным. Единая БЗ типа АТ предполагает доступ к обработанной статистике по ПЛГ и ТОиР АТ, что подразумевает быстрый доступ к данным по количеству дефектов, эффективности их устранения, эффективности внедрения бюллетеней от производителя АТ. Данные могут быть представлены в виде готовых графиков и таблиц, что позволит оперативно сравнивать эффективность собственных программ ПЛГ и ТОиР АТ эксплуатантом АТ. В единой БЗ типа АТ сохраняются все данные, сформированные в ходе эксплуатации типа АТ. Благодаря этому единая распределенная организационная структура может производить ретроспективный анализ и оценивать эффективность внедряемых решений на

флоте типа АТ. Все полученные знания и опыт формализуются в единой БЗ типа АТ в виде реляционной БД, в которой формируются связи между событием, запросом, предложением или сигнализацией с решением, знанием или опытом. Таким образом при внедрении БЗ типа АТ все участники ПЛГ и ТОиР АТ смогут:

1. Формализовать собственный опыт и знания в сфере ПЛГ и ТОиР АТ;
2. Получить доступ к знаниям и опыту других участников ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Оперативно получать данные по решению возникающих дефектов на собственном флоте или учувствовать в создании решений по устранению дефектов у других эксплуатантов АТ.

Также внедрение и использование БЗ ПЛГ и ТОиР АТ позволит участникам ПЛГ и ТОиР АТ накапливать совместный опыт и устранить проблему решения одинаковых или повторяющихся задач на флоте типа АТ. Благодаря формированию связей между дефектами, компонентами, методами решений и опытом появляется возможность просмотреть всю историю по существующей проблеме и воспользоваться ранее созданным знанием в этой области.

3.4 Формирование СППР ПЛГ и ТОиР АТ

СППР представляет собой систему, основной целью которой является формирование данных с целью помощи в решении задач ПЛГ и ТОиР АТ [132].

СППР получили свое развитие в начале 1960–х годов как системы управления информацией [61], но сам термин СППР появился только в 1971 [90]. В процессе развития информационных технологии СППР становятся все более комплексными [122]. СППР распространены во многих высокотехнологичных сферах [125], в том числе и в авиации [89] [105] [132].

Идеи СППР разрабатывались такими учеными, как David Arnott и Graham Pervan [62]. В то же время Roger Alan Pick и Nancy Weatherholt изучали плюсы от внедрения СППР [114]. Tugba Efendigil, Semih Önüt, Cengiz Kahraman [81] изучали вопросы внедрения СППР в цепочки поставок и прогнозирование спроса, что особенно важно в ПЛГ и ТОиР АТ, так как вследствие сложности процессов

эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ, прогнозирование необходимого количества запасных частей и компонентов является затруднительными [83].

Внедрение СППР ПЛГ и ТОиР АТ наряду с внедрением БЗ ПЛГ и ТОиР АТ является методом автоматизации процессов ПЛГ и ТОиР АТ. СППР позволяют формировать ответы за неструктурированные запросы [30]. Данная особенность СППР особо важна в процессах ПЛГ и ТОиР АТ, так как они являются комплексными [86] и включают большое количество участников разных типов организаций. Обработка данных через СППР позволит проводить более глубокий анализ данных, формируемых в ходе ПЛГ и ТОиР АТ, что является особенно важным для эксплуатации флота типа АТ, так как процессы ТО являются ключевыми в обеспечении надежности флота АТ [119].

Предлагаемая СППР ПЛГ и ТОиР АТ является комплексной системой, состоящей из автоматизированного модуля создания предложений по совершенствованию ПЛГ и ТОиР АТ флота АТ, модуля формализации данных с целью дальнейшего анализа единой распределенной организационной структурой анализа ПЛГ и ТОиР АТ и модуля помощи формирования и оперативного изменения программы ТОиР АТ эксплуатантов АТ.

Рассмотрим модуль автоматизированного создания рекомендаций СППР ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 20).

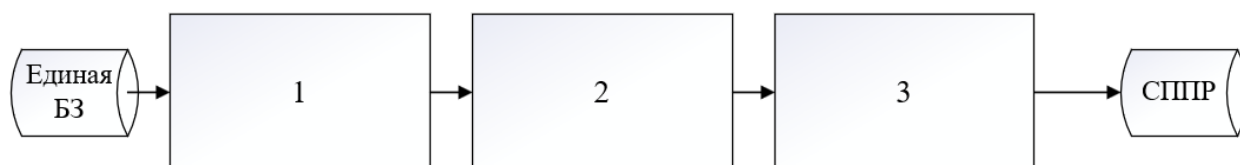


Рисунок 3.20 – Модуль автоматизированного создания рекомендаций СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Пункт 1. В СППР ПЛГ и ТОиР АТ загружается информация, формируемая в ходе эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ всеми эксплуатантами типа АТ (Рисунок 21). Передается параметрическая информация, полученная от автоматизированных систем контроля и формализованных отчетов от объективного контроля. Также

передаются отчеты от ЛС в виде дефектов, выявленных в ходе выполнения полетов (PIREPS), отчеты службы надежности, представленные в виде формализованных таблиц, отчеты отдела инженерно–технологического обеспечения также в виде формализованных таблиц, в которых указываются даты и сроки выполнения ТО, прогнозы на выполнение следующего ТО, статистика по замененным компонентам, загружаются отчеты операторов ТОиР АТ в виде формализованных таблиц выявленных и устраненных дефектов (MAREPS), отчеты по выполненным картам ТО. Так как информация предварительно загружается в реляционную БД и в дальнейшем в БЗ, все данные упорядочиваются и связываются между собой по следующим признакам:

1. Связь события (дефекта) с последующим устранением дефекта и сопутствующими данными. Номер дефекта связывается с описанием дефекта, способом его устранения, выполненными картами, замененными компонентами, параметрической информацией, предшествующей появлению дефекта, данными по надежности, представленными в виде ретроспективного анализа;

2. Связь каждого АТ с выявленными дефектами, способами устранения, параметрической информацией, замечаниями служб и оценкой эффективности эксплуатации и ТОиР данного АТ и сравнение полученных характеристик с флотом типа АТ.

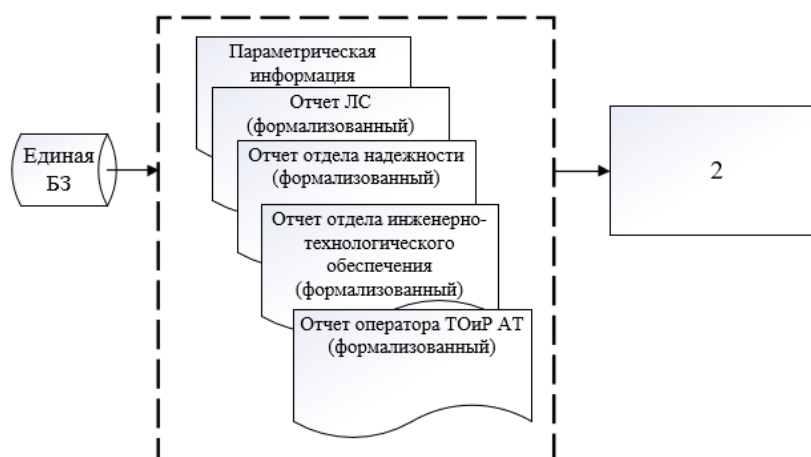


Рисунок 3.21 – Получение информации, формируемой в ходе ПЛГ и ТОиР АТ

Пункт 2. СППР ПЛГ и ТОиР АТ производит автоматизированные операции следующего типа (Рисунок 22):

1. Частотный анализ возникающих дефектов. Единая распределенная организационная структура, производители и ОКБ устанавливают пределы по установленным параметрам таким, как количество дефектов, событий, задержек на всем флоте и каждом конкретном АТ. Система автоматизированно отслеживает данные параметры и сигнализирует о повышении значений параметра выше установленного предела;

2. Анализ эффективности выполнения работ ТОиР АТ. При внедрении новых типов работ по ТОиР АТ или совершенствовании существующих карт ТОиР АТ, единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ, а также каждый участник процесса ПЛГ и ТОиР АТ, могут установить маркеры, после которых производится отслеживание эффективности внедренных работ. Принцип проверки эффективности основан на контроле тренда характеристик, связанных с контролируемыми картами ТОиР АТ. Если после выполнения карты, динамика появления новых дефектов, отказов, авиационных инцидентов, а также замечаний от ЛС и наземных служб увеличивается, то система сигнализирует об этом всем кто был подписан на информирование.

3. Анализ эффективности экспертных карт работает подобно анализу эффективности выполнения работ ТОиР АТ. После внедрения или использования экспертных карт ТОиР автоматизированно устанавливается маркер на связанные параметры. Система сигнализирует всем участникам об изменении тенденций в связанных параметрах.

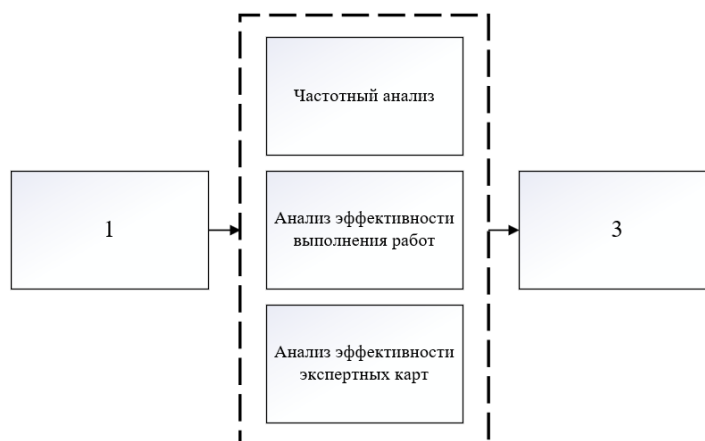


Рисунок 3.22 – Автоматизированная работа СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Пункт 3. Рассмотрим результаты работы автоматизированного модуля СППР ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 23). Основным результатом работы системы является автоматизированная сигнализация о превышении заданных параметров. Система предоставляет обработанные данные, что позволяет всем организационным структурам, связанных с ПЛГ и ТОиР АТ, уменьшить затраты на формализацию и обработку получаемых данных. На основе установленных пределов система формирует предложения по изменению данных параметров:

1. Изменения ограничений по компоненту или системе. Единая распределенная организационная структура устанавливает количество связанных дефектов для каждой системы и количество событий, связанных с компонентом, после которого производится сигнализация. Если дефект определенного компонента ведет к увеличению несвязанных дефектов, то система сигнализирует о возможности изменения требований и ограничений к данной системе или компоненту;

2. Изменение Critical Component List (CCL). В данный момент список критических компонентов каждый эксплуатант АТ формирует самостоятельно. При внедрении СППР ПЛГ и ТОиР АТ подразумевается создание единой списка критических компонентов, на основе которого эксплуатанты АТ формируют собственные списки. Список критических компонентов включает в себя компоненты, отказ которых ведет к невозможности вылета. Так как не все компоненты, отказ которых приводит к задержке, подвержены отказам и

дефектам, на основе получаемой статистики система предлагает изменения в едином списке критических компонентов. На основе данного предложения эксплуатанты АТ вводят изменения в собственные списки, на основании которых формируют собственные запасы компонентов;

3. Изменение Hard time (HT) и Soft time (ST) компонентов. Hard time устанавливается производителем, после которого компонент обязан быть заменен, отремонтирован или обслужен. Soft time устанавливается эксплуатантом АТ на основании собственной статистики. Система автоматизированно ведет учет срока наработки компонентов и сигнализирует, если компоненты меняются гораздо раньше или гораздо позже установленного срока. На основании данной сигнализации единая распределенная организационная структура вносит изменения в списки компонентов;

4. Обработанная статистика в графическом виде. Все, кто используют СППР ПЛГ и ТОиР АТ, могут создавать запросы на получение обработанных статических данных, в которых они указывают какие именно параметры они хотят получать. На основании запросов формируются графики, диаграммы и рисунки, а также обработанные табличные данные, благодаря чему снижаются затраты на первичную обработку данных для последующего анализа.

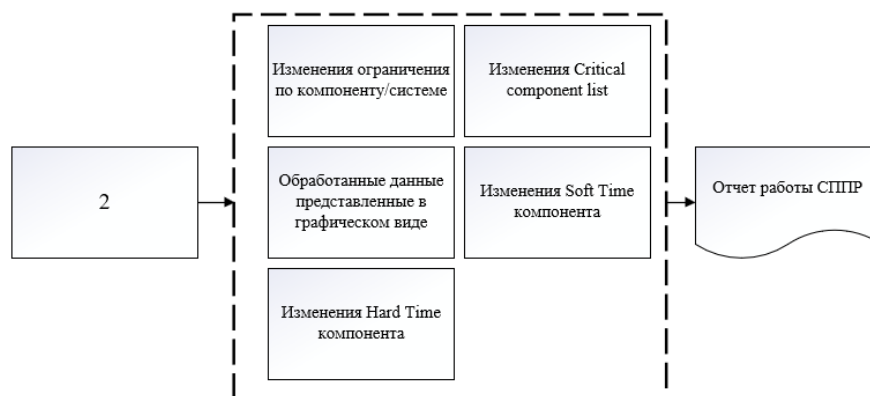


Рисунок 3.23 – Автоматизированное создание предложений СППР ПЛГ и ТОиР АТ

3.5 Методические указания по работе с СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим подход к работе с СППР ПЛГ и ТОиР АТ со стороны ИАС эксплуатанта АТ, оператора ТОиР АТ и единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ.

Во время выполнения полета автоматизированно формируются сообщения системы мониторинга АТ (АНМ) (Рисунок 24). Сообщения от летного состава (PIREPS) записываются не только в бортовой журнал, но и в электронную таблицу, которая также передается во время выполнения полета. На основе получаемой информации формируется постоянный поток данных в виде формализованного отчета, который загружается в СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Автоматизированно производится проверка получаемых данных на предмет превышения пределов установленных участниками ПЛГ и ТОиР АТ. Если все параметры не превышают заданных пределов, то СППР ПЛГ и ТОиР АТ завершает работу для данного полета. Если хоть один параметр превышает заданные ограничения, то формируется набор данных, который состоит из автоматизированного отчета системы СППР ПЛГ и ТОиР АТ, карт для устранения дефекта в электронном виде, формируется список ограничений для заданного дефекта, формируется список предложений по планированию ТО для заданного дефекта. Дефект передает единой распределенной организационной структуре, которая подключает специалистов и формирует экспертное решение. Скорость выполнения экспертного решения зависит от степени критичности дефекта. Также предоставляются данные по максимальным срокам устранения дефекта, в виде отчета передаются опыт и знания по устранению данного дефекта другими эксплуатантами и операторами ТОиР АТ как в графическом виде, так и в виде таблиц, в которых указывается эффективность ранее принятых решений.

Формируется электронный пакет рекомендаций СППР ПЛГ и ТОиР АТ, который передает в ИАС эксплуатанта данного АТ. Если дефект критический, то он автоматически передается далее для устранения дефекта (Пункт 1). Если дефект не критический, то сменный инженер АТ, ответственный за оперативное

управление флотом, решает отложить дефект или устранить его немедленно. Если он решает устранить дефект, то также происходит переход к пункту 1. В противном случае данные об отложенном дефекте поступают в СППР, и система прекращает свою работу для данного полета.

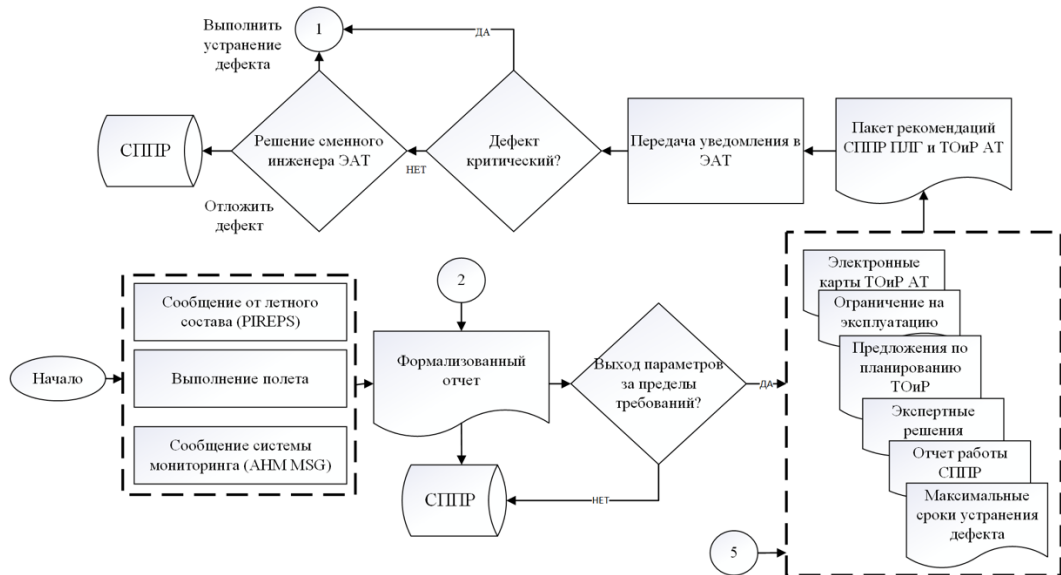


Рисунок 3.24 – Алгоритм работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

После получения команды на устранения дефекта или если дефект критический, происходят следующие проверки (Рисунок 25):

1. Необходимость запасных частей и компонентов;
2. Наличие частей и компонентов в запасном фонде эксплуатанта АТ (HBS);
3. Проверяется наличие частей и компонентов в общем обменном фонде;
4. Если компонента нет в наличии, то формируется запрос на изготовление или на покупку компонента и передается в СППР ПЛГ и ТОиР АТ;
5. После получения необходимых компонентов собирается набор компонентов для передачи оператору ТОиР АТ;
6. В случае если нет необходимости в запасных частях, инструментах и принадлежностях (ЗИП) или набор компонентов сформирован, происходит переход к следующему пункту.

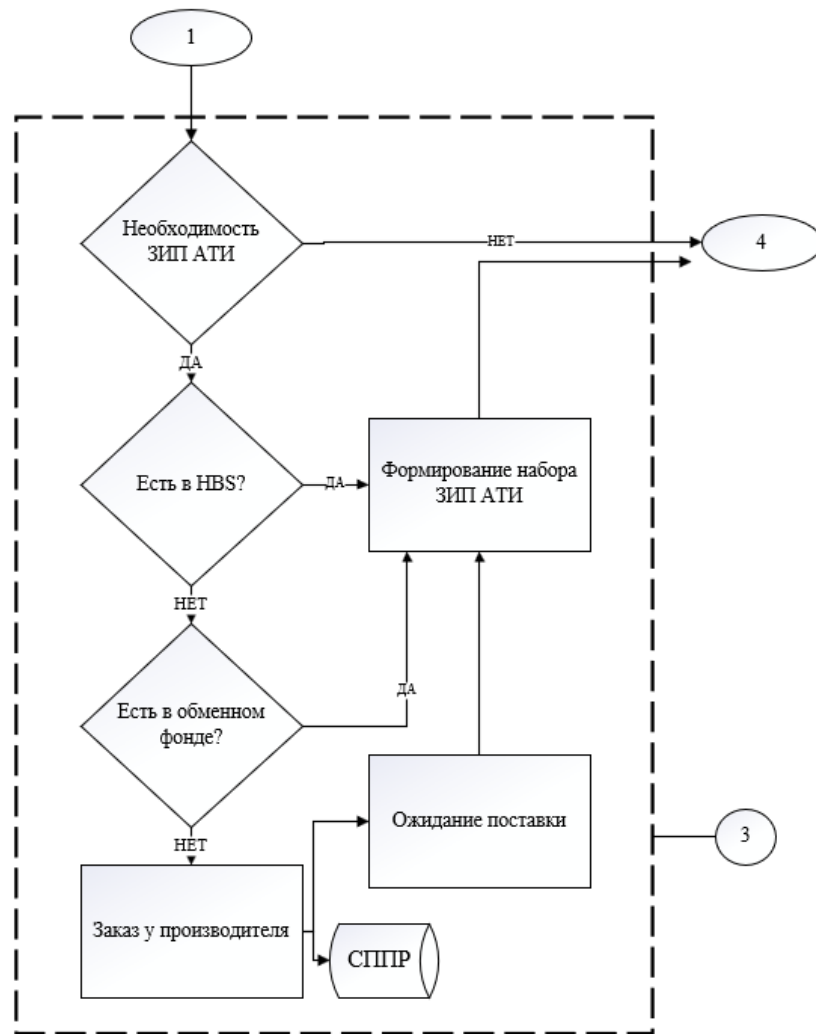


Рисунок 3.25 – Алгоритм работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Данные о сформированных комплектах или об отсутствии необходимости в замене компонентов передаются совместно с решением ИАС по поводу устранения дефекта оператору ТОиР АТ (Рисунок 26). После посадки АТ происходит выполнение оперативного ТО оператором ТОиР АТ. Если параметры не вышли за пределы, то система прекращает работу. Если параметры вышли за установленные пределы или были выявлены дефекты в ходе выполнения полета, формируется формализованный отчет, подобный отчету, формируемому в ходе выполнения полета и пункты 2, 1 и 3 повторяются. Решение по устранению дефектов, выявленных в ходе оперативного ТО, также передаются оператору ТОиР.

Далее оператор ТОиР выполняет устранение всех дефектов, которые были согласованы с ИАС эксплуатанта АТ. Если дефекты устранены, то формируется отчет, который передается в СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Если дефекты не могут быть устранены с помощью существующих карт ТОиР АТ, то передается запрос в службу инжиниринга ИАС эксплуатанта АТ и в единую распределенную организационную структуру ПЛГ и ТОиР АТ. На основе чего формируются новые экспертные решения, которые повторно передаются ИАС эксплуатанта АТ.

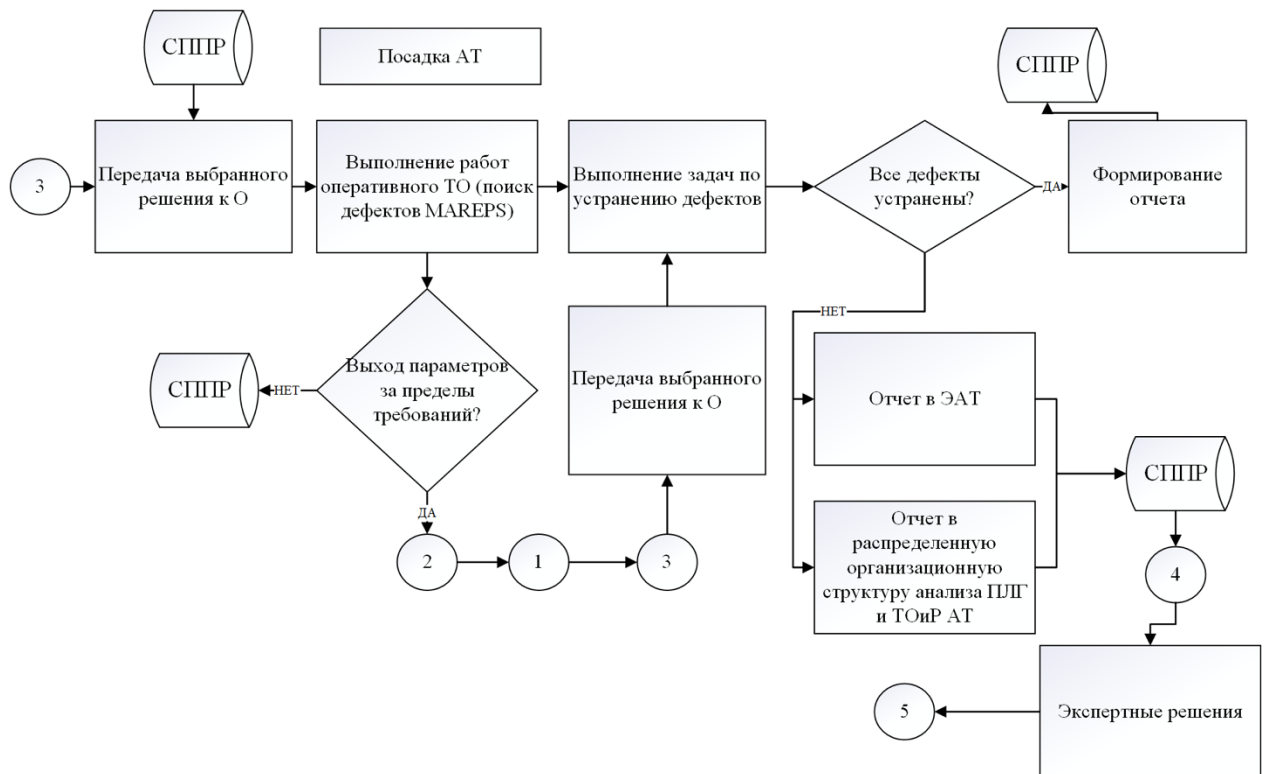


Рисунок 3.26 – Алгоритм работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим алгоритм работы единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 27). Вся информация по дефектам, выявленным в ходе выполнения полета и оперативного ТО и в случае, если дефект нельзя устранить стандартными картами ТОиР, передается в единую распределенную организационную структуру. Также передается параметрическая информация, связанная с полетом, отчеты надежности эксплуатанта АТ и отчеты инженерно–технологического обеспечения. Если дефект критический, то производится проверка влияния на эксплуатацию и подключаются все участники,

которые имеют экспертов по заданной проблеме, формируется экспертное решение и передается в СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Если дефект не является критическим, то дефекту, отклонению, отказу или инциденту выдается порядковый номер, и он обрабатывается в порядке очередности, если появляется несколько одинаковых событий, то они группируются и рассматриваются совместно. В случае необходимости также формируется экспертное решение, которое передается всем эксплуатантам с подобными событиями.

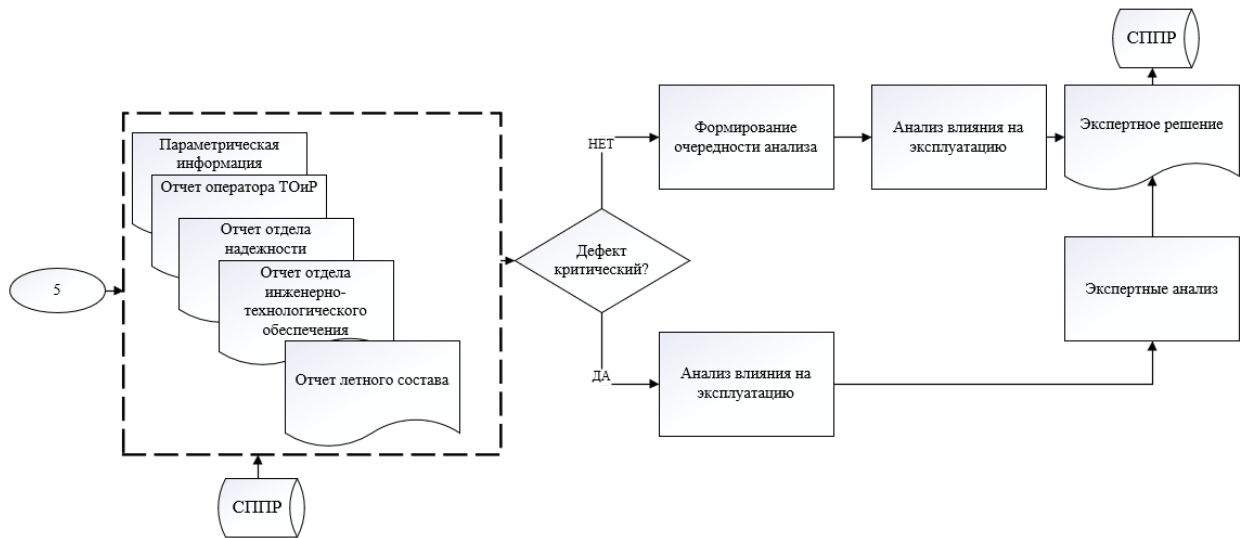


Рисунок 3.27 – Алгоритм работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

3.6 Алгоритм совершенствования регламентного ТО при помощи СППР ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим процесс совершенствования регламентного ТО с применением СППР ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 28). При помощи СППР ПЛГ и ТОиР АТ формируется набор информации, в который включены связанные между собой данные, параметрическая информация всего флота типа АТ, формализованные отчеты всех операторов ТОиР АТ, формализованные отчеты ИАС всех эксплуатантов типа АТ, а также отчеты систем автоматизированного мониторинга на всем флоте типа АТ. Помимо связанного потока данных формируются автоматизированные рекомендации СППР ПЛГ и ТОиР АТ, которые включают в себя анализ эффективности применяемых работ ПЛГ и ТОиР АТ. В случае если количество ошибок, отказов или дефектов в системах АТ превышает пределы,

которые были установлены единой распределенной организационной структурой, СППР автоматизированно уведомляет всех участников, задействованных в анализе и совершенствовании ТО. В случае если отсутствует превышение установленных пределов, организационные структуры задействованные в совершенствовании ТО производят анализ информации либо самостоятельно, либо по запросам эксплуатантов и операторов ТОиР АТ. Доступ к информации производится через модуль семантического поиска информации, благодаря которому возможно находить и использовать только тот объём информации, который необходим конкретному специалисту, при этом за счет создания связей между данными возможен быстрый переход между данными, дефектам, событиями, системами и компонентами. Анализ поступающей информации производится как экспертами единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ, так и организационными структурами эксплуатанта АТ такими как, отделы инженерно–технологического обеспечения и отделов надежности, по запросу которых производится анализ. На основании анализа полученных данных формируются рекомендации по совершенствовании ПЛГ и ТОиР, созданные экспертами распределенной организационной структурой, а также эксплуатантом, связанным с данным запросом. На основе полученных рекомендаций СППР, единой распределенной организационной структурой и отдела планирования и контроля ТО эксплуатанта АТ формируются изменения в регламентном ТО, которые в дальнейшем через СППР подтверждаются заводами–изготовителями и ОКБ. В случае если внедрение предложенных изменений не приводит к уменьшению возникающих в ходе эксплуатации событий или какая–либо проблема требует общего рассмотрения, формируется запрос в единую распределенную организационную структуру для подробного анализа и формирования решения.

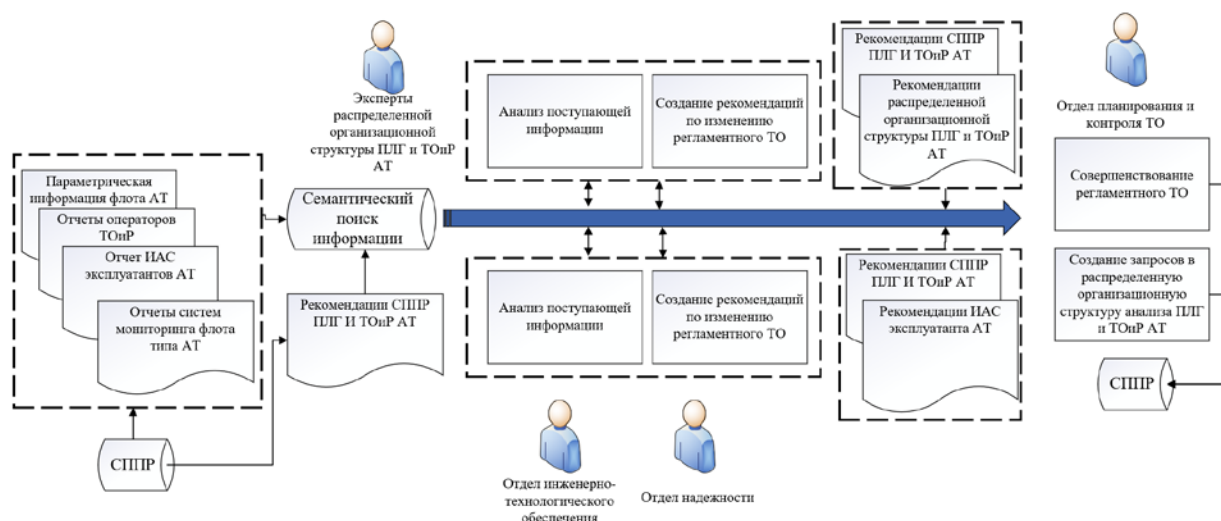


Рисунок 3.28 – Алгоритм совершенствования регламентного ТО при помощи СППР ПЛГ и ТОиР АТ

3.7 Выводы

Создание методики формирования БЗ ПЛГ и ТОиР АТ позволило:

1. Результативно и одновременно формировать новые знания в области ПЛГ и ТОиР АТ за счет одновременности создания и обработки данных, а также за счет одновременного анализа данных с целью последующего формирования знаний;
2. За счет систематизации опыта и знаний исключить моменты множественного формирования решения по подобным дефектам множеством эксплуатантов АТ. Вместо этого использовать подход к совершенствованию и постоянному пересмотру существующих решений на основе анализа эффективности принимаемых мер по устранению дефектов и повышению надежности флота типа АТ;
3. Снизить нагрузку на всех участников ПЛГ и ТОиР АТ, в том числе на ИАС эксплуатантов АТ, за счет предоставления накопленного опыта, экспертных решений и обработанных данных, что позволит снизить затраты на обработку первичных данных, а также повысить эффективность анализа и сравнения ПЛГ и ТОиР АТ с флотом других эксплуатантов АТ.

4. Формирование потоков информации на всех этапах эксплуатации АТ позволит производить анализ эффективности ПЛГ и ТОиР АТ в режиме реального времени;

5. Подключение экспертов из других организаций ПЛГ и ТОиР АТ позволит участникам производить совместный анализ поступающей информации и вырабатывать совместные знания по совершенствованию процессов ПЛГ и ТОиР АТ.

Глава 4. Алгоритмы работы информационной системы автоматизации ТОиР АТ в организационно-технической системе технического обслуживания авиационной техники

В главах 1–3 пошагово рассматривалось создание ИС в виде СППР ПЛГ и ТОиР АТ. В первой главе рассмотрено текущее положение в сфере ПЛГ и ТОиР АТ, Российские и зарубежные стандарты и документы, связанные с ПЛГ и ТОиР АТ, а также причины создания СППР ПЛГ и ТОиР АТ, выявлены противоречия возникающие при взаимодействии участников ТОиР АТ наличие которых затрудняет формирование потоков данных между участниками и формирование взаимодействия между участниками на основе предложенных потоков данных. Во второй главе сформировано математическое представление ОТС, сформированы математические модели взаимодействия участников с наличием обратных связей. Данные модели позволили устранить противоречия возникающие между участниками ТОиР АТ. Созданы модели текстовой и графической информации, модели алгоритмов работ ПЛГ и ТОиР АТ и модель бизнес–отношений. Модель бизнес–отношений сформирована в виде потоков данных между моделями участников ПЛГ и ТОиР АТ. На основе ранее сформированных моделей и потоков данных предложена единая БД ПЛГ и ТОиР типа АТ. В третьей главе сформированы подходы к созданию БЗ ПЛГ и ТОиР АТ, а также к систематизации знаний для последующего развития БЗ ПЛГ и ТОиР АТ. Сформированы подходы к созданию единой распределенной организационной структуры, методы взаимодействия между экспертами и специалистами единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ как внутри единой распределенной организационной структуры, так и с предприятиями, задействованными в ПЛГ и ТОиР АТ. Сформированы подходы к созданию СППР ПЛГ и ТОиР АТ, к взаимодействию между участниками ПЛГ и ТОиР АТ и участниками единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ с СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

В данной главе сформированы рекомендации к созданию единой БД типа АТ, единой БЗ типа АТ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Разработаны интерфейсные

решения компонентов СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Произведено экономическое обоснование внедрения СППР ПЛГ и ТОиР АТ в предприятия, связанные с эксплуатацией АТ.

4.1 Анализ результатов исследования в сфере автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ

В ходе анализа существующего положения в сфере ПЛГ и ТОиР АТ были изучены подходы к ПЛГ и ТОиР АТ разными странами и организациями. Наиболее современным подходом к ПЛГ и ТОиР АТ как со стороны обеспечения надежности флота, так и с экономической стороны, является MSG-3. В ходе дальнейшего исследования были рассмотрены варианты автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ. Было выявлено, что процессы ПЛГ и ТОиР АТ автоматизированы в недостаточной форме в сравнении с остальными этапами ЖЦ АТ.

Множество зарубежных производителей АТ предлагают свои программные продукты в сфере автоматизации ТОиР АТ. В данных продуктах есть существенные недостатки из-за чего они не применимы к отечественной АТ. Данные программные комплексы не учитывают подходы к ПЛГ и ТОиР АТ, установленные в Российской Федерации, они разрабатываются с возможностью использования только с определенным производителем АТ или оператором ТОиР АТ. Предложенные решения в сфере ПЛГ и ТОиР АТ предлагают варианты взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ, но они не включают в себя возможность единовременного взаимодействия всех участников ПЛГ и ТОиР АТ типа АТ в виде отдельных организационных структур (Рисунок 77). Вместо единовременного постоянного взаимодействия предлагается использование передачи отчетов и документации в пакетном виде с определенной регулярностью, что не позволяет производить анализ ПЛГ и ТОиР АТ в режиме реального времени.

На основании проведенного анализа были сформированы требования к этапам совершенствования ПЛГ и ТОиР АТ. На основании сформированных требований были созданы:

1. Математическое представление ОТС;
2. Модель взаимодействия участников ОТС с наличием обратных связей;
3. Математические модели участников ПЛГ и ТОиР АТ;
4. Математические модели текстовой и графической документации;
5. Математические модели алгоритмов формирования задач ПЛГ и ТОиР АТ;
6. Модель бизнес–отношений, представленная в виде сформированных потоков данных между ранее созданными математическими моделями.

За счет использования предложенных математических моделей и потоков данных между представленными моделями сформирована единая БД типа АТ. Данная БД (Рисунок 1) включает в себя все данные, формируемые в ходе ЖЦ АТ, и не привязана к конкретному участнику ПЛГ и ТОиР АТ.

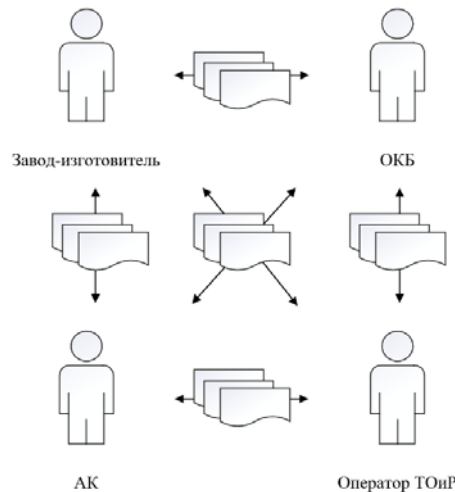


Рисунок 4.1 – Пакетная передача данных между участниками ПЛГ и ТОиР АТ

В отличие от существующего положения в сфере ПЛГ и ТОиР АТ, где каждый участник имеет собственную БД (Рисунок 2), использование единой БД типа АТ позволяет актуализировать информацию как со стороны заводов–изготовителей и ОКБ в виде КД, ТД и ЭД, так и со стороны эксплуатантов АТ и операторов ТОиР АТ одновременно, благодаря чему все участники ПЛГ и ТОиР АТ всегда имеют доступ к актуальной информации, а также к данным, формируемым в ходе эксплуатации всех эксплуатантов АТ и операторов ТОиР АТ (Рисунок 3).

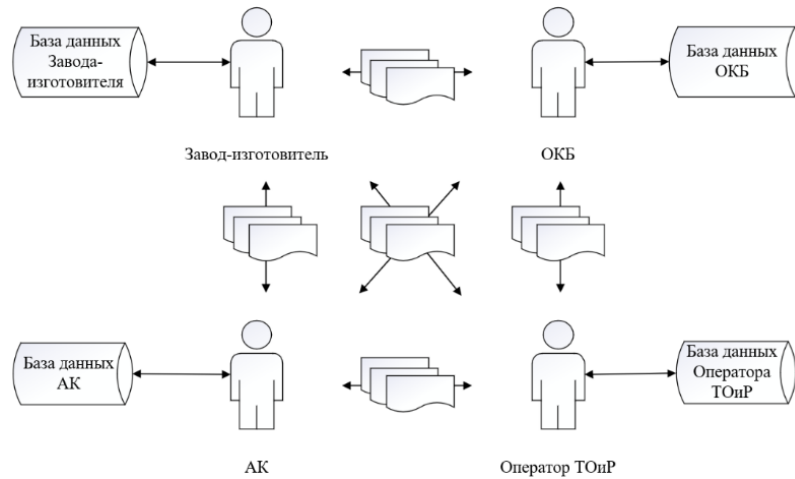


Рисунок 4.2 – Существующий подход к обмену информацией между участниками ПЛГ и ТОиР АТ

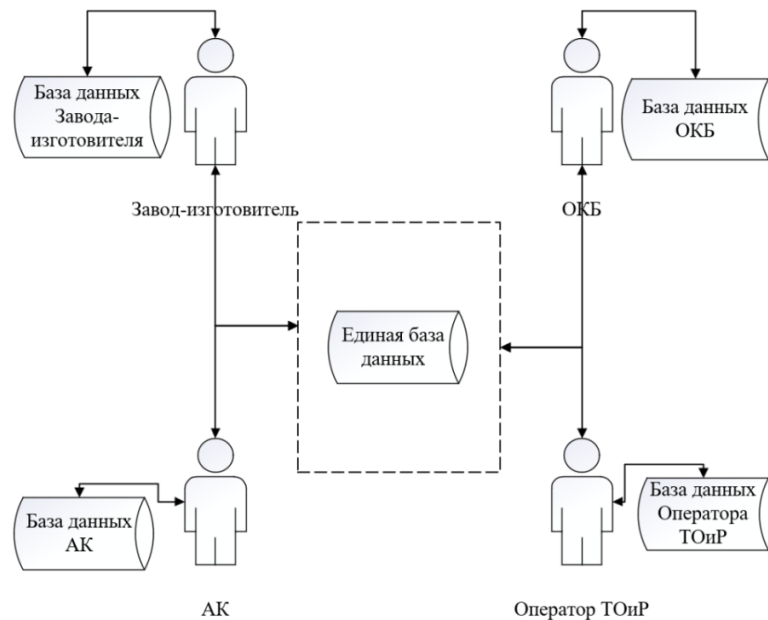


Рисунок 4.3 – Обмен информацией между участниками ПЛГ и ТОиР АТ при помощи единой БД типа АТ

На основе сформированной БД типа АТ в третьей главе были созданы подходы к формированию БЗ типа АТ. Благодаря использованию единой БД типа АТ всеми участниками процессов ПЛГ и ТОиР АТ появляется возможность формализовать и единовременно обрабатывать информацию, формируемую в ходе ЖЦ АТ, что позволяет создавать знания всеми участниками ПЛГ и ТОиР АТ. Создание СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также единой распределенной

организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ позволяет производить единовременный анализ информации, формируемой в ходе ЖЦ АТ, создавать решения по изменению ПЛГ и ТОиР АТ и по изменению КД, ТД и ЭД типа АТ, а также накапливать опыт и знания, которые в дальнейшем используются для более глубокого совершенствования процессов ПЛГ и ТОиР АТ.

Для создания СППР ПЛГ и ТОиР АТ сформированы рекомендации по созданию структуры единой БД типа АТ и единой БЗ типа АТ. На основе предложенных БД и БЗ типа АТ сформированы отдельные модули СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Модуль анализа ПЛГ и ТОиР АТ, основным назначением которого является постоянный анализ надежности всего флота типа АТ для единой распределенной организационной структуры ПЛГ и ТОиР АТ, а также для организационных структур эксплуатантов АТ, ответственных за управление надежностью флота. Вторым модулем является модуль автоматизации карт ТОиР АТ, назначением которого является полная автоматизация повторяющихся задач оперативного и регламентного ТО и формирование связей между организационными структурами операторов ТОиР, ответственными за проведение оперативного и регламентного ТО с группами, ответственными за ПЛГ флота внутри отдельных эксплуатантов АТ, а также с единой распределенной организационной структурой ПЛГ и ТОиР АТ.

4.2 Разработка рекомендаций по формированию единой БД типа АТ

Рассмотрим формирование единой БД типа АТ со стороны заводов-изготовителей и ОКБ и эксплуатантов АТ и операторов ТОиР АТ.

Основой единой БД типа АТ являются первичные данные, необходимые для последующего формирования всей СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также для дальнейшей работы единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ. Первичными данными в единой БД типа АТ является конструкторская, технологическая и эксплуатационная документация, формируемая в ходе всего ЖЦ типа АТ. Последующее обновление данных в единой БД типа АТ в ходе постоянного совершенствования конструкции и

технологии изготовления АТ и модернизации подходов к ПЛГ и ТОиР АТ загружается в единую БД типа АТ.

Рассмотрим формирование данных в единой БД с дальнейшим доступом к структурированной информации с целью дальнейшего анализа (Рисунок 4).

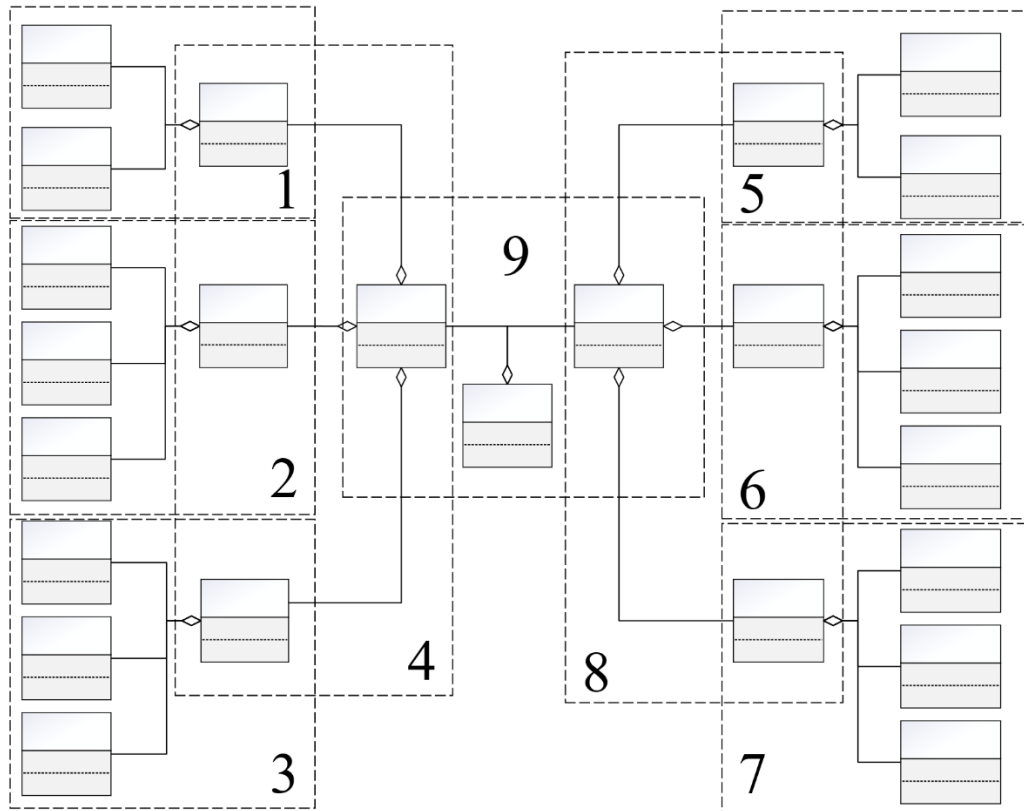


Рисунок 4.4 – UML диаграмма формирования единой БД

Рассмотрим формирование единой БД по пунктам.

Пункт 1. Класс конструкторской документации (Рисунок 5). КД состоит из текстовой и графической составляющей в виде двух классов. Текстовая составляющая имеет следующие методы:

1. Выдать обозначение компонента по номеру. Данный метод позволяет получить конструкторские данные по партийному номеру компонента;

2. Выдать входимость элемента в сборку. Позволяет получить данные по входимости компонента в узлы, агрегаты и системы АТ;

3. Выдать компоненты входящие в вышестоящую сборку. Позволяет получить список связанных компонентов, которые так же, как и искомый компонент, входят в сборку узла, агрегата или системы АТ.

Графическая составляющая имеет следующие методы:

1. Выдать ЭМ компонента. При помощи запроса возможно получение ЭМ компонента;
2. Выдать эскиз компонента. При наличии эскизов компонента позволяет получить все эскизы, связанные с компонентом;
3. Выдать ЭЧ компонента. Позволяет получить все ЭЧ, связанные с компонентом.

Таким образом класс конструкторская документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к КД через единую БД.



Рисунок 4.5 – Формирование класса «Конструкторская документация»

Пункт 2. Класс технологической документации (Рисунок 6). Класс технологической документации состоит из трех связанных классов.

Класс текстовой составляющей технологической документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение компонента по номеру. Позволяет получить доступ к ТД компонента по его партийному номеру;
2. Выдать входимость элемента в сборку. Позволяет получить доступ к информации о вышестоящих узлах, агрегатах или системах АТ;
3. Выдать технологию изготовления компонента. Позволяет получить доступ к данным по технологии изготовления компонента;

4. Выдать технологические требования, предъявляемые к компоненту. Позволяет получить технологические требования, предъявляемые к изготовлению компонента;

5. Выдать материал компонента. Позволяет получить доступ к данным по материалу компонента и требованиям, предъявляемым к материалу или материалам необходимым для изготовления компонента;

6. Выдать вес компонента. Позволяет получить доступ к весу компонента.

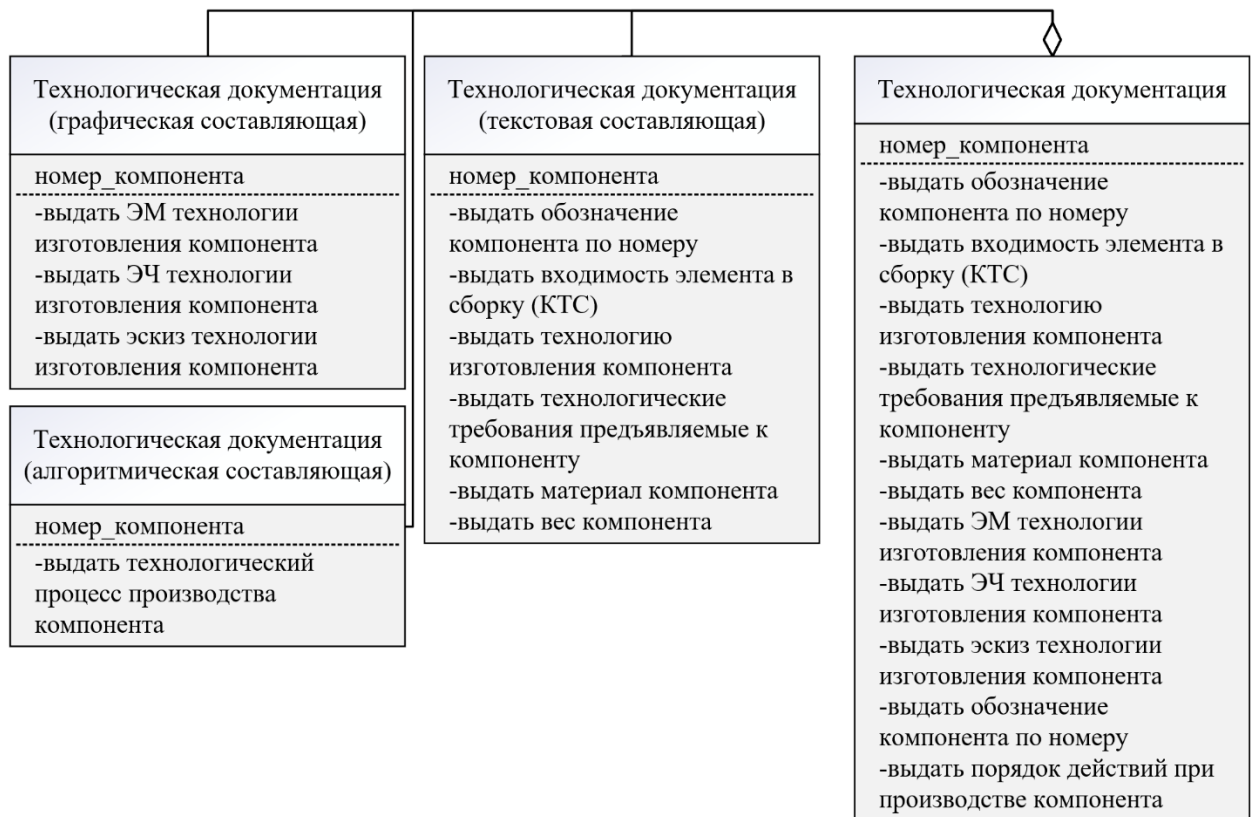


Рисунок 4.6 – Формирование класса «Технологическая документация»

Класс графической составляющей технологической документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать ЭМ технологии изготовления компонента. Позволяет получить доступ к ЭМ компонента, применяемой при изготовлении компонента;

2. Выдать ЭЧ технологии изготовления компонента. Позволяет получить доступ к ЭЧ компонента, применяемого при изготовлении компонента;

3. Выдать эскиз технологии изготовления компонента. Позволяет получить доступ к эскизам, применяемым при изготовлении компонента.

Класс алгоритмической составляющей технологической документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать технологический процесс производства компонента. Позволяет получить доступ к данным по технологии изготовления компонента.

Таким образом класс технологическая документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к ТД через единую БД.

Пункт 3. Класс эксплуатационной документации (Рисунок 7). Класс эксплуатационной документации состоит из трех связанных классов.

Класс текстовой составляющей эксплуатационной документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение компонента по номеру. Выдает данные эксплуатационной документации по партийному номеру компонента;

2. Выдать входимость элемента в сборку. Позволяет получить данные по входимости элемента в узел, агрегат или систему АТ. Отличается от конструкторской и технологической документации тем, что не указываются компоненты, которые не подлежат снятию или обслуживанию;

3. Выдать требования, предъявляемые к компоненту. Позволяет получить доступ ко всем требованиям, предъявляемым к работоспособности компонента для возможности его эксплуатации в АТ;

4. Выдать НТ/СТ компонента, если они установлены. Позволяет получить данные по заранее установленным производителем или ОКБ ограничениям по наработке компонента;

5. Выдать MEL, если компонент присутствует в списке. Позволяет получить данные по ограничению для компонента, если он присутствует в списке минимально–исправного оборудования;

6. Выдать требования, предъявляемые к обслуживанию компонента. Позволяет получить доступ ко всем требованиям, согласно которым производится обслуживание компонента;

7. Выдать требования, предъявляемые к ремонту компонента. Позволяет получить доступ ко всем требованиям, согласно которым производится ремонт компонента.

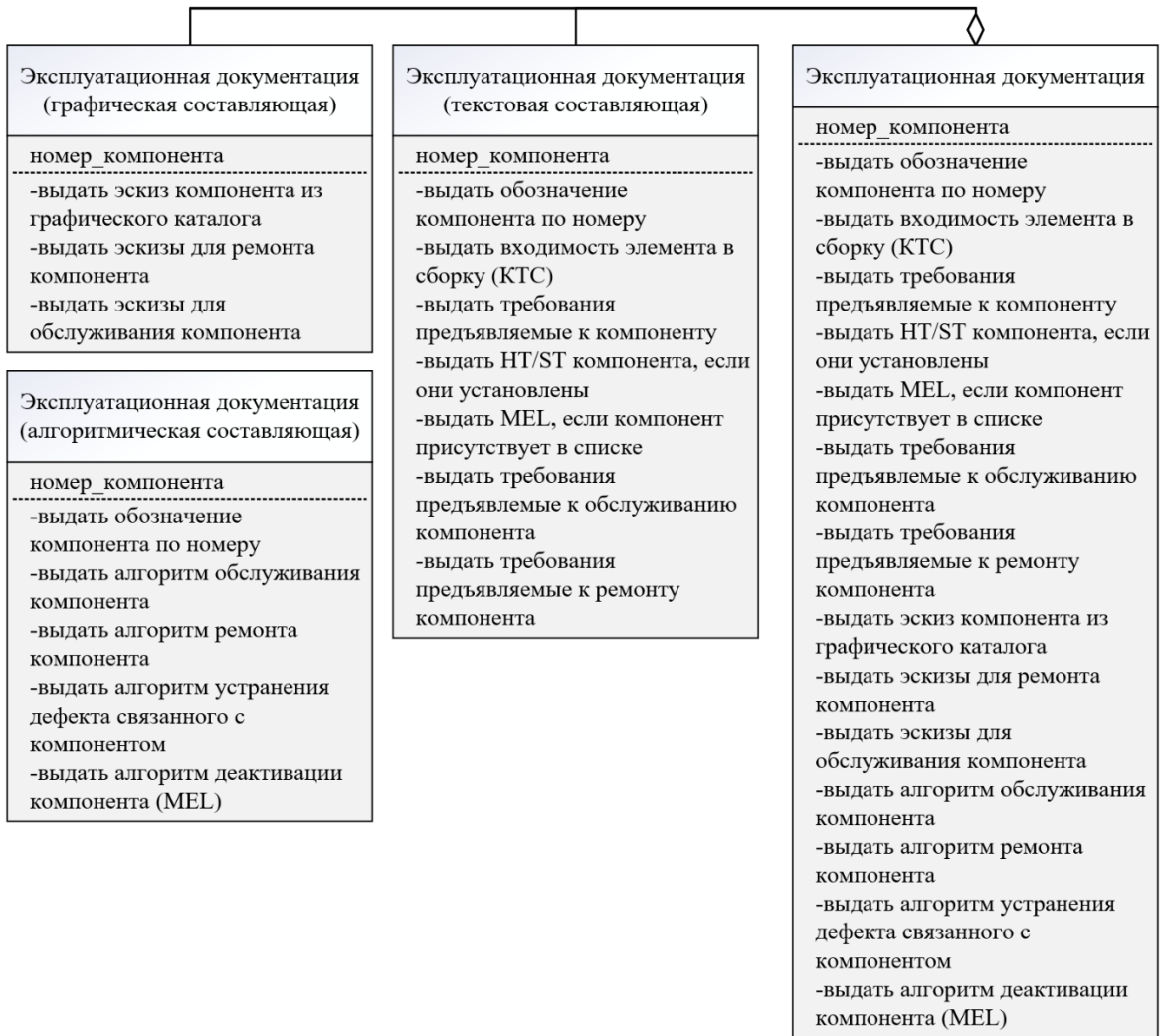


Рисунок 4.7 – Формирование класса «Эксплуатационная документация»

Класс графической составляющей эксплуатационной документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать эскиз компонента из графического каталога. Позволяет получить доступ к эскизам компонента и его местоположения в узле, агрегате или системе;
2. Выдать эскизы для ремонта компонента. Позволяет получить доступ к эскизам компонента для проведения ремонта;
3. Выдать эскизы для обслуживания компонента. Позволяет получить доступ к эскизам компонента для проведения обслуживания.

Класс алгоритмической составляющей эксплуатационной документации включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение компонента по номеру. Выдает все данные по алгоритмам проведения работ для выбранного компонента по партийному номеру;

2. Выдать алгоритм обслуживания компонента. Выдает данные по порядку выполнения обслуживания компонента;

3. Выдать алгоритм ремонта компонента. Выдает данные по порядку выполнения ремонта компонента;

4. Выдать алгоритм устранения дефекта, связанного с компонентом. Выдает данные по порядку работ для устранения дефектов, связанных с компонентом;

5. Выдать алгоритм деактивации компонента. Выдает данные по алгоритму деактивации компонента для возможности дальнейшего выполнения полетов.

Таким образом класс эксплуатационная документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к ЭД через единую БД.

Пункт 4. Класс единой БД компонентов АТ. (Рисунок 8). Данный класс является суммой классов конструкторской, технологической и эксплуатационной документации компонентов АТ. Использование данного класса позволяет по номеру компонента получить доступ ко всей связанной информации, в том числе конструкции компонента, технологии изготовления, входимости компонента, связи с другими компонентами, обслуживания, ремонта и деактивации компонента.

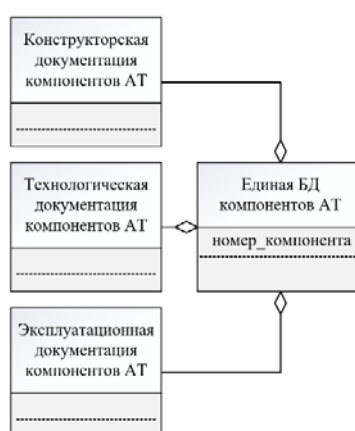


Рисунок 4.8 – Формирование класса «Единая БД компонентов АТ»

Пункт 5. Класс конструкторской документации систем АТ (Рисунок 9).
Класс включает в себя два связанных класса.

Класс текстовой составляющей конструкторской документации систем АТ.
Включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение системы по номеру. Позволяет получить доступ к конструкторским данным по номеру системы;
2. Выдать компоненты, входящие в систему и подсистемы. Позволяет получить доступ к списку компонентов, включенные в систему и ее подсистемы.

Класс графической составляющей конструкторской документации систем АТ
включает в себя следующие методы:

1. Выдать ЭМ системы. Позволяет получить доступ к ЭМ системы и ее подсистем;
2. Выдать эскиз системы. Позволяет получить доступ к эскизам системы и ее подсистем;
3. Выдать ЭЧ системы. Позволяет получить доступ к ЭЧ системы и ее подсистем.

Таким образом класс конструкторская документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к КД систем АТ через единую БД.



Рисунок 4.9 – Формирование класса «Конструкторская документация систем АТ»

Пункт 6. Класс технологической документация систем АТ (Рисунок 10).
Класс включает в себя три связанных класса.

Класс текстовой составляющей технологической документации систем АТ включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение системы по номеру. Позволяет получить доступ к ТД системы и ее подсистем по номеру системы или подсистем;
2. Выдать технологию изготовления или сборки системы. Позволяет получить доступ к технологии изготовления или сборки систем и ее подсистем;
3. Выдать технологические требования, предъявляемые к системе. Позволяет получить технологические требования, предъявляемые к системе и ее подсистемам;
4. Выдать вес системы. Позволяет получить доступ к весу системы и ее подсистем.

Класс графической составляющей технологической документации систем АТ включает в себя следующие методы:

1. Выдать ЭМ технологии изготовления или сборки системы. Позволяет получить доступ к ЭМ, применяемым при изготовлении или сборке систем и подсистем;
2. Выдать ЭЧ технологии изготовления или сборки системы. Позволяет получить доступ к ЭЧ, применяемым при изготовлении или сборки систем и подсистем;
3. Выдать эскиз технологии изготовления или сборки системы. Позволяет получить доступ к эскизам, применяемым при изготовлении или сборке систем и подсистем.

Класс алгоритмической составляющей технологической документации систем АТ включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение системы по номеру. Выдает все алгоритмы, связанные с технологией изготовления системы и подсистем, по номеру системы и подсистем;

2. Выдать технологический процесс сборки системы. Позволяет получить доступ к алгоритму изготовления и сборки системы и подсистем.

Таким образом класс технологическая документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к ТД систем АТ через единую БД.

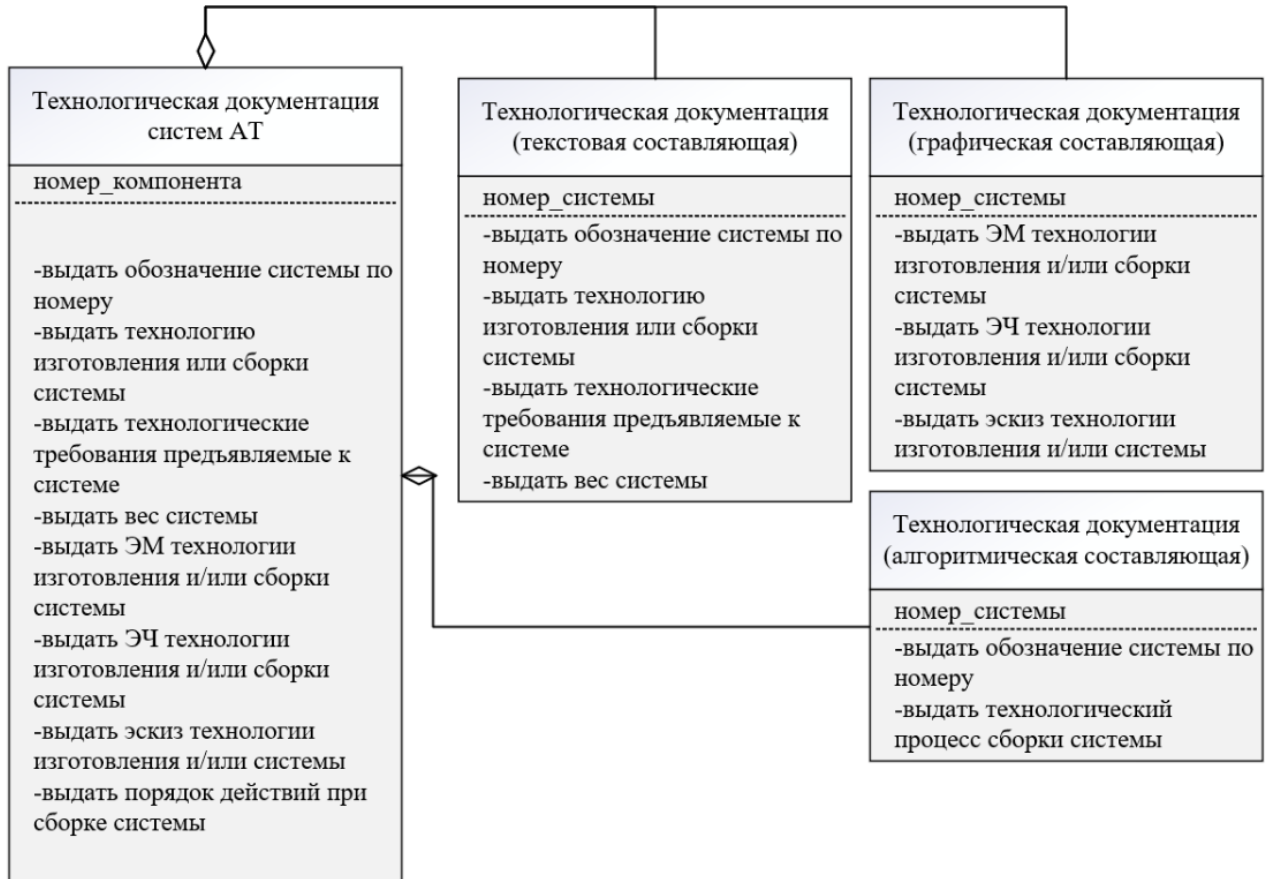


Рисунок 4.10 – Формирование класса «Технологическая документация систем АТ»

Пункт 7. Класс эксплуатационной документации систем АТ (Рисунок 11). Класс включает в себя три связанных класса.

Класс текстовой составляющей эксплуатационной документации систем АТ включает в себя следующие методы:

1. Выдать обозначение системы по номеру. Позволяет получить доступ ко всей ЭД по номеру системы и подсистем;

2. Выдать требования, предъявляемые к системе. Позволяет получить доступ к требованиям и ограничениям систем и подсистем;

3. Выдать требования, предъявляемые к обслуживанию системы. Позволяет получить доступ к требованиям и ограничениям по обслуживанию систем и подсистем;

4. Выдать требования, предъявляемые к ремонту системы. Позволяет получить доступ к требованиям и ограничениям по ремонту систем и подсистем.

Класс графической составляющей эксплуатационной документации включает в себя:

1. Выдать эскиз системы из графического каталога. Позволяет получить доступ ко всем эскизам, связанным с системой и подсистемами АТ, включенных в ЭД типа АТ;

2. Выдать эскизы для ремонта системы. Позволяет получить доступ ко всем эскизам, связанным с ремонтом системы и подсистем АТ, включенных в ЭД типа АТ;

3. Выдать эскизы для обслуживания системы. Позволяет получить доступ ко всем эскизам, связанным с обслуживанием системы и подсистем АТ, включенных в ЭД типа АТ.

Класс алгоритмической составляющей эксплуатационной документации систем АТ включает в себя:

1. Выдать обозначение системы по номеру. Позволяет получить доступ ко всем алгоритмам проведения работ по обслуживанию и ремонту систем и подсистем АТ;

2. Выдать алгоритм обслуживания системы. Позволяет получить доступ ко всем алгоритмам обслуживания систем и подсистем АТ;

3. Выдать алгоритм ремонта системы. Позволяет получить доступ ко всем алгоритмам проведения работ по ремонту систем и подсистем АТ;

4. Выдать алгоритм устранения дефектов, связанных с системой. Позволяет получить доступ ко всем алгоритмам проведения работ по устранению дефектов, связанных с системами или подсистемами АТ.

Таким образом класс эксплуатационная документация включает в себя все вышеописанные методы и позволяет получить доступ к ЭД систем АТ через единую БД.

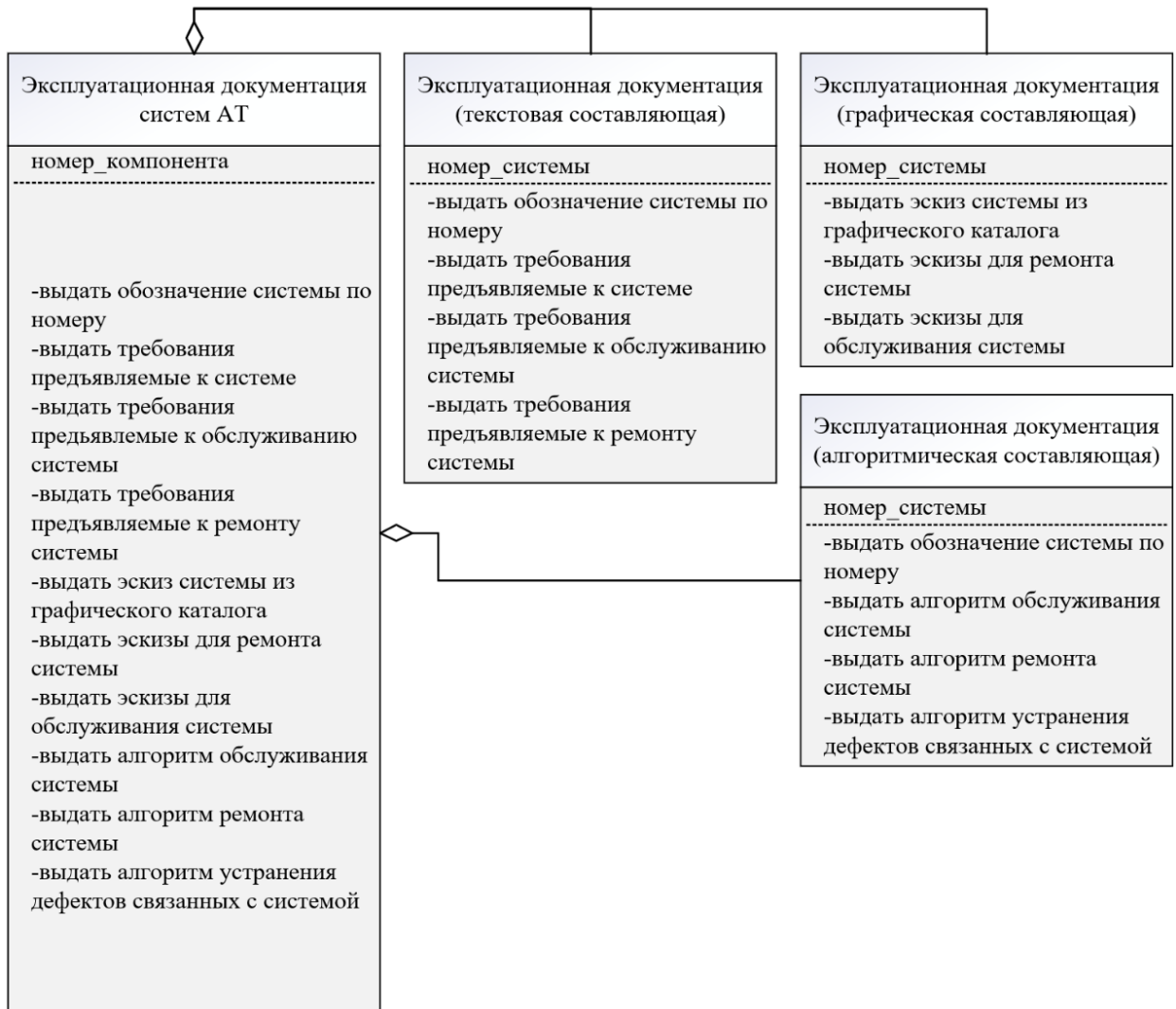


Рисунок 4.11 – Формирование класса «Эксплуатационная документация систем АТ»

Пункт 8. Класс единой БД систем АТ. (Рисунок 12). Данный класс является суммой классов конструкторской, технологической и эксплуатационной документации систем АТ. Использование данного класса позволяет по номеру системы получить доступ ко всей связанной информации, в том числе конструкции, технологии изготовления, входимости систем и подсистем, связи с другими системами, обслуживания, ремонта и деактивации систем и подсистем.

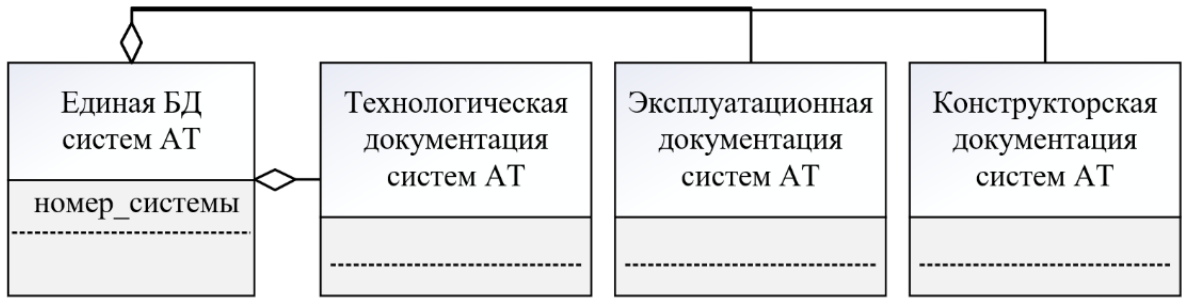


Рисунок 4.12 – Формирование класса «Единая БД систем АТ»

Пункт 9. Класс единой БД типа АТ (Рисунок 13). Данный класс включает в себя классы единых БД компонентов и систем АТ и позволяет получить доступ к любой информации, включенной в КД, ТД и ЭД изделия, по номеру компонента или по номеру системы. Благодаря использованию методов поиска входимости компонентов возможен как поиск по восходящей от компонентов до подсистем и систем АТ, так и по нисходящей от систем и подсистем к компонентам. Таким образом при использовании единой БД типа АТ участники единой распределенной организационной структуры ПЛГ и ТОиР АТ при анализе информации, поступающей в ходе эксплуатации АТ, могут получить доступ к заранее связанным данным между дефектами, отказами и ошибками, возникающими при эксплуатации АТ, и всей документацией, связанной с типом АТ.

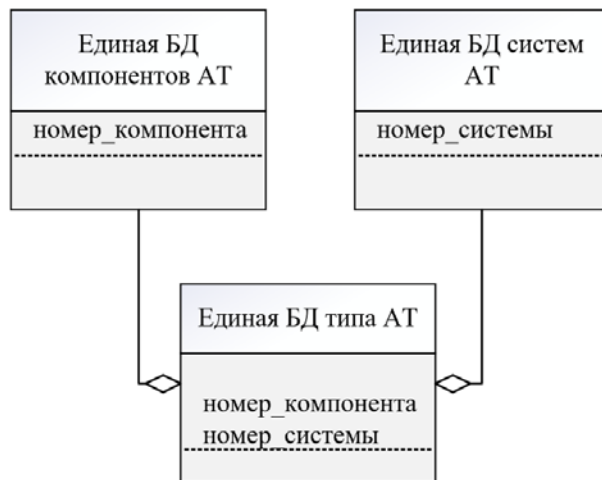


Рисунок 4.13 – Формирование класса «Единая БД»

4.3 Формирование единой БЗ типа АТ на этапе ПЛГ и ТОиР АТ

Рассмотрим формирование единой БЗ типа АТ на этапе эксплуатации АТ (Рисунок 14). Во время эксплуатации АТ и проведения работ по ПЛГ и ТОиР АТ формируются новые данные, которые в дальнейшем используются для проведения работ по анализу как распределенной организационной структурой анализа ПЛГ и ТОиР АТ, так и отдельными организационными структурами организаций, задействованными в ПЛГ и ТОиР АТ. На основе производимого анализа формируются знания и опыт, которые представляются в виде текстовой и графической информации и имеющие связь с одним или несколькими полями единой БД.

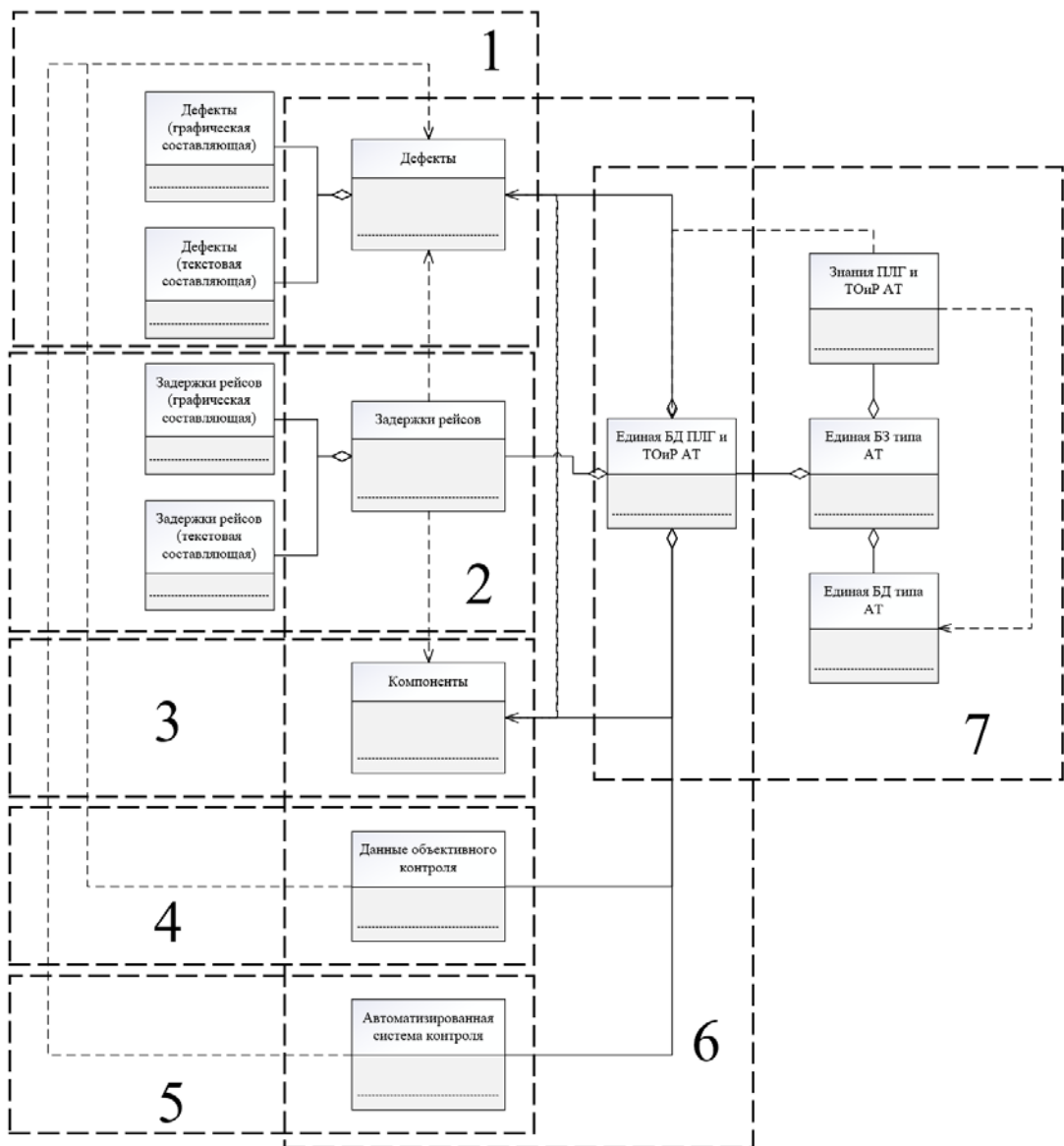


Рисунок 4.14 – Формирование единой БЗ типа АТ

Рассмотрим формирование единой БЗ типа АТ по пунктам.

Пункт 1. Формирование класса дефекты (Рисунок 15). Класс включает в себя два связанных класса. Класс дефект включает в себя записи о всех найденных и задокументированных дефектах, выявленных в ходе выполнения полета летным составом, при оперативном и регламентном ТО, работниками оператора ТОиР АТ, объективным контролем эксплуатанта АТ, а также автоматизированными системами мониторинга.

Дефекты (текстовая составляющая). Данный класс имеет следующие атрибуты:

1. Номер_дефекта КЛЮЧ. Является ключевым атрибутом класса. Каждый дефект обладает уникальным номером, по которому в дальнейшем производится связь таблиц;

2. Эксплуатант_АТ. Уникальное обозначение эксплуатанта АТ. Благодаря данному атрибуту возможно разделение и дальнейший поиск дефектов по эксплуатантам АТ;

3. Бортовой_номер. Уникальный регистрационный номер АТ, на котором был выявлен дефект;

4. Система. Система, в которой был выявлен дефект;

5. Подсистема. Подсистема, в которой был выявлен дефект;

6. Дата_дефекта. Дата выявления дефекта;

7. Дата_устранения. Дата устранения дефекта;

8. Тип_дефекта. Тип дефекта определяется по способу нахождения дефекта. Если дефект был выявлен летным составом, тип дефекта PIREPS; если дефект был выявлен наземными службами, тип дефекта MAREPS;

9. Описание_дефекта. Текстовое описание дефекта;

10. Описание_устранения_дефекта. Текстовое описание устранения дефекта;

11. Симптом_дефекта. Симптоматика определяется единой распределенной организационной структурой анализа ПЛГ и ТОиР АТ. Включает в себя текстовый словарь типовых ошибок, отказов и дефектов, использование которого

позволяет формализовать текстовое описание дефектов в виде одного слова или словосочетания;

12. MEL. Список минимально–исправного оборудования. В данном атрибуте указывается возможность откладывания дефекта. Если дефект возможно отложить, то указывается группа MEL, согласно которой устанавливаются максимальные сроки для выполнения полетов из единой БД типа АТ.

13. Станция. Аэропорт, в котором был выявлен дефект. Если дефект был выявленным летным составом, записывается аэропорт вылета АТ.

Класс дефекты (текстовая составляющая) включает в себя следующие методы:

1. Выдать номер дефекта. Позволяет получить номер дефекта;
2. Выдать данные по дефекту. Позволяет получить все текстовые данные, связанные с дефектом;
3. Выдать дату устранения дефекта. Позволяет получить дату устранения дефекта.
4. Выдать связанную систему и подсистемы. Позволяет получить данные по системам и подсистемам, связанным дефектом.

Дефекты (графическая составляющая). Данный класс имеет следующие атрибуты:

1. Номер_дефекта КЛЮЧ. Данный атрибут связывает графическую часть описания и устранения дефекта с текстовой частью благодаря уникальному номеру дефекта;
2. Описание_дефекта_граф. Включает в себя все графические данные, связанные с дефектом, в том числе эскизы и фотографии выявленного дефекта;
3. Описание_устранения_дефекта_граф. Включает в себя все графические данные, связанные с устранением дефекта, в том числе эскизы и фотографии устранения дефекта.

Класс дефекты (графическая составляющая) включает в себя следующие методы:

1. Выдать графическую часть описания дефекта. Позволяет получить все графические данные, связанные с дефектом;

2. Выдать графическую часть устранения дефекта. Позволяет получить все графические данные, связанные с устранением дефекта.

Таким образом класс дефекты включает в себя все текстовые и графические данные, связанные с найденными дефектами и способами их устранения.

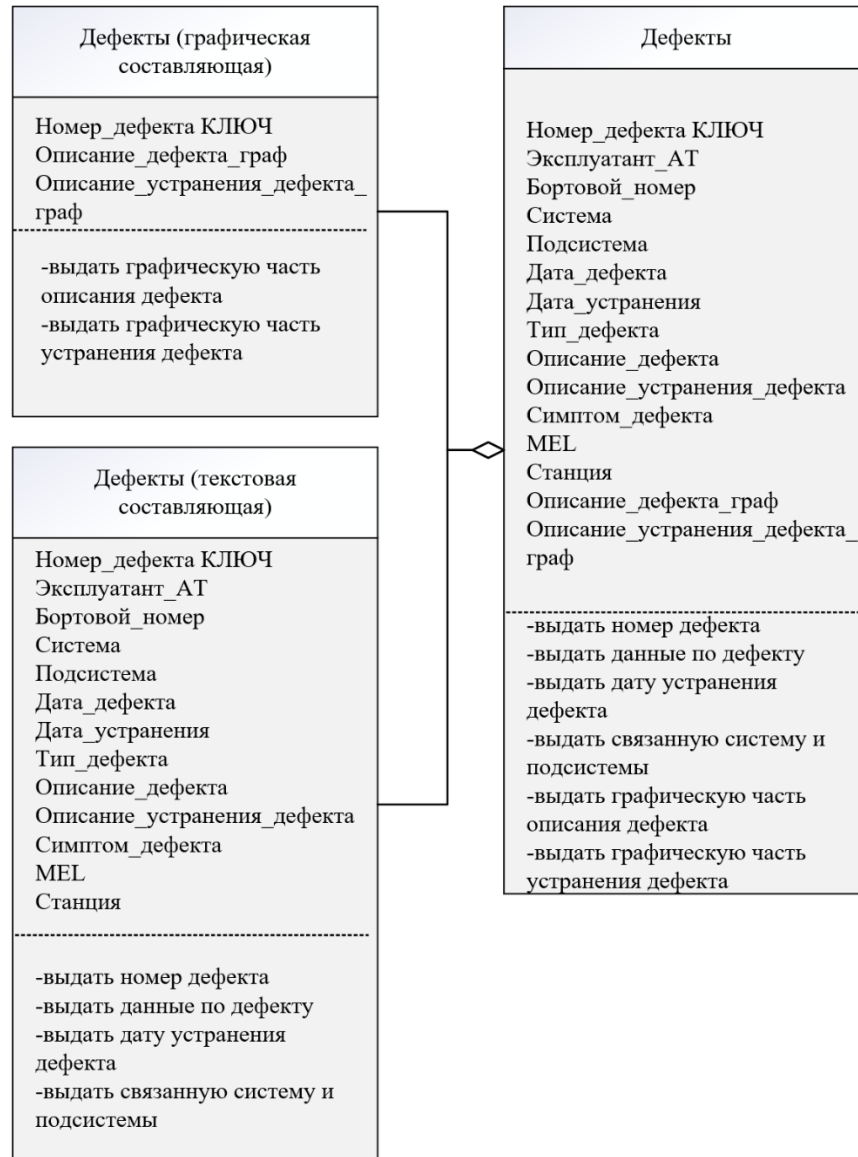


Рисунок 4.15 – Формирование класса «Дефекты»

Пункт 2. Класс задержки рейсов (Рисунок 16). Включает в себя классы текстовой и графической составляющей.

Класс задержки рейсов текстовая составляющая включает в себя следующие атрибуты:

1. Номер_дефекта КЛЮЧ. Уникальный ключ дефекта, который вызвал задержку рейса;
2. Номер_рейса. Уникальный номер рейса, которому предшествовала задержка;
3. Код_задержки. Код задержки согласно стандарту ИАТА;
4. Станция. Аэропорт, в котором произошла задержка рейса;
5. Симптом_задержки. Формализованное представление дефекта, связанного с задержкой;
6. Причина_задержки. Текстовое описание причины задержки рейса;
7. Время_задержки. Время задержки в часах.

Класс задержки рейсов (текстовая составляющая) включает в себя следующие методы:

1. Выдать номер дефекта. Позволяет получить номер дефекта, связанного с задержкой рейса;
2. Выдать данные по задержке. Позволяет получить все текстовые данные, связанные с задержкой рейса;
3. Выдать время задержки. Позволяет получить время задержки в часах;
4. Выдать связанную систему и подсистемы. Позволяет получить номера систем и подсистем, связанных с задержкой рейса.

Класс задержка рейсов (графическая составляющая) включает в себя следующие атрибуты:

1. Причина_задержки_граф. Включает в себя графическую информацию, связанную с задержкой рейса;
2. Устранение_задержки_граф. Включает в себя графическую информацию, связанную с устранением задержки.

Класс задержка рейсов (графическая составляющая) включает в себя следующие методы:

1. Выдать графическую часть причины задержки. Позволяет получить графические данные, связанные с задержкой рейса;

2. Выдать графическую часть устранения задержки. Позволяет получить графические данные, связанные с устранением задержки рейса.

Таким образом класс задержки рейсов включает в себя всю информацию, связанную с задержками рейсов на всем флоте типа АТ. Дополнительные атрибуты, связанные с описанием задержки и способами устранения задержки, позволяют дополнить описание дефекта для дальнейшего анализа эффективности устранения задержек и дефектов.



Рисунок 4.16 – Формирование класса «Задержки рейсов»

Пункт 3. Класс компонентов (Рисунок 17). Включает в себя данные, связанные с заменой компонентов на флоте типа АТ, и их наработку.

Класс компонентов включает в себя следующие атрибуты:

1. Номер_дефекта КЛЮЧ. Уникальный номер дефекта, связанный с заменой компонента;
 2. Номер_компонента. Уникальный партийный номер компонента;
 3. Серийный_номер. Уникальный серийный номер компонента;
 4. Описание_компонента. Обозначение компонента;
 5. Заводской_номер_компонента. Уникальный заводской номер компонента.
- Так как один и тот же компонент могут производить несколько поставщиков, контроль по заводскому номеру позволяет сравнивать эффективность использования компонентов от разных поставщиков;
6. Система. Система, в которую входит компонент;
 7. Подсистема. Подсистема, в которую входит компонент;
 8. Дата_снятия_компонента. Дата снятия компонента с АТ;
 9. Время_наработки_новый. Время наработки компонента в часах и циклах с момента производства;
 10. Воемя_наработки_установка. Время наработки компонента с момента установки на АТ;
 11. Время_наработки_ремонт. Время наработки компонента с момента последнего капитально ремонта;
 12. Причина_снятия. Дополнительные сведения к описанию дефекта;
 13. Станция. Аэропорт или станция ТО, на котором компонент был снят с АТ;
 14. ССL. Входимость компонента в список критических компонентов;
 15. НТ/ST. Время наработки компонента до регламентного снятия с АТ, если такой параметр присутствует у компонента.

Класс компонентов включает в себя следующие методы:

1. Выдать номер компонента. Позволяет получить уникальный партийный номер компонента.
2. Выдать серийный номер компонента. Позволяет получить уникальный серийный номер компонента;

3. Выдать данные по компоненту. Позволяет получить все данные, связанные с наработкой и заменами компонента по его партийному, серийному или заводскому номеру;

4. Выдать наработку компонента. Позволяет получить наработку компонента в часах и циклах.

Таким образом класс компонентов включает в себя все данные по компонентам, используемым в типе АТ, что позволяет производить анализ эффективности использования, замены, обслуживания и ремонта компонентов, а также связывать дефекты и задержки с отказом тех или иных компонентов.

Компоненты
Номер_дефекта КЛЮЧ Номер_компонента Серийный_номер Описание_компонента Заводской_номер_компонента Система Подсистема Дата_снятия_компонента Время_наработки_новый Воемя_наработки_установка Время_наработки_ремонт Причина_снятия Станция CCL HT/ST MEL
----- -выдать номер компонента -выдать серийный номер -выдать данные по компоненту -выдать наработку компонента

Рисунок 4.17 – Формирование класса «Компоненты»

Пункт 4. Класс данных объективного контроля (Рисунок 18). Данные класс включает в себя следующие атрибуты:

1. Параметр М...Мп. Сигналы, снимаемые бортовыми накопителями и в последующем обрабатываемые системами и специалистами объективного контроля, представляются в виде обработанных списков;

2. Система. Система, связанная с определенным сигналом М. Для каждого из параметров будет только один атрибут системы;

3. Подсистема. Подсистема, связанная с определенным сигналом М;

4. Дата_рейса. Дата выполнения рейса. Данный атрибут отличается от дат выявления дефектов и задержек, так как включает в себя даты и данные по всем выполненным рейсам;

5. Номер_рейса. Уникальный номер выполняемого рейса;

6. Бортовой_номер. Уникальный бортовой номер АТ.

Класс данных объективного контроля включает в себя следующие методы:

1. Выдать данные объективного контроля. Позволяет получить все данные, связанные с выполненным рейсом.

Таким образом класс данных объективного контроля позволяет получить все данные, связанные с обработанными параметрами АТ, которые формируются с момент запуска двигателей и до полного останова двигателей.

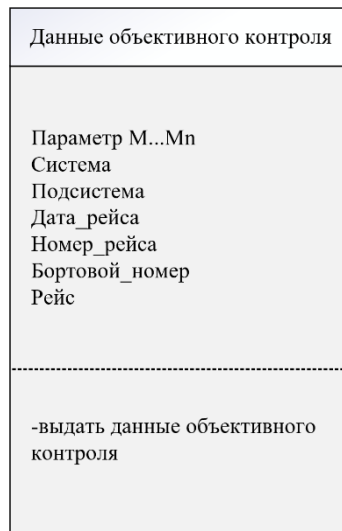


Рисунок 4.18 – Формирование класса «Данные объективного контроля»

Пункт 5. Класс автоматизированной системы контроля (Рисунок 19). Данный класс включает в себя следующие атрибуты:

1. Бортовой_номер. Уникальный номер АТ, на котором работает автоматизированная система контроля;

2. Система. Система, которая связана с возникающей ошибкой;

3. Подсистема. Подсистема, связанная с возникающей ошибкой;

4. Код_ошибки. Код ошибки, возникающий в ходе выполнения полета.

Словарь кодов ошибок формирует производитель АТ;

5. Описание_ошибки. Включает в себя краткое описание ошибки;
6. Дата_ошибки. Дата возникновения ошибки;
7. Номер_рейса. Уникальный номер рейса, в котором автоматизированной системой контроля была выявлена ошибка.

Класс автоматизированной системы контроля включает в себя следующие методы:

1. Выдать код ошибки. Позволяет получить код ошибки, возникающей в ходе выполнения рейса;
2. Выдать описание ошибки. Позволяет получить краткое описание ошибки, возникающей в ходе выполнения рейса.

Таким образом класс автоматизированной системы контроля позволяет получить доступ ко всем данным, формируемым автоматизированными системами контроля в ходе выполнения полета. Благодаря формированию данных по дате ошибки, системе и подсистеме появляется возможность связать ошибки, возникающие в ходе выполнения полета, с дефектами, задержками и заменами компонентов.

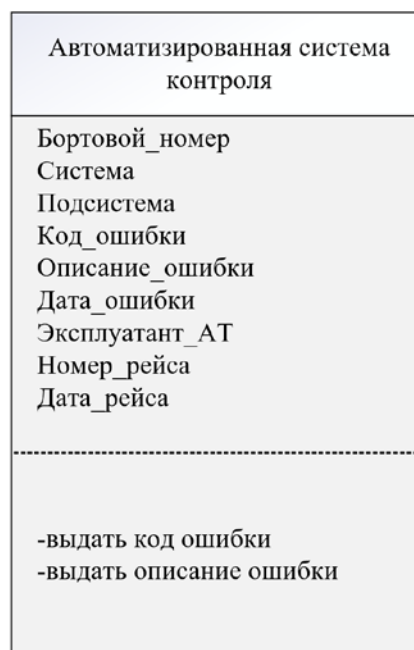


Рисунок 4.19 – Формирование класса «Автоматизированная система контроля»

Пункт 6. Формирование единой БД ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 20). Класс единой БД ПЛГ и ТОиР АТ состоит из ранее описанных классов:

1. Дефекты;
2. Задержки рейсов;
3. Компоненты;
4. Данные объективного контроля;
5. Автоматизированная система контроля.

Рассмотрим связи между данными классами. Все классы включены в класс единой БД ПЛГ и ТОиР и при этом имеют взаимосвязи между собой. Использование атрибута «Номер_дефекта КЛЮЧ» позволяет привязать все данные, связанные с задержками, заменами компонентов, дефектами, данными объективного контроля и автоматизированной системы контроля, к уникальному дефекту, выявленному в ходе выполнения полета или при выполнении работ ПЛГ и ТОиР АТ. Связанные данные позволяют производить ретроспективный анализ и выполнять анализ причин появления задержек, дефектов и отказов компонентов не только в моменте проявления данных событий, но и рассмотреть причины, приведшие к этому. Так как данные объективного контроля и данные автоматизированных систем контроля привязываются не только к дефекту, возможно произвести анализ изменения параметров компонентов, систем, подсистем, узлов и агрегатов, которые привели к отказу компонента, возникновению дефекта или задержке рейса. В настоящее время большая часть компонентов АТ эксплуатируется по состоянию, и основным методом устранения дефекта является не замена компонента, а его тест или замена с подобным компонентом на том же АТ, за счет чего появляется возможность автоматизированно провести анализ изменения характеристик компонентов, что может позволить найти оптимальное время для замены компонента или его обслуживания с целью недопущения его отказов в дальнейшем на флоте типа АТ.

Классы «Задержка рейсов», «Компоненты», «Данные объективного контроля» и «Автоматизированная система контроля» являются зависимыми классами от класса «Дефекты». За счет использования уникального номера

дефекта, даты проявления, бортовом номера и станции возможно формирование связей между задержками рейсов, отказами компонентов, изменений в обработанных данных объективного контроля и автоматизированной системы контроля. Одновременно с этим класс «Дефекты» также является зависимым с классом «Компоненты» из-за чего происходит связывание партийного, серийного и заводского номера компонента, его времени и циклов наработки с выявленными дефектами, что позволяет связать дефекты и компоненты, замена которых была способом устранения данных дефектов.

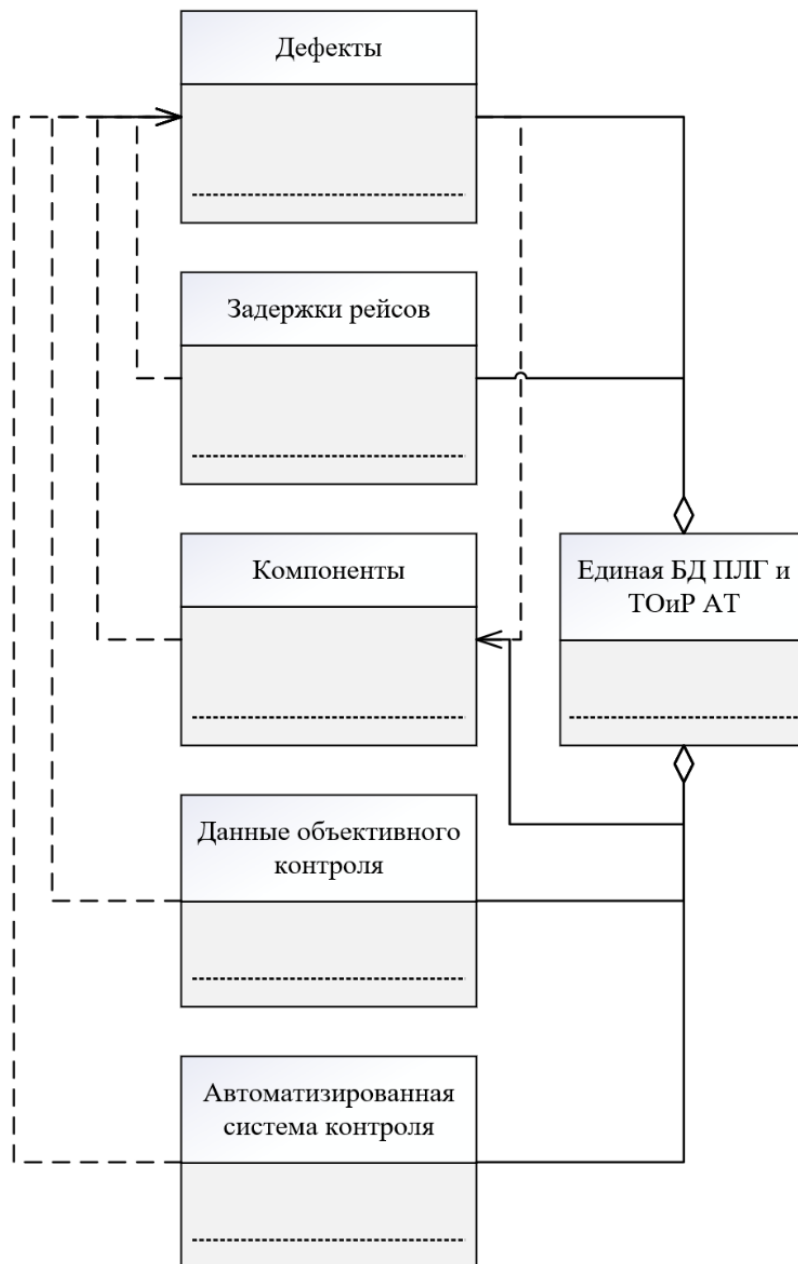


Рисунок 4.20 – Формирование класса «Единая БД ПЛГ и ТОиР АТ»

Пункт 7. Класс единой БЗ типа АТ состоит из ранее описанных классов «Единая БД типа АТ» и «Единая БД ПЛГ и ТОиР АТ», а также класса «Знания ПЛГ и ТОиР АТ».

Рассмотрим класс «Знания ПЛГ и ТОиР АТ» (Рисунок 21). Данный класс включает в себя атрибуты классов «Единая БД типа АТ» и «Единая БД ПЛГ и ТОиР АТ».

Класс включает в себя следующие атрибуты:

1. Номер_компонента. Включает в себя уникальный партийный номер, серийный номер или заводской номер компонента, относительно которого был произведен анализ единой распределенной организационной структурой ПЛГ и ТОиР АТ;

2. Код_ошибки. Включает в себя все коды ошибок, по которым был проведен анализ и созданы решения и предложения;

3. Симптом. Включает в себя все симптомы, связанные с проявлением дефектов, по которым был произведен анализ;

4. Система. Включает в себя системы, по которым был произведен анализ, а также системы, в которые входят компоненты или связанные дефекты, по которым был произведен анализ;

5. Подсистема. Включает в себя подсистемы, по которым был произведен анализ, а также системы, в которые входят компоненты или связанные дефекты, по которым был произведен анализ;

6. Описание_дефекта. Включает в себя все описания дефектов, по которым был произведен анализ;

7. Описание_задержки. Включает в себя все описания задержек, по которым произведен анализ;

8. Решение_задержки_граф_зн. Включает в себя все решения единой распределенной организационной структуры по устранению задержек в графическом виде, в том числе эскизы, ЭЧ, ЭМ и фотографии;

9. Решение_дефекта_граф_зн. Включает в себя все решения единой распределенной организационной структуры по устранению и предотвращению

появления дефектов в графическом виде, в том числе эскизы, ЭЧ, ЭМ и фотографии;

10. Решение_задержки_зн. Включает в себя все решения единой распределенной организационной структуры по устранению задержек в текстовом виде;

11. Решение_дефекта_зн. Включает в себя все решения единой распределенной организационной структуры по устранению и предотвращению появления дефектов в текстовом виде;

12. Рекомендации_ПЛГ. Включает в себя все рекомендации по совершенствованию процессов ПЛГ и изменению алгоритмов проведения работ ПЛГ;

13. Рекомендации_ТОиР. Включает в себя все рекомендации по совершенствованию процессов ТОиР и изменению алгоритмов проведения работ ТОиР;

14. Рекомендации_Компоненты. Включает в себя все рекомендации по совершенствованию процессов эксплуатации, ремонта и обслуживания компонентов, а также изменения в алгоритмах проведения работ по обслуживанию и ремонту компонентов;

15. Рекомендации_распр. Общие рекомендации единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ по проведению работ ПЛГ и ТОиР АТ.

Класс «Знания ПЛГ и ТОиР АТ» включает в себя следующие методы:

1. Изменение КД. Позволяет вносить изменение в КД участникам, ответственным за изменение КД;

2. Изменение ТД. Позволяет вносить изменения в ТД участникам, ответственным за изменение ТД;

3. Изменение ЭД. Позволяет вносить изменения в ЭД участникам, ответственным за изменение ЭД;

4. Изменение MEL. Позволяет вносить изменение в список минимально-исправного оборудования участникам, ответственным за изменение и контроль списка MEL;

5. Изменение CCL. Позволяет вносить изменение в рекомендательный список критически важных компонентов. Участники, ответственные за анализ списка, могут производить анализ и формировать рекомендации. Участники единой распределенной организационной структуры со стороны эксплуатантов АТ могут вносить предложенные изменения в свои списки критически важных компонентов;

6. Изменение НТ. Изменение, добавление или удаление из списка компонентов, которые заменяются, обслуживаются или ремонтируются по наработке участниками, ответственные за изменение и контроль списка НТ компонентов;

7. Изменение ST. Позволяет вносить изменения в список компонентов, которые заменяются, обслуживаются или ремонтируются по наработке согласно статическим данным или результатам анализа. Имеет рекомендательный характер;

8. Создание директивы летной годности. Позволяет формировать и уведомлять о создании директив летной годности участниками, ответственным за изменение и контроль списка MEL;

9. Создание бюллетени. Позволяет формировать и уведомлять о создании бюллетеней участниками, ответственным за изменение и контроль списка MEL;

10. Устранение дефектов. Позволяет сформировать данные по устранению дефектов на флоте типа АТ;

11. Варианты устранения дефектов. Позволяет сформировать данные по способам устранения дефектов на флоте типа АТ;

12. Время устранения дефектов. Позволяет сформировать данные по времени, затрачиваемом на устранение дефектов на флоте типа АТ;

13. Эффективность устранения дефектов. Позволяет сформировать данные по эффективности устранения дефектов. Критерии и параметры эффективности

устранения дефекта устанавливает единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ;

14. Устранение задержек. Позволяет сформировать данные по устранению задержек на флоте типа АТ;

15. Варианты устранения задержек. Позволяет сформировать данные по способам устранения задержек на флоте типа АТ;

16. Время устранения задержек. Позволяет сформировать данные по времени, затрачиваемом на устранение задержек на флоте типа АТ;

17. Эффективность устранения задержек. Позволяет сформировать данные по эффективности устранения задержек. Критерии и параметры эффективности устранения задержек устанавливает единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ.

Таким образом класс «Знания ПЛГ и ТОиР АТ» позволяет как получить связанные данные по дефектам, отказам и задержкам, а также по общей статистике флота типа АТ, так и вносить изменения в обязательную и рекомендательную документацию единой распределенной организационной структурой ПЛГ и ТОиР АТ.

Рассмотрим класс «Единая БЗ типа АТ». (Рисунок 22). Данный класс является реализацией единой базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ и включает в себя все данные, формируемые в ходе эксплуатации, ПЛГ и ТОиР АТ в виде класса «Единая БД ПЛГ и ТОиР АТ» и всю конструкторскую, технологическую и эксплуатационную документацию, которая формируется, изменяется и совершенствуется в ходе ЖЦ АТ. Внесение знаний и опыта в процессах ПЛГ и ТОиР АТ производится через класс «Знания ПЛГ и ТОиР АТ» и может выражаться в формализации опыта как через изменение общей документации КД, ТД, ЭД благодаря результатам анализа поступающей информации, запросов и предложений единой распределенной организационной структурой с последующим утверждением изменений заводами–изготовителя и ОКБ, так и изменения вносимые непосредственно заводами–изготовителями и ОКБ в документацию на основе получаемых результатов анализа. Неформальный опыт

обслуживания, рекомендации и результаты работы единой распределенной организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ также формализуются в виде текстовых и графических данных, связанных с областью данных рекомендаций и анализа. Таким образом участники ПЛГ и ТОиР АТ смогут не только получать изменения документации в режиме реального времени, а также при установке определенных сигнализаций или при поиске определенных систем, подсистем, компонентов, задержек, параметров бортовых самописцев и автоматизированных систем контроля, но и доступ к проанализированному и обработанному опыту остальных участников ПЛГ и ТОиР АТ.

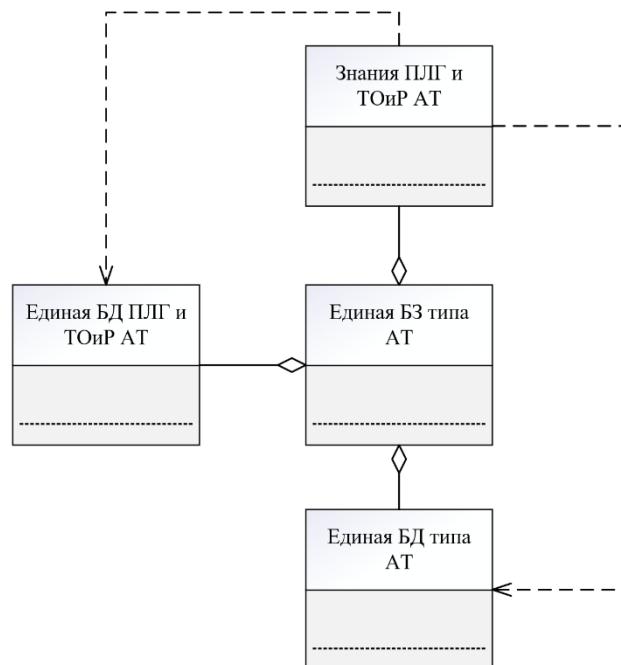


Рисунок 4.21 – Формирование класса «Единая БЗ типа АТ»

4.4 Разработка методических рекомендаций по созданию интерфейсных решений автоматизации ПЛГ и ТОиР АТ

В данном диссертационном исследовании рассматривается формирование части интерфейсных решений СППР ПЛГ и ТОиР АТ в виде отдельных модулей анализа ПЛГ флота типа АТ и автоматизации формирования карт ТОиР АТ. Модули представляют собой таблицы единой БД типа АТ и сводные таблицы и графики, благодаря которым возможна индикация и сигнализация как отдельных

событий, возникающих в ходе ПЛГ и ТОиР АТ, так и индикация и сигнализация изменения трендов отдельных компонентов, систем и подсистем. Единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ, а также каждый из участников ПЛГ и ТОиР АТ, могут устанавливать собственные пределы как по количеству возникающих событий, так и по их продолжительности. Также могут быть установлены пределы по изменению тех или иных параметров по времени. Благодаря автоматизации процесса формализации и обработки информации, поступающей от всех участников ПЛГ и ТОиР АТ, сигнализация будет поступать сразу же после превышения предела в режиме реального времени, так как данные поступают в единую БД и БЗ сразу же после их формирования.

Рассмотрим модуль анализа задержек флота типа АТ. Данный модуль состоит из модуля БД задержек, который включает в себя все задержки рейсов, выявленные на флоте типа АТ, так и все данные, связанные с задержкой рейсов. Также, возможна подача запроса на анализ задержки единой распределенной организационной структурой не только автоматизированно, но и лично работниками эксплуатанта АТ, ответственными за ПЛГ АТ.

На основе БД задержек рейсов формируются интерфейсные решения анализа задержек рейсов флота типа АТ (Рисунок 22).

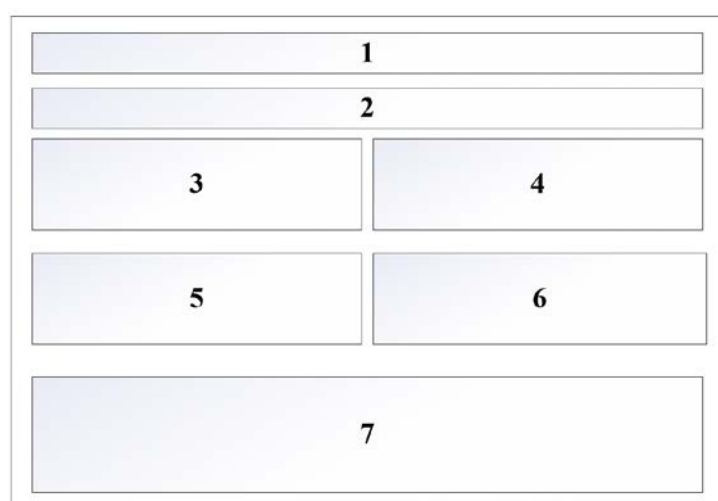


Рисунок 4.22 – Интерфейс анализа задержек рейсов

Рассмотрим зоны интерфейса анализа задержек рейсов.

Пункт 1. Зона фильтров для последующего формирования таблиц и графика. Представляет собой список фильтров, по которым можно уточнить пределы поиска. Включает в себя следующие фильтры:

1. Период. Указываются пределы, в которых производится поиск задержек рейсов;
2. Эксплуатант АТ. Указывается уникальный номер эксплуатанта АТ;
3. Бортовой номер. Указывается уникальный бортовой номер АТ;
4. Система;
5. Подсистема;
6. Компонент;
7. Симптом;
8. Тип задержки.

Каждый из фильтров можно использовать как для выбора отдельного параметра и выбора нескольких параметров, например, для одновременного выбора нескольких систем, так и возможен выбор сразу всех данных.

Пункт 2. На основе параметров, выбранных в пункте 1, формируются данные по типам задержек рейсов, их времени, количестве в абсолютном и относительном значении. (Рисунок 23). Задержки разделяются на задержки до взлета и задержки, вызванные авиационными событиями в ходе выполнения полетов такие, как отказ двигателя в полете, прерванный взлет. Задержки делятся на задержки и длительный простой АТ для дальнейшего разделения и анализа. Относительное значение зависит от выбранного способа расчета и может быть выполнено как на 100 циклов, так и на 1000 летных часов.

Значение	GI	DLY	AOG	ATO	CAN	FI	DNV	ATB	IFSD	GTB	DLY	AOG
Абсолютное	122	116	5	0	0	2	0	3	0	0	293.57	130.03
Относительное	7.77	7.39	0.32	0	0	0.13	0	0.19	0	0	1121.98	496.97

Рисунок 4.23 – Данные по типам задержек рейсов

Пункт 3. Сводная таблица систем (Рисунок 24). В данной сводной таблице указываются номер системы, ее обозначение, данные за 12 месяцев, представленные в виде графика, цвет которого зависит от тренда изменений количества задержек, количество задержек связанных с системой, относительное количество задержек, а также процент вклада данной системы в общее количество задержек рейсов АТ. Предел относительного количества задержек представляется в виде поля «УРВ» и устанавливается единой распределенной организационной структурой анализа ПЛГ и ТОиР АТ либо работниками эксплуатанта АТ. «СТС» показывает статус данной системы, если статус обозначен красным, значит установленный предел превышен и автоматизированно отправляются данные и запросы единой распределенной организационной структуре.

№	СИСТЕМА	12М	УРВ	СТС	КОЛ-ВО	ОТН	ПРОЦЕНТ
	TOTAL				148	44	
36	PNEUMATIC SYSTEM		0.16	●	24	7.2	16.2
21	AIR CONDITIONING		0.3	●	12	3.6	8.1
12	SERVICING				3	0.9	2
27	FLIGHT CONTROLS		0.24	●	6	1.8	4.1
24	ELECTRICAL POWER		0.16	●	3	0.9	2
30	ICE AND RAIN PROTECTION		0.16	●	2	0.6	1.4

Рисунок 4.24 – Сводная таблица систем, связанных с задержками рейсов

Пункт 4. Сводная таблиц подсистем (Рисунок 25). Имеет такие же поля, что и сводная таблица, за исключением уровня и статуса, так как контроль предполагается устанавливать только на системы АТ.

№	СИСТЕМА	12М	КОЛ-ВО	ОТН	ПРОЦЕНТ
36	PNEUMATIC SYSTEM		24	7.2	
36-11	ENGINE BLEED AIR SUPPLY SYSTEM		20	6	
36-00	PNEUMATIC SYSTEM		2	0.6	
36-21	INDICATING SYSTEM - ENGINE BLEED AIR PRESSURE		0	0	0
36-12	BLEED AIR PRECOOLER SYSTEM		1	0.3	

Рисунок 4.25 – Сводная таблица подсистем, связанных с задержками рейсов

Пункт 5. Сводная таблица компонентов (Рисунок 26). В данной таблице указываются компоненты, связанные с устранением задержек рейсов. Таблица состоит из номера компонента, данных за 12 месяцев, абсолютного и относительного количества замен компонентов и процента вклада в общее количество замен компонентов, связанных с устранением задержек рейсов.

Компонент	12М	КОЛ-ВО	ОТН	ПРОЦЕНТ
		148	44	
Not selected		93	28	
1374M96P01		1	0.3	
3291172-2		1	0.3	
739516C		1	0.3	
773289-16		1	0.3	
802170		1	0.3	

Рисунок 4.26 – Сводная таблица компонентов, связанных с задержками рейсов

Пункт 6. Сводная таблица симптомов (Рисунок 27). В данной таблице указываются симптомы, связанные с задержками рейсов. Включает в себя обозначениям симптомов, данные за 12 месяцев в графическом виде, количество и относительное количество симптомов, связанных с задержками рейсов, а также процент вклада симптома в общее количество задержек.

СИМПТОМ	12M	КОЛ-ВО	ОТН	ПРОЦЕНТ
TOTAL		148	44	
Not selected		45	13.5	30
ENG_ START VLV		6	1.8	4.1
BLEED _		11	3.3	7.4
PACK _		3	0.9	2
HEAT P/S F/O		2	0.6	1.4
LEAKAGE		4	1.2	2.7

Рисунок 4.27 – Сводная таблица симптомов, связанных с задержками рейсов

Пункт 7. График изменения параметров задержек рейсов (Рисунок 28). В данном графике указываются данные по относительным значениям за месяц, средние значения за три месяца, уровень тренда и уровень сигнализации. Все сводные таблицы и фильтры имеют полную взаимосвязь. При нажатии на определенную систему, подсистему, компонент или симптом, данные сводных таблиц пересчитываются под выбранный параметр. Таким же образом формируется данный график, благодаря чему можно производить анализ как всего АТ в целом, так и его систем, подсистем, компонентов и связанных симптомов. Также возможно проведение анализа как по восходящей от компонентов к АТ, так и по нисходящей от АТ к конкретному компоненту.

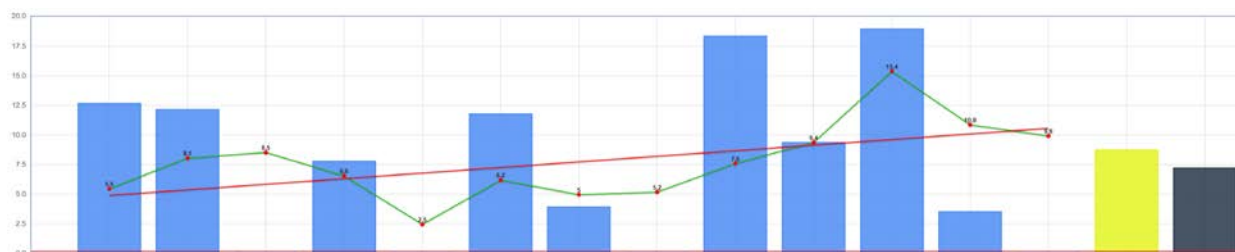


Рисунок 4.28 – График задержек рейсов

Рассмотрим модуль анализа дефектов флота типа АТ. Данный модуль состоит из тех же зон, что и модуль задержек рейсов, и включает в себя сводные таблицы систем, подсистем, компонентов и симптомов, связанных с дефектами,

возникающих на флоте типа АТ. Данный модуль обладает такими же фильтрами и графиком, как и модуль анализа задержек рейсов типа АТ.

Рассмотрим зоны модуля анализа дефектов флота типа АТ.

Зона данных по дефектам типа АТ (Рисунок 29). Включает в себя данные по типам дефектов PIREPS и MAREPS в абсолютном и относительном значении. Относительное значение формируется относительно выбранного подхода к расчету на 100 циклов или на 1000 летных часов.

Значение	PIREPS	MAREPS
Абсолютное	2802	8403
Относительное	17.84	53.51

Рисунок 4.29 – Данные по типам выявленных дефектов

Зона сводной таблицы по системам, связанным с дефектами типа АТ (Рисунок 30). Данная сводная таблица имеет следующие поля:

1. №. Номер системы;
2. СИСТЕМА. Описание системы;
3. 12М. Графическое обозначение данных по дефектам, связанных с системой за 12 месяцев. Цвет отвечает за изменение уровня тренда количества дефектов на данной системе;
4. УРВ. Уровень сигнализации. Устанавливается единой распределенной организационной структурой анализа ПЛГ и ТОиР АТ либо непосредственно эксплуатантом АТ. Уровень устанавливает предельное количество дефектов на 100 циклов;
5. СТС. Статус системы. Красный цвет обозначает превышение уровня, система автоматизированно сигнализирует единой распределенной организационной структуре;
6. ОТН. Относительное количество дефектов на 100 циклов или 1000 летных часов;
7. КОЛ–ВО. Абсолютное значение дефектов;

8. ПРОЦЕНТ. Указывает вклад системы в общее количество дефектов в процентах.

№	СИСТЕМА	12М	УРВ	СТС	ОТН	КОЛ-ВО	ПРОЦЕНТ
	TOTAL				22	736	
21	AIR CONDITIONING		1.8		2.6	87	11.8
34	NAVIGATION		1.5		1.6	64	7.3
36	PNEUMATIC SYSTEM		3		3.7	123	16.7
71	POWER PLANT		1		1.4	46	6.3
33	LIGHTS		1.7		1.9	63	8.6
27	FLIGHT CONTROLS		1		0.78	26	3.5

Рисунок 4.30 – Сводная таблица дефектов, связанных с системами АТ

Зона сводной таблицы по подсистемам (Рисунок 31) обладает такими же полями, как и сводная таблица систем за исключением контроля уровня и статуса систем.

№	СИСТЕМА	12М	ОТН	КОЛ-ВО	ПРОЦЕНТ
32	LANDING GEAR		11.6	2090	
32-10	MAIN LANDING GEAR AND DOORS		0.032	5	0.24
32-12	WING GEAR DOORS		0.07	11	0.53
32-46	BRAKE TEMPERATURE MONITORING SYSTEM		0.18	28	1.3
32-11	WING GEAR		0.15	23	1.1
32-9			0.15	24	1.1
32-21	NOSE GEAR		0.051	8	0.38

Рисунок 4.31 – Сводная таблица дефектов, связанных с подсистемами АТ

Зона сводной таблицы компонентов, связанных с дефектами (Рисунок 32). Обладает такими же полями, как и сводная таблица компонентов, связанных с задержками рейсов.

№	КОМПОНЕНТ	12М	ОТН	КОЛ-ВО	ПРОЦЕНТ
	TOTAL		75	11761	
Not selected			54	8496	
3-1664	WHEEL AY, GOODRICH 52X21.0R22 WHEEL, MLG		4	635	
B42365-1	OXYGEN BOTTLE		1.6	244	
3-1697	WHEEL ASSY		1.4	224	
3-1670	WHEEL AY, WHEEL - GOODRICH, NOSE GEAR		0.66	104	
2-1727	BRAKE AY, CARBON BRAKE		0.69	109	

Рисунок 4.32 – Сводная таблица компонентов, связанных с дефектами АТ

Зона сводной таблицы симптомов, связанных с дефектами АТ (Рисунок 33).
Имеет следующие поля:

1. СИМПТОМ. Обозначение симптома;
2. 12М. Графическое обозначение статистики за 12 месяцев, цвет зависит от тренда изменения количества возникающих дефектов;
3. ОТН. Относительное количество симптомов на 100 циклов или 1000 летных часов;
4. КОЛ–ВО. Абсолютное количество симптомов, связанных с дефектами АТ;
5. NFF (Not fault found). Количество дефектов, связанных с определенным симптомом, устранение которого произошло без ремонта или замены компонента;
6. CONF (Confirmed). Количество дефектов, связанных с определенным симптомом, устранение которого произошло при помощи ремонта или замены компонента;
7. ОР (Open). Количество открытых дефектов, связанных с определенным симптомом;
8. ПРОЦЕНТ. Процентный вклад данного симптома в общее количество дефектов.

СИМПТОМ	12М	ОТН	КОЛ-ВО	NFF	CONF	OP	ПРОЦЕНТ
TOTAL		75	11761	8277	3259	225	
Not selected		57	9010	6018	2787	205	
BLEED _		2.8	432	369	63	0	3.7
PACK _		1.2	196	167	28	1	1.7
BRAKE LIMITER		0.88	138	100	38	0	1.2
FLAP SYS MONITOR		0.096	15	12	3	0	0.13
BODY GR STRG SYS		0.16	25	23	2	0	0.21

Рисунок 4.33 – Сводная таблица симптомов, связанных с дефектами АТ

Зона графиков дефектов является идентичной графикам задержек рейсов и также включает в себя данные в абсолютном и относительном значении за месяц, средние значения за три месяца и двенадцать месяцев, а также линию тренда и линию уровня сигнализации.

Рассмотрим модуль анализа компонентов флота типа АТ. Данный модуль включает в себя три зоны.

Зона сводной таблицы систем, связанных с заменой компонентов. (Рисунок 34). Данная сводная таблица включает в себя данные по системам, график замен компонентов, связанных с системой за 12 месяцев, относительное и абсолютное значение количества заменённых компонентов, а также процент вклада системы в общее количество снятых компонентов.

№	СИСТЕМА	12М	ОТН	КОЛ-ВО	ПРОЦЕНТ
	TOTAL		6.4	5215	
32	LANDING GEAR		1.9	1669	30
25	EQUIPMENT/FURNISHINGS		0.9	738	14.2
Not selected			0.44	362	6.9
12	SERVICING		0.34	279	5.3
23	COMMUNICATIONS		0.1	85	1.6
21	AIR CONDITIONING		0.26	211	4

Рисунок 4.34 – Сводная таблица систем, связанных с заменой
КОМПОНЕНТОВ

Зона сводной таблицы подсистем, связанных с заменой компонентов (Рисунок 35). Обладает такими же полями, как и сводная таблица систем, связанных с заменой компонентов.

№	СИСТЕМА	12М	ОТН	КОЛ-ВО	ПРОЦЕНТ
32	LANDING GEAR		1.5	1569	
32-9			0.0049	4	0.25
32-Not selected			0.018	15	0.96
32-44	PARKING BRAKE SYSTEM		0.0073	6	0.38
32-46	BRAKE TEMPERATURE MONITORING SYSTEM		0.011	9	0.57
32-40	WHEELS AND BRAKES		0.039	32	2
32-42	BRAKE CONTROL SYSTEM		0.056	46	2.9

Рисунок 4.35 – Сводная таблица подсистем, связанных с заменой компонентов

Зона анализа снятых компонентов (Рисунок 36). Представляет собой сводную таблицу, в которую включены следующие поля:

1. Компонент. Обозначение компонента;
2. Описание. Описание компонента;
3. Зав. Номер. Заводской номер компонента;
4. Симптом. Симптом, который связан с 80 процентами снятых компонентов.

Если такой отсутствует, то значение равняется 0;

5. 12М. График изменения количества снимаемых компонентов за 12 месяцев;

6. ОТКЛН. Отклонение в количестве заменяемых компонентов по сравнению с предыдущими 12 месяцами. Если количество превышает предыдущий период, автоматизированно срабатывает сигнализация и уведомляются единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ, а также эксплуатант АТ, у которого произошло превышение предела;

7. СН. Абсолютное количество замен компонентов за выбранный период;

8. ВСП. Среднее время снятия компонента после последнего проведенного ремонта;

9. MTBUR. Среднее количество летных часов между заменой одного компонента;

10. MTBUR R (rate). Относительное значение количества летных часов между заменой одного компонента;

11. ПРОЦЕНТ. Вклад данного компонента в общее количество снятых компонентов.

Компонент	Описание	Зав. номер	Симптом	12М	ОТКЛН	СН	ВСП	MTBUR	MTBUR R	ПРОЦЕНТ
3-1664	WHEEL AY - GOODRICH 52X21.0R22, MAIN GEAR	32-45-598-011				230	552055	1467.09	14375	16.52
3-1697	WHEEL ASSY	32-45-598-011	WHEEL			69	90264	305.64	69000	4.96
B42365-1	OXYGEN ASSY (CREW/PASSENGER)	35-13-064-021				74	248681	6839.83	3083.33	5.32
2-1727	MLG CARBON BRAKE ASSEMBLY	32-41-072-041	BRAKES			59	628120	5719.18	3687.5	4.24
3-1670	WHEEL AY - GOODRICH, NOSE GEAR	32-45-598-021	WHEEL			33	65677	1278.15	16500	2.37

Рисунок 4.36 – Сводная таблица компонентов

Следующим модулем системы анализа ПЛГ и ТОиР АТ является модуль автоматизации карт ТОиР АТ (Рисунок 37). На основе получаемых данных сменный инженер, ответственный за ТОиР АТ, может как формировать карты по устранению возникающих дефектов в ходе оперативного ТО, так и формировать группы карт ТОиР для проведения регламентных работ ТО АТ. На основе данных, поступающих из остальных модулей системы анализа ПЛГ и ТОиР АТ, автоматизированно формируется список задач на флоте эксплуатанта АТ. Персонал, ответственный за формирование и контроль проведения работ ТОиР, при нажатии на предложенную форму может ее отправить оператору ТОиР АТ. Оператор ТОиР АТ при получении формы также может получить доступ к связанным данным из остальных модулей системы, а также к единой БЗ типа АТ, благодаря чему получает доступ к рекомендациям по проведениям работ, результатам анализа эффективности проведения работ. При этом возможно как

изменение подходов к проведению работ, формирование рекомендаций на отложение устранения дефектов, так и выбор наиболее подходящего производителя компонентов АТ.

Таким образом при использовании ранее описанных модулей анализа ПЛГ и ТОиР АТ, а также связанной единой БЗ типа АТ, единая распределенная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ, а также все участники, задействованные в ПЛГ и ТОиР АТ, могут производить анализ состояния флота, эффективности выполнения работ по ПЛГ и ТОиР АТ за счет создания индикаторов относительного и абсолютного количества задержек и времени задержек, количества дефектов и снятых компонентов. Автоматизированное уведомление при превышении установленных пределов позволяет своевременно производить анализ снижения эффективности и безопасности флота типа АТ, формировать изменения в документации, а также формировать общие рекомендательные данные, которые в дальнейшем создают взаимосвязь со связанными системами, подсистемами, компонентами и симптомами. Сформированная единая БЗ типа АТ позволяет участникам, занятым в анализе поступающей информации, получать данные в режиме реального времени, которые автоматизированно формируют связи с документацией в единой БЗ типа АТ, благодаря чему эксперты единой распределенной организационной структуры снижают затраты времени на поиск связанной документации и данных. Формирование пределов, а также контроль количества снятых компонентов и связанных с ними симптомов и дефектов, позволяет сравнить эффективность проведенных работ по обслуживанию, а также сравнивать эффективность использования компонентов от разных поставщиков.


Срок выполнения	форма ТОиР	% выполнения
20.09.2020	Плановое оперативное обслуживание по прилету	100 
21.12.2020	Ф.1 Механизация крыла. Проверить спойлеры	0
22.01.2021	Ф.2 Планер	0
23.02.2021	Ф.1 Планер	0

Рисунок 4.37 – Модуль автоматизированного создания карт ТОиР АТ

На основе данных из единой БЗ типа АТ формируется карта–наряд на обслуживание и ремонт систем, подсистем или компонентов АТ (Рисунок 38). Данная карта обладает уникальным идентификационным номером. Это дает возможность создать связь между выполняемыми картами, дефектами и задержками. В карте–наряде представлена технология выполнения работ, вся необходимая информация по инструментам и приспособлениям, вся графическая и текстовая информация для идентификации системы, подсистемы или компонента.

При нажатии на гиперссылки «Спойлеров» (Рисунок 39) или «КРЫЛО» (Рисунок 40) происходит переход на графическую часть данной карты–наряда.

Подразумевается, что карта–наряд будет использоваться непосредственно на АТ в ходе выполнения работ, поэтому предлагается использование на мобильных или переносных устройствах. При нажатии на гиперссылочный документ происходит переход назад к карте–наряду.

Карта-наряд № 00001 RA 00001

Осмотр спойлеров. КРЫЛО

№	Содержание операции и ТТ	ссылка
1	Выпустите закрылки о помощью гидропривода на угол 43°	✘
2	Выпустите тормозные щитки, спойлеры	✘
3	Осмотрите обшивку спойлеров и убедитесь в том, что на ней нет механических повреждений (трещин, деформации), ослабленных, разрушенных или выпавших заклепок и болтов. При наличии деформации, вмятин, прогибов и вспучивания обшивки панелей определите характер и метод устранения неисправности.	
4	Осмотрите антикоррозионное покрытие и убедитесь в том, что оно неповреждено.	
5	Осмотрите резиновые уплотнения между секциями спойлеров, междуконцевой нервюрой и хвостовой частью ОЧК, между лонжероном спойлера и панелями хвостовой части ОЧК и убедитесь в том, что на них нет порывов и потеростей, а также отсутствует процесс старения резины ПРИМЕЧАНИЕ: О старении резины свидетельствуют многочисленные трещины выкрашивание краев резины по торцам профилей.	
6	Уберите закрылки ,если дальнейшие работы не требуют их выпущенного положения	✘
7	Уберите тормозные щитки и спойлеры, если дальнейшиеработы не требуют их выпущенного положения.	✘

Контроль- поверочная аппаратура	Инструмент и приспособления	Расходные материалы
Не требуется.	Линейка 300 ГОСТ 427-35 Пояс страховочный Троссы	Не требуется.

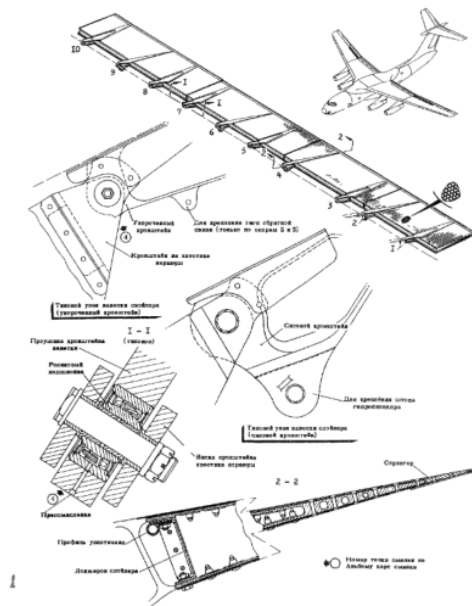
Работу выполнил:

Работу проверил:

Замечания: Перейти к форме замечания



Рисунок 4.38 – Модуль автоматизированного создания карт ТОиР АТ



1. Общая часть.

На каждой половине крыла в хвостовой части ОЧК размещены четыре секции спойлеров. Секции № 1 и 2 подвешены на двух опорах, а секции № 3 и 4 - на трех. Каждая секция приводится в движение отдельным гидроцилиндром, а для синхронного отклонения секции соединены по передней кромке кронштейнами.

2. Описание.

Секция спойлера представляет собой сотовую панель клиновидного сечения, ограниченную по передней кромке лонжероном из профиля швеллерного сечения, по задней кромке - стрингером клиновидного сечения, по боковым поверхностям - нервюрами, с верхней и нижней стороны - листовой обшивкой.

Рисунок 4.39 – Экран «Спойлеров»

После проведения работ все данные из данной карты–наряда автоматизированно отправляются эксплуатанту АТ и в единую БЗ типа АТ. В данные включаются подходы и способы устранения выявленных дефектов, замененные компоненты, дефекты, выявленные в ходе проведения работ ТОиР, а также дополнительная текстовая и графическая информация.

Таким образом организационная структура, ответственная за планирование и контроль работ ТОиР, может автоматизированно формировать карты ТОиР как для оперативного ТО, так и регламентного ТО. В случае если работы предусматривают устранение задержки или дефекта, вместе с картой ТО автоматизированно формируются все данные, связанные с системой, подсистемой или компонентом, которые стали причиной задержки или дефекта. Сразу после выполнения работ данные загружаются в единую БЗ типа АТ, и возможно отслеживание эффективности проведения работ в режиме реального времени.

4.5 Экономический эффект внедрения моделей согласованного взаимодействия ОТС ТОиР АТ

Модели согласованного взаимодействия ОТС ТОиР АТ в виде информационной системы СППР ПЛГ и ТОиР АТ, БЗ ПЛГ и ТОиР АТ, а также в виде потоков данных, были внедрены на предприятии «ЭйрБриджКарго» группы компании «Волга-Днепр», что подтверждается актом внедрения.

Анализ производился в течение двенадцати месяцев, который был разделен на два этапа. В первые шесть месяцев производился анализ согласованного взаимодействия участников, правильность принимаемых решений, затраты времени на подготовку решений по созданию решений по устранению дефектов, а также затраты времени на полученных данных по дефектам до внедрения информационной системы в виде СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Во вторые шесть месяцев параметры проверялись после внедрения информационной системы в виде СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

Анализ коэффициента правильно принимаемых решений на основе интерпретации дефектов показал, что до внедрения ИС составлял от 0,7 до 0,82.

После внедрения ИС в течение двух месяцев проводилось обучение персонала, из-за чего коэффициент правильно принимаемых решений составил от 0,8 до 0,82, что уже выше, чем было в среднем - 0,76 до внедрения ИС. После внедрения ИС и обучения персонала, коэффициент правильно принимаемых решений повысился до значений от 0,89 до 0,91 (Рисунок 42).

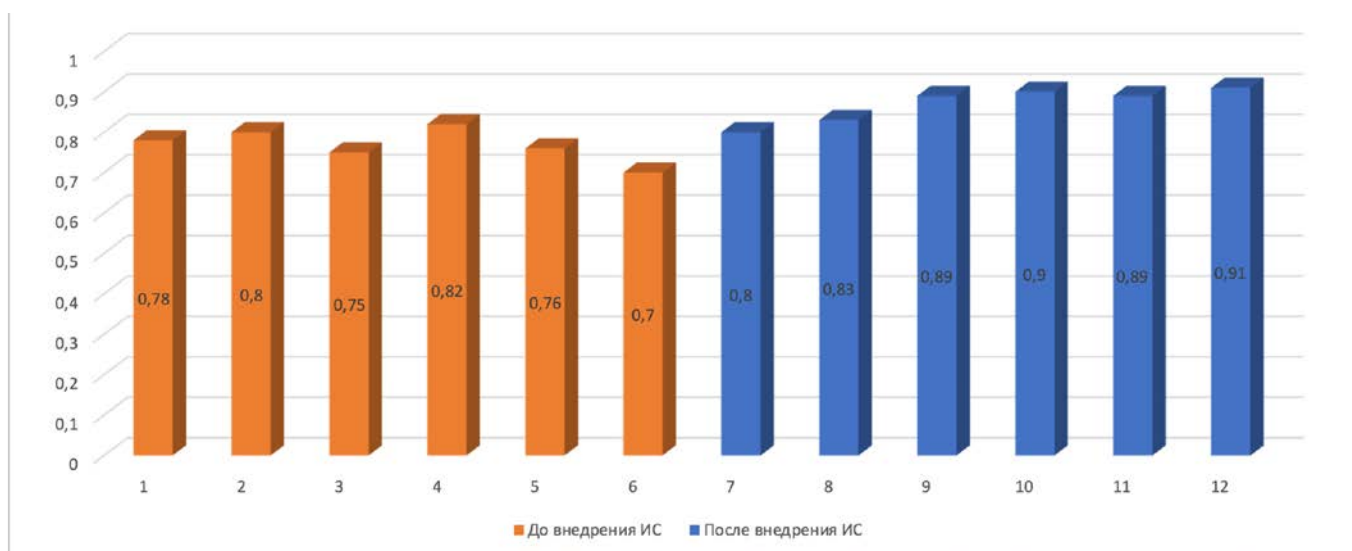


Рисунок 4.42 – Коэффициент правильно принимаемых решений до и после внедрения ИС

Был произведен анализ затрат времени в процентах на устранение одного дефекта сотрудником ЭАТ до и после внедрения ИС. В результате были получены средние значения за шесть месяцев до и после внедрения ИС (Рисунок 43). До внедрения ИС работник ЭАТ затрачивал до 40% времени на подготовку к взаимодействию с сотрудниками оператора ТОиР АТ. Подготовка подразумевала назначение дат для проведения собраний по дефекту, обмен электронными сообщениями, а также отправка и получение информации всеми участниками, задействованными в согласовании. После внедрения ИС работники ЭАТ в среднем на устранение одного дефекта стали затрачивать только 25% времени на подготовку к взаимодействию с сотрудниками оператора ТОиР АТ за счет сокращения затрат времени на получение, обновление и формирование данных одновременно у всех участников ПЛГ и ТОиР АТ.

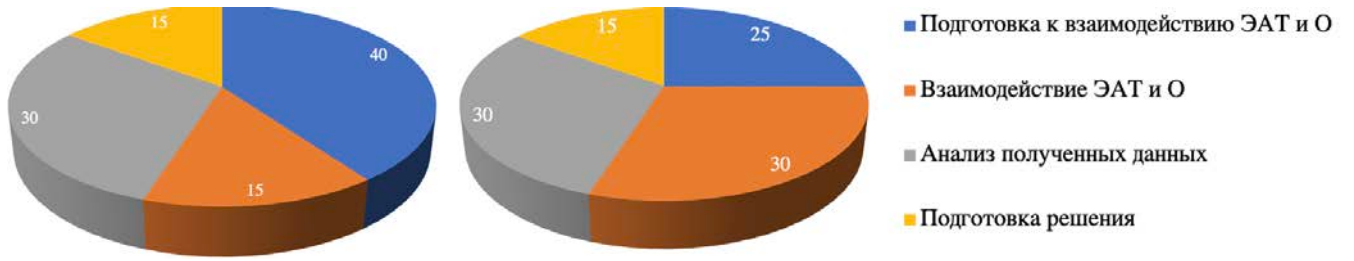


Рисунок 4.43 – Затраты времени в процентах на устранение одного дефекта сотрудником ЭАТ до и после внедрения ИС

Был произведен анализ внедрения модели БЗ ПЛГ и ТОиР АТ (Рисунок 44).

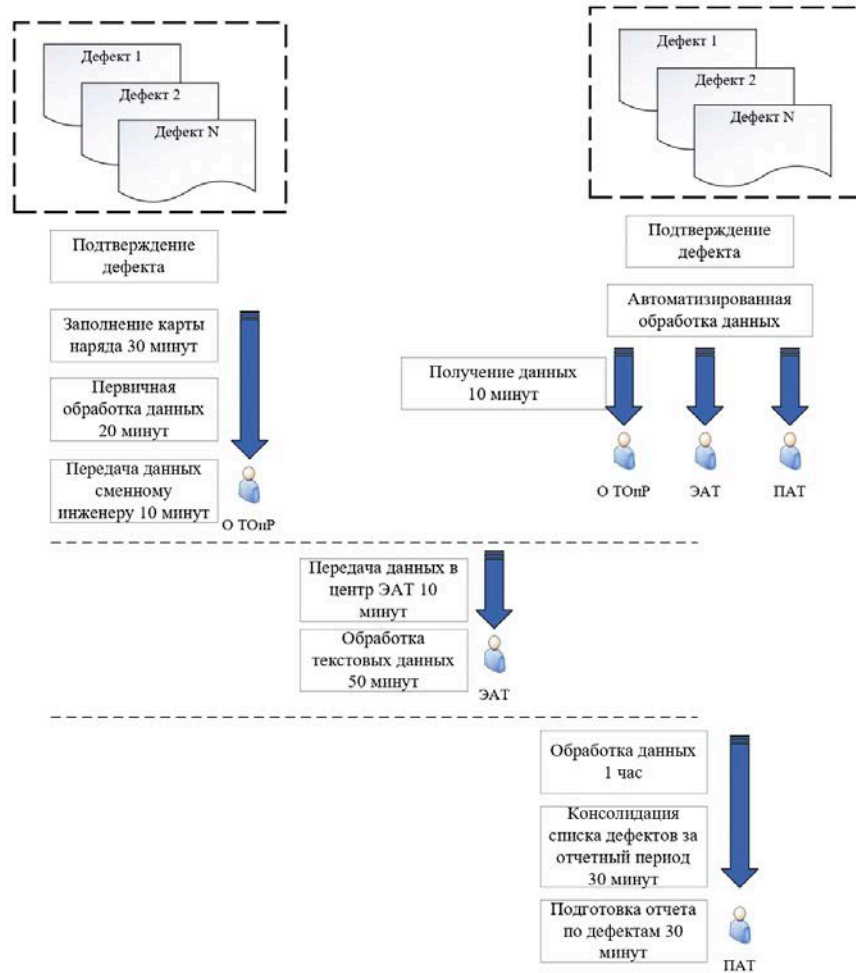


Рисунок 4.44 – Затраты времени на поступление информации до и после внедрения БЗ ПЛГ и ТОиР АТ

До внедрения БЗ затраты времени на поступление информации составляли один час для получения дефекта сменным инженером О ТОиР, из которых 30

минут затрачивалось на формирование карты-наряда, 20 минут на первичную обработку данных и 10 минут на непосредственную передачу данных сменному инженеру. Далее один час затрачивался на получение данных инженерами ЭАТ, в том числе, 10 минут на передачу данных и 50 минут на вторичную обработку данных. ПАТ получал данные через два часа после получения данных ЭАТ, из которых время затрачивалось на финальную обработку данных в течение часа, консолидацию всех дефектов, данные о которых необходимо отправить, и 30 минут на подготовку отчета по данным дефектам.

После внедрения ИС, сразу же после подтверждения дефекта сотрудниками О ТОиР, данные о дефекте автоматизированно обрабатываются и передаются всем участникам, задействованным в ПЛГ и ТОиР АТ в течение 10 минут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненного диссертационного исследования автором предложены новые математические модели и методика совершенствования процессов поддержания летной годности и ТОиР АТ. Сформированы математические модели согласованно взаимодействия участников организационно-технической системы, позволившие исключить противоречия между участниками. Модели данных, передаваемых между участниками, а также модели потоков данных, формируемых в ходе поддержания летной годности и ТОиР АТ. На основе предложенных моделей и потоков данных создана методика формирования базы знаний типа АТ. Сформированы алгоритмы работы информационной системы поддержки принятия решений.

Основные научные и практические результаты, полученные в диссертационном исследовании:

1. Разработано математическое представление организационно-технического системы ТОиР АТ, обеспечивающее системный подход к анализу противоречий возникающих между участниками ТОиР АТ и позволяющее устранить существующие противоречия. Внедрение данных моделей позволило согласовать взаимодействие при обработке дефектов между эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ, что позволило повысить надежность информации на 10%;

2. Разработана методика формирования базы знаний поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники, необходимая для сбора, обработки, формализации знаний, формируемых в организационных структурах, которые задействованы в поддержании летной годности и ТОиР АТ. Использование базы знаний позволило поэтапно и своевременно формировать новые знания одновременно всеми участниками задействованными в ТОиР АТ. Удалось сократить затраты времени на поступление информации всем участникам с целью дальнейшего анализа с 1 часа для оператора ТОиР АТ, 2 часов для эксплуатанта АТ и 4 часов для производителя АТ до 10 минут для всех участников за счет единовременности сбора информации и автоматизации обработки информации;

3. Сформированы алгоритмы построения информационной системы поддержки принятия решений поддержания летной годности и ТОиР АТ, позволяющие создавать единую систему поддержки принятия решений для всех организационных структур, ответственных за поддержание летной годности и техническое обслуживание и ремонт авиационной техники, а также для единой распределенной организационной структуры поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

4. Внедрение единой информационной системы позволило сократить затраты времени на подготовку к взаимодействию участников, задействованных в поддержании летной годности и ТОиР АТ на 15%, что позволило перераспределить временные ресурсы с учетом повышения непосредственного взаимодействия эксплуатанта АТ с оператором ТОиР АТ с целью устранения дефектов, возникающих на флоте типа АТ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АК – авиакомпания

АТ – авиационная техника

АТИ – авиационно–техническое имущество

БД – база данных

БЗ – база знаний

БП – безопасность полетов

ГА – гражданская авиация

ГОСТ – государственный стандарт

ЖЦ – жизненный цикл

ЗИП – запасные части, инструменты и принадлежности

ИАС – инженерно–авиационная служба

ИКАО – международная организация гражданской авиации

ИС – информационная система

КД – конструкторская документация

КТТП – конструкторско-технологическая подготовка производства

ЛС – летная служба

НТЭРАТ – наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники

ОКБ – опытно–конструкторское бюро

ОТС – организационно–техническая система

О ТОИР – оператор технического обслуживания и ремонта

ПАТ – производитель авиационной техники

ПЛГ – поддержание летной годности

РЛЭ – руководство по летной эксплуатации

РО – руководство по техническому обслуживанию

- РОС – руководитель организационной системы
- РЭ – руководство по технической эксплуатации
- СППР – система поддержки принятия решений
- ТД – технологическая документация
- ТОиР – техническое обслуживание и ремонт
- ТС – техническая диагностика
- ФАП – федеральные авиационные правила
- ЭВМ – электронная вычислительная машина
- ЭД – эксплуатационная документация
- ЭМ – электронная модель
- ЭЧ – электронный чертеж
- АНМ – aircraft health monitoring (система автоматизированного контроля работоспособности АТ)
- ALS – airworthiness limitation section (секция ограничения летной годности)
- АММ – aircraft maintenance manual (руководство по техническому обслуживанию)
- АОГ – aircraft on ground (длительный простой АТ)
- САМО – Continuing airworthiness management organization (организация по поддержанию летной годности)
- ССЛ – critical component list (перечень критически важных компонентов)
- СРС – certificate release to service (сертификат выпуска в эксплуатацию)
- ЕАСА – European aviation safety agency (Европейское агентство авиационной безопасности)
- ФАА – Federal aviation administration (Федеральное управление гражданской авиации США)
- ФС – flight cycles (летные циклы)
- ФН – flight hours (летные часы)
- НБС – home base stock (возвратно–обменный фонд)

HT – hard time (время устанавливаемое производителем АТ для обслуживания, ремонта или замены компонента АТ)

IPC – illustrated parts catalog (каталог запасных деталей и компонентов)

ISO – international organization of standardization (международная организация по стандартизации)

MAREPS – maintenance reports (дефекты выявленные наземными службами)

MEL – minimum equipment list (перечень минимально-исправного оборудования)

MMEL – master minimum equipment list (главный перечень минимально-исправного оборудования)

MPD – maintenance planning document (документ планирования технического обслуживания)

MRBR – maintenance review board report (отчет комиссии по техническому обслуживанию)

MSG – Maintenance steering group (группа технического обслуживания)

MTBUR – mean time between unscheduled removals (среднее количество летных часов между незапланированными заменами компонентов)

OMP – operators maintenance program (программа технического обслуживания эксплуатанта АТ)

PIREPS – pilot reports (дефекты выявленные пилотирующим составом)

PLM – product life management (система управления жизненным циклом изделия)

ST – soft time (время устанавливаемое эксплуатантом АТ для обслуживания, ремонта или замены компонента АТ)

UML – unified modeling language (унифицированный язык моделирования)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянов, А. Б. Основы организации, принципы и правила проведения MSG-3 анализа конструкции ЛА и АД с помощью экспертных оценок / А. Б. Аверьянов, Б. А. Чичков // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2008. – № 134. – С. 57-62.

2. Багриновский, К. А. Методологические принципы анализа и моделирования инновационного развития социально-экономической системы / К. А. Багриновский, А. А. Никонова // Стратегическое планирование и развитие предприятий. : Материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума, Москва, 14–15 апреля 2015 года / Под редакцией Г.Б. Клейнера. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2015. – С. 18-21.

3. Багриновский, К. А. Принципиальные требования к развитию инноваций / К. А. Багриновский, А. А. Никонова // Модели и методы инновационной экономики : Сборник научных трудов. – Москва : Центральный экономико-математический институт РАН, 2015. – С. 5-14.

4. Багриновский, К. А. Проблемы развития инновационной деятельности / К. А. Багриновский // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. – 2004. – № 1(34). – С. 59-72.

5. Богданов, В. В. Формирование базы знаний для САПР ТП на основе баз данных технологического назначения / В. В. Богданов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2010. – Т. 53. – № 6. – С. 47-50.

6. Верхотурова, Ю. С. Онтология как модель представления знаний / Ю. С. Верхотурова // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 15. – С. 32-37.

7. Все об ИКАО // ИКАО URL: https://www.icao.int/about-icao/Pages/RU/default_RU.aspx (дата обращения: 01.09.2021).

8. Глобальный аэронавигационный план на 2016–2030 гг. // ИКАО URL: https://www.icao.int/publications/Documents/9750_cons_ru.pdf (дата обращения: 01.09.2021).

9. ГОСТ 18675-2012. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее. - М:СтандартИнформ, 2013. – 219 С.
10. ГОСТ Р 53863-2010 Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения. М: СтандартИнформ, 2011. – 18 С.
11. Гришанов Г.М. Система планирования и подготовки аддитивного производства / Г. М. Гришанов, В. Г. Засканов, И. Н. Хаймович [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 6(86). – С. 14-23.
12. Гришанов Г.М. Экономические аспекты имитационного моделирования производственных участков в среде Tecnomatix Plant Simulation / Г. М. Гришанов, В. П. Махитько, В. М. Рамзаев // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2019. – № 3. – С. 7-16.
13. Гришанов, Г. М. Моделирование конкурентных взаимодействий на рынке легких самолетов / Г.М. Гришанов, Д.Ю. Иванов, А.С. Колычев // Самарского университета. – Самара : АНО «Издательство СНЦ», 2018. – 126 с. (8в)
14. Гришанов, Г. М. Имитационное моделирование динамики конкурентного взаимодействия между производителями легкомоторной авиационной техники в условиях объемной конкуренции / Г. М. Гришанов, С. А. Колычев, Д. Ю. Иванов // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2021. – Т. 12. – № 2. – С. 180-191.
15. Гришанов, Г. М. Выбор уровня надежности изделий по критерию максимизации прибыли / Г. М. Гришанов, Т. Ф. Нгуен // Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России : Сборник статей XII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 28–31 мая 2018 года / Под ред. Д.А. Новикова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2018. – С. 26-32.

16. Гришанов, Г. М. Модели задач выбора конкурентных стратегий по уровню надежности и цене изделия / Г. М. Гришанов, М. В. Скиба // Управление большими системами (УБС'2016) : Материалы XIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых, Самара, 05–09 сентября 2016 года / Под общей редакцией Новикова Д.А., Засканова В.Г.; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Самарский университет. – Самара: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2016. – С. 334-341.

17. Евгеньев, Г. Б. Метод генерации баз знаний структурного синтеза маршрутных технологических процессов / Г. Б. Евгеньев, Б. В. Кузьмин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – № 5. – С. 60-67.

18. Засканов, В. Г. Методологические аспекты повышения эффективности организации процессов проектирования, производства и эксплуатации авиационных изделий / В. Г. Засканов, Д. Ю. Иванов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. – № 6-2. – С. 535-539.

19. Засканов, В. Г. Теоретические вопросы синтеза систем материального стимулирования на предприятиях машиностроительного комплекса / В. Г. Засканов, Д. Ю. Иванов // Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты : Сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 22–24 декабря 2011 года. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2011. – С. 13-20.

20. Засканов, В.Г. Организация, оперативное планирование и управление производством предприятий машиностроения : Учебное пособие / В. Г. Засканов, Н. А. Оглезнев. – Самара : Самарский государственный аэрокосмический университет, 2000. – 290 с.

21. Зрячев, С. А. Разработка базы знаний послепродажного обслуживания авиационной техники / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 5(97). – С. 48-53.

22. Зрячев, С. А. Формирование моделей послепродажного обслуживания авиационной техники с целью автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 5(97). – С. 54-59.

23. Зрячев, С. А. Состояние теории и практики технического обслуживания и ремонта авиационных компонентов / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 8. – С. 14-17.

24. Кайдалов, Л. А. Причины авиакатастроф в России и возможности их устранения / Л. А. Кайдалов // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 2(51). – С. 40-46.

25. Кириченко, А. С. Организация конструкторско-технологической подготовки производства малых космических аппаратов : специальность 05.02.22 "Организация производства (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кириченко Алексей Сергеевич. – Самара, 2016. – 22 с.

26. Кириченко, А. Ю. Предотвращение противоречий профессиональных интересов в конструкторско-технологической подготовке производства / А. Ю. Кириченко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 44.

27. Кириченко, А. С. Распределение материального стимулирования сотрудников при согласовании интересов в конструкторско-технологической подготовке производства / А. С. Кириченко, И. Н. Хаймович, В. В. Морозов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2013. – № 3. – С. 42-48.

28. Кириченко, А. С. Применение информационных технологий при создании серийных малых космических аппаратов / А.С. Кириченко, Е.В. Космодемьянский // Сборник трудов региональной научно-практической конференции, посвящённой 50-летию первого полёта человека в космос. – Самара, – 2011. – С. 221.

29. Кириченко, А. С. Особенности информационной поддержки изделия при создании малых космических аппаратов / А.С. Кириченко, Е.В. Космодемьянский, А.Н. Филатов // SPEXP-2011: сборник трудов II-й Международной конференции. – Самара. – 2011. – С. 336.

30. Клочков, В. В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты : монография / В. В. Клочков ; В. В. Клочков. – Москва : изд-во Московского гос. ун-та леса, 2008. – С. 122.

31. Ковалев, М. А. Проблемы технического обслуживания современных воздушных судов / М. А. Ковалев, И. В. Поддубный // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2019. – Т. 18. – № 2. – С. 138-145. – DOI 10.18287/2541-7533-2019-18-2-138-145.

32. Коптев А.Н. Структурные методы моделирования организационных структур и процессов технического обслуживания воздушных судов / А. Н. Коптев, М. А. Ковалев, С. Ж. Куртаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 5(97). – С. 8-13.

33. Коптев А.Н. Разработка модели распределения ресурсов в рамках управленческих решений технического обслуживания воздушного судна / А. Н. Коптев, Д. Т. Набиев, И. А. Матвейчук, М. В. Высоцкая // Международная молодёжная научная конференция "XV королёвские чтения", посвящённая 100-летию со дня рождения Д.И. Козлова : тезисы докладов, Самара, 08–10 октября 2019 года. – Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2019. – С. 228-230.

34. Коптев А.Н. Разработка системы математических моделей для принятия решений при техническом обслуживании воздушных судов / А. Н. Коптев, Д. Т. Набиев, И. А. Матвейчук [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 7. – С. 99-105.

35. Коптев А.Н. Разработка системы математических моделей для принятия решений при техническом обслуживании воздушных судов / А. Н. Коптев, Д. Т. Набиев, И. А. Матвейчук [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы

теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 7. – С. 99-105.

36. Коптев А.Н. Методология оптимизации целевых функций технологических систем производства летательных аппаратов / А. Н. Коптев, С. Ф. Глустенко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 6(98). – С. 36-42.

37. Ляхов, А. В. Методы формирования спроса и стимулирования сбыта LOW-COST авиакомпаний в период кризиса / А. В. Ляхов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2011. – № 167. – С. 117-121.

38. Международный стандарт ISO 9000 // ISO URL: <http://iso-management.com/wp-content/uploads/2018/09/ISO-9000-2015.pdf> (дата обращения: 01.09.2021).

39. Муллабаев, А. А. Об использовании математического моделирования в некоторых задачах машиностроения / А. А. Муллабаев, А. П. Фот, С. И. Павлов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2-2(52). – С. 75-82.

40. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России. М.: Департамент воздушного транспорта МТ России, 1994. – 340 с.

41. Приказ Минтранса России от 25.09.2015 № 285 «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». – 24 с.

42. Прошина, Р. Д. Математическое моделирование технических систем в нормальной форме пространства состояний / Р. Д. Прошина // Известия

Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 1-3. – С. 613-616.

43. Стратегические цели ИКАО на 2005–2010 годы // ООН URL: <https://www.un.org/ru/ecosoc/icao/goals.shtml> (дата обращения: 01.09.2021).

44. Точилов, Л. С. Проект базы знаний для разработчиков ракетно-космической техники / Л. С. Точилов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2016. – № 8(56). – С. 4.

45. Федоров, Д. О. Перспективы и сложности внедрения PLM-технологий / Д. О. Федоров, Ю. В. Лазич // Вестник Института экономики и управления Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. – 2017. – № 2(24). – С. 55-61.

46. Хаймович И.Н. Поиск области компромисса при согласовании интересов конструкторов и технологов в конструкторско-технологической подготовке производства / И. Н. Хаймович, А. С. Кириченко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 6. – С. 187-189.

47. Хаймович И.Н. Согласование механизмов управления процессами конструкторско-технологической подготовки производства на уровне сотрудников подразделений / И.Н. Хаймович, А.С. Кириченко // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2011. – № 2(26). – С. 276-281.

48. Хаймович И.Н. Управление качеством конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационных стандартов предприятия / И.Н. Хаймович, Е.А. Ковалькова // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2018. – № 1. – С. 60-70.

49. Хаймович И.Н. Конфликт интересов при внедрении информационных технологий в конструкторско-технологическую подготовку производства / И.Н. Хаймович, С.В. Чурилин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 5(97). – С. 36-40.

50. Хаймович, И. Н. Методология организации согласованных механизмов управления процессом конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей / И.Н. Хаймович // Автореферат диссертации на соискание доктора технических наук. – Самара. – 2009. – 35 с.

51. Чекрыжев, Н. В. Основы технического обслуживания воздушных судов : Учебное пособие / Н. В. Чекрыжев. – Самара : Самарский государственный аэрокосмический университет, 2015. – 84 с.

52. Чинючин, Ю. М. Нормативная база технической эксплуатации и сохранения летной годности воздушных судов : Учеб. пособие / Ю. М. Чинючин, С. П. Тарасов ; Ю. М. Чинючин, С. П. Тарасов; М-во трансп. Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации. Каф. техн. эксплуатации летат. аппаратов и авиадвигателей. – Москва : МГТУ ГА, 2003. – 96 С.

53. Airbus open data platform URL: <https://skywise.airbus.com/en/products/skywise-digital-services.html> дата обращения: 01.09.2021).

54. Aircraft Maintenance License - AML Part-66. European Union Aviation Agency, 2008. – 30 p.

55. Anderson W. R. Safety Enhancements Available by Converting MSG-2 Aircraft Maintenance Programs to MSG-3 // SAE Technical Paper. 1999. – 7 P.

56. Annex 1, Personnel Licensing. — Montréal: International Civil Aviation Organization, 2020. – 154 p.

57. Annex 19, Safety Management — Montréal: International Civil Aviation Organization, 2016. – 46 p.

58. Annex 6, Operation of Aircraft. — Montréal: International Civil Aviation Organization, 2018. – 188 p.

59. Annex 8, Airworthiness of Aircraft. — Montréal: International Civil Aviation Organization, 2010. – 124 p.

60. Aortońska A. Measures taken by the European union agency for aviation safety to ensure aviation safety // Journal of KONBiN. 2021. №51. – P. 117-125.

61. Arnott D., Pervan G. A critical analysis of decision support systems research // *Journal of Information Technology*. 2005. №20. – P. 127-168.
62. Arnott D., Pervan G. A critical analysis of decision support systems re-search revisited: the rise of design science // *Journal of Information Technology*. 2014. №29. – P. 43-103.
63. Aviation Info. Data Exchange (AIDX) // IATA URL: <https://www.iata.org/en/publications/info-data-exchange/> (дата обращения: 01.09.2021).
64. Aviation maintenance technician training: training requirements for the 21st century // Federal Aviation Administration URL: https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/aviation_maintenance_technician_training_training_requirements_for_the_21st_century.pdf (дата обращения: 01.09.2021).
65. Bahlmann C. Directional features in online handwriting recognition // *Pattern Recognition*. 2006. №39. – P. 115-125.
66. Baker M, Dowling T., Martinez W., Medejski T., Pedersen D., Rockwell D. New Enhanced Service bulletins // *AERO*. 2006. – P. 12-15.
67. Barns S., Flower R., Mason P., Newman T., Self A. Foundation degree in aircraft engineering: a new degree for a new age // *IEE 2nd Annual Symposium on Engineering Education*. 2002. – P. 7.
68. Belkadi F., Troussier N., Huet F., Gidel T., Bonjour E., Eynard B. Innovative PLM-based approach for collaborative design between OEM and suppliers: Case study of aeronautic industry // *Computer-Aided Innovation (CAI)*. The International Federation for Information Processing. 2008. №277. – P. 157-168.
69. Big data; the race is on, but what is the end goal? // The International Air Transport Association URL: <https://www.iata.org/whatwedo/workgroups/Documents/MCC-2018-ATL/Day1/1100-1130-mro-forecast-market-trend-icf.pdf> (дата обращения: 01.09.2021).

70. Boeing Unveils New Analytics, MRO Capabilities // MRO network URL: <https://www.mro-network.com/maintenance-repair-overhaul/boeing-unveils-new-analytics-mro-capabilities> (дата обращения: 01.09.2021).
71. Brett L. F. Integration of MSG-3 Into Airline Operation // SAE Technical Paper. 1984. – 6 p.
72. Cheung A., Ip W.H., Lu D. Expert system for aircraft maintenance services industry // Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2005. №11. – P. 348-358.
73. Continuing Airworthiness Requirements Part-M Maintenance. European Union Aviation Agency, 2009. – 193 p.
74. Dalkilic S. Improving aircraft safety and reliability by aircraft maintenance technician training // Engineering Failure Analysis. 2017. №82. – P. 687-694.
75. Delmas C. Scheduled maintenance requirements // FAST Airbus technical magazine. 2015. №55. – P. 28-37.
76. Doc 7300/9. Convention of international civil aviation. - Chicago: 1944. – 51 p.
77. Domingo L. myboeingfleet.com // AERO. 2002. №18. – P. 10-19.
78. Douglas R. Maintenance Performance Toolbox // AERO. 2007. – P. 22-27.
79. Douglas R. New Maintenance Applications for iPad // AERO. 2014. – P. 13-17.
80. EASA policy on Certificates of Release to Service for aircraft maintenance and associated responsibilities of maintenance organisations and CAMOs. European Union Aviation Agency, 2015. – 6 p.
81. Efendigil T., Önüt S., Kahraman C. A decision support system for demand forecasting with artificial neural networks and neuro-fuzzy models: A comparative analysis // Expert Systems with Applications. 2009. №36. – P. 6697-6707.
82. Filippo De Florio Airworthiness: An Introduction to Aircraft Certification and Operations. - Oxford: Elsevier, 2016. – 528 p.
83. Ghobbar A.A., Friend C.H. The material requirements planning system for aircraft maintenance and inventory control: a note // Journal of Air Transport Management. 2004. №10. – P. 217-221.

84. Graves A., Liwicki M., Fernández S., Bertolami R., Bunke H., Schmidhuber J. A Novel Connectionist System for Unconstrained Handwriting Recognition // Pattern Recognition. 2006. №39. – P. 855-868.
85. Gupta P., Bazargan M., McGrath R.N. Simulation model for aircraft line maintenance planning // Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2003. 2003. – P. 387-391.
86. Gyazova M., Gorelov B. Aircraft life cycle management system architecture for solving cost management tasks // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. №1047. – P. 12-24.
87. ISO/TC 20 Aircraft and space vehicles // ISO URL: <https://www.iso.org/committee/46484.html> (дата обращения: 01.09.2021).
88. Jo-Bok K., Jin L., Hee-young H. A Comparative Study Between the Approved Maintenance Organizations for MROs of FAA and EASA // Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics. - 2017. - №25. – P. 123-134.
89. Kashyap R. Decision Support Systems in Aeronautics and Aerospace Industries // Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering. 2021. – P. 1196-1223.
90. Keen, Peter G. W., Morton M. S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective. Addison-Wesley Pub. Co., 1978. – 264 p.
91. Key Issue // S1000D URL: <https://www.asd-europe.org/s1000d> (дата обращения: 01.09.2021).
92. Leea S. G., Maal Y. S., Thimma G. L., Verstraeten J. Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul // Computers in Industry. 2008. №59. – P. 296-303.
93. Lishuai L., Santanu D., Hansman R.J., Palacios R., Srivastava A.N. Analysis of Flight Data Using Clustering Techniques for Detecting Abnormal Operation // JOURNAL OF AEROSPACE INFORMATION SYSTEMS. 2015. №9. – P. 587-598.
94. Lubrina P., Giclais S., Stéphan C., Boeswald M., Govers Y. AIRBUS A350 XWB GVT -State of the art techniques to perform a faster and better GVT Campaign. IMAC 2014, Feb 2014, Orlando, United States. – P. 243-256.

95. Maggiore J. Remote management of real-time airplane Data // AERO. 2007. №4. – P. 22-27.
96. Maintenance Organization Approvals Part-145. European Union Aviation Agency, 2008. – 39 p.
97. Maintenance Program Overview // ICAO URL: <https://www.icao.int/MID/Documents/2019/ACAO-ICAO%20Airworthiness/Session%206%20Part%2021%20maintenance%20program%20%20final.pdf> (дата обращения: 01.09.2021).
98. Maintenance Steering Group Introduction, Overview, and Evolution // AVIATIONPROS URL: <https://www.aviationpros.com/education-training/article/21214984/maintenance-steering-group-introduction-overview-and-evolution> (дата обращения: 01.09.2021).
99. Manuhutu F. Aviation Safety Regulation in Europe // Air and Space Law. 2000. №6. – P. 264-272.
100. Masa F., Aristaa R., Olivaa M., Hiebertb B., Gilkersonb I., Riosc J. A Review of PLM Impact on US and EU Aerospace Industry // Procedia Engineering. 2015. №132. – P. 1053-1060.
101. Mcloughlin B. Maintenance Program enhancements // AERO. 2006. №4. – P. 24-27.
102. Messaadia M., Belkadi F., Eynard B., Sahraoui A. System Engineering and PLM as an integrated approach for industry collaboration management // IFAC Proceedings Volumes. 2012. №45. – P. 1135-1140.
103. Meyer W. J. Concepts of Mathematical Modeling. New York: Dover publications, 2004. – 376 p.
104. Mokhtarimousavi S., Rahami H., Kaveh A. Multi-objective mathematical modeling of aircraft landing problem on a runway in static mode, scheduling and sequence determination using nsga-ii. // International Journal of Optimization in Civil Engineering. 2015. №5. – P. 21-36.
105. Mrzygłód, B., Hawryluk, M., Gronostajski, Z. Durability analysis of forging tools after different variants of surface treatment using a decision-support system based

on artificial neural networks // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2018. №18. – P. 1079-1091.

106. Muchiri A.K. Application of Maintenance Interval De-Escalation in Base Maintenance Planning Optimization // Enterprise Risk Management. 2009. №2. – P. 63-75.

107. My boeing fleet URL: <http://www.boeing.com/commercial/services/maintenance-engineering/index.page/> (дата обращения: 01.09.2021).

108. Nakata D. An introduction to MSG-3 // SAE Technical Paper. 1984. – 7 p.

109. Notes on the Evolution of MSG-3 (Maintenance Steering Group Logic-3) // SOFEMA aviation services URL: <https://sassofia.com/blog/notes-on-the-evolution-of-msg-3-maintenance-steering-group-logic-3/> (дата обращения: 01.09.2021).

110. Obadimu S.O., Karanikas N., Kourousis K.I. Development of the Minimum Equipment List: Current Practice and the Need for Standardisation // Aerospace. 2020. №7. – 16 p.

111. PART 145 - REPAIR STATIONS // Code of Federal Regulations URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-H/part-145> (дата обращения: 01.09.2021).

112. PART 23 - AIRWORTHINESS STANDARDS: NORMAL CATEGORY AIRPLANES // Code of Federal Regulations URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/part-23> (дата обращения: 01.09.2021).

113. Pettitt M., Dunlap J. The European Joint Aviation Authorities: Meeting the Challenges of International Cooperation of International Cooperation // Journal of Aviation/Aerospace Education & Research. 1995. №5. – P. 11-16.

114. Pick R., Weatherholt N. A review on evaluation and benefits of decision support systems // Review of Business Information Systems (RBIS). 2012. №17.1. – P. 7-20.

115. Pontecorvo J. MSG-3 – A Method For Maintenance Program Planning // SAE Technical Paper. 1984. – 7 p.

116. Practices and Perspectives in Outsourcing Aircraft Maintenance / Federal Aviation Administration. — Washington: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2003. – 67 p.

117. Saranga H., Kumar U.D. Optimization of aircraft maintenance/support infrastructure using genetic algorithms—level of repair analysis // *Annals of Operations Research*. 2006. №143. – P. 91-106.

118. Sas J. Handwriting Recognition Accuracy Improvement by Author Identification // *Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAISC 2006*. 2006. – P. 682-691.

119. Shafiee M., Chukova S. Maintenance models in warranty: A literature review // *European Journal of Operational Research*. 2013. №229. – P. 561-572.

120. Shaukat S., Katscher M., Wu C., Delgado F., Larrain H. Aircraft line maintenance scheduling and optimisation // *Journal of Air Transport Management*. 2020. №89. – 11 p.

121. Sheng H., Tianhong Zhang T., Jiang W. Full-Range Mathematical Modeling of Turboshaft Engine in Aerospace // *International Journal of Turbo & Jet-Engines*. 2015. №33. – P. 309-317.

122. Shim J. P., Warkentin M., Courtney J. F., Power D. J., Sharda R., Carlsson C. Past, present, and future of decision support technology // *Decision Support Systems*. 2002. №33. – P. 111-126.

123. Singh S., Misra S.C. Identification of barriers to PLM institutionalization in large manufacturing organizations: A case study // *Business Process Management Journal*. 2019. №25. – P. 1335-1356.

124. Sirat W., Harun Z. Aircraft maintenance management—role of licence aircraft maintenance engineer by complying to aviation regulations to ensure a high standard of maintenance // *1st Regional Conference on Vehicle Engineering & Technology*. - 2006. – P. 3-5.

125. Veena V. S., Praveen R. P. Mathematical modeling of advanced PMSBLDC motor drive for aerospace application // *2014 Annual International Conference on*

Emerging Research Areas: Magnetics, Machines and Drives (AICERA/iCMMD). 2014. – P. 1-5.

126. Walker G. Redefining the incidents to learn from: Safety science insights acquired on the journey from black boxes to Flight Data Monitoring // Safety Science. 2017. №99. – P. 14-22.

127. Weertman P. Working Together to Ensure Safe and Efficient Airplane Operations // AERO. 2007. №2. – P. 3-5.

128. Whittaker L. Aviation safety management systems: a comparative analysis between safety management systems (SMS) and maintenance steering group version 3 (msg-3) // Journal of Air Transport Studies. 2018. №9. – P. 29-42.

129. Yam, R., Tse, P., Li, L, Tu P. Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2001. – P. 383-391.

130. Yunseon C., Sunkyung L., Chaeyoung L. A Study on the Improvement of Regulations for AMO Global Recognition System of International Civil Aviation Organization // Journal of Aerospace System Engineering. 2020. №14. – P. 32-41.

131. Zörrer H., Steringer R., Zambal S., Eitzinger C. Using Business Analytics for Decision Support in Zero Defect Manufacturing of Composite Parts in the Aerospace Industry // IFAC-PapersOnLine. 2019. №52. – P. 1461-1466.

132. Zryachev S., Larin S. Creation of a joint group and a decision support system to improve the after-sales support of civil aircraft // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. №1925. – 6 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

RU

2021613564

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):

2021613564

Дата регистрации: **11.03.2021**

Номер и дата поступления заявки:

2021610395 11.01.2021

Дата публикации: 11.03.2021

Контактные реквизиты:

**Телефон- 89991939741 Почтовый
адрес- bazuzu73@outlook.com**

Авторы:

**Зрячев Сергей Александрович (RU),
Ларин Сергей Николаевич (RU)**

Правообладатели:

**Зрячев Сергей Александрович (RU)
Ларин Сергей Николаевич (RU)**

Название программы для ЭВМ:

Интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники

Реферат:

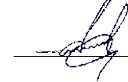
Программа предназначена для автоматизации создания технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Программа состоит из двух модулей: 1. Модуль сбора информации. Необходим для перевода и обработки заранее подготовленной документации в формат, необходимый для автоматизированного создания технологических карт; 2. Модуль интеллектуального создания технологических карт. На основе количества летных часов создаются электронные технологические карты. Модули не имеют графического интерфейса, так как подразумевается их встраивание в уже существующие системы. Предполагается использование программы на авиационных предприятиях. ОС: Windows 10.

Язык программирования: Python

Объем программы для ЭВМ: 8 КБ

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ООО «АК ЭйрБриджКарго»

 Д.И. Фисенко

« 02 » сентября 2021 г.

Акт

**об использовании результатов диссертационной работы
Зрячева Сергея Александровича,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Настоящим актом подтверждается, что результаты исследований диссертационной работы Зрячев С.А. на тему: «Разработка моделей и методики организации технического обслуживания авиационной техники с учетом согласованного взаимодействия», а именно:

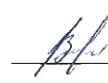
1. Модель согласованного взаимодействия участников ТОиР АТ;
2. Методика формирования базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Алгоритмы работы информационной системы автоматизации ТОиР АТ.

нашли применение в системе поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники.

Использование указанных моделей и методов позволяет ставить и решать задачи по автоматизации процессов ПЛГ и ТОиР АТ и взаимодействия организационных структур, ответственных за ПЛГ и ТОиР АТ.


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель центра анализа
полетной информации

 к.т.н. В.В. Завершинский
« 01 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель департамента
предотвращения авиационных
происшествий и управления
безопасностью полетов

 к.т.н. Э.И. Сурина
« 01 » сентября 2021 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
**«УЛЬЯНОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
(УлГУ)

Л.Толстого ул., д. 42, г. Ульяновск, 432017
тел.: (8422) 41-07-68, факс: (8422) 41-20-88
e-mail: contact@ulsu.ru, www.ulsu.ru
ОКПО 12562696, ОГРН 1027301162965
ИНН/КПП 7303017581/732501001

09.06.2022 № М/05

На № _____ от _____ **СПРАВКА**

**о внедрении результатов диссертационного
исследования в образовательный процесс и
научно-исследовательскую деятельность**

Результаты кандидатской диссертации Зрячева Сергея Александровича выполненной по специальности 2.5.22 «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства» по теме «Разработка моделей и методики организации технического обслуживания авиационной техники с учетом согласованного взаимодействия», выполненной на базе Научно-исследовательского технологического института им. С.П.Капицы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (УлГУ), представлены в виде публикаций, изданных в рецензируемых научных периодических изданиях, а также в виде докладов на конференциях различного уровня.

Результаты данной кандидатской диссертации внедрены:

- в образовательный процесс подготовки специалистов на базовой кафедре УлГУ «Цифровые технологии авиационного производства» при АО «Авиастар-СП» при осуществлении практик студентов и дипломного проектирования.
- в научно-исследовательскую деятельность в Научно-исследовательском технологическом институте им. С.П.Капицы УлГУ при создании математических моделей согласованного взаимодействия участников технического обслуживания и ремонта специальной техники и моделей принятия проектных решений в системе эксплуатации сложных организационных структур.

Проректор по научной работе
Ульяновского государственного
Университета, д.ф.-м.н., профессор

В.Н. Голованов