

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения»

Экз. ____

На правах рукописи



Фролова Елена Александровна

**Методы управления качеством интерактивных
электронных технических руководств по
эксплуатации и ремонту авиационной техники**

Специальность: 05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
Доктор технических наук, профессор,
Лауреат Премии Правительства Российской
Федерации, Заслуженный работник высшей
школы Российской Федерации Семенова Е.Г.

Санкт-Петербург – 2019

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Качество современных интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники и соответствующие методы управления. Проблема и частные задачи исследования.....	14
1.1. Анализ качества современных ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники	14
1.2. Методы и средства управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники	51
1.3. Постановка научной проблемы и частных задач исследования	66
1.4. Выводы по первой главе	75
Глава 2. Методологические основы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники	79
2.1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.....	79
2.2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР.....	92
2.3. Характеристика программных сред для проектирования и разработки ИЭТР с использованием логических схем предметного контента	162
2.4. Выводы по второй главе.....	165
Глава 3. Методы квалиметрического оценивания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники	168
3.1. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники.....	168
3.2. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники	200
3.3. Специфические аспекты квалиметрического оценивания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.....	225
3.4. Выводы по третьей главе	228
Глава 4. Методы управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники	230
4.1. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.....	230
4.2. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.....	282
4.3. Общая организация управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.....	304
4.4. Выводы по четвертой главе	308
Глава 5. Совершенствование качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР. Оценка эффективности результатов исследования.....	311

5.1. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР	311
5.2. Диссертационный эксперимент и оценка эффективности разработанного методологического аппарата.....	327
5.3. Выводы по пятой главе	346
Заключение.....	348
Список сокращений и условных обозначений.....	351
Словарь терминов.....	352
Список литературы	362
Приложение А	374
Приложение Б	381
Приложение В	391
Приложение Г	393
Приложение Д	394
Приложение Е	400

Введение

Актуальность работы. Создание современных и перспективных интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники (АТ) характеризуется постоянным нарастанием объемов охватываемых предметных данных, сложности используемых программных технологий представления и визуализации информации, моделирования предметных процессов жизненного цикла авиаприборов и бортовых систем. Сегодня стала очевидна тупиковость в развитии парка ИЭТР, обеспечивающих эксплуатацию и ремонт сложной современной авиационной техники только на основе опыта текущей эксплуатационной практики. Этот факт определяет недостаточный уровень качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а, в конечном итоге, недостижимость качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники. Усложнение образцов авиационной техники, авионики, а также мультимедиа технологий моделирования предметных процессов, репрезентативных возможностей перспективных ИЭТР объективно диктует необходимость улучшения качества указанных средств интерактивной электронной эксплуатационной и ремонтной документации на методологически обоснованных принципах, на базе системного подхода и принципов рационализма.

Однако, не достаточная разработанность методологического и научно-методического инструментария управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники ведет к эмпирическому характеру их разработки и развития, предопределяемому текущей практикой проектирования, разработки и совершенствования средств авиационной техники. Это приводит к низкой эффективности процессов проектирования и разработки интерактивной электронной эксплуатационной и ремонтной документации,

торможению качественного развития систем эксплуатации и ремонта современной и перспективной авиационной техники.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в методологическом и научно-методическом инструментарии управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

Актуальность проведенного исследования подтверждается также его соответствием научным направлениям, определяемым Стратегией научно-технологического развития РФ и входящим в Перечень критических технологий Российской Федерации: Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, новым материалам и способам конструирования; Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта.

Степень разработанности темы исследования, направленного на развитие квалиметрического аппарата управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники определяют результаты научных работ ведущих отечественных и зарубежных ученых в области квалиметрии информационного и программного обеспечения автоматизированных производственных систем, методов сквозного интегрированного управления качеством транспортных услуг. Методологической основой для детальной разработки темы явились результаты исследований следующих научных направлений:

– методология и практики управления качеством сложных технических и организационно-технических систем, реализованные в работах Э. Деминга, А.У.Шухарта, К. Ишикавы, Д. Джурана, Г.Г. Азгальдова, Б.В.Бойцова, А.С.Васильева, А.Г. Варжапетяна, Е.Г. Семеновой, В.М. Балашова, Д. Коудена, Х.Й. Миттага, В.К. Федюкина, Н.Н. Рожкова, Г.И. Коршунова и др. На основе

результатов исследований данного направления в работе определены базовые положения и подходы к разработке предлагаемых методов, как научных результатов;

– квалитетические модели анализа и развития сложных программных и информационных систем, изложенные в результатах исследований А. Альбрехта, Ф. Брукса, У. Хэмфри, Ф. Кратчена, М. Полка, М. Мюллера, Т. Фелманна, С. Кана, Б. Бозма, М. Джилба, Т. Саати, В.В. Липаева, Я.А. Ивакина, Н.В. Хованова, Р.М. Юсупова, В.А. Липатникова и др. Результаты данного направления позволили выработать единую метрику для процедур оценки качества и сформулировать систему сводных показателей для такой оценки;

– методы управления рисками (риск-менеджмента), предложенные в работах Т. ДеМарко, М.Круи, К.Кернса, Онищенко В.Я., Фунтова В.Н., Вершинина Н.Н. и др. На их основе предложены усовершенствованные схемы улучшения качества ИЭТР как в процессе их создания, так и при совершенствовании в рамках их жизненного цикла.

Цель работы. Цель диссертационной работы заключается в улучшении качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту АТ, за счет преодоления эмпирического характера их разработки, путем последовательно-итеративного квалитетического оценивания, анализа рисков развития и совершенствования.

Объект исследования – система ИЭТР по эксплуатации и ремонту АТ.

Предмет исследования – управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Задачи исследования. Для достижения цели работы в ходе диссертационного исследования поставлены и решены следующие задачи:

1. Обоснование и синтез научно-методической концепции менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту АТ;
2. Разработка метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Разработка метода многоуровневой оценки качества ИЭТР для АТ;

4. Обоснование и разработка метода выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту АТ;

5. Уточнение критериальной базы и разработка методов оценки и уменьшения рисков проектов создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта АТ;

6. Реализация системного подхода, путем выработки метода оценки динамики качества обслуживания АТ за счет использования ИЭТР.

Методы исследований. Для решения задач диссертационного исследования были использованы методы современной и классической квалиметрии, системного анализа, теории графов, риск-менеджмента, теории нечетких множеств и мягких вычислений, различные методы построения и взвешивания сводных показателей, процессный подход к рассмотрению эксплуатации АТ, а также квалиметрические методы анализа сложных программных комплексов и информационных систем.

Тематика работы соответствует областям исследования: 1. «Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов»; 2. «Стандартизация, метрологическое обеспечение, управление качеством и сертификация»; 3. «Методы менеджмента качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла»; 4. «Квалиметрические методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством»; 5. «Методы стандартизации и управления качеством в CALS-технологиях и автоматизированных производственных системах»; 6. «Совершенствование связей взаимодействия системы поставщик-разработчик-изготовитель-центр стандартизации и метрологии- орган по сертификации систем качества и производств при сквозном интегрированном управлении качеством с целью максимизации результативности»; 9. «Научные основы автоматизированных комплексных систем управления эффективностью производства и качеством работ»; 10. «Научные основы стандартизации» паспорта специальности 05.02.23 – «Стандартизация и управление качеством продукции».

Основные положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
5. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
6. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
7. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы:

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в отличие от известных за счет применения процессного подхода к рассмотрению жизненного цикла указанного вида техники позволила разработать методологический аппарат разработки и совершенствования интерактивных электронных средств поддержки обслуживания АТ путем систематизации и рационализации способов, приемов, методов повышения его результативности.
2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР обеспечил качественно новый уровень разработки предметного материала по эксплуатации, ремонту АТ для интерактивных электронных руководств за счет введенного дополнения научно-методического аппарата такой разработки инструментарием его обобщения и структуризации в виде логических схем последовательности проверок (работ).

3. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники позволил развить базовые методологические средства квалиметрического анализа электронных технических руководств, как программно-информационных продуктов, путем учета специфики и многофакторности их создания.
4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники впервые обеспечил целенаправленное выявление несоответствий контента интерактивных электронных технических руководств, за счет выявления причин типовых недостатков в логической структуре их контента.
5. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники позволил перейти на более высокий уровень объективности риск-менеджмента при разработке указанных электронных руководств за счет формирования совокупности показателей риска в виде иерархической структуры.
6. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники обеспечил улучшение показателей результативности процесса разработки указанных руководств за счет экспликации на его базовую технологию методов теории аналитического планирования.
7. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР позволил добиться снижения итеративности в технологии создания интерактивных электронных технических руководств путем предложенной реализации обратной связи с качеством вышестоящего производственного процесса.

Обоснованность и достоверность. Обоснованность научных результатов обусловлена корректным использованием апробированного в научной практике исследовательского и аналитического аппарата. Достоверность результатов проведенных исследований обеспечивается использованием современных

методик обработки исходной информации и подтверждается совпадением результатов исследования с экспериментальными данными, практической реализацией как на предприятиях – разработчиках ИЭТР, так и предприятиях-эксплуатантах АТ.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов состоит в следующем:

- в оснащении технологий проектирования, создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта АТ, процедур их совершенствования инструментарием корректного использования методов управления их качеством на основе процессного подхода к рассмотрению жизненного цикла указанного вида техники;
- в совершенствовании аналитических методов оценки и анализа показателей, составляющих качество ИЭТР, выявления аномалий качества этих программно-информационных продуктов;
- в расширении возможностей по снижению итеративности выработки проектных решений при разработке контента и компоновке программного обеспечения ИЭТР для эксплуатации и ремонта АТ;
- в предложении комплексного методологического аппарата, позволяющего анализировать и снижать риски проектов по разработке ИЭТР для АТ;
- во внедрении в практику создания ИЭТР для АТ научно-методических средств, основанных на принципах системного подхода к рассмотрению процессов эксплуатации и ремонта указанного вида техники;
- в уменьшении трудозатрат на разработку ИЭТР для эксплуатации и ремонта АТ (среднего времени разработки и отладки информационного модуля реализации типовой эксплуатационной (ремонтной) функции на 17 -19%);
- в уменьшении трудозатрат на сопровождение (среднего времени тестирования и отладки типового информационного модуля ИЭТР в 1,5-2 раза).

Разработана документированная информация в виде линейки типовых стандартов организации СТО-ПАНЕ.047-2017 «Организация управления

качеством интерактивных электронных технических руководств», СТО-ПАНЕ.052-2018 «Процедуры улучшения качества интерактивных электронных технических руководств по вопросам эксплуатации (ремонта) авиационной техники» регламентирующая правила и процедуры управления качеством соответствующих программно-информационных продуктов в ходе их разработки, а также роли исполнителей и основные операции, которые доступны в рамках роли. Стандарты прошли внедрение и утверждение на предприятии-разработчике соответствующего программного обеспечения АО «ОКЕНИТ» (г. Санкт-Петербург) в 2017-18 годах.

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке совокупности методологических средств повышения результативности ИЭТР для эксплуатации и ремонта АТ за счет управления их качеством в процессе создания, прикладных методов оценки и уменьшения рисков проектов разработки указанных руководств. Автором также самостоятельно разработаны программные средства автоматизации предлагаемого научно-методического аппарата и методики их использования, а также указанная выше линейка типовых стандартов СМК организации. Основные научные результаты и выводы, содержащиеся в диссертации, получены автором самостоятельно. Соискатель принимал личное участие в апробации и внедрении результатов исследования, публикации результатов диссертации.

Реализация работы. Результаты диссертационной работы нашли практическое применение при выполнении научно-исследовательских работ при участии автора:

1. НИР №03200900691 на тему «Оптимизация характеристик качества процесса разработки, производства изделий предприятия» (2007-2008 гг.);
2. НИР №03200901206 на тему «Менеджмент качества при проектировании и разработке новой продукции и модернизации выпускаемой продукции» (2008 г.);

3. НИР №02201153985 на тему «Разработка критериев контроля качества технологического процесса производства сложных технических систем» (2010 г.);
4. НИР №02201258800 на тему «Исследование и разработка методов и инструментов управления качеством проектов» (2011 г.);
5. НИР № 03201254448 на тему «Исследование и разработка современных методов управления качеством проектов» (2011 г.);
6. НИР №216030120070 на тему «Выполнение составной части научно-исследовательской работы «Комплексный анализ и разработка инструментария реализации целей и задач подпрограммы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на период до 2025 года» (2015 г.)

Результаты диссертационной работы протестированы и апробированы при разработке и создании программно-информационных комплексов ИЭТР по эксплуатации различных видов АТ в ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, внедрены в АО «ОКЕНИТ», ОАО «ЦНПО «Ленинец», ООО «Пантес групп» в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»..

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 9 международных, 2 всероссийских и одной национальной научных конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 40 работ, из них: 10 - без соавторов, в том числе 16 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, 4 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 5 статей и 12 докладов в других изданиях.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 121

наименований, 6 приложений. Основной текст диссертации представлен на 373 страницах, включая 36 таблиц и 74 рисунка. Общий объем диссертационной работы с учетом приложений составляет 411 страниц.

Глава 1. Качество современных интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники и соответствующие методы управления. Проблема и частные задачи исследования

1.1. Анализ качества современных ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

1.1.1. Интерактивные электронные технические руководства и их влияние на обслуживание авиационной техники

Рост объема и интенсивности перевозок воздушным транспортом, констатируемый в современных условиях как в РФ, так и в мировом масштабе, объективно диктует качественное изменение требований к уровню и эффективности мероприятий технического обслуживания авиационной техники, к постоянному и непрерывному совершенствованию всей системы эксплуатации и ремонта самолетов, бортового оборудования и аппаратуры авионики.

Организационно-технологические изменения, произошедшие в системе технической эксплуатации самолетов и других летательных аппаратов промышленного производства в 2000-е годы, качественное изменение принципов экономического и транспортного строительства в нашей стране потребовали новых научно обоснованных подходов, методов обслуживания и текущего ремонта авиационной техники. Значительно выросли требования к оперативности и комплексности мероприятий по регулярному обслуживанию узлов, агрегатов и аппаратуры летательных аппаратов, принципиально изменились подходы к проведению мероприятий ремонта авиационной техники, как текущего, так и в заводских условиях. Постоянное усложнение современных и перспективных бортовых средств авионики, развитие средств воздушной навигации определяют новые задачи совершенствования системы технической эксплуатации самолетов и других летательных аппаратов промышленного производства, в том числе вопросов широкого применения

средств информационной и интеллектуальной поддержки специалистов по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники в процессе их непосредственной деятельности. Одним из перспективных направлений в решении этой задачи является совершенствование методологических основ, практической методики и научно-обоснованных приемов проектирования, разработки и применения интерактивных электронных ресурсов, автоматизирующих материал эксплуатационной и ремонтной документации на летательные аппараты, иными словами, интерактивных электронных технических руководств.

Интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) это особый класс программно-информационных продуктов, реализующих концепцию непрерывной цепочки «проектирование – создание– эксплуатация -утилизация» и соответствующих CALS-технологий, позволяющих не только представить в электронном виде структурированное описание эксплуатируемой техники и правил её обслуживания, но и с помощью мультимедиа технологий наглядно визуализировать её построение и функционирование. В соответствии с [30,32] ИЭТР более строго следует определить, как структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием авиационной техники.

Необходимость исследования в предметной области разработки и совершенствования технологий создания ИЭТР вызвана [71]:

- качественным изменением требуемого уровня поддержки компетенции и практической подготовленности специалистов наземных комплексов технического обслуживания самолетов и других летательных аппаратов к самостоятельному проведению мероприятий по поддержанию эксплуатационных параметров указанной техники, оперативному проведению регламентных работ и текущего ремонта современных образцов высокотехнологичной авиационной и специальной техники, а также

эффективного участия в мероприятиях по глубокому ремонту и восстановлению летной годности;

- значительным усложнением и расширением номенклатуры конкретных технических решений узлов, агрегатов и аппаратуры летательных аппаратов, подлежащих обслуживанию в соответствующих центрах эксплуатации авиационной техники;

- недостаточностью организационно-профессиональных и информационно-технологических исследований интеграции процессов разработки, создания авиационной техники и её эффективной эксплуатации и ремонта; отсутствием единой и целостной концепции информационной поддержки жизненного цикла авиационной техники в РФ.

В целом, применение ИЭТР в рамках организационной системы обслуживания авиационной техники в нашей стране следует рассматривать как соответствующую подсистему, включающую мероприятия по разработке, созданию и тиражированию всех категорий информационного материала по эксплуатации и ремонту ЛА (их узлов, агрегатов и аппаратуры), структурированное предметное содержание которого, представлено в электронно-цифровой форме и технически поддерживается средствами электронно-вычислительной техники.

Пример пользовательского интерфейса типовых ИЭТР для различных образцов авиационной техники и аппаратуры ЛА показан на рисунке 1.1.1.

Сегодня для всех категорий специалистов, занятых в деятельности по обслуживанию и ремонту авиационной техники, использование самых различных видов и типов ИЭТР, в целом, представляет собой органичное и естественное явление [10, 21, 26, 66]. Однако, структура, форма представления предметного содержания, организация и методика применения ИЭТР по каждому из конкретных видов авиационной техники и направлений технического обслуживания (ремонта) определяется текущей эмпирикой сложившейся практики, и лишь в отдельных случаях соответствующими стандартами предприятий, частными методиками и правилами технических

регламентов, а также практическими рекомендациями ведущих специалистов, такими как [66, 71, 84].

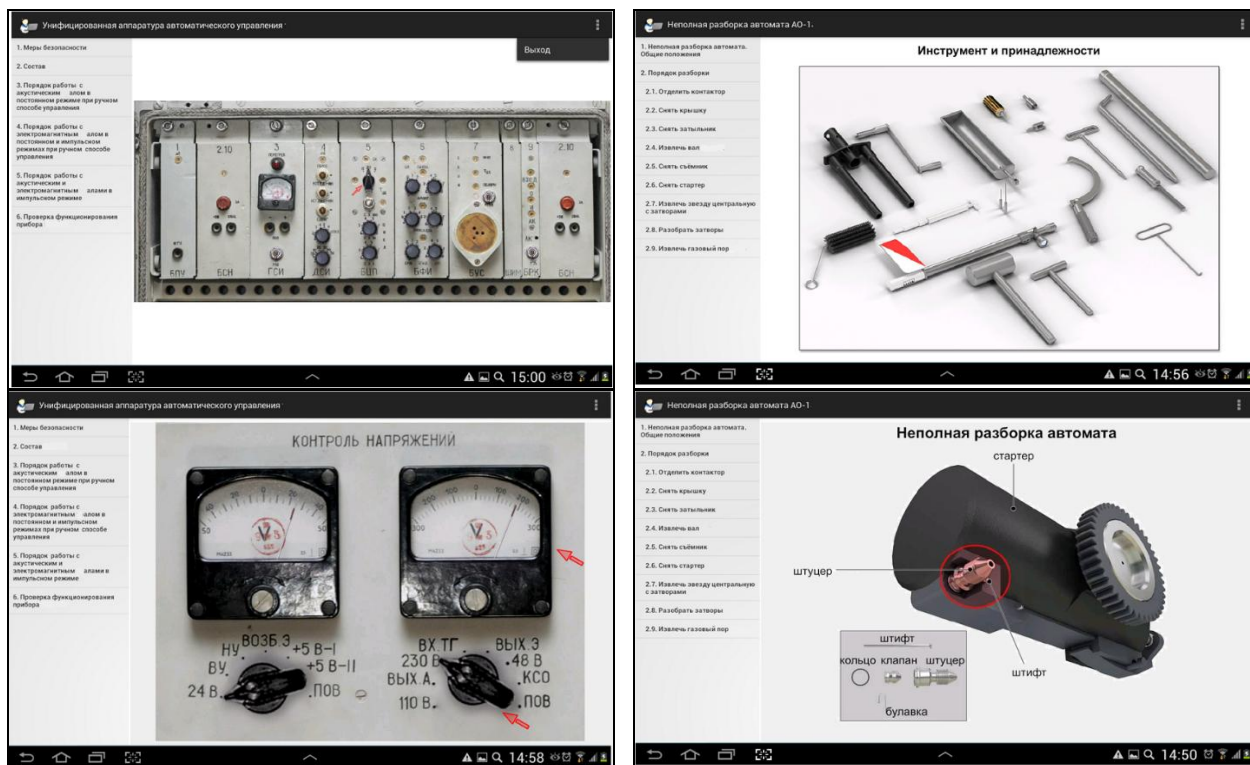


Рисунок 1.1.1 – Пример экранных форм типовых ИЭТР

Также само использование ИЭТР в рамках технологических процессов эксплуатации авиационной техники, в целом, как и их использование в процессе конкретных мероприятий технического обслуживания и ремонта, регламентируются общими документами, определяющими задачи, организацию и обеспечение решения технических, организационно-технических и технологических задач в сфере интегрированной логистической поддержки. Это прежде всего документы нормативной базы технического регулирования, такие как [29-32], а также узко специфические инструкции, внутренние положения и соответствующие пособия и пр. Например, проведенный в ходе данного исследования первичный анализ иерархии руководящих документов и нормативных источников позволил установить, что в настоящее время в действии находится более 250 документов в той или иной степени регламентирующих, определяющих и влияющих на процесс проектирования, разработки и использования ИЭТР при (для) эксплуатации (техническом обслуживании и ремонте) авиационной техники. Так многолетний опыт

разработки ИЭТР для нужд различных предприятий авиационной отрасли РФ в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» показывает, что на сегодняшний день при разработке типового изделия указанного класса программно-информационных продуктов учитываются 7 основных групп нормативно-юридических требований, в том числе:

- Федеральные законы, юридические государственные акты	- 5
- Положения Министерства транспорта РФ	- 11
- Инструкции Росавиации	- 18
- Государственные стандарты	- 38
- Частные методики по тех. обслуживанию и рекомендации	- 36
- Апробированные положения и пособия для специалистов	- 23
- Сборники правил, ОСТы и нормативы производителей ЛА	-119.

Обобщенная структура системы руководящих документов и нормативно-технических источников, регламентирующих проектирование, создание и применение ИЭТР как вида интегрированной логистической поддержки специалистов-эксплуатантов авиационной техники при проведении мероприятий технического обслуживания и ремонта, показан на рисунке 1.1.2.

Как любой вид специального обеспечения эксплуатации авиационной техники, процесс проектирования, разработки и применения ИЭТР имеет свою регламентированную организацию. Организация создания и применения средств ИЭТР – это определенная, выработанная теорией и практикой система действий, направленных на создание условий, обеспечивающих успешное достижение целей логистической поддержки эксплуатации авиационной техники (технического обслуживания и ремонта) [30-32]. Очевидно, что такая организационно-сложная деятельность, как техническое обслуживание ЛА, ремонт их узлов, агрегатов и образцов бортовой аппаратуры с использованием таких средств электронно-коммуникационных и информационных технологий

как ИЭТР не может осуществляться без соответствующей и согласованной организации.

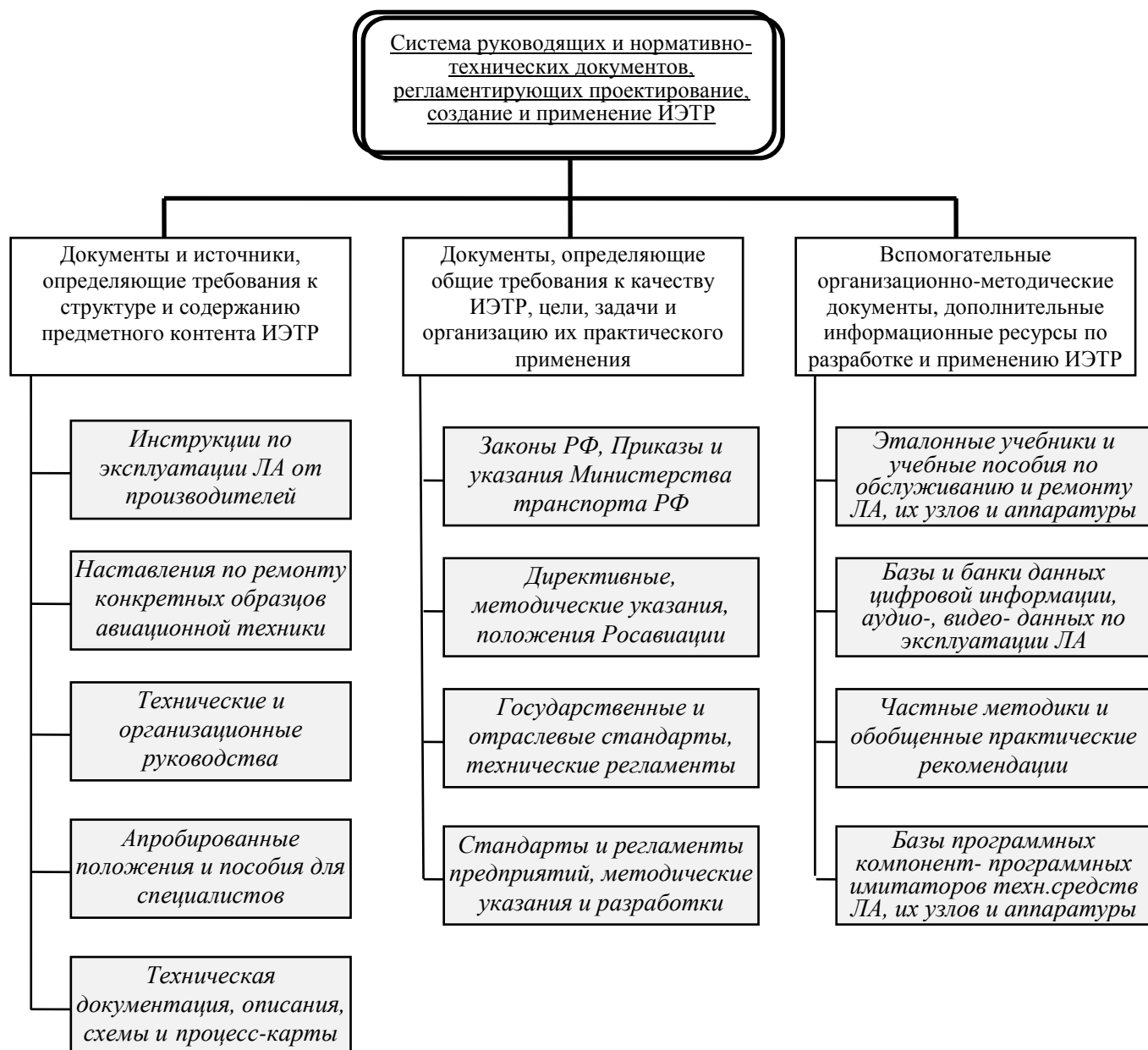


Рисунок 1.1.2 - Структура системы логистической поддержки эксплуатации авиационной техники, определяющей создание и применение ИЭТР

Организация создания и применения ИЭТР для авиационной техники предусматривает [71]:

- строгое соответствие представляемых и отображаемых в ИЭТР элементов и узлов авиационной техники, технических и функциональных решений по реализации бортовой авионики и пр. эталонным документам подлинников

рабочей конструкторской, программной, исполнительской и ремонтной документации;

- адекватный учет сложившейся организации обслуживания и ремонта ЛА, их узлов, агрегатов и бортовой аппаратуры в ходе разработки и структуризации предметного контента ИЭТР, но с ориентацией на особенности развития системы эксплуатации конкретных образцов самолетов;
- учет подготовленности специалистов-эксплуатантов авиационной техники и целевых категорий пользователей ИЭТР в целом;
- параллельную разработку и внедрение методических документов, которые позволяют эксплуатантам самостоятельно освоить пользовательский интерфейс и прикладную функциональность ИЭТР;
- четкую и эффективную систему программно-аппаратного и телекоммуникационного обеспечения;
- использование современных и новейших достижений мультимедиа технологий, и компьютерной техники.

Таким образом, целеобусловленная совокупность мероприятий создания и применения ИЭТР определяется и формируется на основе требований, предъявляемых к этому виду специального обеспечения эксплуатации авиационной техники. На основании этого факта можно заключить, что анализ современной организации создания и управления качеством ИЭТР для обслуживания авиационной техники следует основывать на выявлении и обобщении основополагающих требований к этому виду обеспечения.

Создание и применение средств ИЭТР должно отвечать целому ряду требований, предъявляемых руководящими документами, а также документами и научными, научно-методическими разработками, регламентирующими их структурирование и соответствие предметной области авиатехники, в частности, таким как [28-51,82,84,92]. Как правило, они направлены на учет перехода к качественным параметрам современного технологического строительства в сфере аэрокосмического приборостроения, конкретных условий деятельности специалистов-эксплуатантов авиационной техники. К

таким требованиям, представленным в обобщенном и систематизированном виде, следует отнести следующие [71]:

1. Общие требования:

- 1.1. ИЭТР для всех категорий специалистов специалистов-эксплуатантов авиационной техники должны обеспечивать релевантное отображение регламентированных (штатных, правильных, утвержденных и т.п.) основ проектирования, создания, эксплуатации и применения специальных и типовых технических средств авиатехники, выполнения функциональных обязанностей по различным видам профессиональной деятельности;
- 1.2. использование ИЭТР должно быть ориентировано на обеспечение полного жизненного цикла изделий авиационной техники – должна обеспечиваться синтаксическая и логическая преемственность в используемых электронных ресурсах, иллюстрирующих предметный контент электронных руководств;
- 1.3. направленность использования ИЭТР должна определяться техническими и организационными задачами, решаемыми специалистами-эксплуатантами в процессе обслуживания авиационной техники;
- 1.4. техническое обслуживание авиационной техники с использованием ИЭТР ставит одной из своих целей: максимальную информационно-компетентностную (логистическую, интеллектуальную и т.д.) поддержку специалиста-эксплуатанта на этапах освоения нового круга обязанностей или новых образцов техники, для чего:
 - 1.4.1. условия применимости ИЭТР должны соответствовать современным требованиям предметной области проведения обслуживания и ремонтных работ авиационной техники;
 - 1.4.2. должно предусматриваться одновременное задействование аудио- и видеоканалов представления информации с максимальным отображением реальных действующих образцов техники, электронных средств и пр.;

- 1.4.3. особое внимание должно быть уделено применению ИЭТР в сложных условиях, в нестандартных ситуациях предметной области обслуживания авиационной техники;
 - 1.4.4. в перспективных ИЭТР должны предусматриваться опции для самостоятельного внесения данных из опыта старших поколений, показательных примеров, почерпнутых из практики эксплуатации авиационной техники;
 - 1.4.5. в ИЭТР должны реализовываться опции для специальной теоретической подготовки специалистов, для чего должны применяться различные виды имитации отказов и аварийных повреждений авиационной техники и средств бортовой аппаратуры.
2. Специальные требования к ИЭТР по обслуживанию и ремонту авиационной техники:
 - 2.1. должна быть реализована направленность на изучение и практическое освоение специалистами-эксплуатантами физических принципов, законов построения и организации применения изучаемых образцов авиационной техники, процессов её жизненного цикла;
 - 2.2. ИЭТР должен поддерживать интуитивное освоение в ходе его применения при проведении мероприятий технического обслуживания и ремонта:
 - 2.2.1. всех способов практического использования или применения конкретных технических средств авиационной техники, соответствующих узлов и агрегатов, элементов бортовой аппаратуры;
 - 2.2.2. безаварийной эксплуатации, ремонта и развития указанных технических средств;
 - 2.3. должна быть реализована психофизиологически обусловленная возможность по демонстрации и дозированию, структурированию выдаваемой информации для эксплуатантов в ходе мероприятий технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

2.4. необходимо использование принципа упреждения в опасных аспектах применения специальных и технических средств обслуживания и ремонта;

3. Дополнительные требования:

3.1. требуется обеспечить экономичность разработки ИЭТР, а именно:

3.1.1. должно быть достигнуто использование инфокоммуникационных средств всех видов и уровней, т.е. должна быть обеспечена программно-техническая универсальность;

3.1.2. необходимо эффективное использование каждого элемента мультимедиа репрезентации;

3.2. должно быть достигнуто применение прогрессивных форм обеспечения наглядности и простоты представления;

3.3. необходима индивидуализация учета и анализа достигнутого уровня подготовленности каждого специалиста-эксплуатанта, использующего ИЭТР в своей практической деятельности.

В ходе исследования установлено, что наряду с указанными требованиями к разработке, созданию и применению ИЭТР по обслуживанию авиационной техники существуют частные требования к их отдельным видам, в том числе к электронным документам, компьютерным обучающим программам и средам, эмуляторам и логистическим модулям и пр. Частные требования к отдельным видам ИЭТР отражают специфику деятельности специалистов-эксплуатантов авиационной техники в ходе мероприятий по её обслуживанию и ремонту с использованием указанных руководств.

Реализация выше приведенных и систематизированных требований к организации разработки и применения ИЭТР, как одному из видов обеспечения процесса технического обслуживания и ремонта авиационной техники, осуществляется в единой связи со всем комплексом организационных и технологических мероприятий в функциональной системе мероприятий эксплуатации летательных аппаратов, принятой в РФ. Обобщенно эту систему возможно представить в виде, показанном на рисунке 1.1.3. В рамках этой

системы рассматривалось влияние достигаемого уровня качества ИЭТР на процессы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Именно такое понимание процесса создания ИЭТР, как сложной, многогранной деятельности проектантов, экспертов, программистов и организаторов-практиков эксплуатации ЛА позволяет представить его на теоретическом уровне обобщения в виде глобальной организационно-технической подсистемы выше приведенной функциональной системы. Такое представление, в свою очередь, является основой для вскрытия проблематики разработки и управления качеством ИЭТР для авиационной техники на современном этапе.

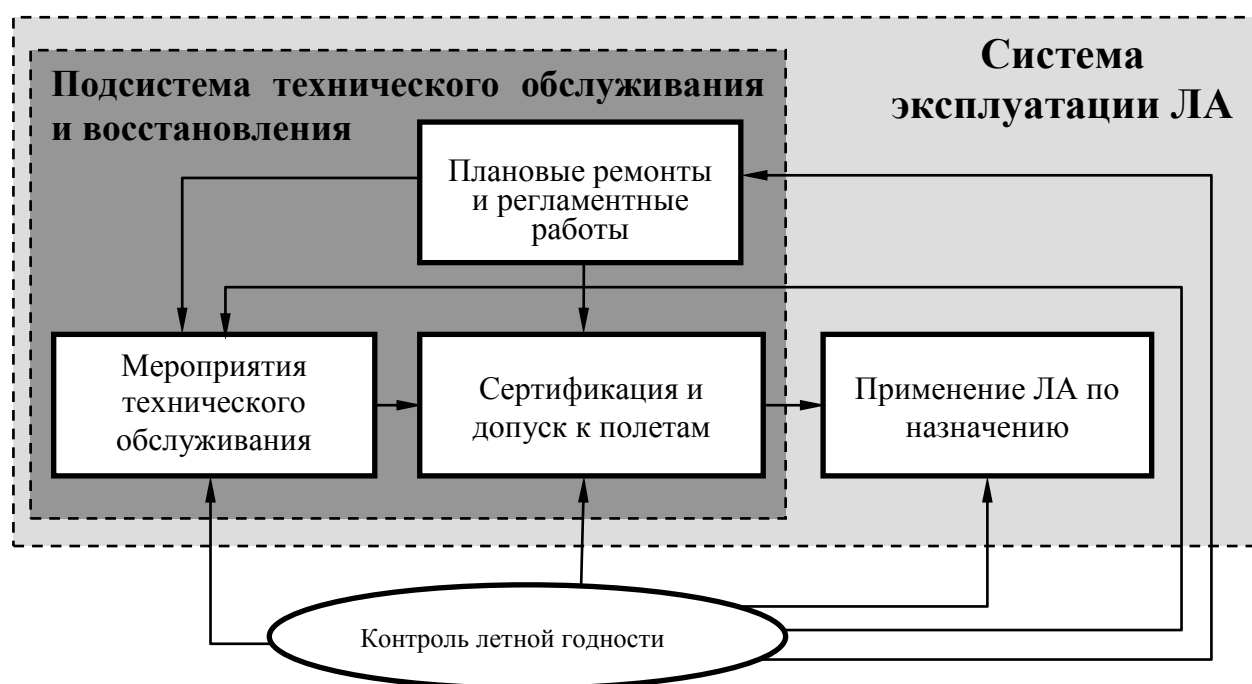


Рисунок 1.1.3 – Функциональная система мероприятий эксплуатации ЛА

Такая организационно-техническая распределенная система обеспечивает следующее [71]:

- освоение соответствующими категориями специалистов-эксплуатантов знаний и навыков в обслуживании и текущем ремонте новых образцов авиационной техники, новых функциональных обязанностей с максимальной эффективностью;
- овладение всеми категориями эксплуатантов (в необходимом для них объеме) современными инфокоммуникационными средствами и формами их применения;

- достижение более тесного взаимодействия специалистов-разработчиков, проектантов и специалистов-эксплуатантов авиационной техники между собой в рамках реализации процессного подхода к рассмотрению жизненного цикла ЛА;
- непрерывное совершенствование предметного контента ИЭТР;
- необходимое соответствие форм и методов организационно обоснованного использования ИЭТР как в мероприятиях обслуживания, ремонта, совершенствования и утилизации авиационной техники, так и при кадровом обеспечении указанных мероприятий.

Бурное развитие современной сферы информационных технологий, и прежде всего мультимедиа технологий, предопределило бурный рост объемов информации для логистической поддержки соответствующих категорий специалистов в высокотехнологичных отраслях, в том числе в аэрокосмическом приборостроении. В свою очередь это привело к росту количества и качества ИЭТР, используемых в авиационной отрасли, а также объемов необходимого для их создания электронного контента. Это один из немногих секторов российской софтверной индустрии, развитие которого, в современных условиях сокращения расходов на инфраструктурные программы, сворачивания многих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию перспективных технических средств логистической поддержки, по-прежнему характеризуется качественным, содержательным ростом. Именно поэтому, в сегодняшних условиях значительного усложнения мотивационно-психологических факторов стимуляции сообщества разработчиков к проектированию, разработке и применению ИЭТР, крайне важно не только предметное содержание и объем отдельных образцов указанных электронных руководств для различных категорий специалистов, но и их научно-обоснованное (т.е. технологически-, методологически- грамотное) представление. Возрастает роль правильного подбора наиболее эффективных методов и форм проектирования, разработки, управления качеством и применения ИЭТР для авиационной техники в контексте соответствующего

предметного материала по техническому обслуживанию, ремонту и восстановлению годности ЛА.

Главной тенденцией развития логистической поддержки специалистов-эксплуатантов авиационной техники непосредственно выполняющих мероприятия технического обслуживания и ремонта на узлах, агрегатах и аппаратуре ЛА в настоящее время является стремление расширить применение передовых мобильных технологий информатизации, основанных на использовании современных достижений в области вычислительной техники и виртуализации программного обеспечения. Это стремление вызвано несколькими факторами [71]:

- созданием и принятием в эксплуатацию новых сложнейших образцов авионики, агрегатов ЛА из композитных материалов и другой авиационной техники, информацию о которых невозможно изложить без использования современных технологий визуализации;
- часто возникающей необходимостью в процессе эксплуатации осваивать смежные навыки, умения, а порой и специальности, требующей более основательной подготовки в условиях временных и ресурсных ограничений;
- изменением общеобразовательного и общетехнического уровня молодых специалистов вследствие изменения общегосударственной системы образования в сфере подготовки инженерных кадров;
- необходимостью решения задачи эффективного, быстрого и экономически оправданного повышения качества технического обслуживания и восстановления летной годности объектов авиационного транспорта.

Стремительное внедрение и развитие информационных технологий диктует необходимость поиска новых подходов к организации использования ИЭТР в процессе информатизации системы эксплуатации ЛА. Отличительной особенностью современных ИЭТР по разным техническим предметным областям эксплуатации ЛА является ориентация на информационно-логистическую поддержку специалистов, способных оперативно реагировать и продуктивно действовать в непредвиденных и нестандартных ситуациях в

профессиональной сфере, когда для принятия квалифицированных решений необходимо правильно организовать работу с информацией, имеющей комплексный характер. Речь идет о поддержке и формировании важнейших профессионально значимых знаний, умений и способов деятельности специалиста-эксплуатанта авиационной техники. При планировании и организации мероприятий технического обслуживания или планового ремонта авиационной техники с использованием ИЭТР должны учитываться особенности современного контингента специалистов-эксплуатантов. Мышление современной молодежи качественно отличается от предыдущих поколений. Культура все больше становится экранной и опирается на образ, в котором неразрывно слита зрительная, слуховая, чувственная и рациональная информация. Возникает так называемый феномен «клипового мышления». В видеоклипе звук, идея и зрительный образ неразделимы, причем компоненты не просто дополняют друг друга, а представляют собой некое смысловое единство. Клиповое мышление – это развитие одних когнитивных навыков за счет других. Сильная сторона «поколения I» (Internet Generation), воспитанного в эпоху бума компьютерных и коммуникационных технологий, – их возросшая способность к многозадачности: представители этого поколения могут одновременно слушать музыку, общаться в чате, «бродить» по сети, редактировать фото, делая при этом прикладные задания или слушая лекцию. Платой за многозадачность становятся рассеянность, дефицит внимания и предпочтение визуальных символов логике и углублению в текст. Это объективная реальность, которую необходимо учитывать при формировании и внедрении ИЭТР в интегрированные технологические цепочки обслуживания авиационной техники [71].

Базовой технологической парадигмой, которая позволяет качественно переосмыслить и расширить возможности применения ИЭТР является глубокая виртуализация современных систем логистической и информационной поддержки на основе сервис-ориентированных архитектур соответствующих программных решений, технологий «облачных вычислений» и других новаций

современной софтверной индустрии. В широком смысле, виртуализация — предоставление набора некоторых сетевых сервисов или их логического объединения, абстрагированное от технической (аппаратной) платформы, и обеспечивающее при этом логическую изоляцию вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом ресурсе [79]. Примером использования виртуализации является возможность запуска нескольких операционных сред на одном компьютере, притом каждый из экземпляров таких гостевых операционных систем работает со своим набором логических ресурсов (процессорных, оперативной памяти, устройств хранения), предоставлением которых из общего пула, доступного на уровне оборудования, управляет хостовая операционная система или гипервизор. Также могут быть подвергнуты виртуализации сложные клиент-серверные приложения пользователей со сложно структурированной программной архитектурой, сетевые ресурсы работы с данными, сетевые хранилища информации и пр., платформенное и прикладное программное обеспечение, удаленные web-интерфейсные приложения на базовых информационных технологиях сверхтонких клиентов или терминалов и пр. [80].

Следовательно, современные ИЭТР для авиационной техники это сложные программно-информационные продукты, имеющие клиент-серверную архитектуру, многогранную структуру информационных связей, включающих доступ к внешним источникам, а также развитую логику функционирования. Типовые состав и архитектура программного обеспечения ИЭТР, реализованного в рамках парадигмы глубокой виртуализации, в обобщенном виде показана на рисунке 1.1.4. Указанная сложность объективно приводит к высоким технологичности и стоимости разработки и создания ИЭТР для авиационной техники.

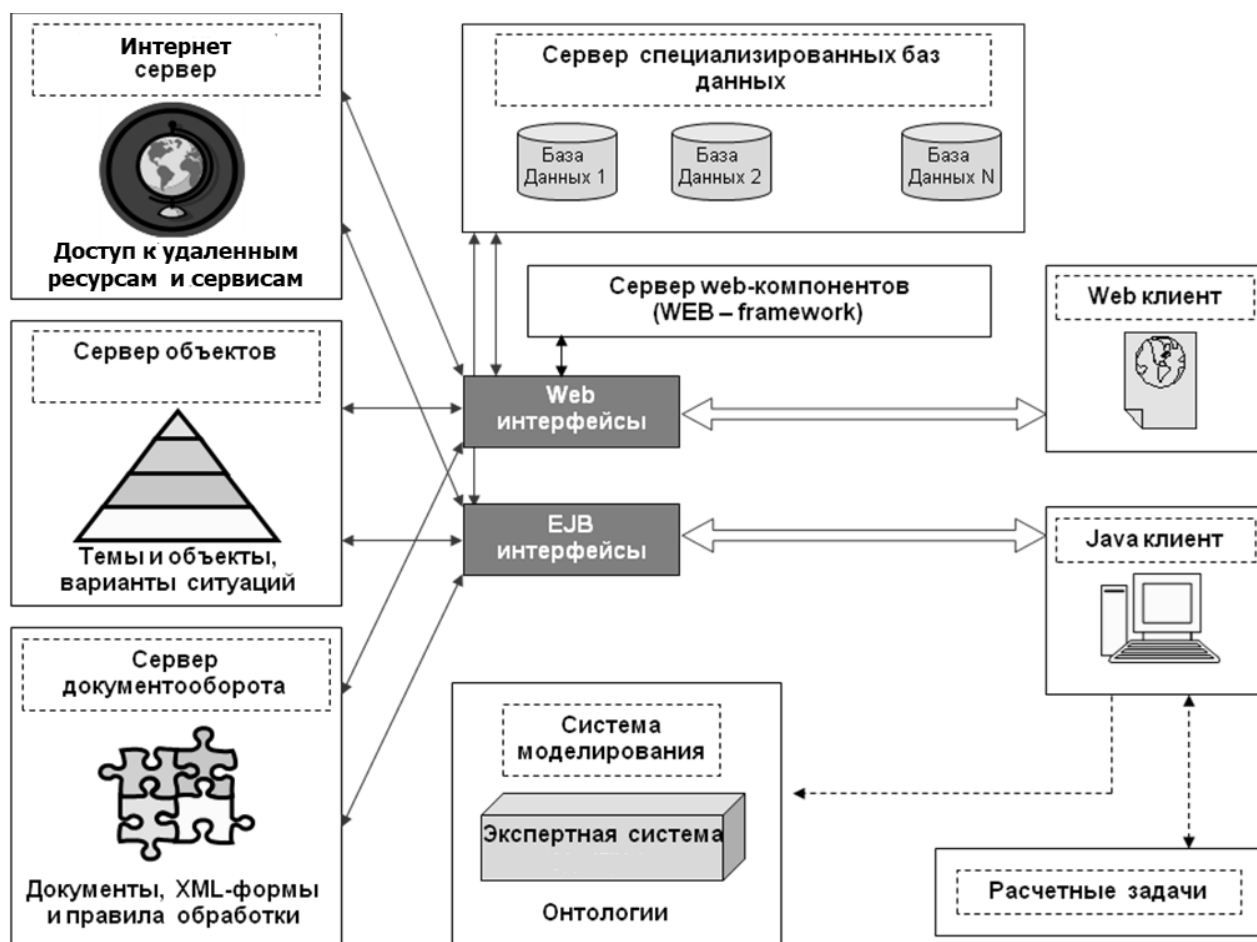


Рисунок 1.1.4 – Состав и архитектура программного обеспечения ИЭТР, реализованного в рамках концепции глубокой виртуализации

В чем же выражается новое качество ИЭТР для поддержки специалистов, обслуживающих авиационную технику, использующего возможности глубокой виртуализации? Какие принципиально новые возможности открываются благодаря организации современных электронных руководств на программно-технологической базе виртуально-подключаемых вычислительных ресурсов? Это прежде всего возможности обеспечения мобильности электронного контента (т.е. снятие ограничений стационарных АРМ), широкое внедрение в электронный контент программных решений виртуальной и дополненной реальности, создание непрерывной связи учебной и информационно-эксплуатационной среды при освоении сложных образцов современной авиатехники. Рост мобильных технологий вносит постоянные изменения в ИЭТР; активный переход в мобильную сферу – это основная тенденция в

развитии электронного контента, в настоящее время. Портативные устройства добавляют значительную ценность в процесс логистической и информационной поддержки процессов эксплуатации авиационной техники. Более низкая стоимость доступа и более высокое проникновение этих устройств и сервисов предоставляют новые возможности для использования экономически эффективных и масштабируемых технологий в указанной поддержке. Портативные устройства, оснащаемые все более мощными процессорами, все большими объемами памяти и поддержкой открытых сетевых стандартов становятся с каждым днём все популярнее: удобство использования и расширение коммуникативных возможностей этих устройств предоставляют новые возможности повышения продуктивности электронного контента и работы с ним специалистов-эксплуатантов авиационной техники.

Портативные компьютеры – это класс беспроводных переносных вычислительных устройств небольших размеров, используемых для приема, записи, хранения и переноса информации [71]. К ним в настоящее время относятся: ноутбук, субноутбук (уменьшенная версия ноутбука – нетбук, смартбук, ультрабук), карманный персональный компьютер (КПК), планшетный компьютер (собирательное понятие, включающее различные типы компьютеров (устройств) с жидкокристаллическим сенсорным дисплеем, позволяющий работать без использования клавиатуры), смартфон (мобильный телефон с функциональностью КПК), планфон (смартфон или коммуникатор с большим, от 5-ти дюймов по диагонали, экраном), фаблет (устройство с сенсорным экраном диагональю от 5 до 7 дюймов, сочетающее в себе качества смартфона и мини-планшета), электронная книга и т.д. Наибольшее распространение в настоящее время получили интернет-планшеты, безусловными достоинствами которых являются: низкая стоимость устройства, сенсорный экран, работающий по технологии «мультикас», легкий и удобный пользовательский интерфейс, неограниченные демонстрационные возможности, развитые средства беспроводного Интернет-соединения; длительное время автономной работы. В то же время интернет-планшет не

является полной заменой стационарного компьютера или ноутбука, так как его функциональность ограничена высокими требованиями к мобильности.

С учетом указанных тенденций в мировом информационно-технологическом процессе представляет большой интерес использование портативных средств с ИЭТР, в частности планшетных компьютеров, при практической работе специалистов с выходом на образцы реально действующей авиатехники. При этом выбор планшетов для реализации конкретных целей зависит от большого количества факторов: место использования, требуемый класс защиты, объем памяти, быстродействие и т.д.

Традиционно работа с ИЭТР проходит на стационарных АРМах. Очевидно, что при любом визуальном наполнении ИЭТР в таком формате работы часть контента, изучаемого специалистами-эксплуатантом, остается на уровне знаний и «визуальных» умений. Переход к практическим умениям и моторным навыкам возможен только на конкретном образце, к которому не перенесешь стационарный АРМ – следовательно, новые знания специалист получает в аудитории, а применяет их, отрабатывает умения и навыки – на действующем образце техники. В такой ситуации в качестве связующего элемента логично использовать планшетный компьютер – легкий, удобный в использовании и содержащий всю необходимую информацию.

Очевидно, что при использовании планшетных компьютеров для профессиональной деятельности специалистов обслуживающих авиационную технику необходимо выбирать планшеты, имеющие достаточную степень защиты от влаги и ударов с учетом всех возможных условий в местах проведения работ. Выбор конкретной модели должен стать результатом оптимального решения задачи с большим числом существенных параметров, в том числе обеспечиваемого быстродействия, разрешающей способности отображения мультимедиа изображений, стоимостных параметров реализации.

В ходе диссертационного исследования был проанализирован опыт разработчиков ИЭТР в ГУАП, а также в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук по созданию и

внедрению ИЭТР для авиационной техники на основе технологий глубокой виртуализации, на базе планшетного компьютера. Так, в ходе проведения ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на планшетный компьютер были интегрированы ИЭТР из состава стационарной автоматизированной системы логистической поддержки, созданные при выполнении соответствующей комплексной программы информатизации обслуживания образцов специальной техники (рисунки 1.1.5 – 1.1.6). Это позволило провести реальную апробацию мероприятий технического обслуживания с использованием планшетных компьютеров, при практической деятельности специалистов с выходом на образцы реально действующей техники.

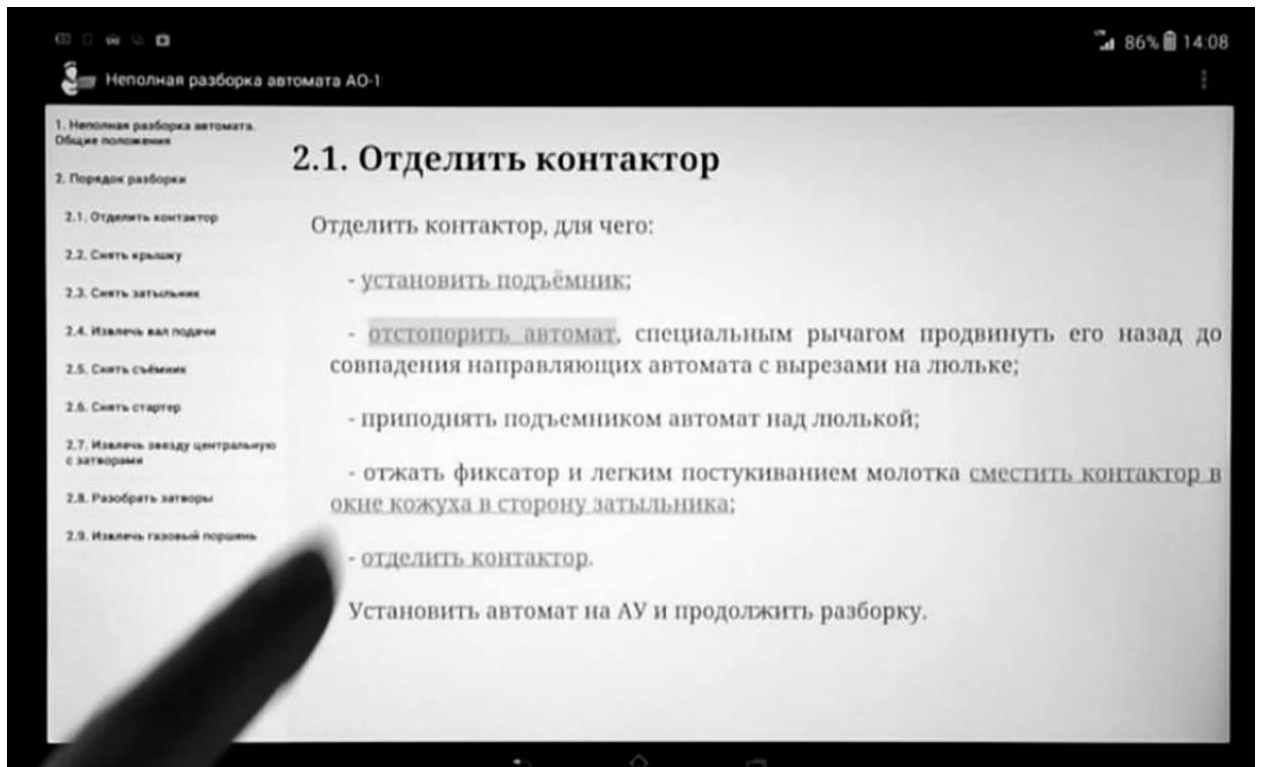


Рисунок 1.1.5 - Пример интерактивного взаимодействия с ИЭТР, реализованном на планшете

Результаты этого программно-технического эксперимента и проведенной апробации показали, что интеграция планшета со стационарными автоматизированными системами требует анализа и оптимизации переносимого электронного контента ИЭТР, в частности:

1. Электронный контент, содержащий сведения о назначении, составе, конструкции, принципе действия и применении по назначению образца авиационной техники целесообразно осваивать в традиционной форме на АРМах стационарной автоматизированной системы;

2. Электронный контент, содержащий сведения о действиях оператора на пультах управления, при техническом обслуживании и ремонте технического образца эффективнее осваивать на мобильных устройствах в процессе практической работы.

При этом нет смысла полностью дублировать электронный контент на планшет со стационарного компьютера: необходимо исключить общую информацию и разумно генерировать новое содержание ИЭТР, которое больше подходит для использования на мобильных устройствах. Предназначенная для изучения информация должна быть максимально структурирована и удобна для чтения на небольшом экране, ссылки должны поддерживать интуитивную простоту навигации по ИЭТР. Редактирование является важным не только для содержания, но и при выборе медиа ресурсов, таких как фотографии, видео или анимации (Рисунок 1.1.6.). Оно позволяет добиться исключения избыточности и упрощения структуры ИЭТР, что является важным фактором для получения удобного, быстродействующего и полезного мобильного электронного контента для технического обслуживания авиационной техники.

В ходе интеграции электронного контента на планшет были определены технические требования к используемому устройству, базовому общесистемному программному обеспечению. Выявленные характеристики показывают, что ИЭТР адаптированный к использованию на базе планшета является не только практически эффективным, но и экономически доступным программно-техническим решением: весьма «средний» по техническим возможностям (и по стоимости, соответственно) планшет способен обеспечить требуемый эффект логистической поддержки эксплуатантов авиационной техники при проведении мероприятий технического обслуживания и ремонта.

Таким образом, проведенное диссертационное исследование позволяет констатировать, что внедрение и широкое использование ИЭТР является одним из конструктивных факторов совершенствования процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники, в частности, а также всей системы эксплуатации летательных аппаратов, в целом.

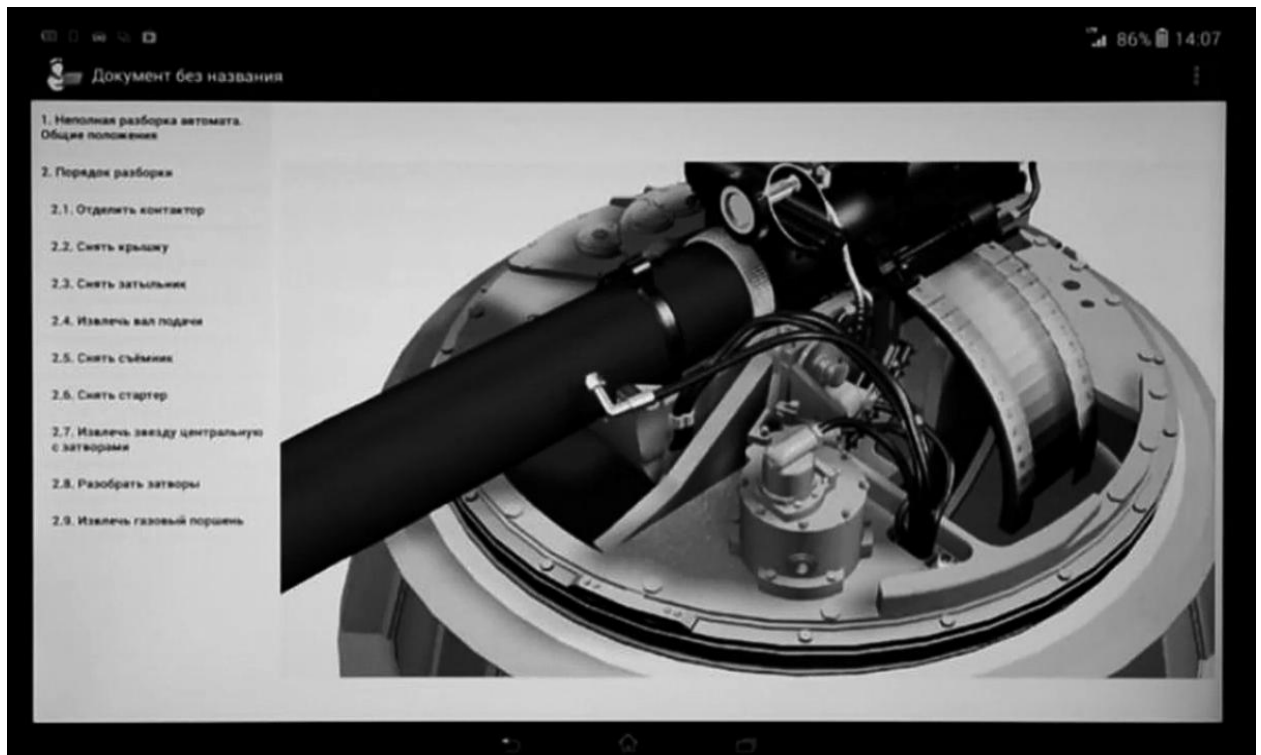


Рисунок 1.1.6 - Реализация медиаресурса при реализации ИЭТР на планшете

Широкое внедрение ИЭТР в рамках организационно-технического процесса эксплуатации самолетов и других летательных аппаратов в рамках процессного подхода к рассмотрению производственной деятельности следует рассматривать как применение CALS-технологий в рамках единой системы жизненного цикла изделий «проектирование-создание- поставка-эксплуатация – восстановление -утилизация».

Современные ИЭТР для авиационной техники это сложные программно-информационные продукты, имеющие клиент-серверную архитектуру, многогранную структуру информационных связей, включающих доступ к внешним источникам, а также развитую логику функционирования. Перспектива их развития на современном этапе тесно увязана с

информационными технологиями глубокой виртуализации, что обеспечивает возможности мобильности электронного контента (т.е. снятия ограничений стационарных АРМ), широкое внедрение в ИЭТР программных решений виртуальной и дополненной реальности, создание непрерывной связи учебной и информационно-эксплуатационной среды при обслуживании и ремонте сложных образцов авиатехники.

1.1.2. Качество интерактивных электронных технических руководств

Качество интерактивных электронных технических руководств следует понимать, как комплексный показатель степени удовлетворения потребностей пользователей в соответствии с назначением. Применительно к теме диссертационного исследования: качество ИЭТР для обслуживания и ремонта авиационной техники следует понимать, как интегральный показатель удовлетворения потребностей специалистов-эксплуатантов указанного вида техники в информационно-логистической поддержке.

Обеспечение непрерывной связи информационно-проектировочной и информационно-эксплуатационной среды при освоении эксплуатантами сложных образцов современной авиатехники, т.е. реализация принципа единства форм представления проектно-учебной информации и информации из эксплуатационной технической документации является объективной потребностью современной подсистемы информационно-логистической поддержки инженерных кадров в системе эксплуатации авиационной техники. Однако, специфика современного процесса проектирования и создания ИЭТР для авиационной техники не позволяет этого сделать: информационная избыточность, репрезентативная дозированность, специфическая структурированность материалов ИЭТР конфликтуют с гостированными принципами построения эксплуатационной технической документации. Переход этого вида документации на цифровой формат, внедрение в ее состав мультимедиа ресурсов открывает новые возможности по обеспечению ее

преимущества к электронным средствам, на базе которых получает информационно-логистическую поддержку специалист-эксплуатант ее использующий.

Эксплуатационная техническая документация в электронном виде является важнейшей компонентой эффективного использования высокотехнологичных изделий авиационной техники на постпроизводственных стадиях их жизненного цикла. От полноты и достоверности сведений в эксплуатационной технической документации зависит качество выполнения процессов и процедур обслуживания изделия, а также производительность труда эксплуатационного и ремонтного персонала.

Как указывалось, в п.п. 1.1.1, ИЭТР представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием авиатехники. ИЭТР включает в себя базу данных, где хранится вся информация об изделии, и электронную систему отображения для визуализации данных и обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем. Преимущества ИЭТР актуальны, если производитель и эксплуатант авиационной техники связаны между собой глобальной сетью (к примеру, Интернет). В этом случае возможно автоматическое обновление информации в базе данных ИЭТР, связанное с изменением самого изделия или технологии его эксплуатации, непосредственное получение консультаций в сервисных центрах изготовителя, а также заказ запасных частей и комплектующих.

В соответствии с стандартом Р 50.1.030-2001 [29] выделяют несколько классов ИЭТР, каждый из которых характеризуется определенной функциональностью и стоимостью реализации:

Класс 1 – индексированные цифровые изображения страниц

ИЭТР данного класса представляет собой набор изображений, полученных сканированием страниц документации.

Страницы индексируются в соответствии с содержанием, списком иллюстраций, списком таблиц и т.п. Индексация позволяет отобразить растровое представление необходимого раздела документации сразу после его выбора в содержании. Данный тип ИЭТР сохраняет ориентированность страниц и может быть выведен на печать без предварительной обработки.

Преимущества: большие объемы бумажной документации заменяет компактный электронный носитель.

Недостатки: не добавляет никаких новых функций по сравнению с бумажными руководствами.

Класс 2 – линейно-структурированные электронные документы

ИЭТР данного класса представляет собой совокупность текстов в формате SGML. Оглавление ИЭТР содержит ссылки на соответствующие разделы технического руководства. ИЭТР может содержать перекрестные ссылки, таблицы, иллюстрации, ссылки на аудио- и видеоданные, предусматривается функция поиска данных. ИЭТР может быть просмотрен на экране и распечатан без предварительной обработки.

Преимущества: возможность использования аудио- и видеофрагментов, графических изображений и возможность осуществлять поиск по тексту документа.

Недостатки: ограниченные возможности обработки информации.

Класс 3 – иерархически-структурированные электронные документы и интерактивные базы данных

В ИЭТР этого класса данные хранятся как объекты внутри хранилища информации, имеющего иерархическую структуру.

Дублирование многократно используемых данных предотвращается системой ссылок на однократно описанные данные. Так как данные в ИЭТР этого класса организованы иерархически, документация не может быть распечатана без предварительной обработки.

Преимущества: возможность представления информации в различном виде при использовании многокритериальных выборок и поиска.

Недостатки: при создании руководств к сложным промышленным изделиям появляются проблемы управления большим объемом информации.

Класс 4 – интегрированные ИЭТР

В дополнение к функциям ИЭТР класса 3, ИЭТР данного класса обеспечивает возможность прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями диагностики изделий. ИЭТР класса 4 позволяет наиболее эффективно проводить операции по поиску неисправностей в изделии, локализации сбоев, подбору запасных частей.

Преимущества: возможность проведения диагностики изделия.

Недостатки: очень высокая стоимость создания [29].

В соответствии с классом интерактивные электронные технические руководства могут выполнять различные функции:

1) предоставление справочного материала по эксплуатации изделия авиатехники (ознакомление персонала с устройством и функционированием изделия, его систем и частей и т.д.) – ИЭТР всех классов;

2) предоставление справочного материала по регламентным работам и ремонту изделия (сведения об условиях проведения технического обслуживания и ремонта, перечень необходимых инструментов и вспомогательных материалов и т.д.) – ИЭТР всех классов;

3) информационно-логистическая поддержка персонала с возможностью отработки нестандартных ситуаций (при введении в ИЭТР специальных программ, имитирующих функционирование изделия) – только ИЭТР 4 класса;

4) диагностика оборудования и поиск неисправностей (при использовании в ИЭТР экспертных систем, предполагающих либо интерактивный диалог с человеком, который вручную вводит состояние

элементов системы или отвечает на вопросы, либо непосредственный автоматический контакт с диагностическим оборудованием) – только ИЭТР 4 класса.

Очевидно, что наибольший интерес с точки зрения информативности представляет ИЭТР 4 класса, но для создания таких ИЭТР необходима глубокая всесторонняя проработка объекта информационно-логистической поддержки, создание математических моделей и алгоритмов, позволяющих включить в состав ИЭТР модули демонстрации алгоритмических навыков использования объекта авиатехники в нормальных и аварийных ситуациях, диагностики и мониторинга технического состояния объекта, экспертных систем поиска неисправностей и информационной поддержки по их устранению, выбора рациональных и допустимых режимов эксплуатации авиационной техники. Наиболее ценным элементом ИЭТР с точки зрения информационной загруженности и простоты восприятия различными специалистами является анимация работы с изделием и анимация работы самого изделия. Процесс создания такой анимации, как правило, наиболее трудоемкая часть работы с трехмерной моделью. Обычно она составляет около 25-30% времени от создания самой модели. При этом следует учитывать, что фотореалистичная анимация требует еще и существенного машинного времени на рендеринг – процесс получения изображения по модели с учетом положения точки наблюдателя, информации об освещении, физических свойств материалов. Создание такой анимации ведется с помощью специализированного программного обеспечения и требует значительных временных и материальных затрат.

В массовом порядке для изделий авиационной техники сегодня разрабатываются ИЭТР 2-3 класса – это эффективная замена традиционной документации на бумажных носителях, (использование ИЭТР по сравнению с бумажной документацией на 20–25% сокращает сроки обслуживания и планового ремонта новых изделий потребителем), источник быстрого получения справочных материалов, но не средство информационной

поддержки слабо подготовленного специалиста и не дублер автоматизированных обучающих систем, в которых предметный материал сформирован для категорий освоения и выстроен в соответствии с целями каждого конкретного мероприятия эксплуатации. Интерактивные электронные технические руководства 2-3 класса – это оптимальное инструмент для уже подготовленного потребителя, который хорошо знаком с изделием авиатехники и обращается к ИЭТР при возникновении конкретного вопроса. Для неподготовленного потребителя изучение большого количества эксплуатационной и ремонтной документации на сложное наукоемкое изделие авиационной техники может растянуться на длительное время с непрогнозируемым конечным результатом. Именно этот факт определяет сегодня самостоятельный и приоритетный характер разработки ИЭТР 4 класса для сферы эксплуатации (прежде всего технического обслуживания и планового ремонта) авиационной техники.

Система информационно-логистической поддержки специалистов-эксплуатантов авиационной техники не может не учитывать основную тенденцию в разработке и создании ИЭТР в настоящее время – активный переход в мобильную сферу на базе программно-технических решений по глубокой виртуализации. Портативные устройства и виртуальные технологии добавляют значительную ценность в процесс информационно-логистической поддержки специалистов-эксплуатантов авиационной техники на базе ИЭТР 4-го класса. Необходимым требованием, определяющим профессиональную пригодность специалиста в современных условиях, является умение использовать информационные технологии по кругу своей профессиональной деятельности. Осуществление этого возможно, когда профессиональное знание формируется на основе интеграции традиционных и инновационных технологий использования ИЭТР в процессе технического обслуживания и ремонта авиационной техники, ориентированных на современные информационные ресурсы и средства представления.

Очевидно, что качество ИЭТР является определяющим фактором обеспечения высокого уровня технического обслуживания и ремонта авиационной техники в условиях процессного подхода к рассмотрению производственной деятельности авиапредприятий поддержания летной годности самолетов и других ЛА. Иными словами, определяющим фактором применения CALS-технологий в рамках единой системы жизненного цикла авиационной техники «проектирование-создание- поставка-эксплуатация – восстановление -утилизация». Контроль и совершенствование качества ИЭТР для авиационной техники осуществляется в рамках соответствующей системы качества, структуру которой в обобщенном виде можно представить, как показано на рисунке 1.1.7.



Рисунок 1.1.7 – Обобщенная схема системы качества ИЭТР при его разработке

Целью процесса контроля и совершенствования качества ИЭТР является улучшение указанного качества. Существо такого улучшения сводится к последовательной оценке качества прототипа ИЭТР, выявлению аномалий этого качества (ошибок в разработке прототипа) и их устранению. В ходе диссертационного исследования были проанализированы основные методологические школы квалиметрического оценивания, применимые для

оценки качества ИЭТР для авиационной техники, как программно-информационных продуктов. Результаты такого сравнительного анализа в наглядном виде приведены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1 – Результаты анализа методологий квалиметрического оценивания ИЭТР как программно-информационных продуктов

Требования к методам оценки качества ИЭТР, как программно-информационных продуктов	Экспертный анализ качества по отдельным показателям качества	Методология оценки качества программного обеспечения Бозма	Методы оценки качества программного и информационного обеспечения Холстеда	Метод метрика оценки качества программных продуктов Джилба
Наличие обратной связи при проектировании ИЭТР для авиационной техники	Нет	Нет	Нет	Нет
Наглядность представления результатов оценки	Нет	Да	Да	Да
Работа с неполной, неточной и нечисловой информацией	Нет	Нет	Нет	Нет
Обеспечиваемый уровень иерархичности сети квалиметрических показателей	1	3-4	1	5-6
Реализация возможности работы с различными типами шкал для оценки простых показателей: – номинальные шкалы (шкалы наименований); – ординальные шкалы; – бальные шкалы; – шкалы вещественных чисел; – нормировано-вещественные шкалы.	- (+) - (+) - (+) - (+) - (+)	- - - + +	+ + - + +	+ + - + -
Применимость различных форм интегральных сверток простых показателей в сложные	Нет	Линейная	Линейная	Линейная
Формализуемость моделей оценки (потенциальная возможность для автоматизации)	Нет	Да	Да	Да
Возможность количественного контроля согласованности оценок по сводным показателям	Нет	Есть	Есть	Нет
Трудоёмкость обнаружения аномалий развития ИЭТР для авиатехники	Обычная	Обычная	Повышенная	Повышенная
Трудоёмкость определения действий по устранению аномалий качества ИЭТР	Повышенная	Повышенная	Повышенная	Обычная

Аномалии качества ИЭТР, иными словами, типовые ошибки их разработки также были проанализированы в ходе диссертационного исследования на основании результатов из [8,17,21,53,64,70,71,82,99]. В частности, классификация типовых ошибок, обобщенных на основании опыта разработки различных типов и видов ИЭТР, исходит из положения о принципиально различных последствиях неточностей в процессе их разработки и проектирования. В связи с этим все ошибки разработки ИЭТР для авиационной техники можно разделить на следующие группы:

а) стратегические технологические ошибки, которые имеют всеобщий характер и глобальные последствия. Действие таких ошибок продолжается в процессе всего жизненного цикла ИЭТР. Иногда такие ошибки носят катастрофический характер для их применения и, в конечном итоге, приводят к его полной переработке (перекодировке) или отказу от его применения такой версии ИЭТР.

б) тактические технологические ошибки отличаются от стратегических прежде всего масштабом последствий. Они имеют локальный характер, хотя могут затрагивать интересы множества разработчиков, эксплуатантов, потребителей авиационных услуг. Они встречаются достаточно часто, поэтому есть смысл разделить их на две разновидности: временные и ресурсные;

– временные тактические технологические ошибки объясняются небрежностью, неточностью и непродуманностью при расчете временных интервалов длительности предъявления предметного материала ИЭТР, времени проведения анимационных показов и пр.;

– ресурсные тактические технологические ошибки возникают в результате неверного расчета необходимых средств обеспечения деятельности специалиста-эксплуатанта при работе с ИЭТР. К ресурсам обычно относят вспомогательные программные средства и устройства, специфическое оборудование, информацию, без которых деятельность эксплуатанта при работе с ИЭТР трудноосуществима. Если считать время ресурсом, то необходимость в разделении на два вида отпадает. Но обычно время выделяют в ряду других ресурсов, хотя бы в силу его необратимости.

в) организационные ошибки возникают в результате нарушений не всей деятельности, а лишь отдельных действий. Как правило, их легко исправить при условии своевременного обнаружения. Среди этого типа ошибок разработки ИЭТР также имеет смысл выделить несколько подтипов, а именно: квалификационных, мотивационных и прогностических:

– квалификационные организационные ошибки часто возникают в условиях, когда целевая квалификация, на которую ориентирован ИЭТР, и

первичная квалификация специалиста-эксплуатанта не совпадают. Если такую ситуацию своевременно не выявить (не признать), тогда переход к освоению электронного контента ИЭТР с высокой вероятностью приведет к ошибкам эксплуатанта.

– мотивационные организационные ошибки объясняются неверными представлениями о действии тех или иных причин отказов, неисправностей и несоответствий пр.;

– прогностические организационные ошибки представляют собой погрешности в составлении обоснованных прогнозов (предварительных диагнозов, интерпретаций и пр.) в предметных ситуациях, когда это необходимо;

г) операциональные ошибки отличаются относительно незначительными последствиями. Они возникают в ходе выполнения разнообразных предметных и управленческих операций, таких как формирование массивов электронного текста, редактирование схем и рисунков и т.п. Довольно часто такие ошибки возникают из-за отклонений в порядке выполнения операции. Причины этого отличаются большим разнообразием, поэтому нет смысла выделять главные из них;

д) внесистемные или нестандартные ошибки имеют характер труднообъяснимых оплошностей. В большинстве случаев они поддаются исследованию, но отличаются оригинальностью или неповторимостью формы, или проявления. Возникает такие ошибки сравнительно редко, в так называемых особых условиях и проявляется только при определенном наборе параметров.

Также отдельно следует выделить ошибки связанные со спецификой изложения предметного материала или, иными словами, контента автором содержания ИЭТР. Учитывая право на оригинальное и своеобразное представление предметного материала в электронном виде, тем не менее можно и следует говорить о кардинально специфических особенностях репрезентации

информации в ИЭТР, как об ошибках. Такие ошибки следует называть дополнительными и рассматривать их в следующем порядке:

I. Логические ошибки в определениях появляются в случае явного или неявного нарушения правил определений. Кроме такой известной ошибки, как тавтология, к их числу можно отнести следующие:

- ошибки несоразмерности определения, когда объем определяющего понятия не равен объему определяемого понятия;
- ошибки нечеткости определения, когда смысл и объем определяемых понятий содержит неопределенности и двусмысленности;

II. Логические ошибки, относящиеся к формулировке тезисов, возникают в результате нарушения правил их построения. Любое доказательство требует соблюдения трех правил: правила определенности, правила точности и правила ясности формулировки. Тезис при этом может быть как простым, так и сложным суждением. Кроме того, тезис должен быть тождественен самому себе. Другими словами, подмена тезиса недопустима.

III. Логические ошибки, относящиеся к аргументам, происходят в тех случаях, когда нарушаются основные правила доказательства. При его построении необходимо, чтобы аргументы были истинными, не противоречили друг другу, достаточными, и их истинность должна доказываться независимо от тезиса.

IV. Логические ошибки, относящиеся к демонстрации, вызваны нарушением правил умозаключений. Этот вывод вытекает из понимания демонстрации, как формы того или иного умозаключения.

V. В [70-82] можно встретить еще одно значение логической ошибки, понимаемой как ошибка алгоритма, допущенная на этапе его разработки или вследствие его неправильного понимания. Такая логическая ошибка не всегда очевидна при тестировании и верификации ИЭТР на стадии прототипа, поэтому её наиболее трудно обнаружить.

На современном этапе качество ИЭТР следует рассматривать прежде всего, как комплексный показатель степени удовлетворения потребностей в

программном функционале специфической репрезентации и оперирования с предметной информацией в виде электронного контента. Именно этот факт определяется тем, что современные и перспективные ИЭТР используют в своем составе возможности самых современных и новейших информационных технологий. Этот тезис относится как общесистемным программным решениям по созданию ИЭТР, так и применению мультимедиа технологий, технологий искусственной интеллектуальности и пр. В частности, по причине того, что предметные специалисты запоминают только треть того, что они воспринимают визуально, а также не более половины того, что они воспринимают визуально и вербально, в сфере создания ИЭТР для сложных образцов техники все большую популярность приобретают различные системы многомерной мультимедиа визуализации, а также виртуальной реальности и технологии т.н. дополненной реальности [71]. Под термином «виртуальная реальность» принято обозначать неконтактное взаимодействие пользователя и информационно-вычислительной среды с целью эмуляции иллюзии непосредственного присутствия в реальном масштабе времени в стереоскопически представленном, т.н. виртуальном мире, с поддержкой тактильных ощущений при контакте с объектами этого виртуального мира [64]. С исторической точки зрения указанную информационную технологию можно рассматривать как результат развития интерактивности эргономического комплекса <человек-машина>, достигнутый в следствии прогресса производительности вычислительных платформ, мультимедиа технологий, систем искусственной интеллектуальности и т.п. Виртуальная реальность, как самостоятельная информационная технология, положена в основу подхода, позволяющего оперировать различными предметами в масштабе времени близком к реальному в виртуальном трехмерном пространстве, эмулируемом специально созданными программными и аппаратными техсредствами [62]. В простейшем случае система эмуляции виртуальной реальности включает в себя вычислительную платформу, на которой реализуется модель виртуальной среды, консоли и устройств мониторинга за положением пользователя. Более

полная система помимо стереоскопической подсистемы визуализации включает еще технические средства, обеспечивающие звуковой, сенсорный и другие подобные интерфейсы, позволяющие пользователю т.с. погрузиться в среду виртуальную модели. Если несколько пользователей используют общую модель некоторой среды, такая модель реализуется на выделенном сервере, а клиентская часть поддерживает интерфейс с оператором-эксплуатантом авиационной техники. Таким образом, рассматриваемая среда позволяет реализовывать не только, и не столько информационное, но и операционное взаимодействие. Оно заключается в согласованном воздействии нескольких пользователей на удаленную среду, эмулирующую предметную область эксплуатации авиационной техники. Информационная технология виртуальной реальности нашла применение в тех областях эксплуатации авиационной техники, где специалисту для эффективного и полного восприятия требуется не простое трехмерное изображение обслуживаемого узла или агрегата, а необходимо «проникновение» в процесс функционирования для более быстрого, точного понимания и принятия решений по кругу деятельности: там, где наблюдаемые явления и данные очень сложны, либо очень важна достоверность восприятия. Виртуальное погружение в среду позволяет пользователю ощутить себя частью исследовательской подсистемы конструкции изделия авиатехники, исключая по мере необходимости все взаимодействия с реальным миром. Это и есть эффект погружения. Он является принципиальным отличием от традиционной трехмерной графики, широко доступной сегодня на обычных компьютерах.

Современные информационные технологии для ИЭТР 4 класса позволяют эмулировать настоящую реальность с помощью различных мультимедийных устройств, задействующих зрение, слух, тактильное осязание и прочие ощущения, однако наиболее доступными сейчас являются очки и шлемы виртуальной реальности. Технология очков и шлемов виртуальной реальности именно в последние десять лет получило не только практическое воплощение, но и поддержку методически-прикладном плане, что привело к массовому

выпуску подобных устройств. Первоначально они являлись особенным аксессуаром, а сейчас технологии виртуальной реальности имеют достаточное распространение в области технической визуализации, тренинга определенных навыков и пр. [66]. Под устройством виртуальной реальности понимаются не только очки и шлемы, хотя они и являются основным девайсом в соответствующих системах реализации функциональности ИЭТР, обеспечивающих так называемое «полное погружение». В дополнение к очкам могут прилагаться датчики и сенсоры, улавливающие движения тела, и даже целые платформы, передающие сигнал о перемещениях пользователя.

В ходе диссертационного исследования также был проанализирован опыт разработчиков перспективных технологий создания ИЭТР 4 класса в ГУАП, а также в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук для авиационной техники на основе виртуальной и дополненной реальности: в ходе проведения ряда инициативных научно-исследовательских работ был создан демонстрационный образец по интеграции технологий виртуальной реальности и средств информационно-логистической поддержки для специалистов высокотехнологической сферы. В демонстрационном образце были реализованы некоторые возможности по адаптации электронного контента ранее разработанных ИЭТР к техническим средствам виртуальной реальности: демонстрация различных физических полей самолетов, «виртуальная экскурсия» по проектируемому самолету, бесконтактные действия с элементами авионики и пр. Трудоемкая задача моделирования расширенного виртуального пространства была разделена на две задачи: первая – синтез в реальном масштабе времени проекции трехмерного изображения видимого пространства на двухмерную экранную плоскость, вторая – преобразование двухмерной проекции в модель, визуально воспринимаемую человеком как окружающее нас реальное трехмерное пространство. Разработанное для демонстрационного образца программное обеспечение требует дальнейшей доработки, но очевидно, что технологии виртуальной реальности, имеют чрезвычайно высокий потенциал применения в

ИЭТР. Результаты проведенной апробации этого демонстрационного образца наглядно показали то новое качество, которое обеспечивают технологии виртуальной и дополненной реальности, при их интеграции в электронный контент ИЭТР специалистов–эксплуатантов авиационной техники.

1.1.3. Эмпирический характер разработки и развития ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Объективно констатируемая в пп. 1.1.2. не достаточная разработанность методологического и научно-методического инструментария оценки, контроля и совершенствования качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в свою очередь, определяет эмпирический и не системный характер их проектирования, разработки, массового создания и развития, предопределяемым текущей практикой летной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств авиационной техники. Это приводит к низкой результативности и эффективности процессов проектирования и разработки ИЭТР, недостаточному уровню их качества, а, в конечном итоге, торможению качественного развития систем эксплуатации и ремонта современной и перспективной авиационной техники. Так, в Приложении А приведено описание способов верификации ИЭТР для испытания их программного качества, которое наглядно иллюстрирует указанный эмпирический характер. Эти же факты являются причиной не системного характера накопления, обобщения, структурирования и классификации соответствующего электронного контента ИЭТР для авиационной техники в среднесрочной и длительной перспективе. В современных условиях стала очевидна тупиковость в развитии парка ИЭТР, обеспечивающих эксплуатацию и ремонт сложной современной авиационной техники только на основе опыта текущей эксплуатационной практики. Этот фактор наглядно показывает недостаточный уровень качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а, в конечном итоге, недостижимость при существующих технологических подходах качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта

указанного вида техники. Усложнение образцов авиационной техники, авионики, а также мультимедиа технологий моделирования предметных процессов, репрезентативных возможностей перспективных ИЭТР объективно диктует необходимость улучшения качества указанных средств интерактивной электронной эксплуатационной и ремонтной документации на методологически обоснованных принципах, на базе системного подхода и научной рациональности. Преодоление эмпирического характера разработки и управления качеством ИЭТР для авиационной техники должно выразиться прежде всего в предложении логически-связной соответствующей научно-методической концепции менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств, а также в разработке на её базе конкретизирующих методов оценки и улучшения качества указанных программно-информационных продуктов. Указанная концепция позволит добиться систематизации принципов и методов управления качеством ИЭТР в процессе разработки, усовершенствовать всю гамму научно-методических и программно-технологических средств улучшения указанного качества, а в конечном итоге, обеспечить рост качества мероприятий технического обслуживания и планового ремонта авиатехники. В свою очередь, необходимость разработки такой концепции, как методологической базы исследования, требует анализа существующих методов и средств управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

1.2. Методы и средства управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

1.2.1. Управление качеством ИЭТР на всех этапах жизненного цикла

Управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники следует понимать, как постоянное и целеобусловленное воздействие на характеристики этих программно-информационных продуктов в интересах достижения наилучших значений параметров, показывающих степень удовлетворения потребностей пользователей (эксплуатантов авиатехники), в соответствии с предназначением. С прагматической точки зрения, процесс управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники заключается в последовательном проведении процедур оценивания качества по совокупностям частных и сводных показателей, с целью выявления его недостатков и аномалий, а также, процедур устранения выявленных недостатков – т.е. процедур улучшения качества. Учитывая сложный, взаимозависимый характер связности показателей качества качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники выше указанный процесс управления их качеством носит многошаговый и итеративный характер.

Существо конкретизированных процедур управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники значительно различается в зависимости от этапа их жизненного цикла, на котором это управление осуществляется. Очевидно, что начальные этапы этого цикла, а именно: проектирование, разработка контента, кодирование и формирование, являются наиболее результативными для управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Пример таких процедур дан в Приложении А. Этапы опытной и базовой эксплуатации, промежуточного совершенствования, модернизации также нуждаются в управлении указанным качеством и дают достаточно эффективный отклик на реализацию ранее описанных процедур управления качеством. Заключительные этапы жизненного цикла ИЭТР по

эксплуатации и ремонту авиационной техники не предусматривают управления их качеством, как такового в рамках ранее приведенного определения.

Выше описанная сложность управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники определяется тем, что эти программно-информационные продукты используются на современных вычислительных системах с распределенной сетевой архитектурой, ориентированы на многопользовательский доступ и сервис-ориентированное обслуживание. Так, например, на рисунке 1.2.1. схематично показана распределенная архитектура сети для обеспечения логистической поддержки типового комплекса эксплуатации и ремонта авиатехники в составе базы аэродромного и технического обслуживания самолетов. На ней видно, что предполагается одновременная поддержка десятков специалистов-эксплуатантов в различных зданиях базы аэродромного и технического обслуживания самолетов.

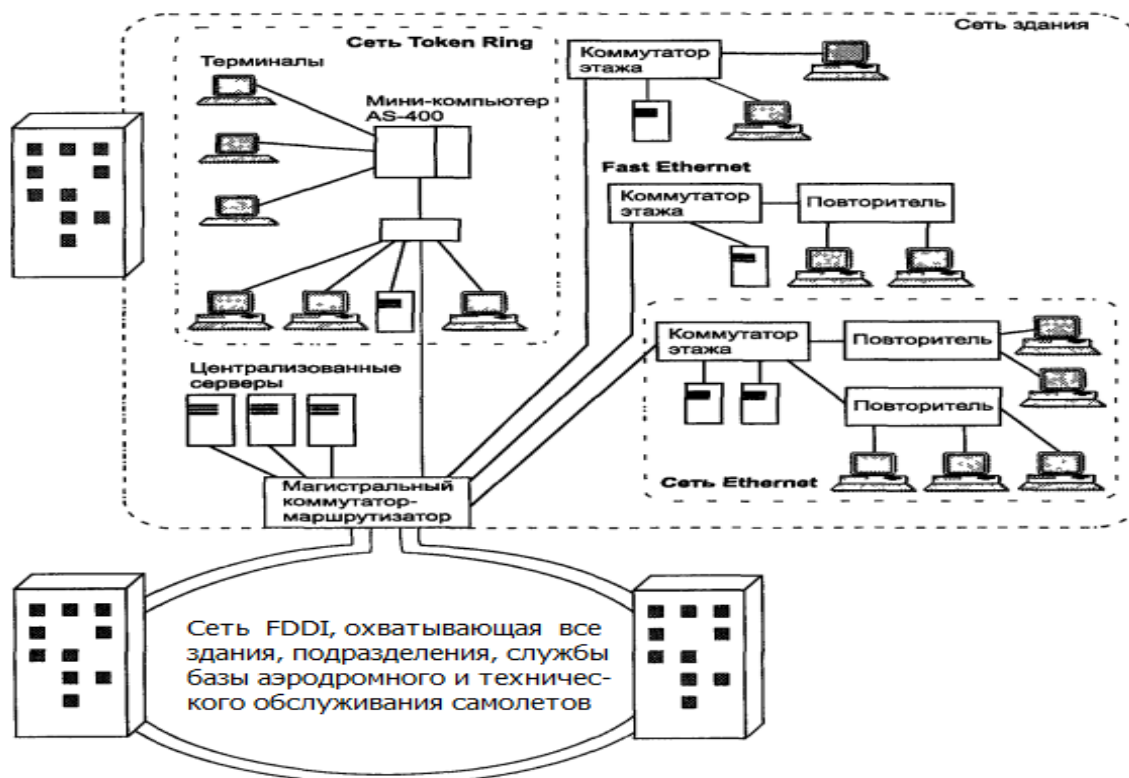


Рисунок 1.2.1 – Архитектура сети обеспечения логистической поддержки типового комплекса эксплуатации и ремонта авиатехники в составе базы аэродромного и технического обслуживания самолетов

В свою очередь, ориентация в создании современных ИЭТР на непрерывные цепочки «проектирование-создание-эксплуатация авиационной техники», т.е. рассмотрение их как средств CALS-технологий в автоматизированных транспортно-производственных системах приводит к еще большему усложнению их программной реализации, а следовательно к более казуальному управлению их качеством на всех этапах жизненного цикла. Такие ИЭТР ориентированы на использование в рамках сложных каскадных проектно-эксплуатационных систем логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта техники. Так, на рисунке 1.2.2. приведен пример архитектуры такой системы реализованной в рамках CALS-подхода.

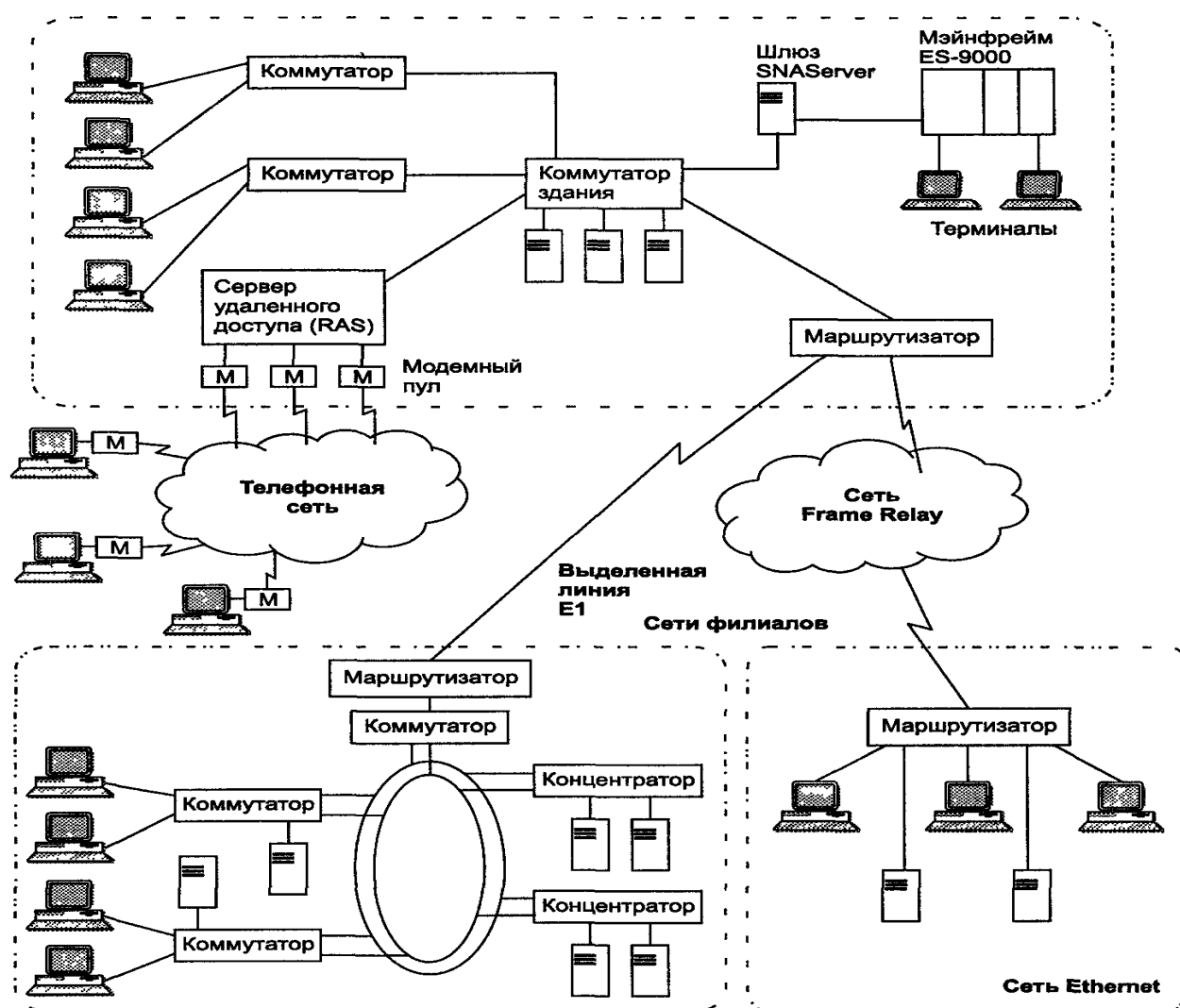


Рисунок 1.2.2 - Архитектура сети логистической поддержки для CALS-технологий в автоматизированных транспортно-производственных системах

Соответственно, многоуровневость и сложность сетей логистической поддержки CALS-технологий, гетерогенность обрабатываемых в них информации при развертывании ИЭТР для авиационной техники объективно приводит к последовательному усложнению внутренних телекоммуникационных сервисов и использованию соответствующих протоколов обмена информацией. Так, например, на рисунке 1.2.3 приведена обобщенная схема взаимосвязи протоколов информационного взаимодействия в сети логистической поддержки при развертывании ИЭТР с распределенными ресурсами.

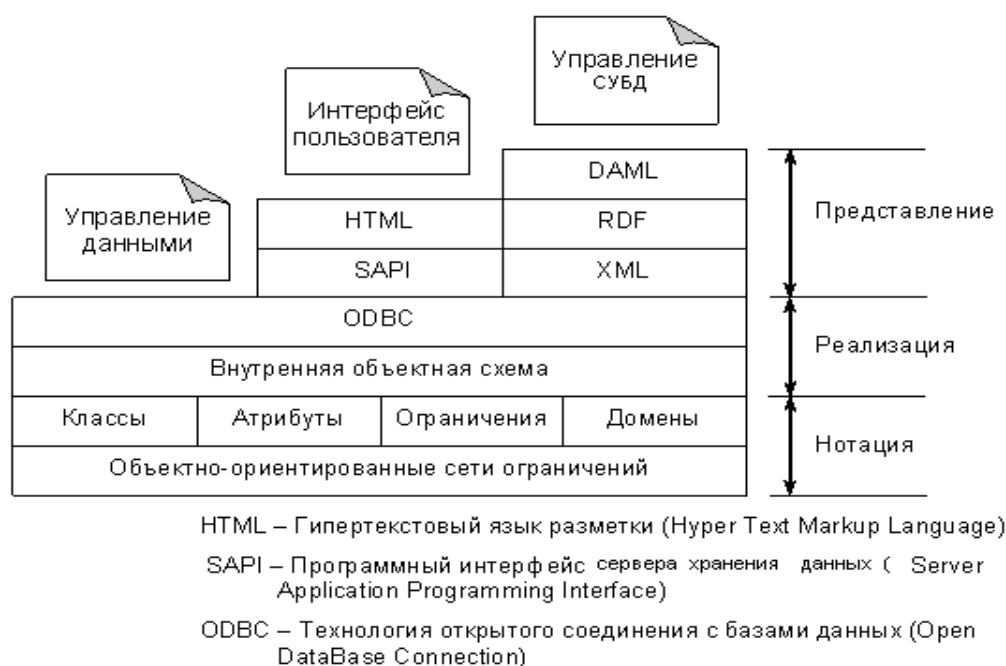


Рисунок 1.2.3 – Технологическая схема построения информационного обмена при развертывании в сети ИЭТР с распределенными ресурсами

Таким образом, управление качеством ИЭТР на всех этапах жизненного цикла представляет собой итеративный и многогранный процесс, опирающийся на соответствующий парк программных, технологических инструментов, а также соответствующих нормативно-технических документов, определяющих содержание мероприятий такого управления, порядок регламентирования нормативов и технического регулирования указанного качества.

1.2.2. Методологические, нормативно-технические и программно-технологические средства контроля качества ИЭТР

Управление качеством ИЭТР для авиационной техники, как самостоятельного класса программно-информационных продуктов, осуществляется сегодня на основе соответствующей нормативно-технической базе и с использованием соответствующего программно-технологического инструментария. В рамках диссертационного исследования была проанализирована полнота указанной базы и достаточность обеспечения нормативно-техническими средствами всех этапов разработки и создания ИЭТР для авиационной техники. Анализ соответствия существующей нормативно-технической базы и соответствующей ей совокупности методов, моделей и методик управления качеством ИЭТР требованиям полноты и достаточности обеспечения нормативно-техническими средствами всех этапов разработки и создания интерактивных электронных технических руководств для авиационной техники проведен в соответствии с методикой частного научного исследования.

Целью частного исследования является выяснение соответствия существующей совокупности государственных и отраслевых стандартов, введенных в оборот методов и методик управления качеством ИЭТР специфическим требованиям к технологии проектирования, разработки, использования и совершенствования указанных электронных руководств в сфере эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Объектом частного исследования является совокупность существующих ГОСТ, ОСТ регламентирующих создание ИЭТР, а также методов, моделей и методик управления их качеством в ходе содержательного и программно-технологического проектирования и создания.

Частной гипотезой является утверждение о том, что совокупность существующих ГОСТ, ОСТ регламентирующих создание ИЭТР, а также методов, моделей и методик управления их качеством в процессе

содержательного и программно-технологического проектирования и создания не в полной мере обеспечивают технологический процесс разработки и применения указанных электронных руководств, не позволяет удовлетворить специфическим требованиям к технологии процесса создания ИЭТР именно для авиационной техники.

Для проверки частной гипотезы и достижения цели частного исследования целесообразно решить следующие задачи:

- выявить основные специальные требования к методам, моделям и методикам управления качеством ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники на различных этапах их проектирования и создания;

- выявить общий перечень существующих и применяемых ГОСТов, ОСТов, а также методов, моделей и методик управления качеством ИЭТР на различных этапах их проектирования и создания;

- определить степень удовлетворения выявленных специальных требований существующей совокупностью ГОСТов, ОСТов, а также методов, моделей и методик управления качеством ИЭТР на различных этапах их проектирования и создания;

- определить обеспеченность каждого этапа технологического процесса создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники соответствующими средствами управления качеством.

Частное исследование выполнялось в четыре этапа.

1. Сбор первичной эмпирической информации об объеме существующих и применяемых ГОСТов, ОСТов, а также методов, моделей и методик (процедур, алгоритмов, подходов, приемов и способов) управления качеством ИЭТР на различных этапах их проектирования и создания.

2. Обобщение данных из научно-методической и технической литературы, организационных и нормативно-технических документов для выявления выше указанных специфических требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники (в части управления их качеством).

3. Обработка собранной информации.

4. Интерпретация полученных результатов и формулирование выводов.

Сбор первичной эмпирической информации об объеме существующих и применяемых ГОСТов, ОСТов, а также методов, моделей и методик (процедур, алгоритмов, подходов, приемов и способов) управления качеством ИЭТР на различных этапах их проектирования и создания проводился путем практического ознакомления с процедурами разработки ИЭТР для различных отраслей технических систем и их баз в соответствующих организациях, профессионально занимающихся созданием интерактивных средств логистической поддержки в CALS-технологиях (АО «Радар-ММС», АО «Океанприбор», АО «СПИИРАН-НТБВТ», ГУАП) и изучения монографий и научных трудов по данному вопросу [8,16,18,26-51,62,84,99]. Результаты указанного сбора первичной эмпирической информации в обобщенном виде представлены в таблице 1.2.1, что есть результат 1 этапа частного исследования.

Выявление основных специфических требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, в части управления качеством этих электронных технических руководств, проводилось путем изучения требований, обоснованных современными квалиметрическими школами [1,8-10,14-16,17-19,70] и нормативно-технической документацией по эксплуатации и ремонту авиатехники [28,31-55], руководящих документов Минтранса РФ [84], регламентирующих логистическую поддержку процессов аэродромного обслуживания, предполетной эксплуатации и текущего ремонта авиационной техники. Очевидно, что представленные и изученные первоисточники по квалиметрии и руководящие, нормативно-технические документы не исчерпывают всего множества факторов, влияющих на технологический процесс проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, но они репрезентативно охватывают все основные

тенденции, определяющие специфику создания и достижения качества этих программно-информационных продуктов.

Таблица 1.2.1 - Базовое множество применяемых средств (методов, моделей, методик, процедур, алгоритмов, подходов, приемов, способов, стандартов) управления качеством ИЭТР для авиационной техники

№	Наименование научных школ квалиметрии (теоретических и базисных основ)	Ученые-представители данной научной школы	Научно-методические средства управления качеством программных и информационных продуктов, применимые для управления качеством ИЭТР	Средства технологического управления качеством (нормативно-технические средства) применяемые для управления качеством ИЭТР при создании
1.	Методология формализованной оценки программного обеспечения	Д.Холстед; Н. Кабак; В.В.Липаев; В.Г.Евграфов В.Н.Наумов и др.	Метрики Холстеда, им подобные методы и метрики.	ГОСТ 28806 -90 ГОСТ 15971-90 ГОСТ 34.201-89 ГОСТ 34.601-90 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р 50.1.030 -2001
2.	Метод оценки пользовательских свойств программного обеспечения	М.Джилб; С.Д.Бешелев; Ф.Г.Гурвич; С.А.Айвозян; В.С.Черепанов Р.М.Юсупов и др	Метрика Джилба, методы экспертного оценивания свойств программного обеспечения.	ГОСТ Р ИСО 25010 -2015 ГОСТ Р 51904-2002 ГОСТ 2.601-95 ГОСТ Р ИСО 27000 – 2015 ГОСТ Р ИСО 25010 – 2015 ГОСТ Р 50.1.029 -2001 ГОСТ Р 50.1.030 -2001
3.	Методология инженерно-экономического проектирования программного обеспечения	Б.Бозм; В.В. Попович; Я.А.Ивакин; С.В.Мичурин и др.	Метод оценки качества и метрика Б.Бозма, методы и «методология» менеджмента качества.	ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002 ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 ГОСТ Р ИСО/МЭК 15 288-2005 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 - 2010 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ИСО 25010 -2015 ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011 Стандарт SPICE ГОСТ 18675-2012
4.	Теория экспертно-статистического оценивания свойств, методы проверки статистических гипотез и статистической значимости	Р.И.Азгальдов; О.С.Райхман; С.Д.Бешелев; Ф.Г.Гурвич; С.А.Айвозян; В.С.Черепанов; А.С.Васильев; Б.В.Бойцов и др.	Сочетание количественных методов инженерно-экономического проектирования программно-информационного обеспечения и менеджмента качества.	ГОСТ 28806 -90 ГОСТ Р ИСО 9000-2015 ГОСТ Р ИСО 27000-2015 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ИСО 25010-2015 ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011 ГОСТ Р 54088 -2010 ГОСТ Р 53393 -2009 ГОСТ Р 53394 -2009 ГОСТ Р 50.1.029 -2001 ГОСТ Р 50.1.030 -2001 Стандарт ISO 12297
5.	Квалиметрическая теория выборочной совокупности	Э. Деминг; Ф.Тэйлор; У.Шухарт; Д.Джуран; А.Фейгенбаум	Цикл улучшений Шухарта, принципы Деминга, спираль качества Джурана.	ГОСТ 34.201-89 ГОСТ 34.601-90 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ИСО 25010 -2015 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010- 2011 ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011 ГОСТ 18675-2012 ГОСТ 56874-2016
6.	Инжиниринг качества, теория полного контроля качества в организации	К. Исикава; Г.Тагути; Ш.Шинго; С.Синго; А.Г.Варжапетян и др.	Диаграммы Исикавы; метод робастного управления процессами; процессная модель качества.	ГОСТ 15971-90 ГОСТ 34.201-89 ГОСТ 34.601-90 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 - 2010 ГОСТ Р ИСО 9000-2015 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011 ГОСТ 18675-2012

				ГОСТ 56874-2016
7.	Всеобщее управление качеством TQM	Ф.Кросби; Т.Петерс; К.Меллер; М.Болдридж; Е.Г.Семенова; Г.И.Коршунов и др.	Философия качества Петерса; Модель TQM; RADAR- матрица; способы (методы) достижения делового совершенства.	ГОСТ Р ИСО 9000-2015 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31 000 -2010 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31 010 -2011 ГОСТ Р 15 901.1 – 2002 ГОСТ Р 15 901.2 – 2005 ГОСТ Р 15 901.3 – 2007 ГОСТ Р 15 901.4 – 2005 ГОСТ Р 15 901.5 – 2007 ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011 ГОСТ Р 50.1.029 -2001 ГОСТ Р 50.1.030 -2001 ГОСТ 18675-2012 ГОСТ 56874-2016

Всю совокупность специфических требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, и реализации в нем процедур управления качеством можно сгруппировать следующим образом:

1. Группа контент-содержательных требований:

- 1.1. Требования содержательной адекватности и релевантности предоставляемых данных по эксплуатации (ремонту) авиатехники;
- 1.2. Требования достаточности покадровой декомпозиции предметного контента;
- 1.3. Требования структурированности и логичности построения содержания руководств, достаточности покадрового гранулирования контента.

2. Группа программно-технологических требований:

- 2.1. Требования к рациональности и обусловленности программной архитектуры построения;
- 2.2. Требования к объектно-ориентированной модели ИЭТР;
- 2.3. Требования к организации доступа к удаленным сервисам и серверам.

3. Группа информационно-ресурсных требований:

- 3.1. Требования к организации распределенной информационной базы (к построению СУБД, баз данных и к построению доступа к удаленным информационным ресурсам);

- 3.2. Требования к совокупности интерфейсов доступа и форматов данных.
4. Группа требований к мультимедиа визуализации:
 - 4.1. Требования к эффективности интерактивности;
 - 4.2. Требования к наглядности мультимедиа поддержки, обусловленности визуализации и репрезентативности наглядных (в т.ч. аудио) образов.

Дальнейшая декомпозиция указанных групп и подгрупп требований в рамках данного частного исследования привела к излишней детализации и усложнению их описания. Именно поэтому в данной диссертационной работе требования представлены в виде соответствующих групп и подгрупп обобщения. Необходимо отдельно оговорить потребность применения научно-обоснованного инструментария (процедур, методов, методик, алгоритмов, подходов, приемов и способов) проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в соответствующем технологическом процессе разработки программного и информационного обеспечения. Указанные ИЭТР, создаваемые как полноценный информационно-программный продукт, должны обладать заданным уровнем качества, что определяется соответствующими государственными стандартами [39,41,42]. Заданный же уровень качества, согласно этих ГОСТ, достигается за счет организации всех процедур технологического процесса на базе научно-обоснованных методов (инструментариев), а не эмпирических приемов опытного характера. Т.е., совокупность требований ГОСТ [39,41,42] предусматривает создание управляемых условий качества для всех процессов на всех этапах технологической цепочки разработки и создания ИЭТР для авиационной техники. Управляемые условия должны включать [41]:

- 1) документированные рабочие инструкции по качеству, определяющие способ проектирования (разработки) и создания (кодирования и оснащения контентом);

- 2) регулирование и управление соответствующими процессами и свойствами ИЭТР (его базы данных) при создании и внедрении (пуско-наладке);
- 3) утверждение процессов, оборудования, внешних информационных ресурсов и общесистемного программного обеспечения, если в этом есть необходимость;
- 4) критерии работы, которые должны быть определены, по возможности, более полно в виде стандартов предприятия-разработчика ИЭТР или на основе представительных выборов;
- 5) специализированные процессы технологической цепочки должны соответствовать своему назначению и должны также отвечать вышеуказанным требованиям.

Эти результаты являются итогом реализации второго этапа частного научного исследования.

Таким образом, поле эмпирической информации для проведения анализа имеет следующий вид, представленный в таблице 1.2.1. и в выше представленном декомпозиционном списке групп требований.

Полученная в результате первых двух этапов частного научного исследования информация обработана с использованием процедур качественно-количественного анализа. Использование процедур качественно-количественного анализа позволяет на основе полученных данных об объекте частного исследования решить задачу выяснения степени соответствия существующей совокупности ГОСТов, ОСТов, а также методов, моделей и методик (процедур, алгоритмов, подходов, приемов и способов) управления качеством ИЭТР на различных этапах их проектирования и создания выявленным специальным требованиям и требованиям нормативно-технической документации по эксплуатации авиационной техники, выявления обеспеченности различных этапов разработки ИЭТР для авиатехники соответствующими методами управления качеством.

В частности, показатель обеспеченности специальных требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники соответствующими средствами

(методическим инструментарием) управления качеством для авиационной техники - P , определен на бинарном множестве:

$$P \in \{0,1\} \quad (1.2.1)$$

Принятие им одного из дискретных значений определяется согласно соотношения:

$$P_{ij} = B_{ij}G_iS_j \quad (1.2.2)$$

где: B_{ij} - предикат, определяющий соответствие предусмотренного уровня разработки ИЭТР для j требования к применению i метода управления качеством;

G_i - предикат, определяющий ограниченность i -го метода управления качеством к использованию в технологическом процессе разработки ИЭТР эксплуатационного (ремонтного) назначения;

S_j - предикат, определяющий степень показательности результатов управления качеством ИЭТР по j -му требованию на текущем этапе технологического процесса их разработки.

Тогда обеспеченность средствами (методическим инструментарием) управления качеством ИЭТР для авиационной техники j -го специального требования к технологическому процессу их создания определяется как:

$$P_j = \sum_{i=1}^K P_{ij} \quad (1.2.3)$$

где: K - количество рассматриваемых средств управления качеством ИЭТР для авиационной техники.

Степень удовлетворения i -м средством (методическим инструментарием) управления качеством всей совокупности специальных требований к технологическому процессу разработки и создания ИЭТР для авиационной техники в целом определяется:

$$P_i = \sum_{j=1}^D P_{ij} \quad (1.2.4)$$

где: D - общее количество рассматриваемых специальных требований к технологическому процессу разработки и создания ИЭТР для авиационной техники.

Таблица 1.2.2. – Результаты качественно-количественного анализа

№	Требования к технологическому процессу разработки ИЭТР	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	P_i	Примечание
1.	Методология формализованной оценки программного обеспечения; Реализующие её нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	<i>min</i>
2.	Метод оценки пользовательских свойств программного обеспечения. Реализующие его нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	6	
3.	Методология инженерно-экономического проектирования программного обеспечения. Реализующие её нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	
4.	Теория экспертно-статистического оценивания свойств, методы проверки статистических гипотез и статистической значимости. Реализующие её нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	5	
5.	Квалиметрическая теория выборочной совокупности. Реализующие её нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	6	
6.	Инжиниринг качества, теория полного контроля качества в организации. Реализующие их нормативно-технические и технологические средства.	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	5	
7.	Всеобщее управление качеством TQM. Реализующие его нормативно-технические и технологические средства.	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	8	<i>max</i>
P_j		1	0	0	7	6	6	5	6	4	5		

Данные анализа, представленные в таблице 1.2.2, обоснованы путем экспертизы; рабочие материалы экспертизы представлены в [94]. В силу объективной ограниченности числа потенциальных экспертов по тематике исследуемого предмета полученные результаты экспертизы не анализировались на статистическую устойчивость (риск).

Эти результаты анализа показывают, что все рассматриваемые средства (методы, модели, методики, процедуры, алгоритмы, подходы, приемы, способы, стандарты) управления качеством ИЭТР для авиационной техники не в полной мере удовлетворяют существующей совокупности специфических требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, и реализации в нем процедур управления качеством. Это позволяет говорить о низкой реализуемости требований выше указанных государственных стандартов [39,41,42], а значит о не достаточной научно-методической и технологической обеспеченности систем качества при разработке и создании ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Именно этот факт рассмотрен в работе как первопричина недостаточной отдачи от внедрения ИЭТР в процесс эксплуатации и ремонта авиационной техники на фоне широкой автоматизации и информатизации процессов аэродромного и предполетного технического обслуживания.

Таким образом, по результатам частного научного исследования можно прийти к выводу:

Интерактивные электронные технические руководства для технического обслуживания и ремонта авиационной техники представляют собой особый и наукоемкий вид программно-информационного обеспечения систем эксплуатации воздушных судов и летательных аппаратов. Специфика требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, и реализации в нем процедур управления качеством определяет необходимость учета при их проектировании

и разработке соответствующих процедур обеспечения качества: как содержательно-информационного состава, так и программной реализации.

Однако, существующее множество применяемых средств (методов, моделей, методик, процедур, алгоритмов, подходов, приемов, способов, стандартов) управления качеством ИЭТР для авиационной техники, не в полной мере учитывают вышеуказанные требования. В частности, существующие средства управления качеством (методический инструментарий) во многом носят сугубо технический характер и не позволяют, в условиях возрастающего уровня требований к содержательному контенту, добиться именно рационализации построения и организации прежде всего содержательно-информационного состава ИЭТР и их баз данных.

Следовательно, можно констатировать установление экспериментальным способом объективного противоречия между существующей потребностью в методологическом и научно-методическом инструментарии управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент. Конкретизация данного объективного противоречия позволяет перейти к формулированию актуальности темы всей диссертационной работы, на основе результатов проведенного частного научного исследования, и соответственно, позволяет перейти к формулировке задач диссертационного исследования в целом.

1.3. Постановка научной проблемы и частных задач исследования

Существующие методологические, программно-технологические и нормативно-технические основы управления качеством ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники формируются на базе научных результатов современной квалиметрии и методов разработки программных приложений работы с гетерогенной информацией, теории сложных систем, методов системного анализа, принципов системного подхода и достижений современных мультимедиа технологий, и технологий визуализации. Вместе с тем, на основе материала п. 1.2. необходимо констатировать, что единой, взаимосвязанной квалиметрической теории управления качеством программно-информационных продуктов, таких как ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, и улучшения соответствующих программных комплексов не существует. Методологические основы столь сложного процесса как управление качеством ИЭТР авиационной техники строго не структурированы и формируются по междисциплинарному принципу, во многом носят несистемный характер. Именно этим определяется эмпирический путь развития многих современных прикладных программно-информационных технологий проектирования, разработки, синтеза контента и итогового создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Изучение базового множества публикаций, освещающих проблематику управления качеством ИЭТР, соответствующих подходов и приемов улучшения этого качества [19,21,22,26,53,54-57,69,89,90,98,102,104], выполненное в ходе настоящего диссертационного исследования, дает возможность сделать вывод о том, что среди составных частей, входящих в состав современных ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, наибольшим разнообразием отличается подсистема содержательного контента. Именно в выработке систематизированного и научно обоснованного подхода к выбору и сочетанию методов, форм и средств управления прежде всего качеством электронного

контента, в рамках процесса разработки и создания ИЭТР, заключается исследовательская сущность решаемой в данной диссертационной работе проблемы. В свою очередь этот факт диктует необходимость выработки новых научно-обоснованных подходов к развитию соответствующих технологий управления качеством ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, в процессе их проектирования и разработки. На сегодняшний день в базовой технологии разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники сложилось определенное виденье вопросов взаимосвязи подходов, средств, методов управления их качеством. Однако, существующая система методов и средств во многом носит эмпирический характер, не обеспечивает должной эффективности процесса улучшения качества ИЭТР для логистической поддержки процессов технического обслуживания и ремонта, а как следствие сдерживает качественное развитие систем эксплуатации авиационной техники.

Интеграция результатов ранее выполненных исследований в области проблематики обеспечения и управления качеством ИЭТР для логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники, а также их методологических основ позволяет перейти к анализу основных противоречий в проблеме улучшения качества указанных программно-информационных продуктов, необходимость разрешения которых диктуется выбором объекта и предмета диссертационного исследования. Управление качеством ИЭТР для логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники как логический процесс не является строго упорядоченным и гармоничным, то есть, ему присущ ряд объективных противоречий. Обобщенно эти противоречия можно представить в виде следующих смысловых групп:

А. Группа противоречий в рамках двух традиционных научных направлений, на которых базируется настоящее диссертационное исследование:

А.1 Противоречия присущие теории и средствам управления сложными слабоструктурированными системами.

А.2 Противоречия современной квалиметрии, как науки об оценке и улучшении качества.

Б. Группа противоречий связанных с принципиально новым качеством логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной технике на базе ИЭТР:

Б.1 Противоречия в области слияния точных данных о технических параметрах средств авиатехники и данных наглядной визуализации;

Б.1.1 Противоречия в области слияния цифровых данных и данных аналогового видеопотока.

Б.1.2 Противоречия в области интеграции и слияния формализованных и вербализованных данных.

Б.1.3 Противоречия в области мультимедиа представления высоко точных измерений и параметров.

Б.2 Противоречия в области универсальности методологических, системных и технологических решений по управлению качеством ИЭТР для логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники;

Б.3 Противоречия между традиционным пониманием роли средств логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники и новыми возможностями ИЭТР в обеспечении такой поддержки.

Проведенный в ходе диссертационного исследования анализ основных групп указанных противоречий дал возможность определить главную тенденцию в совершенствовании качества ИЭТР для логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники. Она состоит в преодолении эмпирического характера большинства отдельных

методологических, организационных и технологических решений с целью обеспечения высокого уровня технологичности в управлении качеством указанных ИЭТР. Именно в рамках этой тенденции выявлено основное противоречие, определяющее актуальность темы данной диссертационной работы.

Разработка и управление качеством ИЭТР для логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники в настоящее время представляет собой достаточно сложный и наукоемкий вид деятельности, связанный с необходимостью визуализации и точного представления самых различных аспектов деятельности по работе с указанной техникой. Создание современных и перспективных интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники характеризуется постоянным нарастанием объемов охватываемых предметных данных, сложности используемых программных технологий представления и визуализации информации, моделирования предметных процессов жизненного цикла авиаприборов и бортовых систем. Сегодня стала очевидна тупиковость в развитии парка ИЭТР, обеспечивающих эксплуатацию и ремонт сложной современной авиационной техники только на основе опыта текущей эксплуатационной практики. Этот факт определяет недостаточный уровень качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а, в конечном итоге, недостижимость качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники. Усложнение образцов авиационной техники, авионики, а также мультимедиа технологий моделирования предметных процессов, репрезентативных возможностей перспективных ИЭТР объективно диктует необходимость улучшения качества указанных средств интерактивной электронной эксплуатационной и ремонтной документации на методологически обоснованных принципах, на базе системного подхода и рационализма. Однако, не достаточная разработанность методологического и научно-методического инструментария управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники ведет к

эмпирическому характеру их разработки и развития, предопределяемому текущей практикой проектирования, разработки и совершенствования средств авиационной техники. Это приводит к низкой эффективности процессов проектирования и разработки интерактивной электронной эксплуатационной и ремонтной документации, торможению качественного развития систем эксплуатации и ремонта современной и перспективной авиационной техники [91,99].

Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в методологическом и научно-методическом инструментарии управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

С учетом изложенного в качестве стратегии диссертационного исследования избран подход, базирующийся на декомпозиции основного противоречия на составляющие и определении частных направлений исследования, путем реализации следующих шагов:

1. Выделение проблемы, основанное на учете тех факторов, которые в значимом виде влияют на выбор возможных вариантов решения и установлении ограничений в отношении незначимых факторов.

2. Описание проблемы, которое сводится к выражению разнородных по своей природе явлений и факторов в рамках определенной модели, выделение в составе проблемы соответствующих подпроблем (задач).

3. Установление иерархии показателей, пригодных для проведения оценки и сравнения альтернатив.

4. Идеализация каждой подпроблемы (задачи), выражающаяся в упрощении ее до допустимых пределов.

5. Декомпозиция подпроблемы (задачи), состоящая в исследовании способов разделения ее на части без потери свойств целого.

6. Композиция подпроблем (задач), которая основывается на поиске способа объединения составных частей в целостное образование, которое не теряет свойств частей.

7. Решение подпроблем (задач), сводящееся к критериальной оценке выработанных вариантов и соотнесения их с поставленной целью и задачами исследования.

Такой подход позволил сформулировать научную проблему, решаемую в диссертационной работе, и основную гипотезу диссертационного исследования.

Научная проблема заключается в необходимости преодоления того, что недостаток научно-обоснованных методологических основ и технологических решений по управлению качеством ИЭТР соответствующих классов привел к эмпирическому характеру их разработки и совершенствования, что сдерживает поступательное развитие систем эксплуатации и ремонта авиационной техники. Необходимо предложить соответствующие методологические основы и научно-обоснованные методы, которые позволят повысить обоснованность, целеобусловленность и рациональность технических решений, принимаемых в ходе разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (в рамках процессного подхода), а, в конечном итоге, добиться качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники.

Основная гипотеза исследования заключается в том, что если предложить соответствующие методологические основы и обоснованные технологии управления качества интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники, то это позволит на их основе улучшить качество этого класса программно-информационных средств логистической поддержки, за счет преодоления эмпирического характера их разработки, путем последовательно-итеративного квалиметрического оценивания, анализа рисков развития и совершенствования.

Разрешение сформулированной научной проблемы представляется как последовательное решение следующих задач диссертационного исследования:

1. Обосновать научно-методическую концепцию менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
2. Разработать метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Разработать метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
4. Предложить метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
5. Разработать методы оценки и уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
6. Сформулировать и обосновать метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.
7. Провести оценку эффективности предложенных методов и приемов управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Эффективность методов и методологических решений улучшения качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, за счет преодоления эмпирического характера их разработки, путем последовательно-итеративного квалиметрического оценивания, анализа рисков развития и совершенствования, должна оцениваться по степени снижения итеративности технологического процесса их разработки для достижения определенного уровня качества. Такой подход базируется на традиционных методах квалиметрии, экономической эффективности и системного анализа. Соответственно, целостный методологический аппарат управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники необходим для преодоления эмпирического характера применяемых организационных и технологических решений при разработке соответствующего программного и информационного обеспечения логистической поддержки процессов применения по назначению самолетов и других летательных аппаратов. В этом заключается теоретическая значимость данного диссертационного исследования. Обеспечение единых научно-обоснованных основ управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту

авиационной техники позволит добиться значительного снижения трудозатрат на их разработку, применение и унификацию. Предлагаемый методологический аппарат, с практической точки зрения, рассматривается как совокупность инструментариев инженера-системотехника (программиста), применяемых в ходе разработки и улучшения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, при построении автоматизированных систем логистической поддержки технического и аэродромного обслуживания летательных аппаратов, что определяет прикладную значимость данного диссертационного исследования.

Анализ противоречий, возникающих в практике создания и управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, позволил установить, что основополагающим элементом ее целостных научных основ должна стать соответствующая методологическая концепция, учитывающая специфику реализации теории, базисных подходов и методов квалиметрии программного и информационного обеспечения в данной предметной области [1,8]. Эта концепция должна обеспечить логическую стройность и научную системность управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Именно этот факт позволил в ходе исследования уточнить проблему недостатка научно-обоснованных методологических основ и технологических решений по управлению качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, прежде всего, как научную проблему синтеза методологических основ и научно-обоснованных методов, которые позволят повысить обоснованность, целеобусловленность и рациональность технических решений, принимаемых в ходе разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (в рамках процессного подхода), а, в конечном итоге, добиться качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники.

Таким образом, методологический аппарат управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники за счет преодоления эмпирического характера их разработки, путем последовательно-итеративного

волюметрического оценивания, анализа рисков развития и совершенствования включает в себя следующие компоненты, которые являются научными результатами или положениями данного диссертационного исследования, выносимыми на защиту:

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
5. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
6. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
7. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

Содержательное изложение данной диссертационной работы представляет собой последовательное и детализированное представление выше показанных наименований методов, выносимых на защиту в качестве самостоятельных научных результатов.

1.4. Выводы по первой главе

1. ИЭТР - это особый класс программно-информационных продуктов, реализующих концепцию непрерывной цепочки «проектирование – создание– эксплуатация – утилизация» и соответствующих CALS-технологий, позволяющих не только представить в электронном виде структурированное описание эксплуатируемой техники и правил её обслуживания, но и с помощью мультимедиа технологий наглядно визуализировать её построение и функционирование. Целеобусловленная совокупность мероприятий создания и применения ИЭТР определяется и формируется на основе требований, предъявляемых к этому виду специального обеспечения эксплуатации авиационной техники. На основании этого факта можно заключить, что анализ современной организации создания и управления качеством ИЭТР для обслуживания авиационной техники следует основывать на выявлении и обобщении основополагающих требований к этому виду обеспечения.

2. Применение ИЭТР в рамках организационной системы обслуживания авиационной техники следует рассматривать как соответствующую подсистему, включающую мероприятия по разработке, созданию и тиражированию всех категорий информационного материала по эксплуатации и ремонту летательных аппаратов (их узлов, агрегатов и аппаратуры), структурированное предметное содержание которого, представлено в электронно-цифровой форме и технически поддерживается средствами электронно-вычислительной техники. Современные ИЭТР для авиационной техники это сложные программно-информационные продукты, имеющие клиент-серверную архитектуру, многогранную структуру информационных связей, включающих доступ к внешним источникам, а также развитую логику функционирования. Перспектива их развития на современном этапе тесно увязана с информационными технологиями глубокой виртуализации, что обеспечивает возможности мобильности электронного контента (т.е. снятия ограничений стационарных АРМ), широкое внедрение в ИЭТР программных решений виртуальной и дополненной реальности, создание непрерывной связи учебной и информационно-эксплуатационной среды при обслуживании и ремонте сложных образцов авиатехники.

3. Базовой технологической парадигмой, которая позволяет качественно переосмыслить и расширить возможности применения ИЭТР является глубокая виртуализация современных систем логистической и информационной поддержки на основе сервис-ориентированных архитектур соответствующих программных решений, технологий «облачных вычислений» и других новаций современной софтверной индустрии.

4. Качество ИЭТР для обслуживания и ремонта авиационной техники следует понимать, как интегральный показатель удовлетворения потребностей специалистов-эксплуатантов указанного вида техники в информационно-логистической поддержке. Обеспечение непрерывной связи информационно-проектировочной и информационно-эксплуатационной среды при освоении эксплуатантами сложных образцов современной авиатехники, т.е. реализация принципа единства форм представления проектно-учебной информации и информации из эксплуатационной технической документации является объективной потребностью подсистемы информационно-логистической поддержки эксплуатантов при эксплуатации авиационной техники.

5. Управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники есть постоянное и целеобусловленное воздействие на характеристики этих программно-информационных продуктов в интересах достижения наилучших значений параметров, показывающих степень удовлетворения потребностей пользователей (эксплуатантов авиатехники), в соответствии с предназначением. С прагматической точки зрения, процесс управления качеством ИЭТР заключается в последовательном проведении процедур оценивания качества по совокупностям частных и сводных показателей, с целью выявления его недостатков и аномалий, а также, процедур устранения выявленных недостатков – т.е. процедур улучшения качества. Учитывая сложный, взаимозависимый характер связности показателей качества качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники выше указанный процесс управления их качеством носит многошаговый и итеративный характер.

6. Средства управления (методы, модели, методики, процедуры, алгоритмы, подходы, приемы, способы, стандарты) качеством ИЭТР для

авиационной техники не в полной мере удовлетворяют существующей совокупности специфических требований к технологическому процессу их проектирования и создания, а также реализации в нем процедур управления качеством. Это позволяет говорить о недостаточной научно-методической и технологической обеспеченности систем качества при разработке и создании ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Именно этот факт рассмотрен в работе как первопричина недостаточной отдачи от внедрения ИЭТР в процесс эксплуатации и ремонта авиационной техники на фоне широкой автоматизации и информатизации процессов аэродромного и предполетного технического обслуживания.

7. Специфика требований к технологическому процессу проектирования и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, и реализации в нем процедур управления качеством определяет необходимость учета при их проектировании и разработке соответствующих процедур обеспечения качества: как содержательно-информационного состава, так и программной реализации. Однако, существующее множество применяемых средств управления качеством ИЭТР для авиационной техники, не в полной мере учитывают вышеуказанные требования. В частности, существующие средства управления качеством (методический инструментарий) во многом носят сугубо технический характер и не позволяют, в условиях возрастающего уровня требований к содержательному контенту, добиться именно рационализации построения и организации прежде всего содержательно-информационного состава ИЭТР и их баз данных.

8. Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в методологическом и научно-методическом инструментарии управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

9. Научный характер данного диссертационного исследования определяется общностью получаемых научных результатов для предметной области разработки и создания ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной

техники, обобщением совокупности моделей и приемов квалиметрической оценки и мультимедиа технологий синтеза электронного контента в процессе разработки, создания и сопровождения современных и перспективных средств логистической поддержки процессов обслуживания летательных аппаратов.

10. Методологический аппарат управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники за счет преодоления эмпирического характера их разработки включает в себя следующие компоненты:

- Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
- Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
- Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
- Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
- Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

Приведенные выше компоненты методологического инструментария управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники составляют научные результаты данной диссертационной работы.

10. Предлагаемый методологический инструментарий (аппарат), наиболее эффективно использовать в качестве совокупности методических средств инженера-системотехника или аналитика-программиста, применяемых в ходе проектирования и разработки прикладного программного и информационного обеспечения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники для перспективных автоматизированных систем логистической поддержки процессов технического обслуживания летательных аппаратов (в т.ч. самолетов магистральной авиации).

Глава 2. Методологические основы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

2.1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, разработанная в рамках данной главы диссертационного исследования, рассматривается как методологически-объединяющая платформа для всех последующих научных результатов работы. Вместе с тем, эта концепция выступает логической базой для разработки целого ряда методик и практических рекомендаций по обеспечению качества ИЭТР соответствующего класса, по рационализации технологического процесса их разработки и применения и пр. Пример таких рекомендаций приведен в Приложении Б. Базовым конструктивом предлагаемой научно-методической концепции выступает оригинальное виденье т.н. двухуровневого представления качества рассматриваемых ИЭТР.

2.1.1. Двухуровневое представление качества ИЭТР

Менеджмент или управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники рассматривается как последовательный процесс итеративных процедур оценивания и улучшения качества указанных информационно-программных средств логистической поддержки. Традиционно качество ИЭТР принято оценивать и улучшать именно как качество программных или информационных продуктов, т.е. с опорой на традиционные методологические школы и метрики квалиметрии программного обеспечения. Однако, гамма потребностей, которую призваны удовлетворять интерактивные электронные технические руководства, вообще, и ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в частности, имеет ряд принципиальных и значимых отличий от основной массы традиционных программных комплексов. К таким особенностям, в ходе исследования, были отнесены:

- определяющее значение полноты, актуальности и точности содержательного контента о предмете эксплуатации авиационной техники, поддерживаемых мероприятиях её технического обслуживания и ремонта;

- высоко гетерогенный характер обрабатываемых данных: от потоковых данных аудио-, видео- форматов до статичных массивов расчетных параметров;

- необходимость глубокой виртуализации, определяемая потребностью отображать результаты функционирования на удаленных и мобильных АРМ, а также предоставления сервисов виртуальной, дополненной реальности для средств перспективной периферии систем логистической поддержки.

Именно эти особенности были приняты за основу при разработке конструктива предлагаемой научно-методической концепции менеджмента (управления) качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники – двухуровневого рассмотрения (представления) качества ИЭТР. В частности, учитывая теснейшую связь возможностей программно-технологической платформы создания ИЭТР и контент-репрезентационных возможностей по логистической поддержке эксплуатантов, представляется рациональным рассматривать качество указанных программно-информационных продуктов на двух уровнях представления, как это показано в Таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1.- Уровни в представлении качества ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

№	Уровень	Рассматриваемый аспект качества	Поясняющий пример
2.	Предметно-логический	Степень удовлетворения потребностей в логистической поддержке процедур эксплуатации авиатехники, прежде всего качество содержательного контента и его соответствие передовым практикам предметной области.	Пошагово описанная и структурированная методика <i>N</i> замены блока <i>K</i> с пооперационной демонстрацией каждого действия в виде видеоролика и поддержкой возможности точной чертежной привязки к месту его установки.
1.	Информационно-технологический	Степень удовлетворения потребностей в программном функционале для эффективной работы с гетерогенными данными, общая и прикладная полезность ИЭТР как программного средства генерализации и визуализации данных.	Возможность мультимодального доступа через СУБД к <i>jar</i> -файлу <i>N</i> , инициирующему последовательный вызов утилит и файлов из БД с различными форматами представления и обеспечивающему поддержку сервисов, периферии дополненной реальности

Традиционный подход к рассмотрению качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники как исключительно качества программного обеспечения значительно искажает и обедняет гамму показателей его оценки. Это в свою очередь приводит к недостаточной адекватности процедур управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. При этом сегодня уже очевидно, что определяющим в удовлетворении потребностей эксплуатантов авиационной техники в таких средствах логистической поддержки как ИЭТР является не только, и не столько программно-технический аспект качества, сколько предметно-содержательный его аспект. Иными словами, качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в целом, прежде всего определяет качество его содержательного контента, но при этом качество программной среды реализации должно быть заданного уровня. По существу, вводимое двухуровневое представление качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на практике предопределяет следующее:

- в современных условиях ИЭТР предоставляет структурированный объем данных по тематике возникшего запроса практики (по обнаруженному отказу авиатехники, по регламенту проводимых работ и пр.) и эксплуатант сам, опираясь на модель предметной области в своем сознании, должен оперативно найти и вычленить необходимые данные, подобрав нужную форму вербализации или отображения;

- в предлагаемом подходе, в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники еще на этапе создания, подэтапе разработки электронного контента реализуется модель предметной области (как совокупность моделей реализуемых видов технического обслуживания, диагностических моделей и пр.), отвечающая опыту и лучшим практикам ведущих специалистов в данной отрасли авиапрома. Тогда программная среда, обрабатывая входную информацию от эксплуатанта-пользователя и опираясь на реализованную логическую модель предметной области, адаптивно сузит информационное пространство поиска и определения формы представления необходимых

данных для эксплуатанта-пользователя. При этом на информационно-технологическом уровне рассмотрения реализация выше описанной схемы не ведет к принципиальному усложнению процесса взаимодействия эксплуатанта-пользователя с ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Существо этого подхода наглядно показано на рисунке 2.1.1.

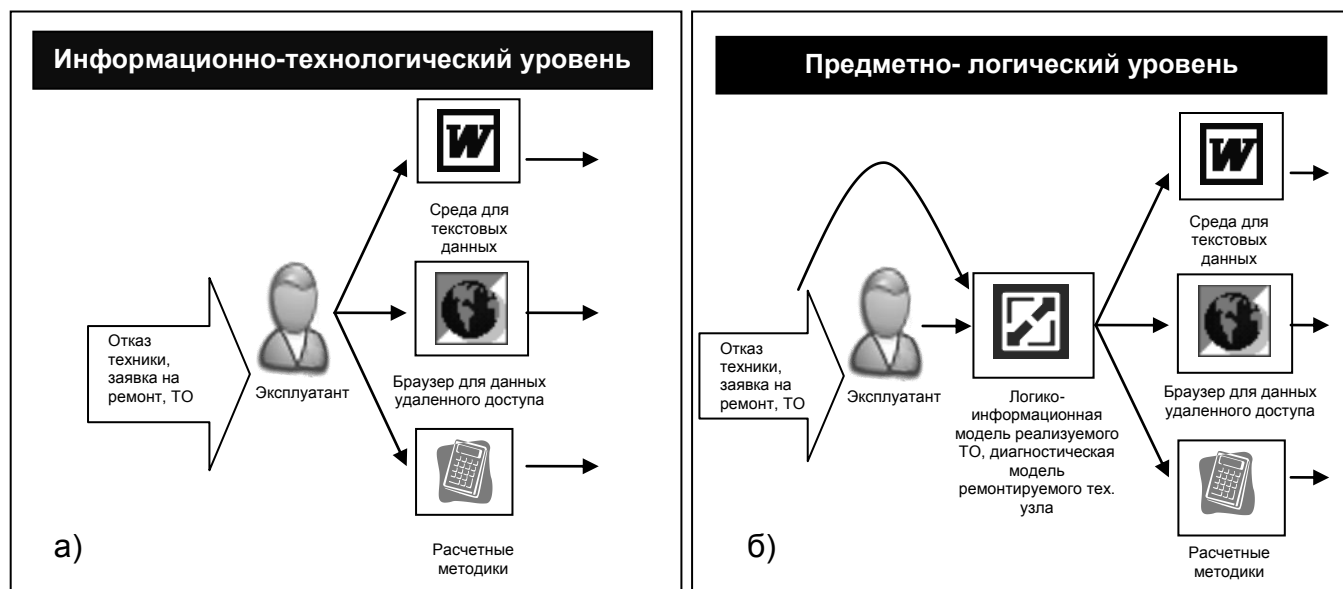


Рисунок 2.1.1 – Различие в рассмотрении взаимодействия эксплуатанта с программной средой ИЭТР на различных уровнях представления

На предъявление требований адаптивности и соответствия передовым практикам к контенту ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на информационно-технологическом уровне рассмотрения выразится не только в простом вложенном декомпозировании и структурировании предметных данных, а в дополнительном установлении функциональных связей между соответствующими компонентами предметных данных программным путем. Условно, это можно пояснить на следующем опытном примере: так на рисунке 2.1.2. а) показана типовая структура предметных данных для существующего ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники – типичная вложенная запись. Реализация же предлагаемого подхода потребовала установления дополнительных программно-функциональных отношений между компонентами данных в прикладном программном обеспечении этого ИЭТР,

определяемых логической моделью предметного контента. Совокупность этих отношений в нотации UML показана на рисунке 2.1.2. б.)

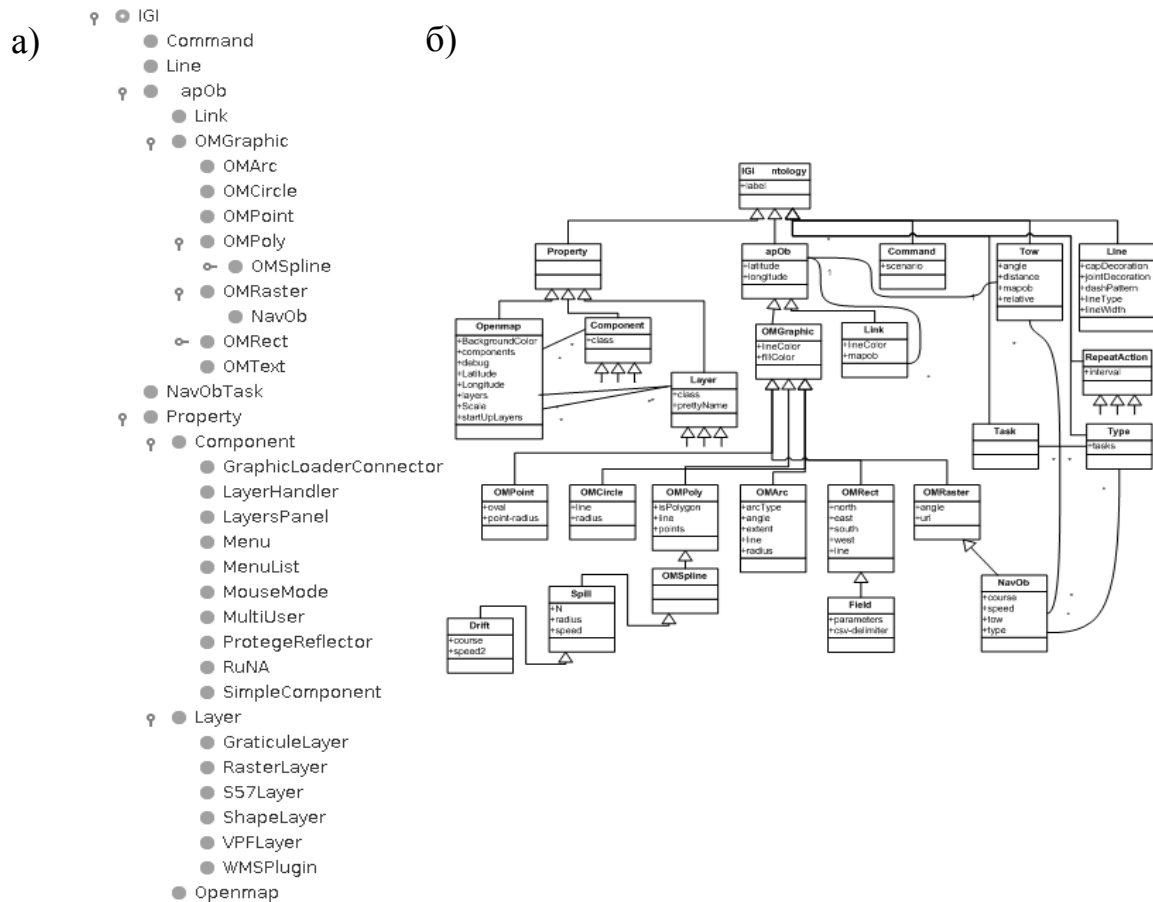


Рисунок 2.1.2 – Влияние логической модели контента на информационно-технологическую и программную составляющие качества ИЭТР

Таким образом, на предметно-логическом уровне (т.е. при синтезе и рационализации логико-информационной модели предметного контента ИЭТР) определяется вся гамма типов и конкретных значений отношений между компонентами данных, изыскиваются оптимальные объемы и формы представления предметных данных пользователю, а на информационно-технологическом производится их программная реализация. Очевидно, что между компонентами предметных данных гетерогенного характера могут устанавливаться самые различные логические отношения кроме отношений «более общее - частное», типичных для ИЭТР в традиционной концепции их разработки. Так, например, если эксплуатант решает задачу ремонта соответствующего узла авиатехники, то его будет интересовать точный чертеж

данного узла (Рисунок 2.1.3. а)), а если поиска этого узла в составе более сложного агрегата, то ему нужен внешний вид данного узла (Рисунок 2.1.3 б.)). На информационно-технологическом уровне рассмотрения это означает, что для одного и того же предметного объекта, представленного в контенте ИЭТР в различных (т.е. гетерогенных) формах, необходимо установить отношение логической связи в соответствии с текущей решаемой задачей логистической поддержки эксплуатанта.

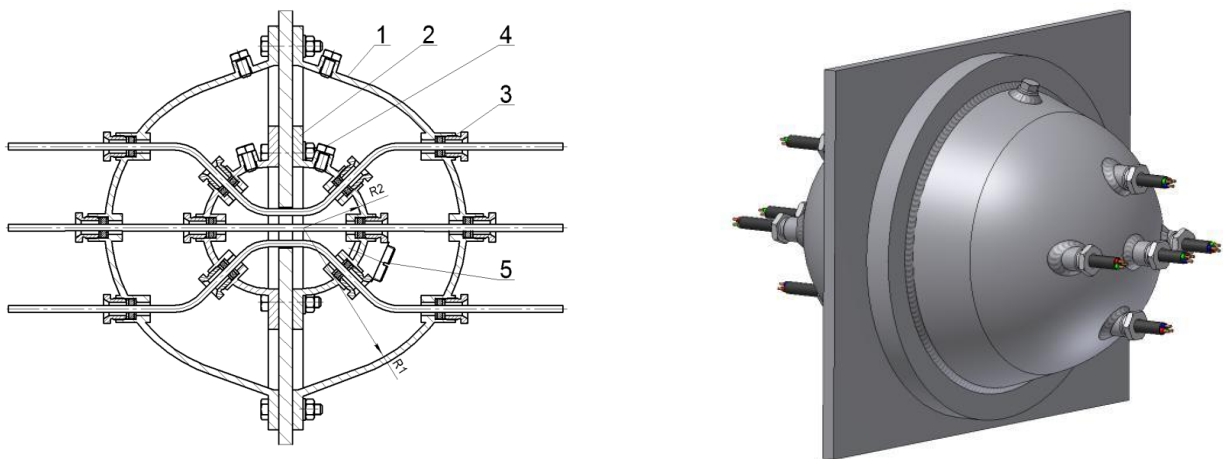


Рисунок 2.1.3. – Пример гетерогенного информационно-графического представления в ИЭТР одного узла авиатехники в зависимости от текущей задачи логистической поддержки

Первоначальной базой для определения всей номенклатуры и конкретного множества указанных отношений между компонентами гетерогенных данных предметного контента могут выступать научно-обоснованные модели поиска и обнаружения неисправностей (отказов) авиационной техники, более общие диагностические модели и методы, применяемые в авиационной отрасли и т.д. Обобщенное представление о совокупности таких методов и моделей в виде соответствующих классификаций и поддерживающих научных школ показано в Приложении В к основному тексту данной диссертации.

Двухуровневое представление дает принципиально новые возможности по управлению качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

2.1.2 Управление качеством ИЭТР на базе предметно-логическом и информационно-технологических уровнях

В рамках предлагаемой концепции управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники осуществляется в рамках соответствующей организационно-технологической системы. Такая система реализуется как форма технологического процесса разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. По своей этимологии и организации такая система является функциональной системой. Её обобщенное представление, с раскрытием состава и структуры, показано на рисунке 2.1.4.

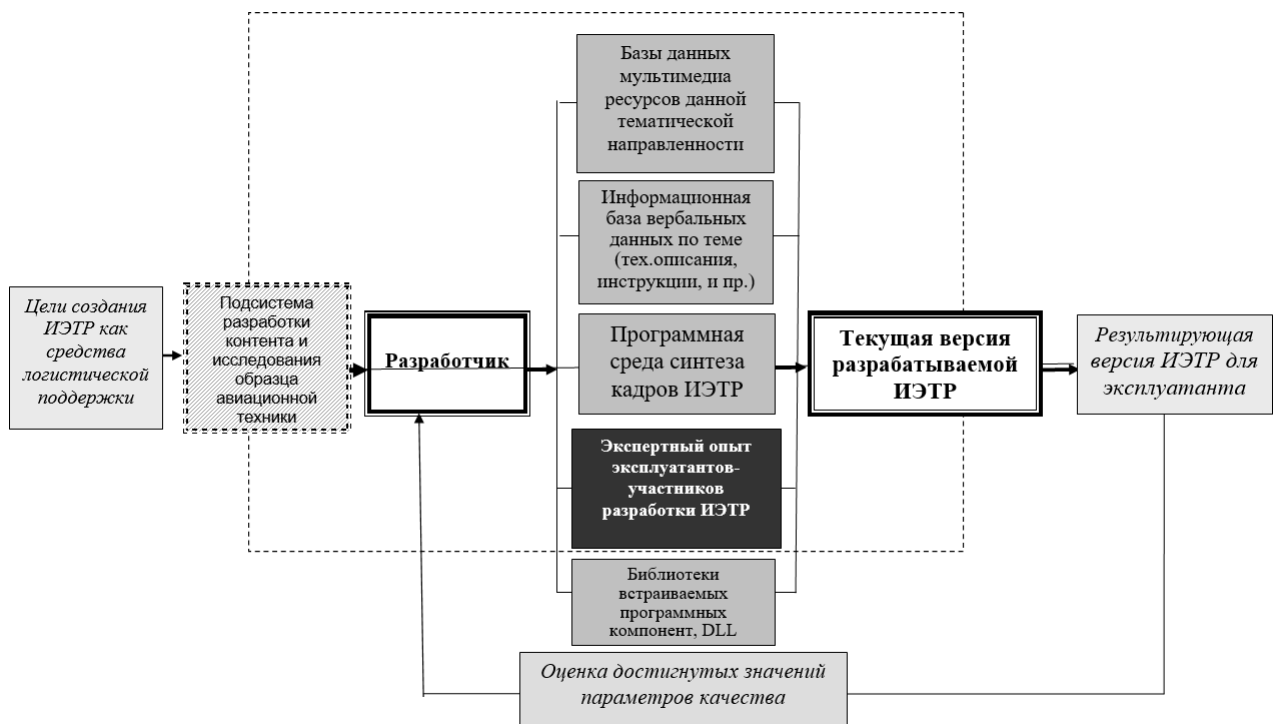


Рисунок 2.1.4 – Состав и структура функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Реализация функциональности предлагаемой системы предусматривает определяющее значение целеполагания при создании ИЭТР как средства логистической и информационной поддержки эксплуатантов авиационной техники. Именно этот подпроцесс определяет, как конечную цель и задачи создания ИЭТР, так и показатели, и критерии оценки его качества, для принятия итоговых предписаний о потребительской готовности (итоговой

технологической результативности). Наличие строго определенных целей и задач создания ИЭТР позволяет перейти к его проектированию и созданию на предметно-логическом уровне представления. Условно, для реализации процессов этого уровня, в предлагаемой функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники выделяется подсистема разработки контента и исследования образца авиационной техники. Именно её эффективность определяет качество ИЭТР на предметно-логическом уровне. На данном уровне обеспечивается качество электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по следующим сводным показателям:

- целевой характер представления содержательной информации;
- релевантность данных как в полном объеме ИЭТР, так и в каждом из его кадров;
- логическая структурированность предметного контента;
- эффективность применяемых средств визуализации;
- достаточность интерактивности в увязывании обусловленных данных;

и другие.

Основным элементом подсистемы разработки контента и исследования образца авиационной техники является непосредственный разработчик ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Он, используя специально сформированный инструментарий разработки, такой как:

- базы данных мультимедиа ресурсов тематической направленности разрабатываемой ИЭТР;
- информационную базу вербальных и текстовых данных по теме (Например, таких как технические описания, инструкции, руководства и пр.),

последовательно осуществляет проектирование электронного контента кадров ИЭТР и синтез их последовательностей в соответствующей программной среде разработки. При этом, определяющим фактором обеспечения высокого качества электронного контента является полноценное и эффективное использование разработчиком экспертного опыта эксплуатантов-участников

разработки ИЭТР. Такой опыт в рассматриваемой системе может быть представлен в самых разнообразных формах: от привлечения в разработку основного авторитетного специалиста-эксперта до формирования статистически обоснованной группы экспертной поддержки.

Качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на информационно-технологическом уровне рассмотрения определяется возможностями программной среды синтеза кадров и соответствующими библиотеками встраиваемых программных компонент, динамически подключаемыми базами и библиотеками программных функций, программных объектов и пр. Иными словами, качество ИЭТР на информационно-технологическом уровне формируется, определяется и оценивается в рамках традиционных методологий оценки качества программного обеспечения и программно-информационных продуктов [8,14-16,101]. При этом ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в современных условиях рассматривается как программно-информационная система с сервис-ориентированной архитектурой. Её обобщенная программная архитектура в нотации UML показана на рисунке 2.1.5.

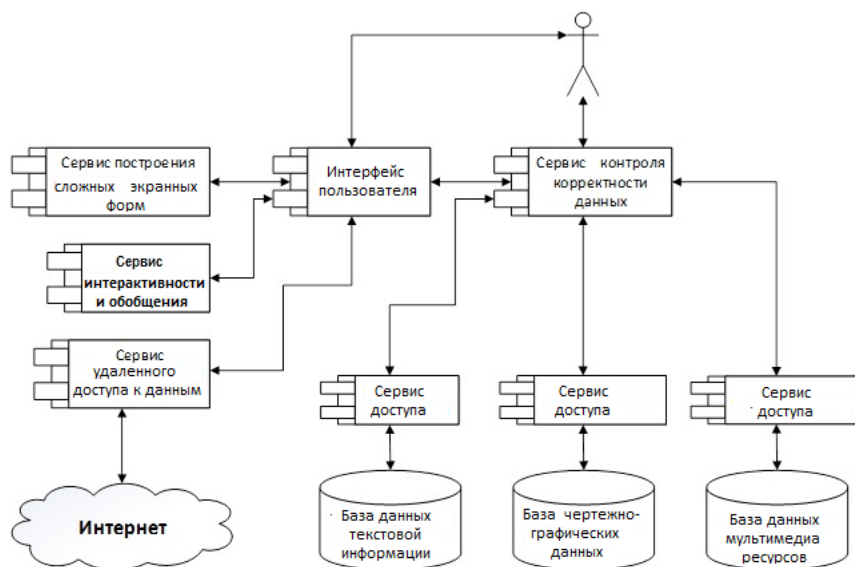


Рисунок 2.1.5 – ИЭТР как программная система с сервис-ориентированной архитектурой

Вместе с тем, в условиях глубокой виртуализации современных ИЭТР все большую популярность получает их распределено-сетевая реализация, т.е.

реализация без физического объединения всей информации в сводной базе данных. Это позволяет добиться высокой степени актуализации данных, используемых в ИЭТР, но в тоже время требует поддержания специализированных служб соответствующих центров компетентности. Этот тезис в полной мере относится и к распределено-сетевым реализациям ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Обобщенно архитектура указанной реализации ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники показана в нотации UML на рисунке 2.1.6.

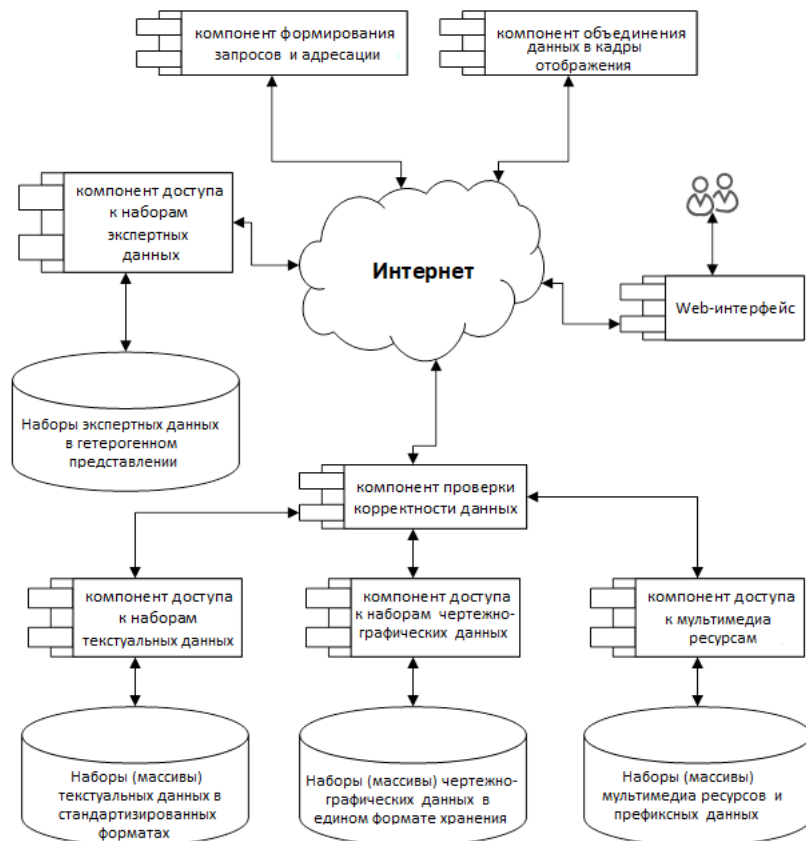


Рисунок 2.1.6 – Распределенная архитектура ИЭТР в обобщенном виде

Последовательное формирование и логически-обоснованное увязывание кадров электронного контента в рамках выше описанных архитектур позволяет за конечное число итераций на базе текущей версии ИЭТР получить его результирующий вариант. Далее осуществляется всесторонняя оценка качества результирующей на данном шаге версии ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Оценка качества в рамках представляемой системы носит характер не столько конечного предписания, сколько процедуры

выявления текущих аномалий ИЭТР как комплекса электронного контента, и как программно-информационного продукта.

Таким образом, предлагаемая функциональная система управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники за определенное число итераций позволяет обеспечить требуемый (заданный) уровень качества как на предметно-логическом, так и на информационно-технологических уровнях. Дальнейшая детализация элементов данной системы, как базовых основ рассматриваемой научно-методической концепции менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, позволяет выявить состав научных результатов данного диссертационного исследования. Сама же научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники рассматривается как некоторое логическое обобщение всех последующих научных результатов.

2.1.3. Структурирование совокупности методов управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является обобщающей платформой для дальнейшего исследования. Центральное положение в её составе функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту предполагает, что дальнейшие научные результаты (положения, выносимые на защиту) должны развить и конкретизировать соответствующие логические элементы этой системы. Далее такие элементы искомой функциональной системы понимаются как базовые.

Основным принципом структурирования совокупности разрабатываемых методов управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является установление логической связи между базовыми элементами указанной системы менеджмента качества, функционалом, который

реализуется этими элементами и целями разработки синтезируемых методов.

Существо формирования таких связей наглядно показано в таблице 2.1.2.

Таблица 2.1.2 – Взаимосвязь элементов функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиатехники и разрабатываемых методов

№ п/п	Базовые элементы функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиатехники согласно п.2.1.2.	Сводный функционал, реализуемый в рамках технологического процесса создания и развития ИЭТР рассматриваемого класса.	Цель разработки соответствующего методологического (научно-методического) инструментария управления качеством ИЭТР рассматриваемого класса.	№ НР
1.	Разработка контента и исследование образца авиационной техники, работа с неформализованным экспертным опытом.	Вербальное описание и графическая репрезентация образца авиатехники; Моделирование процессов функционирования; Формирование и структурирование массивов данных по теме ИЭТР.	Рационализация процесса разработки содержательного контента для ИЭТР, с обеспечением высоких значений показателей логической связности, структурной гармоничности и информационной релевантности.	2.
2.	Синтез кадров ИЭТР, структурный монтаж кадров в ИЭТР заданной темы.	Интеграция цифровых ресурсов: текстуальных данных, мультимедиа образов, файлов видеопотоковых данных и пр. в соответствии с логической схемой контента, создание системы интерактивных ссылок.	Выявление алогичных нарушений в логической декомпозиции содержательного контента, в системе интерактивных ссылок (По типу «логического кольца», «необусловленной ссылки» и пр.)	4.
3.	Текущая оценка достигнутых значений параметров качества	Анализ достигаемого уровня качества при проведении итераций разработки в технологическом процессе создания ИЭТР.	Оперативный характер текущего состояния разработки, определение соответствия требованиям присущим эталону, определение эффективных путей наращивания качества.	3.
4.	Достижение цели создания ИЭТР как средства логистической поддержки	Оценка степени достижения поставленной (итоговой) цели на разработку ИЭТР, оценка интегрального риска для проекта разработки	Применение современных процедур риск-менеджмента в технологическом процессе создания ИЭТР для ремонта и эксплуатации авиационной техники	5.
5.	Итеративное улучшение уровня качества текущей версии ИЭТР в процессе разработки (создания)	Принятие мер для снижения интегрального и частных рисков для проекта разработки ИЭТР в условиях ресурсных, бюджетных и пр. ограничений	Выбор путей и методов уменьшения (снижения) рисков для проекта разработки, развития конкретного проекта ИЭТР, в условиях объективных ограничений.	6.

6.	Обеспечение требуемого уровня качества результирующей версии ИЭТР для эксплуатанта	Анализ системного эффекта от качества результирующей версии ИЭТР в процессе обслуживания авиационной техники.	Системная оценка влияния ИЭТР на динамику качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.	7.
7.	<i>Обобщающая концепция:</i> функциональная система управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.			1.

Определенная на основе выше описанного принципа совокупность логических связей является задающим мотивом в методологическом представлении составляющих управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники как способов (вариантов) улучшения качества соответствующих программно-информационных продуктов. Конструктивом этого представления стало рассмотрение соответствующих составляющих управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники как некоторых сложных характеристик отображаемых на множество показателей качества заданного класса программно-информационных продуктов. Именно существо такого отображения показано в таблице 2.1.2. Эта таблица позволяет наглядно обосновать состав и существо научных результатов, разрабатываемых в данной работе. Соответственно, методологически-обобщающим научным результатом выступает единая научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники за счет реализации функциональной системы управления качеством указанных интерактивных электронных технических руководств в технологическом процессе их создания и развития. При этом основные усилия концентрируются над подпроцессами улучшения качества электронного контента, его содержательной и репрезентативных составляющих, предполагая, что оценка и улучшение качества системного ПО в ИЭТР реализуется традиционными методами.

2.2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР

2.2.1. Соотношение понятий предметного и электронного контента ИЭТР

Определяющее значение логичности изложения, релевантности и наглядности представления предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники объективно требует разработки методического инструментария контроля и управления его потребительскими свойствами. Для такого управления факторами воздействия будут являться параметры электронного (цифрового) представления предметного контента для ИЭТР. К таким параметрам следует отнести:

- информационная релевантность информационных кадров (рабочих окон);
- предметно-логическая обусловленность общей (по кадровой) структуры построения ИЭТР;
- количество и рациональность интерактивных ссылок между информационными кадрами ИЭТР;
- эффективность используемых форм (видов) электронного представления контента;

и другие аналогичные параметры. Именно эти параметры следует рассматривать, как сводные показатели оценки качества представления контента, влияющее на качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в целом. Следовательно, необходимо ввести единый термин для обозначения предметного контента ИЭТР уже получившего соответствующее электронное (цифровое) представление с применением технологий цифровой вербализации, мультимедиа репрезентации, анимационной поддержки. Так, имеемый опыт использования компьютерных форм обеспечения логистической поддержки процессов эксплуатации авиатехники наглядно показывает бурный и не системный

рост соответствующей терминологии в данной сфере. Основываясь на [30-32], и на ГОСТ 26387-84 (Система "человек-машина". Термины и определения), в рамках диссертационного исследования определено соотношение основных понятий этой научной области, представленным на рисунке 2.2.1.



Рисунок 2.2.1 - Соотношение основных понятий контента в ИЭТР

В настоящее время практически всеми ведущими специалистами в области создания и научного обоснования разработки информационных средств поддержки эксплуатации и ремонта сложных технических систем констатируется эмпирический характер процесса разработки и создания электронного контента для ИЭТР соответствующих классов и видов [10,21,23,71]. И если при информационно-логистической поддержке процессов в гуманитарной, образовательной, менеджерской и финансовой сферах такой характер разработки электронного контента не является критическим, то в высокотехнологичной сфере эксплуатации и ремонта авиационной техники он оказывает явные негативные последствия. Это связано прежде всего с вопросами технологической культуры и конструктивно-чертежной точности в

сочетании с вопросами сохранения государственной и коммерческой тайны. В целом, массовая разработка электронного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники характеризуется не достаточным уровнем качества. При этом, необходимо подчеркнуть, что устойчивого понимания системы показателей и критериев для оценки качества электронного контента указанных ИЭТР также не сформировано.

Приведенное выше соотношение понятий предметного и электронного контента позволяет квалифицировано определить состав метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Он показан на рисунке 2.2.2.

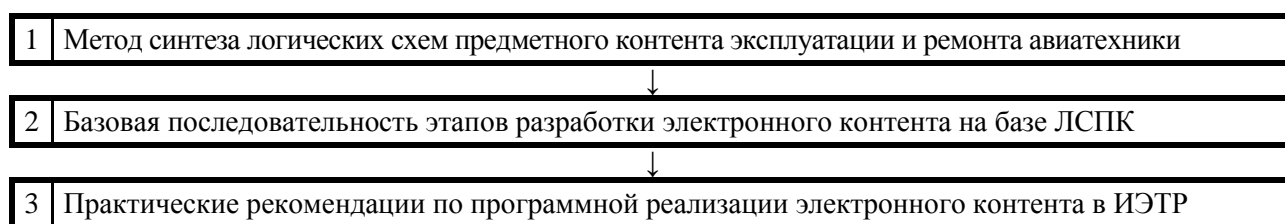


Рисунок 2.2.2 – Состав метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР

2.2.2. Классификация типов и видов представления предметного контента

Под содержательной информацией ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники принято понимать информацию, составляющую предметную информационную модель работ и операций по обслуживанию и плановому ремонту указанной техники, предназначенную для передачи эксплуатанту в составе слабоструктурированного и наглядного электронного материала или, иными словами, электронного контента [71]. В дальнейшем в исследовании принято, что слабоструктурированный содержательный материал представляет собой совокупность данных, включающих эксплуатационную техническую документацию на обслуживаемые технические средства, сборники соответствующих учебников, научных работ, действующих руководящих, программно-методических документов и других источников знаний об объекте и предмете эксплуатации или ремонта [21]. Именно эта

информация является изначальным массивом данных на основе которого, путем логически обоснованного отбора и последовательной многоэтапной структуризации формируется содержательный контент, а затем электронный контент. Традиционная декомпозиция предметного материала включает последовательную детализацию по принципу: «от общего к частному», «от простого к сложному». Однако, круг вопросов, представляемых и детализируемых в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники очень различен по сложности, степени декомпозиции, по относительной трудности или степени важности для профессиональной деятельности эксплуатанта. Стандартизировать содержание ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники путем равномерного распределения проблемных вопросов не представляется возможным. Более целесообразно исследовать зависимость усвоения эксплуатантами не отдельных вопросов или материалов ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а более мелких их составных частей, называемых смысловыми элементами [21,70]. Понятие «смысловой элемент» прочно вошло в связи с внедрением в технологии создания ИЭТР для сложных технических систем метода поэлементного анализа ответов [70]. Научно обосновано положение о том, что по признаку сложности логической структуры смысловые элементы содержательного контента различаются значительно в меньшей степени, чем крупные единицы этого контента [21]. К смысловым элементам в выполненном исследовании отнесены понятия, методики и нормы в эксплуатации и плановом ремонте авиационной техники. Однако анализ динамики восприятия понятий, выполненный в ходе исследования, позволил установить, что рассмотрение содержательного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники только как совокупности смысловых элементов не дает возможности гармонично учесть особенности освоения знаний в избранной предметной области. Поэтому в исследовании потребовалось ввести понятие смыслового блока, который представляет собой более крупную единицу содержательного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники,

содержащую смысловые элементы, объединенные общей логикой функционирования. В ходе дальнейшего исследования установлено, что объем одного смыслового блока, как правило, составляет не менее 2 и не более 7 смысловых элементов.

В ходе диссертационного исследования установлено, что выше описанная традиционная декомпозиция содержательного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники только по смысловому признаку не позволяет полно учитывать имеемые и возникающие связи между смысловыми элементами. Это ограничивает возможность представления контента, как системы изучаемых понятий. Соответственно, такая декомпозиция не позволяет применять квалиметрии содержательного (а, значит, и электронного) контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В работах [4,18], посвященных структурному представлению данных, научно обосновано положение о том, что характер функциональных связей между смысловыми элементами носит преимущественно логический вид. Поэтому, хотя в задачу исследования не входит анализ всех видов возможных логических связей между смысловыми элементами ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, для их учета понадобилось предусмотреть декомпозицию содержательного материала по информационно-логическому признаку [18]. Такое разделение было реализовано в ходе исследования путем представления всей информации, относящейся к данному смысловому элементу в виде совокупности трех ее категорий:

- основной - (S1);
- дополнительной - (S2);
- вспомогательной - (S3).

Под основной информацией в исследовании понимаются сведения, имеющие наиболее существенное значение для освоения эксплуатантом данного смыслового элемента [18]. Другими словами, основная информация выражает физическую или логическую сущность понятия, явления, нормы, принципа, а также реализуемых методик профессиональной деятельности.

Выполненное исследование позволило установить, что в контенте для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники основная информация содержится, как правило, в виде логических определений, описаний методик или технических схем. Дополнительная информация предназначена для обеспечения более глубокого и целостного понимания основных сведений. Она добавляет к физической (логической) сущности данные, связанные с областью применения данного смыслового элемента [18]. В результате сделан вывод о том, что дополнительная информация, относящаяся к смысловым элементам в контенте для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники представлена в виде временных и эксплуатационных норм, правил, сроков планирования и проведения регламентных работ, детальных описаний специфических мероприятий технического обслуживания и авторского надзора.

Вспомогательная информация помогает эксплуатанту более прочно освоить основную и дополнительную, в отрыве от них она трудноусваиваема [70]. Другими словами, освоение вспомогательной информации предполагает наличие у эксплуатанта начальных знаний о смысловом элементе хотя бы на уровне ознакомления. Очевидно, что при этом предполагается целевой характер применения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники не только как средства логистической поддержки процессов аэродромного обслуживания самолетов и других летательных аппаратов, но и как средства повышения профессионального уровня и дополнительной подготовки состава эксплуатантов, без отрыва от их основной деятельности. Также очевидна и возможность широкого применения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники как справочно-информационного средства. В ходе исследования установлено, что к вспомогательной информации в контенте для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники относятся примеры из практики эксплуатации и применения изучаемых технических средств и систем, а также сведения, раскрывающие особенности применения понятий (норм, правил и принципов). Классификационная схема типов предметного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по

смысловому и информационно-логическому признакам представлена на рисунке 2.2.3.



Рисунок 2.2.3 - Классификация типов предметного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Также определяющее влияние на качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, оказывает вид или форма представления предметного контента в технологически первичном виде (т.е. графическая, описательно-текстовая, анимационная и пр.), что обобщенно показано на рисунке 2.2.4. Основными показателями качества представления информации учебного материала являются: быстрота понимания (полнота предъявления, наглядность, релевантность), надежность понимания (образность и точность передачи данных, корректность вводимых положений, однозначность точных значений), глубина понимания. Классификация основных видов (форм) представления информации предметного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, используемого для дальнейшего формирования

электронного контента, применительно к описанным типам данных показана в таблице 2.2.1.



Рисунок 2.2.4 – Классификация форм представления предметного контента в электронных ресурсах ИЭТР

Терминологический аппарат занимает особое место в структуре любого содержательного материала, используемого для формирования электронного контента, являясь основным источником определений и назывных терминов в предметной области ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Из этого следует, что рациональное применение предлагаемой типизации безусловно связано с обоснованием рациональной структуры терминологического базиса. В частности, в ходе диссертационного исследования определена принципиальная возможность представления такого терминологического базиса в виде соответствующей схемы вложенности, т.е. по смысловому признаку терминологический базис разделяется на три вида групп терминов: основные, дополнительные и вспомогательные термины.

Таблица 2.2.1 - Предпочтительность использования различных видов графической информации в электронном контенте ИЭТР

Основные требования к получаемой информации	Предпочтительность
Быстрота понимания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технический рисунок 2. Техническая схема 3. Фотоснимок, видеоролик 4. График, чертеж 5. Анимация
Надежность понимания	<ol style="list-style-type: none"> 1. График, чертеж 2. Технический рисунок 3. Техническая схема 4. Фотоснимок, видеоролик
Глубина понимания	<ol style="list-style-type: none"> 1. График, чертеж 2. Высокоточная анимация

Такое представление соответствует известному научному принципу систематичности, последовательности и комплексности в инженерной психологии и принятому порядку освоения знаний по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Подтвержден факт неравномерного распределения терминологической информации между структурными компонентами электронного контента ИЭТР рассматриваемого класса.

Для реализации задач повышения наглядности, репрезентативности и логической эффективности в ИЭТР применяются все более новые компьютерные технологии, позволяющие качественно расширить возможности информационной поддержки и обеспечить высокую интерактивность процесса обеспечения эксплуатации и ремонта авиационной техники - мультимедиа технологии. Под мультимедиа технологией понимают совокупность методов представления информации, соответствующих аппаратных и программных средств, которые обеспечивают такое представление информации, при котором человек воспринимает ее одновременно и параллельно несколькими органами чувств (ведь в реальной жизни более 90% информации человек получает от совместной деятельности органов зрения и слуха). Мультимедиа - это компьютерные интерактивные интегрированные системы, обеспечивающие работу с анимированной компьютерной графикой и текстом, речью и высококачественным звуком, неподвижными изображениями и динамическим

видео [71]. Если структурировать информацию, с которой могут работать мультимедиа технологии, то можно сказать, что, условно, мультимедиа - синтез трех составляющих, представленных на рисунке 2.2.5. Одновременное наличие звуковой, видео-, графической и компьютерной среды обеспечивает качественно новый уровень восприятия информации: человек, работающий с электронными средствами поддержки на базе мультимедиа технологий, не просто пассивно осознает информацию, а получает ее в активной форме, которая обеспечивает наиболее эффективное освоение.



Рисунок 2.2.5 - Информационные составляющие мультимедиа

Опыт применения электронного контента, как ресурса ИЭТР, на базе мультимедиа выявил главные преимущества этой базовой технологии представления и предъявления потребителю информации, которые развиваются по мере совершенствования как аппаратных, так и программных средств. Помимо очевидных репрезентативных достоинств мультимедиа технологий, подробно описанных в [21], следует отметить целый ряд логико-специфических возможностей. Во-первых, они состоят в наличии точек разветвления в алгоритме работы ИЭТР как программы, что позволяет регулировать процесс восприятия информации - вернуться назад для повторения материала либо перейти к любой другой точке разветвления. Чем больше таких точек, тем выше интерактивность ИЭТР и его гибкость в процессе логистической поддержки. Во-вторых, другое важнейшее преимущество - аудио сопровождение контент-информации. Еще более эффективным является

сочетание аудио комментариев с видеoinформацией или анимацией. В-третьих, одновременное использование различных средств представления информации (печатного текста, озвученного текста, таблицы, графика, диаграммы, карты, фотографии, картины, анимации), разнообразие форм представления и неограниченные объемы информации, возможность многократного обращения и повторения одного и того же материала, установления индивидуального темпа работы для эксплуатанта. Эти и другие специфические характеристики ИЭТР вообще, и электронного контента на базе мультимедиа технологии, в частности, делают их незаменимым средством логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Определяющим фактором качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является обеспечение гармонизации типов соответствующих цифровых материалов предметной (профессиональной) деятельности и форм представления предметного контента. Эффект, обеспечиваемый такой гармонизацией на базе аналитического описания использования единой модели представления данных и единого интерфейса взаимодействия соответствующих программных компонентов может быть оценен теоретически. Пусть ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники включает в себя множество Q подсистем электронного контента. В качестве таких подсистем могут выступать самостоятельные логические блоки предметной цифровой информации, программные компоненты и пр. Для каждой подсистемы заданы следующие конечные семейства (Здесь и далее семейства понимаются как проиндексированные множества), соответствующие логико-информационным функциям рассматриваемой подсистемы

$$\Phi_q = \{\phi_q^1, \phi_q^2, \dots, \phi_q^l\}, \quad (2.2.1)$$

- семейство всех функций, реализуемых подсистемой q в ходе ее целевого функционирования, l – число указанных функций;

$$O_q = \{o_q^1, o_q^2, \dots, o_q^k\}, \quad (2.2.2)$$

- семейство вариантов интерфейса представления функций, реализуемых подсистемой q в ходе целевого функционирования, k – число интерфейсов указанных функций;

$$I_q = \{i_q^1, i_q^2, \dots, i_q^m\}, \quad (2.2.3)$$

– семейство интерфейсов для входных данных, необходимых подсистеме q при функционировании, m – число интерфейсов для входных данных.

Для конкретной реализуемой функции подсистемы q существует интерфейс представления. Отображение:

$$f_q : \Phi_q \rightarrow O_q, \text{ где } q \in Q, \quad (2.2.4)$$

задает каждой функции подсистемы q интерфейс представления такой функции, а также определяет свойство:

$$\forall \phi_q^a \in \Phi_q \exists o_q^b \subset O_q, \text{ где } a \in \{1 \dots l\}, b \in \{1 \dots k\}, q \in Q. \quad (2.2.5)$$

При этом, для одной и той же функции ϕ_q^a может быть задано несколько интерфейсов. Иными словами, возможны следующие варианты:

- 1) подсемейство интерфейсов представления для a -ой функции O_q^a состоит из одного элемента- функцию представляет только один интерфейс;
- 2) подсемейство O_q^a состоит из μ элементов, где $\mu \leq l$, т.е. функцию представляет соответствующее конечное число интерфейсов.

Для семейства I_q очевидно, что каждой функции выполняемой s -м программным объектом ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники определен интерфейс входных данных. Отображение:

$$f_q : \Phi_q \rightarrow I_q, \text{ где } q \in C, \quad (2.2.6)$$

определяет для функции, выполняемой подсистемой q в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, необходимый интерфейс входных данных. Для этого отображения характерно свойство:

$$\forall \phi_q^a \in \Phi_q \exists i_q^b \subset I_q, \text{ где } a \in \{1 \dots l\}, b \in \{1 \dots m\}, q \in Q. \quad (2.2.7)$$

То есть, для одной функции ϕ_q^a может быть задано несколько интерфейсов.

Иными словами, возможны следующие варианты:

1) подсемейство интерфейсов представления a -ой функции I_q^a включает в себя один элемент. Иными словами, функции нужен один интерфейс входных данных;

2) подсемейство I_q^a состоит из μ элементов, где $\mu \leq m$, функция представлена некоторым конечным числом интерфейсов.

Если допустить, что для подсистемы q необходимы данные от подсистемы p в процессе реализации функциональности ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, следует, что выходной интерфейс o_p^j подсистемы p должен быть тождественен входному интерфейсу i_q^s подсистемы q , т. е.

$$o_p^j \equiv i_q^s. \quad (2.2.8)$$

Рассмотрение ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в рамках приведенного формального описания позволяет получить вывод о том, что полное семейство интерфейсов R равняется объединению семейств всех входящих и выходящих интерфейсов

$$R = I \cup O, \quad (2.2.9)$$

а семейство внутрисистемных интерфейсов \bar{R} равняется пересечению семейств всех входных и выходных интерфейсов

$$R = I \cap O. \quad (2.2.10)$$

Указанное пересечение семейств всех входных и выходных интерфейсов можно разделить на три дополнительных непересекающихся подсемейства для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, как системы:

- I. семейство входных интерфейсов – A ;
- II. семейство интерфейсов, предоставляемых внешним абонентам – C ;
- III. семейство внутренних интерфейсов – B .

Тогда справедливы следующие соотношения:

$$R = I \cup O = A \cup B \cup C; \quad (2.2.11)$$

$$\bar{R} = I \cap O = B; \quad (2.2.12)$$

$$A \cap B \cap C = \emptyset. \quad (2.2.13)$$

Так как, в рамках ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники для реализации любой внешней функции соответствующая подсистема предоставляет другой подсистеме интерфейс представления, то справедливо следующее аналитическое выражение:

$$\forall \phi_q^a \in \Phi_q \exists o_q^b \subset O_q. \quad (2.2.14)$$

На обеспечение приведения данных к соответствующему виду, иными словами, на преобразование цифровых данных к нужному интерфейсу, используется некоторое машинное время, которое аналитически можно описать в виде:

$$t_i = f(o_i), \quad \forall o_i \in O_q^a. \quad (2.2.15)$$

Следовательно, суммарное время, используемое на предоставление подсистемой данных, есть последовательное сложение времен преобразования данных для каждого из семейства интерфейсов:

$$T_q^a = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2.2.16)$$

где n – количество интерфейсов предоставляемых для функции ϕ_q^a .

При реализации приведения интерфейсов к одной модели представления данных машинное время используется только на первое преобразование, другие интерфейсы определяются через копирование первого:

$$T_q^a = t_a. \quad (2.2.17)$$

Соответственно, для подсистемы q время, используемое на приведение информации к нужным интерфейсам представления, есть суммарное время приведений данных к соответствующему интерфейсу каждой функции этой подсистемы

$$T_q = \sum_{a=1}^l T_q^a, \quad (2.2.18)$$

где l – число функций, выполняемых каждой из подсистем.

Для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в целом, суммарное время, затраченное на приведение информации к нужным интерфейсам представления, равняется линейному сложению времен приведений данных к соответствующему интерфейсу каждой подсистемы

$$T = \sum_{q=1}^Q T_q, \quad (2.2.19)$$

где Q – число подсистем в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, как в рассматриваемой информационной системе.

Следовательно, можно утверждать о снижении временных затрат на обработку служебной информации, уменьшении времени реакции ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на запросы эксплуатантов, повышении оперативности функционирования за счет гармонизации типов и форм представления электронного контента в рамках единой модели представления. Использование единой модели представления электронного контента ведет к повышению оперативности функционирования ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в случае, когда общее время на преобразования данных к каждому интерфейсу представления соответствующих функций всех подсистем больше суммарного времени преобразования информации к общей модели представления для функций каждой подсистемы, т.е.

$$\sum_{q=1}^Q \sum_{a=1}^l \sum_{i=1}^n t_{qai} > \sum_{q=1}^Q \sum_{a=1}^l t_{qa}^*, \quad (2.2.20)$$

где Q – число подсистем в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

l – число функций, предоставляемых подсистемой q ;

n – число интерфейсов представления данных для функции a в подсистеме q .

Также возможно теоретически оценить эффект от проведения гармонизации типов и форм представления электронного контента при разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Допустим, что для создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

предусматривается выделение определенного производственного ресурса $S = const$. Данный ресурс делится на:

I. часть для реализации функций, выполняемых ИЭТР, – S_ϕ ;

II. часть для реализации интерфейсов – S_R , который в свою очередь можно разделить на ресурсы обеспечения входных, выходных и внутренних интерфейсов ИЭТР

$$S_R = S_A + S_B + S_C. \quad (2.2.21)$$

Указанные части ресурса разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники следует интерпретировать как линейную сумму затрат на каждый из компонентов, входящих в семейство:

1) часть ресурса на создание функций, выполняемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники:

$$S_\phi = \sum_{i=1}^l s_{\phi_i}, \quad (2.2.22)$$

где l – число функций реализуемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

2) часть ресурса на разработку интерфейсов входных данных в ИЭТР:

$$S_A = \sum_{i=1}^m s_{a_i}, \quad (2.2.23)$$

где m – число интерфейсов входных данных в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

3) часть ресурса на создание интерфейсов данных, предоставляемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

$$S_C = \sum_{i=1}^o s_{c_i}, \quad (2.2.24)$$

где o – число интерфейсов данных, предоставляемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

4) часть ресурса на разработку интерфейсов взаимодействия подсистем внутри ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

$$S_B = \sum_{i=1}^n s_{b_i}, \quad (2.2.25)$$

где n – число интерфейсов взаимодействия подсистем внутри ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Следовательно, приведение всего множества интерфейсов взаимодействия подсистем внутри ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники к одной модели представления дает возможность разработать один единый интерфейс s_b , а оставшиеся получить через его тиражирование.

Тогда суммарные затраты ресурсов получаются путем линейного суммирования затрат на реализацию одного - единого интерфейса:

$$S_B = s_b. \quad (2.2.26)$$

Соответственно будет обоснованным прийти к выводу: гармонизация типов соответствующих цифровых материалов предметной (профессиональной) деятельности и форм представления предметного контента на основе единой модели представления обеспечивает дополнительное освобождение ресурсов разработки при создании ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в варианте, когда суммарные ресурсы на создание всех интерфейсов взаимодействия между подсистемами внутри ИЭТР, с учетом специфики каждого интерфейса, больше ресурсов на создание общей модели представления данных, т.е.:

$$S_B > s_b. \quad (2.2.27)$$

При исполнении условия (2.2.27) гарантировано происходит высвобождение ресурсов разработки, позволяющих снизить стоимость создания итоговой версии ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

2.2.3. Синтез логических схем предметного контента эксплуатации и ремонта авиационной техники

Принципиальной спецификой функциональной системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является

наличие подсистемы контента и исследования образца авиационной техники, т.е. подсистемы призванной обеспечить изначальное соответствие признанным эталонам, а также корректуру электронного контента с течением времени и изменениями предметной области, поиск наиболее эффективных форм наглядного представления предметных данных, с учетом индивидуальных особенностей осваиваемых образцов высоко сложной авиатехники. С организационно-технической точки зрения, научно-обоснованное применение электронного контента как средства в составе ИЭТР указанного класса при проведении соответствующих мероприятий технического обслуживания и ремонта авиационной техники, по сути означает введение исследовательского компонента в процесс эксплуатации такой авиатехники, а следовательно смену модели логистической поддержки эксплуатантов. Существо такой предлагаемой модели логистической поддержки эксплуатантов в рамках системы управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники заключается не в заочном информировании эксплуатантов, а в непрерывном обеспечении его данными при выполнении эксплуатационных (ремонтных) работ на действующих образцах авиатехники.

Очевидно, что разработка и применение электронного контента в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по выше указанной о обобщенно описанной модели должно строиться на основе единой базового и стандартизированного метода, обеспечивающего гарантированный уровень логичности, релевантности и репрезентативности представления предметного материала эксплуатантам. В ходе диссертационного исследования, а именно в работах [92-95] было обосновано, что в качестве такового может выступать метод логических схем, которые строятся на основе синтеза признаков распознавания. Указанные схемы представляют собой сетевое описание многоуровневой декомпозиции сложных образцов (агрегатов, узлов, блоков, схем и пр.) авиационных технических систем в рациональной последовательности их осмотра, проверки и освоения.

Такие схемы получили название логических схем предметного контента для технических систем (ЛСПК ТС). Пример построения ЛСПК ТС для приведен на рисунке 2.2.6. Соблюдение логической последовательности ЛСПК ТС в проверке, обслуживании и освоении образцов современной сложной авиатехники является необходимым условием гарантированного достижения результатов ремонтных работ, технического обслуживания эксплуатантами в рамках системы эксплуатации и аэродромного обслуживания самолетов и других летательных аппаратов. При этом следует указать, что электронный контент структурированный и организованный в соответствии с ЛСПК ТС занимает особое место в структуре ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Особое место данного вида предметного материала определяется тем обстоятельством, что он является основным источником предписываемых действий, технических операций и логических умозаключений эксплуатантов в процессе реализации мероприятий технического обслуживания в предметной области. С учетом изложенного обоснования целесообразно перейти к обобщению методических рекомендаций по подготовке ЛСПК для повышения качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Обобщение методических рекомендаций специалистов-эксплуатантов авиационной техники [21,26] и опыт разработки электронного контента с использованием ЛСПК [84] позволило установить следующую последовательность действий по обеспечению качества разрабатываемых ИЭТР:

1. Определение объема используемых в ИЭТР предметных понятий по рассматриваемой теме. В этих целях сопоставляются действующие руководящие, конструкторские, эксплуатационные и методические документы по данному разделу эксплуатационных мероприятий, ремонтных работ или мероприятий аэродромного обслуживания.

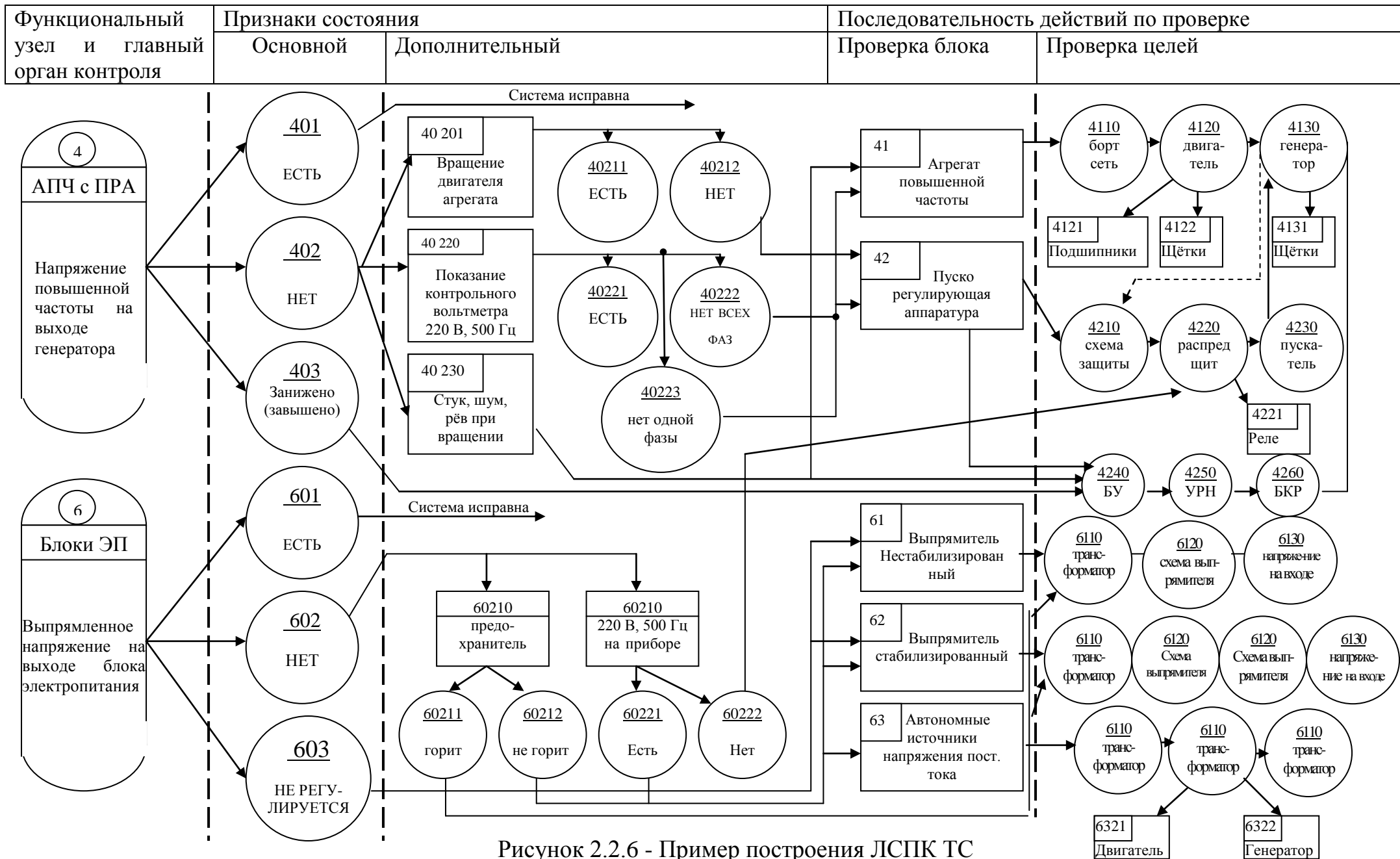


Рисунок 2.2.6 - Пример построения ЛСПК ТС

В результате сопоставления руководитель разработки определяет объем используемых понятий, для чего рекомендуется использовать предварительное разделение всего предметного материала на смысловые единицы (блоки и элементы) и последующий подсчет их общего количества. В отдельных случаях объем используемых понятий устанавливается путем перечисления тех источников специальной информации, документов и других документальных источников знаний, которые используются в процессе освоения техники или подготовки по специальности. После установления объема понятий, подлежащих применению в ИЭТР, необходимо сведение их в систему. Такую систему в информатике принято понимать, как онтологию соответствующей предметной области.

2. Установление системы (онтологии) используемых в ИЭТР понятий сводится к уточнению заданной в руководящих, эксплуатационных или конструкторских документах декомпозиции предметного материала. Основным направлением уточнения рекомендуется рассматривать предварительное определение связей и отношений между смысловыми блоками и элементами с точки зрения рациональной последовательности их освоения по принципу: «от простого к сложному», «от более общего к более частному». Сведение предметных понятий в такую систему, как онтология, дает основание перейти к ее обобщению и структурированию.

3. Выявление структурно-обобщенных смысловых элементов, связей и отношений между ними. На основе анализа данных первичных источников руководитель разработки ИЭТР определяет начальную онтологию. Подсчет количества смысловых элементов, содержащихся в каждом блоке рекомендуется выполнять с учетом установленной последовательности, определенной на предыдущем этапе. В ходе выявления связей и отношений между структурно-обобщенными смысловыми элементами необходимо установить их основной вид. Выполненное исследование позволило обосновать вывод о том, что для специалистов по эксплуатации и ремонту авиационной техники основным видом связей и отношений являются логические. Они, как

правило, представлены в форме логических операций и процедур. Выявление структуры и связей в предметном контенте, как системном информационном образовании позволяет перейти к синтезу структуры ЛСПК.

4. Синтез структуры ЛСПК сводится к учету информационных, содержательных и логических условий-переходов в последовательности проверок работоспособности узлов, блоков, схем и элементов образцов авиационной техники. После упорядочивания условий выполнения проверок рекомендуется убедиться в соблюдении условия иерархичности, для чего необходимо воспользоваться принципом о структурном представлении предметного материала в электронном контенте. Выполненный синтез структуры ЛСПК дает основания производить необходимые расчеты, связанные с получением числовых характеристик соответствующих действий и операций эксплуатанта, отражаемых электронном контенте ИЭТР. Предварительная разработка ЛСПК ТС, как формы представления цифровых данных и метаданных электронного контента, для дальнейшего структурирования ресурсов ИЭТР, осуществляется в соответствии со специфической последовательностью действий эксплуатантов при проведении соответствующих работ технического обслуживания и ремонта приборов (узлов, агрегатов и пр.) авиатехники. К ним относятся следующие:

4.1. вся последовательность действий, технических процедур, работ технического обслуживания и ремонта приборов (узлов, агрегатов и пр.) авиатехники отражается в виде связанной логической схемы ЛСПК, включающей однозначное представление алгоритма и целевой программы проводимых проверок, замен элементов и пр.;

4.2. на схеме ЛСПК условно отражаются два участка : определение максимального количества признаков состояния приборов (узлов, агрегатов и пр.) авиатехники (левая часть) и последовательность проверок состояния, освоения протекающих процессов в схемах и узлах авиатехники;

4.3. на участке определения максимального количества признаков состояния образцов авиатехники отображается функциональный узел и

главный орган контроля. В качестве функционального узла в зависимости от типа и назначения конкретной аппаратуры целесообразно выделять основные подсистемы или тракты, входящие в состав авиаприбора, как технической системы. Так, например, для современного авиационного радиолокационного комплекса это будут передатчик, приемник, индикаторное устройство, тракт синхронизации с устройством измерения координат фиксируемых бортов, блоки электропитания, агрегат повышенной частоты, с пускорегулирующей аппаратурой.

4.4. на участке последовательного контроля (диагностирования) процессов в схемах и узлах образцов авиатехники целесообразно предусмотреть отдельное изображение контроля блоков и составляющих их цепей. Характерной особенностью разработки этого участка ЛСПК является обязательное представление всех элементов, которые могут влиять на реализацию основных функций образцов авиатехники, определять переменность ее работы или могут послужить источником и причиной неисправностей;

4.5. для выделения логических связей, отображающих нормальное функционирование образцов авиатехники, как технической системы, и ее функциональных узлов, целесообразно использовать отличительный цвет (например, синий или серый);

4.6. логика функционирования аппаратуры отображается в виде двух взаимообусловленных последовательностей: во-первых, порядка выявления дополнительных признаков состояния образцов авиатехники, а во-вторых, очередности освоения или проверки блоков и цепей.

На рисунке 2.2.5., как указано выше, изображен пример построения логической схемы предметного контента для двух наиболее типовых функциональных узлов радиолокационного комплекса самолета. Необходимо указать, что приведенный пример является наиболее простым вариантом. В реальной разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники ЛСПК могут представлять очень сложные и емкие схемы с многоуровневой

графовой структурой. Эффективность структурирования контент-материала и разработки электронного контента для такой высокотехнологической сферы, как эксплуатация самолетов и других летательных аппаратов, доказана и в ходе разработки ИЭТР для технического обслуживания и ремонта авиационной техники [21,26], так и обоснована в целом ряде работ ученых-квалиметристов [84]. Квалиметрические и программно-технологические исследования по обоснованию рациональности создания электронных ресурсов для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на основе ЛСПК с целью обеспечения гарантированного уровня информационно-логистической поддержки эксплуатантов в процессе проведения работ на действующих образцах авиатехники по-прежнему остаются перспективными и многообещающими для управления качеством указанных интерактивных электронных руководств.

Описанная последовательность действий по существу описывает базовую структуру метода синтеза логических схем предметного контента эксплуатации и ремонта авиационной техники. Обобщенный алгоритм этого метода приведен на рисунке 2.2.7. Данный метод является основным компонентом более общего метода ЛСПК для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР.

2.2.4. Базовая последовательность этапов разработки предметного контента ИЭТР

Выше описанный метод синтеза логических схем предметного контента изменяет и упорядочивает весь процесс разработки предметного и электронного контента для ИЭТР. Именно благодаря этому становится возможным обеспечить более высокий уровень качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В обобщенном виде указанный процесс, как рационализированная процедура, может быть представлен как некоторая базовая технология (последовательность этапов) разработки предметного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

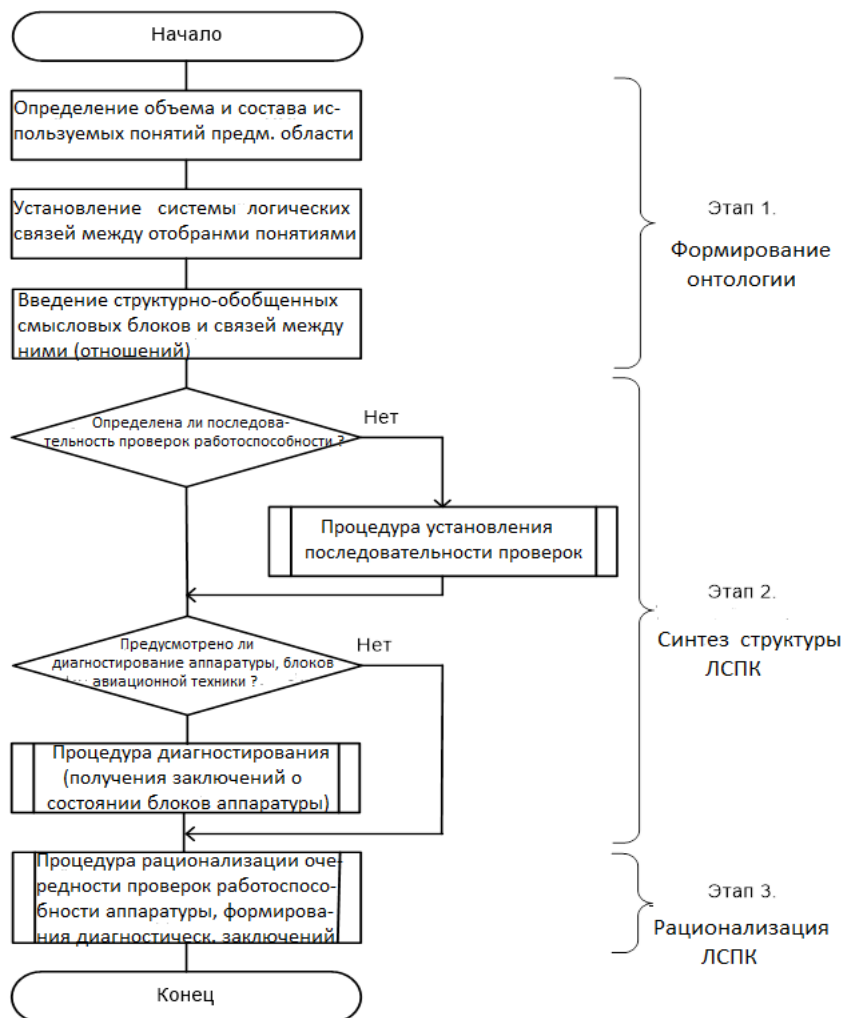


Рисунок 2.2.7 – Обобщенный алгоритм метода синтеза логических схем предметного контента эксплуатации и ремонта авиационной техники

В частности, указанная базовая последовательность этапов разработки в себя включает:

2.2.4.1. Общие положения разработки предметного контента ИЭТР

Реализация электронных ресурсов ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники должна выполняться на основании соответствующих сценариев. Сценарий ИЭТР - формализованное, выполненное по установленным правилам изложение указаний по формированию содержательной части единицы электронного контента ИЭТР, включающее описание его кадров и регламент перехода от кадра к кадру, предназначенное для использования в качестве исходных данных при реализации ИЭТР по

эксплуатации и ремонту авиационной техники в виде программно-информационного продукта для компьютера [21,84]. К разработке сценариев ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники необходимо привлекать опытных эксплуатантов, а также специалистов проектных организаций-разработчиков тех технических средств и систем, для эксплуатации, освоения которых создаются ИЭТР. Далее по тексту для обозначения составителей сценариев электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники используются обобщенные равнозначные понятия «автор» или «сценарист». Для обеспечения успешной деятельности непосредственно разработчика – программиста-составителя ИЭТР (далее по тексту «изготовитель») сценарий электронного контента должен содержать достаточно полное, однозначно понимаемое описание следующего:

- содержания и форм представления информации, предъявляемой эксплуатанту в процессе исполнения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

- порядка следования (очередности), регламента и способов предъявления (скрытия) основной, контрольной и управляющей информации на средствах отображения ИЭТР;

- способов, правил и порядка ввода информации (команд управления, ответов на вопросы и пр.) в процессе исполнения ИЭТР, устанавливаемых для эксплуатанта.

Сценарий должен также содержать описание назначения и области применения данного ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а при необходимости, и методики практического применения, используемой в процессе работы с ним.

В начале работы над сценарием сценаристу необходимо, прежде всего, произвести подборку исходных данных, относящихся к теме разрабатываемого ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Объем предметного материала, выделенного для проработки в рамках одной единицы электронного

контента, должен отвечать требованиям необходимой достаточности. На самом начальном этапе компоновки материала следует предусмотреть его разбивку на логически завершенные части (модули, блоки и пр.) таким образом, чтобы к моменту перерыва в работе у эксплуатанта могла сформироваться целостная картина проработанной части материала. В пределах выделенного материала следует определить термины, понятия, определения, данные, которые требуют или могут потребовать дополнительных разъяснений. Такого рода сведения должны будут составлять базу справочных данных, к которой эксплуатант обращается по мере необходимости. Во избежание перегрузки эксплуатанта-пользователя избыточной информацией кадры справочного характера не следует включать в основные ветви логической структуры электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В зависимости от объема справки она может быть организована в виде кадра, подключаемого по условию, или в виде «всплывающей подсказки».

Текстовый материал следует разбить на абзацы (текстовые фрагменты), законченные по смыслу. Каждый такой абзац (текстовый фрагмент) может служить основой содержания кадра. В краткой форме описываются графические фрагменты, которые следует поставить в соответствие текстовым фрагментам. Это может быть схема, рисунок, видеоклип. Графический фрагмент обязательно должен отвечать теме кадра. Он может быть использован в качестве иллюстрации к тексту, или принимать на себя основную смысловую нагрузку кадра. Второе – предпочтительней. Графическая информация воспринимается лучше текстовой, особенно, если она носит динамический характер. Желательно оптимизировать содержание кадра путем изменения соотношения в нем графики и текста. Следует стремиться к минимизации текстового фрагмента, по возможности сведя его к подписи под рисунком и выноскам – комментариям. Для этого следует:

- исключить текстуальные описания физических процессов, которые могут быть показаны средствами динамической графики и анимации. Например, описание принципа работы прибора по его структурной схеме

можно организовать в одном кадре, задав последовательную активизацию элементов (узлов, блоков) схемы по мере прохождения сигнала, с синхронным предъявлением текстовых или звуковых комментариев;

- исключить, по возможности, вводные и согласующие фразы; последовательность кадров должна быть логичной;

- вынести в ссылки фразы и предложения, которые носят справочный характер. Допускается использование аббревиатур, понятных специалисту, при условии, что их толкование организовано с помощью ссылок;

- шире использовать интерактивные возможности среды разработки, типа «горячая область», «поле ввода». Например, кадр, предназначенный для изучения состава прибора и назначения его узлов, при первом предъявлении может содержать только структурную схему данного прибора, а наименование и назначение отдельных узлов будет предъявляться эксплуатанту при наведении им курсора на значок (изображение на схеме) данного узла;

- определить анимационные (видео) и динамические эффекты для предъявления графических фрагментов, при этом руководствоваться принципом разумной достаточности. Не следует увлекаться видеоэффектами, чтобы они не отвлекали эксплуатанта от работы с основным материалом.

Сценаристом могут быть предусмотрены аудио (т.е. звуковые) эффекты. Это могут быть короткие звуки, предназначенные для привлечения внимания, выражающие эмоции, а также музыкальное сопровождение и дикторский текст. При этом не следует перегружать ИЭТР звуковыми эффектами. Надо учитывать, что излишнее использование звуковых эффектов рассеивает внимание, и предусмотреть возможность включения и выключения звукового сопровождения.

Содержательная часть должна быть разбита на четко определенные, логически завершенные вопросы или разделы. Изложение каждого очередного вопроса рекомендуется начинать кадром – заставкой очередного раздела, и завершать обобщением по разделу. Следует избегать монотонности подачи материала. Сценаристу следует предусматривать подачу текстового материала,

помимо использования видеоэффектов, с изменением размера, типа и цвета шрифтов.

Важнейшим способом активизации внимания эксплуатанта является надлежащая организация переходов между кадрами. Простейшей формой перехода является переход безусловный, который предполагает линейную последовательность подачи материала. Условный (по условию) – переход предполагает выбор ветви логической схемы подачи материала по выбору эксплуатанта или в зависимости от его ответа на заданный вопрос. Разновидностью перехода по условию является переход по значению определенной переменной. Переход «по переменной» – наиболее развитый вид перехода, предполагающий реакцию на действия эксплуатанта: данные им ответы, введенные значения параметров или полученные результаты расчетов. Переменные могут быть численными, логическими, символьными, текстовыми.

Для построения рациональной логической схемы подачи материала в сценарии рекомендуется первоначально предусмотреть кадры (блоки кадров), но без конкретного содержания, а также кадры с репликами на правильный, неправильный ответ и превышение допустимого времени ответа. При необходимости, содержание контролирующей части в виде перечня вопросов входного, текущего и выходного контроля, набора вариантов ответов на каждый вопрос можно позднее проработать детально и оформить отдельным приложением.

На основании обобщения теоретических [21] и практических проработок [84,94,95] в исследовании сделан вывод, что рациональный сценарий ИЭТР должен включать, как правило, следующие разделы:

- введение;
- назначение и область применения;
- содержание и методика практического применения;
- сценарный план;
- приложения.

В разделе «Введение» должны быть указаны:

- наименование ИЭТР;
- тема разработки;
- организация-разработчик;
- фамилии и инициалы авторов;
- ограничения по доступу, в частности, с помощью парольной защиты, если они должны быть установлены;
- плановая средняя продолжительность сеанса работы;
- размеры окна для отображения информации на экране видеомонитора компьютера;
- необходимость регистрации эксплуатанта в начале сеанса работы;
- необходимость отображения данных статистики по окончании работы;
- необходимость сохранения результатов работы с ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

В разделе «Назначение и область применения» должны быть определены:

- узкая предметная область эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- категория (категории) эксплуатантов;
- эксплуатационно-методические цели разработки;
- ожидаемый эффект логистической поддержки;
- место ИЭТР в структуре процесса технического и аэродромного обслуживания самолетов, и других летательных аппаратов.

Раздел «Содержание и методика практического применения» должен включать:

- характеристику предварительных знаний, умений и навыков, необходимых для работы с ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- виды работ или производственных процедур, на обеспечение которых ориентирован ИЭТР;
- описание знаний, умений и навыков, формируемых у эксплуатантов в процессе работы с электронным контентом ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

- методические средства для процесса освоения новых знаний, умений и навыков, формируемых с помощью электронного контента.

2.2.4.2. Учет специфики видов логистической поддержки эксплуатантов

Состав и структура ИЭТР в общем случае должны определяться с учетом вида работ или производственных процедур, на обеспечение которых оно ориентировано. При разработке соответствующих сценариев необходимо также учитывать характерные для каждого вида работ особенности их организации и взаимодействия эксплуатантов-членов технологических расчетов (производственных команд).

А. Техническое описание авиационной техники (ее узлов, блоков, схем, цепей и пр.), как форма прямой информационно-логистической поддержки, реализуется с целью расширить область знания, дать понятие и добиться единообразных представлений у эксплуатанта (-тов) по общим и некоторым частным вопросам изучаемого материала. Электронный контент, содержащий в т.ч. методические материалы для автоматизированной работы в форме технического описания должен представлять собой линейную последовательность кадров, составленных из текстовых, графических, текстово-графических и, если целесообразно, анимационных фрагментов материалов по изучаемой теме.

Состав и форма представления фрагментов (тексты, схемы, чертежи, рисунки, виды, разрезы, сечения и т.п.), правила и порядок их предъявления при выполнении функциональности ИЭТР определяются разработчиком сценария на основании технической документации на обслуживаемое или осваиваемое средство (механизм, устройство, комплекс, систему) или явление, в соответствии с избранной методикой освоения, технологическими нормами. Фрагменты в заданной регламентом последовательности должны предъявляться на АРМ эксплуатанта. Время демонстрации фрагментов определяется сценаристом. Как правило, следует предусматривать возможность перехода от показа одного фрагмента к другому по инициативе эксплуатанта.

При проведении мероприятий в группе эксплуатантов фрагменты ИЭТР в заданной последовательности предъявляются на АРМ руководителя и транслируются на средства отображения информации коллективного пользования или (и) рабочие места эксплуатантов. В таком случае время предъявления графических фрагментов определяется руководителем.

Техническое описание авиационной техники как предметный контент для ИЭТР в общем случае следует формировать на основании технической документации на средство авиационной техники в форме фрагментов его технического описания (руководства, инструкции). Сценаристом должна быть предусмотрена возможность корректуры такого контента для внесения дополнений содержательного и методического характера непосредственно руководителем эксплуатации или продвинутым эксплуатантом в ходе практического использования ИЭТР.

Б. Практическая инструкция по проведению сложных технологических операций должна быть рассчитана на проведение таких операций индивидуально или в группе эксплуатантов одной специальности с целями:

- правильно и точно реализовать на практике соответствующую технологическую операцию;
- сформировать, развить или восстановить навыки в управлении работой соответствующего технического средства, сложной системы или определенной его части;
- поддерживать работу с технической документацией, номограммами, таблицами;
- реализовать оперативное выполнение расчетов и выработку рекомендаций по использованию средства, сложной технической системы, организации работ и пр.

Для проведения сложных технологических операций электронный контент ИЭТР должен представлять собой набор фрагментов, последовательность предъявления которых определяется заданным алгоритмом. Перечень, вид и форма представления фрагментов для проведения

сложных технологических операций определяются сценаристом с учетом содержания эксплуатационной документации на обслуживаемое средство или систему авиационной техники. Фрагменты могут представлять собой демонстрационные схемы, изображения лицевых панелей пультов управления, плоские или трехмерные модели механизмов, устройств и т.д.

Подход к предъявлению фрагментов учебного материала для поддержки сложных технологических операций должен стимулировать интерактивное взаимодействие эксплуатанта с ИЭТР. В зависимости от формы представления технического средства должна имитироваться соответствующая реакция данного средства на управляющие воздействия. Например, нажатие на кнопку панели управления определенного средства обеспечивает переход к графическому фрагменту, демонстрирующему реакцию средства на это воздействие; указание узла схемы, отвечающего за режим работы, вызывает выделение цветом участка демонстрационной схемы, подсветку транспарантов на панели, появление соответствующих индикаторных процессов на экране дисплея, и т.п.

В. Контрольный опрос проводится с целью проверки знаний по определенной теме (разделу программы технического или аэродромного обслуживания).

Контролирующая единица электронного контента ИЭТР, как правило, должна состоять из двух частей: контролирующей и справочной. Контролирующие кадры, включающие в себя вопросы и необходимую графику (схемы, рисунки, анимационные эпизоды), а также области для ввода ответов, - предъявляются эксплуатанту в последовательности и объеме, определенном сценаристом. Немедленная реакция программы на правильность данного ответа на текущий (очередной) вопрос обычно не предусматривается. По завершении работы с контролирующей частью ИЭТР контролируемому эксплуатанту выставляется оценка. Логистический характер такого электронного контента ИЭТР обуславливается предусмотренной сценаристом возможностью для эксплуатанта выполнить «работу над ошибками», т.е. не только узнать

правильные ответы на вопросы, но и получить необходимые комментарии к данному материалу. При этом эксплуатанту повторно предъявляется контролирующий кадр, а также правильный ответ с необходимыми комментариями и пояснениями.

Г. Поддержка самостоятельной подготовки эксплуатанта является формой личной подготовки и проводится с целью углубить знания, полученные в процессе знакомства с техническими описаниями или электронными инструкциями ИЭТР. Самостоятельная подготовка может проводиться под руководством или без участия руководителя. На самостоятельную подготовку может выноситься демонстрационный материал, использованный в технических описаниях или электронных инструкциях ИЭТР; материал информационно-справочного характера из специально организованной базы данных, а также специально разработанные компьютерные программы. При этом специализированная компьютерная программа, предназначенная для самостоятельной подготовки эксплуатантов авиационной техники, должна состоять из двух частей: контролирующей и информационной:

1. Контролирующая часть включает в себя входной, текущий и выходной контроль. Входной контроль имеет целью проверить готовность к работе с ИЭТР, текущий и выходной контроль – степень усвоения материала текущего раздела и электронного контента в целом. Как правило, тематика входного контроля должна быть направлена на выявление знаний в области основ изучаемого предмета авиатехники, а вопросы текущего и выходного контроля должны логически вытекать из пройденного согласно электронного контента материала ИЭТР. Контроль должен осуществляться путем сравнения ответов эксплуатанта с эталонами ответов на задаваемые ему в процессе работы вопросы. На этапе разработки сценария должен быть определен алгоритм оценки результатов контроля и способ учета оценок.

2. Информационная часть должна включать в себя набор кадров, объединенных единой темой и логикой изложения. Последовательное предъявление кадров может быть организовано по линейной схеме или схеме

ветвящегося алгоритма. В узлах алгоритмической схемы организуются условные (по определенному, заданному условию) или безусловные переходы.

2.2.4.3. Требования к построению сценарного плана

Основным логическим разделом сценария является «Сценарный план». Сценарный план разрабатывается на базе ЛСПК соответствующих ТС. Он должен содержать подробное описание функциональных фрагментов электронного ресурса ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники – кадров, а также их взаимосвязей. Кадр - логически законченный фрагмент электронного контента, представляющий собой совокупность данных, предназначенных для вывода на средства отображения, а также собственно экранное изображение, сформированное на основе этих данных. Включает в общем случае данные по таким составляющим, как фон, графика, текст, служебные поля, изображения органов управления работой ИЭТР и связанные с ними процедуры, реализующие регламент предъявления данных. Является базовым функциональным элементом электронного контента всех видов [21].

Сценарный план стандартизирует в рамках одного распределения экранного пространства типового АРМ эксплуатанта для данного вида электронного контента ИЭТР. Распределение экранного пространства АРМ должно быть предусмотрено в сценарном плане ИЭТР. В контролирующих кадрах на видеомонитор АРМ может выводиться справочная информация по запросу эксплуатанта, а также необходимые для расчетов графики, номограммы, электронные таблицы или калькулятор; в информационной части некоторая часть экранного пространства может использоваться для демонстрации фрагментов представляемого материала в увеличенном или уменьшенном масштабе.

Сценарным планом в общем случае должно быть предусмотрено наличие в структуре ИЭТР следующих составных частей:

- а) вводная часть;
- б) глоссарий;

в) основная часть:

- представление предметного материала;
- дополнительный материал;
- представление предметного материала (продолжение);
- и т.д.;

г) выходной контроль точности выполнения поддерживаемой операции;

д) заключительная часть.

Во вводной части как правило определяются:

- форма представления (графическое изображение, звуковое сопровождение, эффекты, которые рекомендуется использовать при отображении информации) для титульной части (начала выполнения) ИЭТР;
- цели и задачи, возлагаемые на данную единицу электронного контента;
- источники информации по теме;
- особенности данного ИЭТР (при необходимости).

При необходимости может осуществляться входной контроль готовности эксплуатанта. Входной контроль должен устанавливать степень готовности эксплуатанта к восприятию электронного контента ИЭТР. Он, как правило, не предполагает выставление оценки, а служит для определения готовности эксплуатанта к работе с электронным контентом ИЭТР. Сценаристу следует определить критерий допуска к работе. Можно предусмотреть выдачу сообщения о правильности ответа или привести правильный ответ, пояснение, подсказку и другие формы помощи эксплуатанту. При разработке контрольных вопросов сценаристу следует иметь в виду, что:

а) для контроля могут использоваться вопросы, требующие от эксплуатанта ответов в форме:

- утверждения или отрицания («Да» или «Нет»);
- выбора одного или нескольких ответов из предложенного списка (перечня);
- расстановки некоторого числа из указанных графических элементов в определенной последовательности;

- числа или сложного высказывания, вводимого с клавиатуры;
- выполнения определенных действий на моделях (макетах) систем (пультов);

б) в список предлагаемых для выбора ответов кроме правильных могут быть включены ответы следующих типов:

- альтернативно-правильные;
- неполные;
- неправильные, предполагаемые (типичные ошибки);
- неправильные, непредполагаемые.

Также в рамках сценарного плана и в сценарных материалах сценарист должен:

а) описать варианты реакции ИЭТР на все возможные (правильные и неправильные) ответы эксплуатантов;

б) определить необходимость и порядок выдачи пояснений, подсказок и справочных данных, а также их содержание;

в) указать:

- количество допустимых попыток ответа на каждый вопрос (все вопросы);

- время, отводимое для ответа на каждый вопрос (все вопросы);

- на необходимость (отсутствие необходимости) учета фактического времени ответа на заданный вопрос;

г) описать критерии оценки уровня знаний по результатам ответов на все вопросы.

В отдельных случаях в ИЭТР может предусматриваться т.н. текущий контроль подготовленности эксплуатанта. Текущий контроль подготовленности эксплуатанта должен предусматривать контрольный вопрос или серию контрольных вопросов, задаваемых после предъявления ему определенного количества материалов ИЭТР. При этом оценка по результатам контроля не доводится, но по решению сценариста может служить критерием допуска к работе с очередным разделом или учитываться в общей оценке подготовленности эксплуатанта. Следует лишь предусмотреть выдачу

сообщения о правильности ответа или привести правильный ответ, пояснение, подсказку и другие формы помощи. При правильных и альтернативно-правильных ответах на вопросы текущего контроля должна быть предусмотрена возможность переходить к изучению последующего материала ИЭТР. Для неправильных ответов может быть предусмотрена выдача указаний по повторному выполнению или освоению ранее пройденного контента.

Выходной контроль точности выполнения поддерживаемой операции, как правило, не предусматривает реплик программы на ответы эксплуатанта. По результатам выходного контроля точности выполнения поддерживаемой операции учитываются итоговые параметры работы обслуженной техники и выставляется интегральная оценка действий эксплуатанта, которая должна быть учтена в базе данных результатов технического (аэродромного) обслуживания. По решению сценариста в расчет итоговой интегральной оценки могут быть включены и результаты текущего контроля.

Контрольные вопросы не должны выходить за рамки тематики ИЭТР (для текущего и выходного контроля). Вопросы должны быть понятны эксплуатанту, их формулировки не должны допускать двоякого толкования или развернутых пространственных объяснений. Для контроля могут использоваться вопросы в форме, требующей от эксплуатанта:

- утверждения или отрицания, то есть типа «Да» или «Нет»;
- сложного высказывания;
- завершения высказывания (предложения);
- выбора полного и правильного ответа из серии предложенных;
- вычисления;
- задания расстановки указанных элементов в правильной последовательности.

Предполагаемые ответы должны быть по возможности краткими, и также не допускать двоякого толкования. Формулировка правильного ответа должна строго соответствовать источнику (руководящему документу, техническому

описанию, справочнику и пр.), а источник информации, в свою очередь, должен быть указан в перечне литературы, использованной в содержательной части.

Сценаристом должны быть предусмотрены такие ситуации, как:

- неправильный выбор регистра клавиатуры (русский/латинский; строчные/прописные);
- грамматические ошибки, сокращения и использование аббревиатур;
- необходимость нажатия клавиши «Ввод» по завершении набора ответа;
- перестановка слов и предложений в сложных ответах.

В сценарных материалах должны предусматриваться возможные варианты ответов, реплики на правильные и неправильные ответы, реакции на запросы о помощи, консультациях, справках.

Также для всех контрольных вопросов должны быть указаны:

- количество допустимых попыток ответа на каждый конкретный вопрос;
- время, отводимое для ответа на каждый вопрос (все вопросы);
- реакция на все возможные варианты ответов;
- критерии оценки правильности ответов.

При разработке контролирующих кадров автор может использовать свою собственную либо встроенную в средства исполнения ИЭТР систему автоматической оценки знаний, навыков и умений эксплуатантов. Применяемый алгоритм оценки обязательно должен быть описан в сценарии.

При формировании кадров основной, предметной части электронного контента ИЭТР сценарист-автор может применять следующие виды предъявляемой информации: алфавитно-цифровой текст, формулы, таблицы, графики, различного рода схемы, графические изображения, иллюстрирующие изучаемые процессы и явления, статические и динамические изображения индикаторных устройств, пультов и панелей управления, трехмерную динамическую графику, а также аудиоинформацию: речь, звуки, музыку.

Предъявление материала ИЭТР при проведении мероприятий технического и аэродромного обслуживания должно характеризоваться:

- большим количеством графических иллюстраций;

- использованием динамической компьютерной графики;
- необходимым разъяснением физики протекающих процессов, направленным на подготовку эксплуатантов к эффективным действиям в нестандартных ситуациях и в ситуациях, вообще не рассмотренных или недостаточно детально освещенных в руководящих или эксплуатационных документах.

При разработке сценариев следует стремиться к широкому применению в электронном контенте возможностей по предъявлению информации, предоставляемых используемой инструментальной системой разработки ИЭТР.

При разработке заключительной части ИЭТР в сценарном плане должна быть проработана возможность предъявления эксплуатанту информации по следующей типовой структуре:

- подведение логических итогов за сеанс работы;
- оценка точности выполнения и завершенности поддерживаемой операции;
- рекомендации по дальнейшей подготовке эксплуатанта.

Материал раздела «Сценарный план» должен представлять собой последовательное подробное описание всех кадров (фрагментов) в отдельности и регламент (правила, порядок, условия) перехода от одного кадра к другому.

2.2.4.4. Требования к описанию кадров

При описании каждого кадра (фрагмента) должны быть указаны следующие элементы:

- номер кадра;
- графическое, текстовое и звуковое содержание кадра (учебный материал, вопросы, предлагаемые варианты ответов, методические указания и т.п.);
- процедура предъявления информации;
- описание требуемых динамических эффектов;
- применение звуковых эффектов и цвета;

- указания по действиям эксплуатанта при работе с данным кадром и реакции программной среды на эти действия;

- номер следующего исполняемого кадра или кадров с описанием условий перехода для каждого из них [84].

Для контрольных кадров, кроме того, должен указываться состав фиксируемых показателей и процедура их статистической обработки, а также логика выбора следующего исполняемого фрагмента в зависимости от полученных значений показателей.

Графическая часть кадра должна быть представлена в виде рисунков, схем, диаграмм, графиков и графических иллюстраций, изображений индикаторных устройств (пультов и панелей управления) с указанием цветовых и композиционных (относительные размеры, расположение) решений в пределах поля экрана видеомонитора АРМ.

Для текстовых данных помимо содержания следует указывать рекомендуемое расположение в пределах экрана видеомонитора АРМ, а также фрагменты текста, подлежащие выделению другим шрифтом, цветом символов или фона.

Описание процедуры предъявления данных кадра должно включать сведения об очередности, способах вывода элементов кадра на экран (наложением, выдвиганием, проявлением, замещением и т.п.), длительности экспозиции, условиях смены или «оживления» изображений и фрагментов.

При описании кадров (фрагментов) с динамической компьютерной графикой необходимо по возможности полнее представлять графические образы (чертежи) объектов, математические модели (алгоритмы) процессов, порядок предъявления динамической информации.

Звуковое (музыкальное) сопровождение показа информации кадра может задаваться соответствующим звуковым файлом, нотной записью либо характеристиками частоты и длительности сигнала, с указанием условий начала и окончания (прекращения) или длительности звучания.

Для обеспечения речевого сопровождения в сценарных материалах необходимо приводить фразы (тексты), подлежащие озвучиванию.

При необходимости использования для акцентирования внимания цветовых эффектов, следует предоставлять описание процедуры смены цветов.

Для каждого кадра должен быть определен перечень команд управления работой ИЭТР, доступных в нем эксплуатанту.

Для диалоговых (контрольных) кадров и кадров, обеспечивающих переход по нескольким адресам должны дополнительно указываться условия и адреса переходов, а также средства управления для реализации этих переходов.

При выборе автором гипертекстового способа доступа к консультативно-справочной информации в сценарных материалах, помимо представления текстовой и графической частей этой информации, необходимо описать и ее структуру.

При описании информационных кадров (фрагментов) следует придерживаться типовой схемы, включающей следующие элементы:

- *СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ*. Включает описание текстовой, речевой и графической информации, предъявляемой в кадре. При необходимости может включать ссылки на рисунки, схемы, фотографии, графики, фрагменты текста, фрагменты речевого сопровождения, размещенные в приложении к сценарию;

- *ЦВЕТОВОЕ РЕШЕНИЕ*. Определяет требования или рекомендации автора сценарных материалов по цветовым решениям, применяемым ко всему фрагменту или его отдельным элементам;

- *ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ* (анимации). Представляет мини-сценарий отдельного динамического элемента внутри фрагмента, содержащий описание (алгоритм) изменения изображений за время экспонирования динамического элемента. При необходимости может содержать описания изменений цветовых решений, изменений звукового сопровождения, а также математических моделей, используемых для управления этими изменениями;

- *ТОПОЛОГИЯ*. Включает описание размеров и взаимного расположения на экране монитора отдельных графических, текстовых и динамических (анимационных) элементов фрагмента;

- *ЗВУКОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ*. Включает описание речевых данных, музыки, звуков и шумов, используемых при демонстрации фрагмента;

- *ОПИСАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ ФРАГМЕНТА*. Включает описание последовательности, синхронности и способов предъявления, а также времени и условий экспонирования отдельных графических, текстовых, звуковых и динамических (анимационных) элементов;

- *ПЕРЕЧЕНЬ РАЗРЕШЕННЫХ (ЗАПРЕЩЕННЫХ) КОМАНД И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ*. Указывается при необходимости;

- *ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДОВ*. Определяются адреса и условия переходов к следующим фрагментам;

- *ПРОЧАЯ ИНФОРМАЦИЯ*. Дополнительные данные, необходимые для уточнения деталей фрагмента сценария.

В описания контрольных кадров следует дополнительно включать следующие структурные элементы:

а) *ВОПРОСЫ*. Содержит тексты вопросов или указания по их трактовке (узко специальному пониманию).

б) *ВАРИАНТЫ ОТВЕТА*. Включает содержание всех допустимых вариантов ответов с обязательным указанием правильного ответа. Во избежание неоднозначности ответов рекомендуется использовать односложные или числовые ответы, либо формировать меню разрешенных ответов.

в) *РЕПЛИКИ*. Рекомендуется иметь стандартный для всего ИЭТР набор реплик (например, «Обратить внимание», «Работа с опасным напряжением 380V, опасно для жизни» и т.п.). При необходимости автор может указать для каждого конкретного фрагмента специальные реплики.

г) *УСЛОВИЯ КОНТРОЛЯ*. Содержит описание условий проведения контроля, определяющих:

- терминологический базис ответов;

- порядок ответа на задаваемые вопросы;
- количество возможных попыток ответа на каждый вопрос;
- веса всех допустимых ответов на вопросы;
- величину снижения веса ответа при повторных попытках ответов;
- допустимое время ответов на каждый вопрос и все вопросы фрагмента;
- условия досрочного прекращения выполнения контроля;
- порядок предъявления реплик;
- пороговые значения для определения оценки эксплуатанту;
- правила и порядок расчета итоговой оценки.

д) *УСЛОВИЯ И АДРЕСА ПЕРЕХОДОВ*. Содержит адреса следующих кадров (фрагментов) и описание условий перехода к ним.

е) *СОСТАВ РЕГИСТРИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ*. Содержит перечень регистрируемой в итоговом протоколе информации из данного контрольного фрагмента [84].

При разработке сценарных материалов следует ориентироваться на описанные далее возможности по управлению предъявлением информации и по предъявлению информации на средства отображения, предоставляемые используемой инструментальной системой разработки ИЭТР.

В качестве приложений к сценарию могут служить:

- перечень литературы, материалов и документов (руководящих документов, технических описаний, других интерактивных электронных технических руководств, справочников и др.), использованных при составлении сценария.

- документы (выписки из документов), содержащие дополнительную информацию, необходимую для проведения мероприятия эксплуатации авиационной техники с помощью данного ИЭТР;

- другие необходимые данные (графические, звуковые, видео), а также компьютерные модели.

2.2.4.5. Общие требования к изложению текста

Для обеспечения ясности изложения информации, при разработке текстовой части кадров ИЭТР сценаристам необходимо соблюдать следующие принципы:

а) описательный текст следует давать в логической последовательности выполнения работы;

б) описательный текст должен быть выдержан в единой терминологии, едином стиле и формате;

в) при описании работы устройств, имеющих обозначения на их собственных панелях управления, их следует называть только по именам, указанным на панелях;

г) для сокращения объема предъявляемого текста необходимо:

- не применять междометия;
- начинать предложения с переходных глаголов;
- применять по мере возможности повелительное наклонение;
- если нужно указать условие, предложение должно начинаться со слова «когда», например, «Когда напряжение питания стабилизируется ...» и т.д.;

- не использовать без необходимости сложноподчиненные и сложносочиненные предложения;

д) длинные параграфы или предложения разбивать на части;

е) не допускать, чтобы средняя длина предложения превышала 20 слов;

ж) следить, чтобы абзац по длине в среднем не превышал шесть предложений;

и) обеспечить, чтобы каждый абзац, по возможности, имел заглавное или основное предложение, весь материал в абзаце был по этой теме;

к) строить, за исключением особых обстоятельств, объяснение операций с максимальным использованием графических и мультимедийных возможностей [21,84].

В текстовой части кадров при изложении указаний о проведении работ, содержащихся в эксплуатационной документации на обслуживаемые

устройства (средства, комплексы, системы и др.), применять глаголы в повелительном наклонении, например, «Открыть люк...», «Нажать кнопку...» и т.п. Описание порядка выполнения каких-либо операций или работ должно даваться в логической последовательности их выполнения.

Перечень работ допускается оформлять в виде таблицы.

Информация, представленная в текстовом и табличном виде, должна быть выдержана в едином стиле, быть краткой, четкой, исключающей возможность неоднозначного толкования. В элементах данного типа допускается организация гиперссылок.

Большая часть текста должна быть написана строчными буквами, за исключением прописных букв в предложении и особых аббревиатур, акронимов или выражений.

Предупреждения об опасности и важные фрагменты текста необходимо писать прописными буквами и (или) выделять цветом.

Терминология, применяемая в тексте, должна соответствовать стандартам. При необходимости употребления других терминов, должно быть приведено их точное определение, которое при дальнейшем их повторении не должно претерпевать каких-либо изменений.

Если информация относится только к изделиям определенных серий или заводских номеров, то перед изложением этой информации после слова «ВНИМАНИЕ» следует приводить указание о распространении ее на соответствующие номера изделий (серии).

Особое внимание должно быть обращено на изложение требований к соблюдению мер безопасности при эксплуатации и ремонте изделий. Текст с предупреждениями и требованиями мер предосторожности должен всегда выделяться и со всей очевидностью показывать пользователю, что речь идет о предостережении или предупреждении. Рекомендуется использовать соответствующий графический символ или другой четко заметный знак.

Предупреждающие слова и следующий за ними текст с предостережением следует печатать прописными буквами. Допускается

предупреждающие слова и текст с предостережением выделять цветом, а также совместно с предупреждающими словами использовать пиктограммы.

Наименования команд, режимов, сигналов и т.п. в тексте следует выделять кавычками.

2.2.4.6. Требования к представлению численных значений и единиц величин

В сценарии, как и в текстовых массивах электронного контента ИЭТР, численные значения и единицы величин должны представляться в соответствии с требованиями ГОСТ 8.417–2002 и ГОСТ 2.105–95.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений величины, выраженных в одних и тех же единицах величины, то обозначение единицы величины должно быть указано после последнего числового значения диапазона.

Значение величины и ее допуск должны быть выражены в одних единицах величин, но наименование единицы величины следует помещать только после допуска. Предпочтительнее математическое представление записи.

Как правило, числа от одного до девяти должны в тексте выражаться словами, за исключением тех случаев, когда они являются результатами измерений, или используются в качестве ссылок. Числа от 10 и более должны выражаться арабскими цифрами, за исключением тех случаев, когда может возникнуть неопределенность. При этом следует избегать использования простых дробей, применяя десятичную запись или слова, за исключением тех случаев, когда индикаторы или контроллеры размечены в простых дробях. Дроби в тексте должны быть представлены с использованием косой черты и пробела между целой частью и дробной частью, например, 1 1/2. Разделителем в десятичных дробях должна являться запятая. Числа меньше единицы всегда должны иметь ноль перед запятой. Очень маленькие или очень большие числа, которые имеют малое количество значащих цифр, могут быть представлены как произведения числа 10 в некоторой степени.

2.2.4.7. Требования к разработке графических и мультимедийных изображений

При разработке графических и мультимедийных изображений следует руководствоваться следующими правилами:

- изображения должны разрабатываться с учетом общих требований к качеству и степени детальности графических изображений;

- графическая информация (чертежи, иллюстрации) должна строиться по иерархическому принципу и состоять из логически связанных групп графических примитивов, совокупность которых образует графическое изображение;

- графические изображения, предназначенные для интерактивной работы, должны позволять пользователю манипулировать изображением для выбора отдельных элементов с целью детального просмотра;

- графические изображения должны содержать только то оборудование или деталь, к которому относится описываемое действие, а также некоторые элементы окружающей обстановки, которые должны помочь пользователю понять расположение искомой детали;

- графическое изображение следует выполнять под тем же углом зрения, под которым пользователь видит оборудование во время работы, или при выполнении конкретной операции. Если эксплуатант может смотреть на оборудование с нескольких позиций, следует выбрать угол, дающий наиболее полное представление о необходимой информации;

- графические изображения для указания местоположения интересующих эксплуатанта-пользователя деталей оборудования, на которые делается ссылка в технической информации, должны показывать, как выглядит конкретный предмет, а также его непосредственное окружение;

- разрезы следует использовать только в тех случаях, когда без них невозможно показать точное место установки детали без разборки узла;

- выноски с экспликацией должны применяться для того, чтобы подчеркнуть на изображении особо важные места. Выноска содержит заголовок

со стрелкой, идущей от обозначения детали к элементу оборудования на изображении [21,84].

Иллюстрации могут быть как простыми, так и интерактивными, с использованием средств взаимодействия с пользователем, таких как: реакция на выбор изображений, вывод диалоговых окон, выделение цветом и т.п. Внутри иллюстрации допускается организация ссылок на уровне отдельных графических примитивов или всей иллюстрации в целом.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для правильного понимания текста. Следует избегать дублирования иллюстраций или использования иллюстраций, не связанных с текстом и не имеющих прямого отношения к тексту электронного контента ИЭТР.

Иллюстрации должны быть достаточно наглядными и простыми и включать только необходимую информацию, непосредственно относящуюся к данной теме электронного контента. Следует избегать включения в иллюстрации несущественных деталей, таких как невидимые полости или детали, обозначаемые пунктирными линиями, лишние элементы, которые не поясняются в тексте.

Если в одной сборке (одном узле) используются несколько одинаковых деталей, то на иллюстрации может показываться только одна деталь.

В случае необходимости на иллюстрации можно указать номер чертежа, на основе которого выполнена данная иллюстрация, и организовать гиперссылку на данный чертеж (при условии его наличия в составе фрагментов электронной документации, включаемых в ИЭТР).

Для всех иллюстраций необходимо соблюдать единообразие графического исполнения и оформления, принятых условных обозначений, размерных и выносных линий и т.д.

Для обеспечения лучшего понимания принципов функционирования описываемых средств эксплуатантом необходимо чаще использовать интерактивные схемы, видеоматериалы процессов технического обслуживания и ремонта, а также трехмерные модели.

В качестве иллюстраций следует использовать следующие типы изображений:

- аксонометрические изображения. Наиболее наглядный трехмерный вид представления деталей, агрегатов, узлов;

- перспективные изображения. Обычно используют только для очень больших агрегатов. Перспективные изображения также допускается использовать для схем размещения;

- ортогональные изображения. Используют в случае, если этот тип иллюстрации дает наглядное представление. В тех случаях, когда детали или порядок разборки могут быть однозначно идентифицированы с помощью вида сверху, такое представление также может быть использовано в качестве иллюстрации. Эта форма рекомендуется для монтажных и электрических схем и т.д.;

- диаграммы/схемы. Эти типы представления используют для пояснения работы систем (например, гидравлической) или схем (например, электрической и т. д.);

- графики;

- чертежи.

Во всех иллюстрациях следует соблюдать единообразие графического исполнения, оформления и принятых условных обозначений.

При выполнении иллюстраций соблюдают следующие общие правила:

- количество иллюстраций должно быть достаточным для правильного понимания текста;

- иллюстрации должны быть представлены в виде и масштабе, наиболее благоприятном для восприятия, а, в случае необходимости, для наглядности должны быть использованы схема размещения и/или указатели направления;

- иллюстрации должны быть достаточно наглядными и простыми и иметь только необходимую информацию, непосредственно относящуюся к тексту. Следует избегать дублирования иллюстраций;

- следует избегать включения в иллюстрации несущественных деталей.

Точные представления подробностей могут быть опущены;

- расстояние между двумя линиями должно быть не меньше суммарной толщины этих линий.

В пространственных схемах различных систем и плоских блок-схемах для большей ясности, и наглядности все входящие в них приборы, аппараты и механизмы следует, по возможности, изображать в виде натуральных изображений.

Графики следует выполнять с использованием координатной сетки, соответствующей масштабности шкал (равномерных или логарифмических). Графики, показывающие принципиальную картину изменения одной величины при изменении другой, допускается выполнять без координатной сетки. Оси координат показывают сплошными линиями без стрелок на конце. Стрелки на концах координатных линий наносят на графиках, показывающих характер функционального изменения величины и обычно не имеющих координатной сетки и масштабных делений на координатных осях. Толщина линий координатной сетки должна быть вдвое меньше толщины координатных осей, а толщина линий кривых в два раза толще линий координатных осей.

Схему размещения, как правило, располагают в левом верхнем углу иллюстрации. Схема размещения показывает расположение изучаемой сборочной единицы относительно изделия в целом или его составной части и является наиболее предпочтительным видом для иллюстрации. Объект, на который обращается внимание на схеме размещения, должен быть выделен контуром, затемнением или цветом. Схемы размещения не следует использовать в случаях, когда расположение иллюстрируемого изделия или его составной части совершенно ясно. Ссылочные иллюстрации сборочных единиц или их составных частей, которые не входят в изображаемую сборочную единицу, но которые показывают ее взаимосвязи, должны быть изображены тонкими линиями без номеров элементов и контуров. По возможности, ссылочные иллюстрации не должны детализироваться. Если в одной сборочной

единице используются несколько одинаковых деталей, то на иллюстрации, как правило, показывают только одну деталь.

Все элементы иллюстрации, которые требуют идентификации, обозначают текстом, символьными и (или) цифровыми обозначениями. Если идентификация элементов осуществляется символьными (или цифровыми) обозначениями, то их следует пояснить на иллюстрации или в соответствующем тексте к этой иллюстрации.

Одинаковые детали обозначаются одним и тем же номером. Если требуется указать количество одинаковых деталей (например, крепеж), используется знак «х», после которого указывается количество применяемых однотипных деталей.

Выносные линии должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть минимальной длины;
- быть прямыми, без изломов, (при необходимости допускается выполнять выносную линию с полкой);
- заканчиваться перед номером позиции;
- внутри детали заканчиваться точкой на конце;
- иметь стрелку на конце только в исключительных случаях для внесения ясности (например, в графиках);
- не быть параллельными линиям штриховки, если они проходят по штрихованному полю;
- не пересекаться между собой и с другими линиями иллюстрации;
- места, где выносная линия проходит по штрихованному полю, фотографии, другой линии рисунка, должны быть выполнены на фоне белого цвета;
- толщина участка фона с обеих сторон выносной линии должна быть не меньше толщины выносной линии;
- от одного номера элемента могут быть направлены несколько выносных линий.

Осевые и проекционные линии следует использовать в иллюстрациях для указания порядка сборки деталей и составных частей. Линия проекции должна проходить хотя бы через одно отверстие или характерную точку детали. Осевые и проекционные линии не должны пересекаться с другими линиями иллюстрации. Осевая линия должна представлять воображаемую линию, проходящую через центр элемента/сборочной единицы.

Если должны быть показаны укрупненные виды, детали и сечения, их располагают на иллюстрации в алфавитном порядке. Для указания скрытых элементов, не видимых на основных видах, используются ломаные линии.

Если электрические или электронные компоненты требуют идентификации с помощью специальных обозначений, эти обозначения должны быть или включены в подрисуночные надписи и/или в соответствующий текст. Для иллюстраций, выполненных в ортогональных проекциях (например, печатная плата), допускается использовать номера элементов, расположенные внутри границ компонента или соединенные с компонентом выносными линиями.

Для симметричных элементов показываются только детали, расположенные слева, сверху и спереди. Номер элемента, который не виден на рисунке, помещается в скобках над или под номером изображенного элемента, а выносная линия должна быть направлена к номеру изображенного элемента.

Исключения из этого правила допускаются в случае, когда симметричные детали отличаются друг от друга или, когда для оценки необходимо изобразить другую деталь. В иллюстрацию могут быть включены соответствующие ссылки на отдельные детали симметричного элемента.

При использовании фотографий должны применяться следующие правила:

- перед применением фотография должна быть обработана в редакторах для улучшения качества изображения;
- с фотографии должен быть удален фон, окружающий выбранное для показа изделие или элемент изделия;

- при необходимости показать элемент изделия на фоне изделия (например, элемент на панели) возможно применение затемнения/осветления фона;

- текст, аннотации на фотографиях должны минимально затрагивать область изображения изделия;

- если текст должен находиться в области изображения, тогда он должен быть размещен в белом прямоугольнике;

- разрешение фотографий, как правило, должно быть не менее 300 dpi.

В целом, рисунки, чертежи и фотографии составных частей изделий и сборок, которые не могут быть разобраны, должны быть проиллюстрированы с использованием различной толщины линий и определенных цветов.

При иллюстрации органов управления, панелей управления, необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- должны быть проиллюстрированы все имеющиеся контрольные приборы и органы управления;

- при иллюстрации нескольких контрольных приборов или органов управления главный вид изделия должен размещаться в центре;

- цветовая гамма панелей управления и органов управления должны соответствовать реальному образцу. При этом, расцветка составных частей изделия, связей, цепей, линий и т.п. должна соответствовать расцветке, принятой в действующих стандартах (Таблица 2.2.2.) [84].

Таблица 2.2.2. - Стандартная палитра цветов, применяемая в ИЭТР

Наименование цвета	Описание применения	Значение кода RGB
Красный	Критические ошибки, важная информация, опасные зоны.	R255
Желтый	Предупреждения и возможно опасные зоны	R255 G255
Синий	Выноски, специальные символы, трубопроводы с жидкостью	B255
Зеленый	Безопасные зоны	G255
Оранжевый	Предупреждение и возможно опасные зоны (не использовать совместно с желтым)	R255 G102
Голубой	Скрытые линии	G255 B255
Фиолетовый	Выделенные элементы изделия	R255 B255

При отсутствии специальных указаний расцветка составных частей изделия, связей, цепей, линий и т.п. должна по возможности соответствовать их цвету в изделии. Для раскрашенных составных частей изделия, функциональных связей на схемах (электрических, гидравлических, пневматических и др.) должны быть пояснены условные цветные обозначения элементов. Количество цветов на схеме, как правило, не должно превышать шести, включая черный. При необходимости, допускается увеличивать количество цветов.

2.2.4.8. Требования к предъявлению информации и управлению предъявлением

При разработке сценариев необходимо учитывать возможности по выдаче информации на экран устройства отображения АРМ в процессе работы с ИЭТР, а также способы и приемы управления выдачей информации, поддерживаемые, предоставляемые инструментальной системой разработки.

Возможности по предъявлению информации определяют общие для всех компонентов электронного контента ИЭТР характеристики, ориентированные на их автоматизированную обработку средствами исполнения. Для разных видов реализации электронного контента они будут различными, однако в самом общем виде они, как правило, включают:

- время сеанса – параметр предназначен для ограничения времени исполнения ИЭТР. Если при исполнении значение интервала времени от начала исполнения до текущего момента времени превышает значение данного параметра, то исполнительная система прекращает исполнение ИЭТР. Если значение параметра не задано, то время сеанса считается неограниченным;

- пароль на исполнение – параметр предназначен для защиты ИЭТР от несанкционированного доступа на стадии исполнения;

- пароль на редактирование – параметр предназначен для защиты электронного контента от несанкционированной ее корректировки;

- размер окна – размер окна видеомонитора, выделяемого для исполнения ИЭТР. Можно выбрать один из стандартных размеров или непосредственно

задать нужный размер с учетом характеристик используемых в изделии технических средств;

- расположение окна – положение окна исполнения ИЭТР на экране видеомонитора компьютера (Как правило, координаты точки левого верхнего угла);

- алгоритм расчета оценки – может использоваться стандартный или авторский алгоритм определения интегральной оценки для подсистемы автоматизированного контроля [84].

Стандартный алгоритм расчета интегральной оценки основывается на вычислении отношения суммы баллов, начисленных эксплуатанту за его ответы на предъявленные зачетные вопросы ИЭТР, к максимальному числу баллов, которые он мог бы набрать в случае дачи правильных ответов на все такие вопросы, и сравнении полученного отношения с пороговыми значениями, установленными для каждого из баллов принятой системы оценки. Считается, что набранное количество баллов удовлетворяет оценке, если оно не меньше соответствующего данной оценке порогового значения.

Авторский алгоритм расчета итоговой интегральной оценки определяется автором сценария ИЭТР. При этом должны быть удовлетворены:

- требование регистрации в начале сеанса работы с ИЭТР, выражаемое значением бинарного признака;

- требование вывода на экране устройства отображения статистической информации с результатами по контролю результатов при завершении исполнения ИЭТР;

- требование сохранения протокола сеанса исполнения ИЭТР в регистрационном файле.

Каждый кадр электронного контента, в свою очередь, характеризуется набором параметров (свойств), определяющих последовательность исполнения элементов кадра, а также правила содержательного, логического и временного взаимодействия этих элементов, как между собой, так и с эксплуатантом-пользователем в процессе экспонирования кадра. Кроме того, описание

каждого кадра должно включать в себя в общем случае следующие атрибуты и элементы:

- номер кадра, используемый для его адресации в сценарии;
- наименование (имя) кадра, обеспечивающее наглядность представления (читаемость) сценария;
- тип перехода к следующему кадру (переход) – правило выбора номера следующего кадра при исполнении ИЭТР;
- сложность кадра – величина, учитываемая средствами автоматизированного контроля при использовании стандартного алгоритма расчета оценки достигнутого результата. Выбирается одно из значений: простой, средний, сложный; в общем случае задается целым числом в интервале от 0 до 10.
- статус кадра – признак, учитываемый средствами автоматизированного контроля. Выбирается одно из значений: информационный (если кадр не содержит элементов контроля) или контролирующий (если в кадре предусмотрен контроль знаний). Как правило, инструментальной системой разработки электронного контента и, соответственно, средствами исполнения ИЭТР поддерживаются следующие типы переходов от фрагмента к фрагменту, от кадра к кадру:
 - переход к следующему по порядку возрастания номеров кадров кадру. Этот тип перехода по умолчанию автоматически назначается каждому кадру при его создании;
 - переход на кадр с указанным номером;
 - выход из ИЭТР;
 - возврат на кадр, исполненный перед текущим кадром;
 - переход к кадру, номер которого определяется значением указанной при задании перехода целочисленной переменной (может выбираться по случайному закону). При составлении описаний кадров (фрагментов) электронного контента – сценариев кадров – как по содержанию предъявляемой в них информации, так и в части, касающейся регламента предъявления

информации и управления предъявлением, следует оперировать такими понятиями, как «объект», «событие» и «действие».

Под объектом понимается поименованный элемент кадра, для которого задан его вид (фон, текст, графика, анимационный эпизод, звук, модель, орган управления, процедура автоматической оценки и др.), установлены правила и условия появления, существования во времени и скрытия (удаления), определены события, на наступление которых он должен реагировать, и действия, которые должны выполняться при наступлении тех или иных событий. Объект может находиться в одном из предусмотренных для него состояний, переходить из одного состояния в другое, реагировать на события и взаимодействовать с другими объектами посредством выполнения предопределенных действий.

Объекты могут быть как визуальными, т.е. иметь при исполнении ИЭТР внешнее, экранное представление, так и скрытыми. Для визуальных объектов в сценариях должны быть, помимо всего прочего, определены:

- форма, принимаемая курсором манипулятора типа «мышь» при его попадании в зону объекта;
- вид видеоэффекта при выводе изображения объекта на экран устройства отображения и его удалении с экрана (скрытии).

Событие – это одномоментное существенное изменение свойств, характеристик объекта, фиксируемое при исполнении ИЭТР в форме сообщения или сигнала. События могут происходить как в результате воздействия пользователей на отображаемые на экране АРМ визуальные объекты или органы управления работой ИЭТР предусмотренным способом (с помощью манипулятора типа «мышь», клавиатуры и др.), так и порождаться автоматически средствами исполнения ИЭТР при выполнении определенных условий в соответствии с заданным в сценарии регламентом существования объекта. Примерами событий могут служить: ввод пользователем команды перехода от текущего кадра к следующему, истечение времени экспонирования

определенного визуального элемента кадра, изменение состояния некоторого объекта в соответствии с логикой функционирования модели объекта.

Действие – это процесс, определенная последовательность операций в отношении объекта, выполняемых для достижения некоторой цели. Такой целью может служить изменение состояния объекта, перевод его из одного состояния в другое.

Для вывода изображений визуальных объектов на экран устройства отображения и их удаления с экрана (скрытия) при исполнении ИЭТР составителям сценариев рекомендуется предусматривать выполнение действий типа «видеоэффекты». В общем случае при отображении и скрытии изображений могут применяться все стандартные видеоэффекты основных видов, широко применяемые во всех средах разработки презентаций, специализированных средах разработки электронного контента ИЭТР и пр.

Также, при разработке сценария сценаристу следует учитывать, что современные профессиональные инструментальные средства и среды исполнения ИЭТР предусматривают возможность включения в состав электронного контента внешних программ. Как правило, предусмотрены два режима исполнения таких программ – с ожиданием завершения их исполнения и исполнение в фоновом режиме (одновременно с исполнением следующих по сценарию элементов).

Таким образом, профессиональное, системное, научно-обоснованное проектирование и создание электронного контента отличается от традиционной эмпирической разработки элементов электронных ресурсов для ИЭТР:

- каскадно-последовательной, поэтапной схемой проектирования;
- разработкой сценария реализации электронного контента ИЭТР, включающего сценарный план и детальное описание каждого кадра;
- разработка элементов сценариев в методологическом плане является структурированием предметного материала, используемого при разработке электронного контента ИЭТР;

- разработкой сценариев представления предметного контента в ИЭТР на основании обоснованного метода синтеза ЛСПК и с использованием апробированных наработок, обобщенных в соответствующей базовой последовательности этапов его разработки.

2.2.5. Практические рекомендации по программной реализации и документированию электронного контента в ИЭТР

Программная реализация электронного контента ИЭТР в основном определяется функционалом среды разработки и возможностями по подключению внешних сервисов и программных ресурсов. Наиболее перспективной технологией построения и организации сред разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является технология *Enterprise Application Integration (EAI)*, которая обеспечивает решение всего множества проблем, характерных для современных программно-информационных систем и, прежде всего, ее составная часть — сервис-ориентированная архитектура (*SOA*). Типовая архитектура среды разработки продвинутых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на базе *SOA* представлена на рисунке 2.2.8.

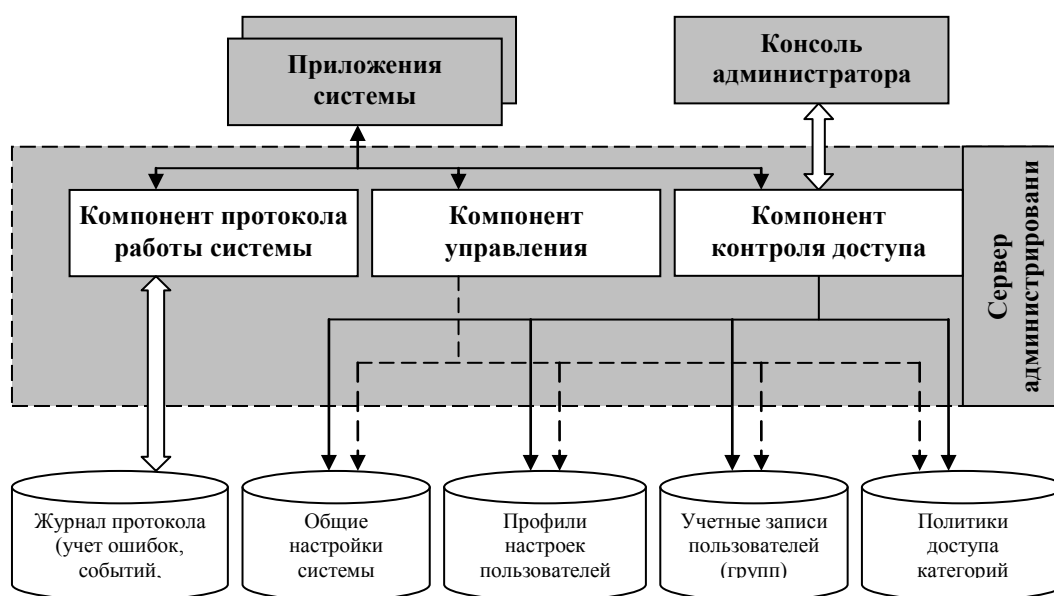


Рисунок 2.2.8 - Типовая архитектура построения среды разработки ИЭТР на базе SOA

Такая конкретизированная архитектура построения среды разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на базе SOA обеспечивает: 1) оптимальное распределение программных ресурсов среды разработки; 2) управление доступом пользователей и компонентов прикладного программного обеспечения; 3) управление настройками и режимами работы программных компонент, встраиваемых в ИЭТР; 4) протоколирование работ по разработке ИЭТР. Все приложения-клиенты записывают информацию о своем состоянии и исключительных ситуациях в процессе работы в единый журнал протокола работы приложений через компонент протокола работы. Доступ к ресурсам осуществляется приложениями через компонент контроля доступа, который по идентификатору пользователя и идентификатору (имени) операции определяет, к какой категории относится пользователь и доступна ли ему для выполнения запрошенная операция. Результат возвращается приложению. Управление режимами и настройками осуществляется через установки значений параметров настройки пользовательских и общих, которые запрашиваются у компонента управления. Системный администратор имеет возможность настройки, управления режимами и просмотра протокола работ через консоль администрирования.

ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники должен иметь программную структуру, обеспечивающую удобный и быстрый поиск и доступ к нужной информации. Для этого содержание ИЭТР следует оформлять в виде списка. Наименования элементов списка (меню) должны соответствовать содержательному наполнению соответствующих разделов (подразделов). В начале каждого раздела следует предусматривать кадр-заставку. Поскольку ИЭТР может разрабатываться в интересах проведения эксплуатационных мероприятий различных организационных форм, оргформа соответствующего мероприятия, для которого разрабатывается ИЭТР, должна указываться согласно сценария в соответствующем кадре-заставке.

При наличии в ИЭТР структурного элемента «итоговый контроль» переход на него должен осуществляться из общего списка содержания. Первым

кадром блока кадров контроля должен являться кадр-заставка, предназначенный для информирования эксплуатанта об особенностях предстоящего контроля, а также обеспечения ему возможности отказа от прохождения контроля. Время работы с ИЭТР, как правило, ограничиваться не должно. Переход к предъявлению следующего фрагмента информации необходимо предусматривать только по инициативе эксплуатанта. Исключение составляют контролирующие кадры, в которых может устанавливаться ограничение времени, отводимого на подготовку и ввод ответа на контрольный вопрос.

В префиксную часть программной реализации ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в обязательном порядке, необходимо включать справочную информацию следующих видов:

- сведения о программе (атрибуты организации-разработчика, информация об использованном программном продукте и список разработчиков ИЭТР);

- описание возможностей по управлению и органов управления работой ИЭТР;

- описание алгоритма организации контроля в данном ИЭТР;

- перечень сокращений (обозначений), используемых в ИЭТР.

Предназначенный для групповых форм проведения работ на авиационной технике электронный контент, должен обеспечивать для руководителя следующие возможности:

- навигацию по фрагментам ИЭТР при дистанционном управлении;

- формирование и выдачу в системную область обмена данными сведений об исполнении ИЭТР на АРМ эксплуатанта.

Экранное представление кадра электронного контента как правило, должно содержать следующие элементы: кнопки оконного меню, область идентификации, кнопки сворачивания, разворачивания и закрытия окна, панель управления (системную), область управления (меню), область управления (панель инструментов), область ввода/вывода (зоны заголовка, графики,

текста), область сообщений. Примеры экранного представления кадров и соответствующего электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники представлены на рисунке 2.2.9.

При этом наименование ИЭТР должно совпадать с предметным наименованием и формой мероприятия технического или аэродромного обслуживания (ремонта), а если в рамках этого мероприятия предусмотрено использование электронного контента нескольких ИЭТР, – то с наименованием, соответствующим ее содержанию. Тема такого мероприятия (наименование ИЭТР) должна отображаться и на первом экране (в кадре-заставке программы). Панель управления (системная) должна быть интегрирована в окно электронного контента.

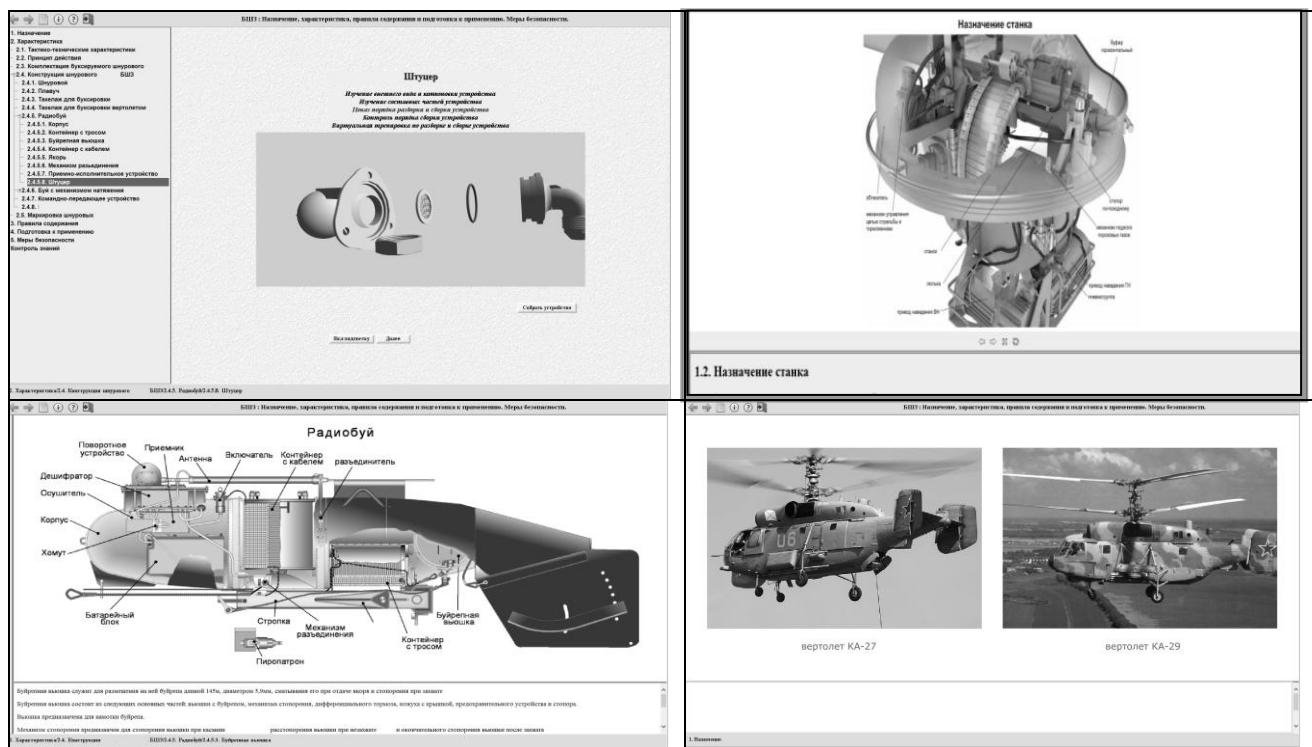


Рисунок 2.2.9 – Примеры экранного представления электронного контента в кадрах ИЭТР

Панель управления можно располагать в одном из определенных для нее в границах окна ИЭТР стандартных положений или выбрать из числа предусмотренных в панели команд набор команд, поддерживаемых в кадре электронного контента [21,84]. В панели меню области управления окна электронного контента, как правило, рекомендуется размещать следующие

меню: «Управление», «Настройка», «Справка» и т.п. Пример рекомендуемого вида панели управления показан на рисунке 2.2.10.

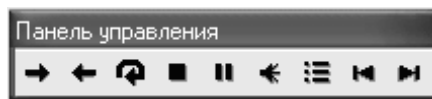


Рисунок 2.2.10 - Пример рекомендуемого вида панели управления в ИЭТР

В панели инструментов области управления размещаются кнопки команд управления предъявлением информации. Размещение кнопок команд в панели инструментов области управления осуществляется в следующем порядке: по последовательности использования, по важности, по предполагаемой частоте использования, в алфавитном порядке и др. Набор из этих кнопок должен обязательно отображаться во всех кадрах ИЭТР. При этом неактивные (недоступные пользователю) в данный момент кнопки должны быть приглушенного цвета, активные кнопки – яркого цвета. Кнопки должны работать без звуковых эффектов.

В ИЭТР, рассчитанных на исполнение на компьютерах с двумя видеомониторами, зона графики, как правило, должна размещаться на правом экране, а зоны текста – на левом. В ИЭТР, ориентированных на исполнение на компьютерах с одним монитором зону графики следует либо накладывать на зону текста, либо зоны графики и текста должны делить экран на правую и левую или верхнюю и нижнюю части. Как правило, графика должна располагаться справа от текста или в верхней части экрана. При этом соотношение размеров зон графики и текста может варьироваться в зависимости от объема и требований к предъявляемой информации [84].

Область сообщений должна иметь зоны для отображения следующих данных:

- наименование раздела (подраздела), которому принадлежит текущий кадр;
- номер текущего кадра;

- индикатор данных, характеризующих состояние процесса исполнения кадра;

- время, оставшееся на ввод ответа (в контролируемых кадрах).

В зоне наименования раздела (подраздела) отображаются номер и наименование раздела, номер и наименование подраздела, если он имеется. Заголовки раздела и подраздела располагаются в одной строке без абзацного отступа и разделяются точкой. Если текст наименования заголовка и подзаголовка не умещаются в одной строчке, первая строка не должна заканчиваться точкой. В кадрах, где с помощью соответствующих команд осуществляется фрагментарный вывод и (или) скрытие информации (текста, рисунка, данных анимации), индикатор исполнения кадра должен отображать состояние или фазу развития этого процесса, а в остальных кадрах на индикаторе должно отображаться конечное состояние процесса.

Рекомендуется использовать следующие приемы и способы выделения фрагментов в кадре:

- а) все текстовые фрагменты в зоне теста оформлять нежирным шрифтом;
- б) смысловые выделения в тексте производить жирным шрифтом, курсивом, размером шрифта (не более 4 размеров одновременно), подчеркиванием или цветом;
- в) фрагменты текста, по смыслу требующие выделения (определения, выводы и т.п.), оформлять с использованием значений параметров форматирования (размещения на экране), отличных от установленных для основного текста.

В интерактивном тексте все выделенные области должны быть активны всегда (не должны блокироваться). При вводе курсора в выделенную активную область на проходе он должен принимать вид руки, а цвет текста не должен меняться. При нажатии курсором на выделенную активную область текста цвет ее должен изменяться, и должно выполняться определенное действие (появляться картинка, происходить анимация, мигание и т.п.). При удалении с экрана информации (картинки, анимации и пр.), вызванной нажатием курсором

на активную область, последняя должна возвращаться к исходному цвету. При нажатии на другую активную область текста ее цвет также должен меняться, а ранее выбранная активная область текста возвращаться к исходному цвету.

Стандартными для управления работой ИЭТР считаются следующие команды [84]:

- показать содержание электронного контента (перечень разделов, подразделов и дополнительной информации);
- перейти к следующему кадру;
- вернуться к предыдущему кадру;
- перейти к следующему информационному фрагменту кадра;
- вернуться к предыдущему информационному фрагменту кадра или удалить с экрана последнюю дополнительно вызванную информацию;
- отметить закладкой текущий кадр;
- вернуться к кадру, отмеченному закладкой;
- удалить закладку;
- включить (выключить) звук;
- включить (выключить) прохождение контроля;
- активировать воспроизведение анимационного (звукового) фрагмента;
- приостановить воспроизведение анимационного (звукового) фрагмента;
- завершить воспроизведение анимационного (звукового) фрагмента;
- вызвать справочную информацию;
- завершить работу ИЭТР;

Если использование стандартных команд не обеспечивает решение требуемых задач управления, допускается разрабатывать и применять путем встраивания других команд. При этом для активирования наиболее важных команд могут на выбор использоваться как строки выпадающих меню, так и командные кнопки, и клавиши клавиатуры. Для активирования стандартных команд следует использовать соответствующие им элементы управления. Посредством таких элементов могут активироваться сколь угодно сложные программные объекты: от «всплывающих» фотографических изображений

технических образцов до сложных расчетных функций, геоинформационных приложений и пр.

Программный модуль контроля, степени освоения материала может быть реализован в ИЭТР либо как его структурный элемент, либо в виде отдельной контролирующей встраиваемой подпрограммы.

В случае если на базе одного ИЭТР предусмотрено проведение мероприятий технического или аэродромного обслуживания как с прохождением, так и без прохождения контроля, выбор режима работы, учитывающего или игнорирующего контроль, должен осуществляться в соответствующем меню. Критерии оценки, порядок проведения контроля, выдаваемые в процессе контроля реплики, а также информация, предъявляемая в отчете о контроле, должны определяться сценарием ИЭТР.

Первым кадром в каждом блоке кадров контроля должен быть кадр-заставка, содержащий информацию о виде и особенностях прохождения данного этапа контроля, контролирующем кадре, если сценарием не требуется иного, регистрируется только оценка, полученная при первой попытке ответа. Если иное не предусмотрено сценарием, то:

а) прерывание прохождения контроля влечет получение неудовлетворительных оценок по всем вопросам, оставленным без ответа;

б) обход какого-либо из блоков контроля влечет за собой выставление неудовлетворительных заключений по всем вопросам этого этапа контроля. В контролирующем кадре допустимы следующие действия эксплуатанта:

- выход из контроля до его завершения;
- переход к следующему кадру (автоматический в случае правильного ответа или по инициативе эксплуатанта при неправильном ответе).

Для подтверждения окончательного выбора варианта ответа в контролирующем кадре должна использоваться кнопка «Ввод ответа». Для обеспечения разбора и оценки результатов контроля может быть включен доступный только лицу, организовывающему и проводящему мероприятие технического обслуживания, вспомогательный файл с перечнем

контролируемых вопросов и правильными реакциями на них. Отображение результатов контроля должно производиться, если эксплуатант-пользователь вошел хотя бы в один из кадров с зачетными контрольными вопросами.

Таким образом, все описанные составляющие части метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР (а именно метод синтеза ЛСПК эксплуатации и ремонта авиатехники, базовая последовательность этапов разработки электронного контента на базе ЛСПК, рекомендации по программной реализации электронного контента в ИЭТР), совместно увязываются в единую структурно-логическую схему организации мероприятий по обеспечению указанного качества. Обобщенный вид этой схемы показан на рисунке 2.2.11. Организация разработки предметного и электронного контента для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в соответствии с этой схемой позволяет реализовать выше обоснованную функциональную систему управления качеством, представленную на рисунке 2.1.4.

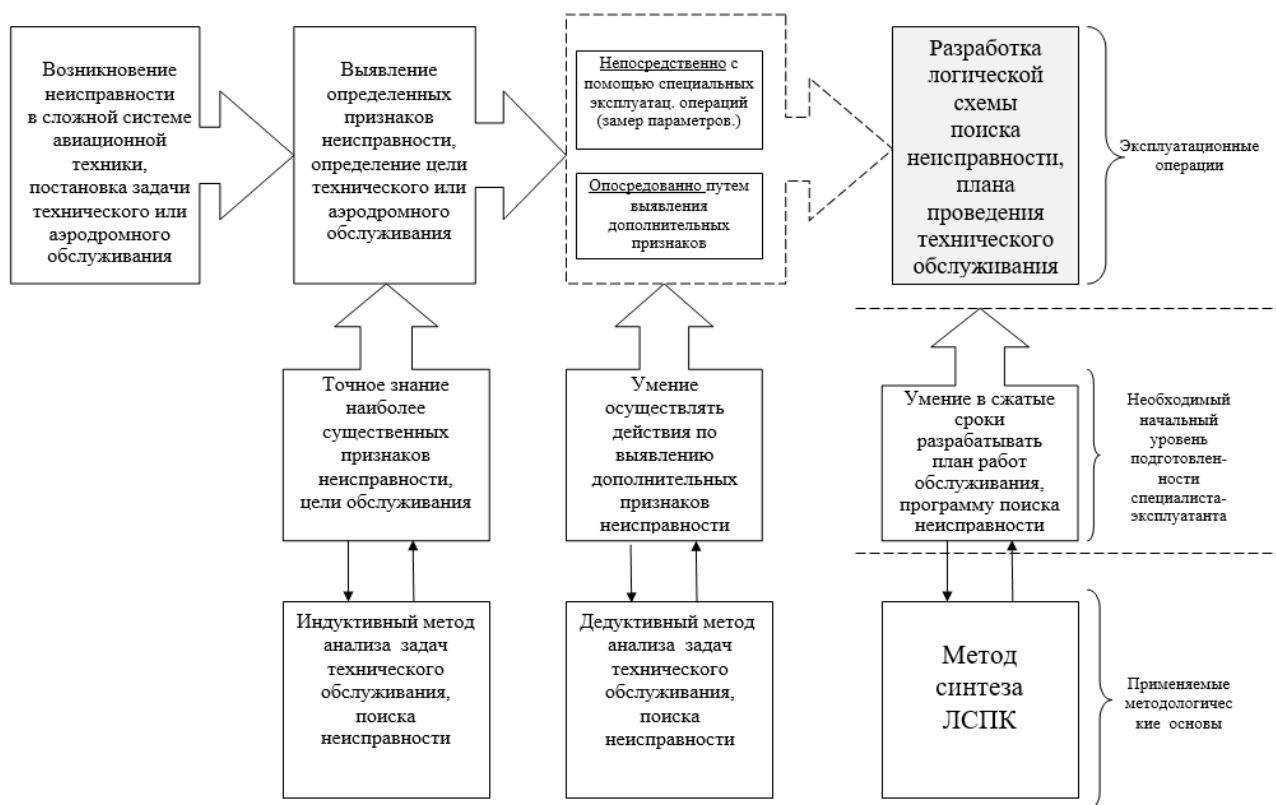


Рисунок 2.2.11 – Структурно-логическая схема организации мероприятий по обеспечению качества разрабатываемых ИЭТР

Одним из важнейших этапов научно-обоснованного и системного проектирования, создания и развития ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и соответствующего электронного контента является их документирование, как на этапе разработки рабочей конструкторской и программной документации, так и на этапе отладки их эксплуатационных, сопровождающих жизненный цикл, документов. Основным нормативно-техническим документом, которым должны руководствоваться исполнители при разработке научно-технической документации в процессе проектирования, создания и развития ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и соответствующего электронного контента, выполнения соответствующих работ, является ГОСТ Р 51904-2002 [38]. При определении состава, структуры, содержания, правил и порядка выполнения, и оформления, а также дублирования, учета и хранения документов следует руководствоваться требованиями, рекомендациями и положениями системы стандартов ИСО 9000, Р ИСО/МЭК 9126 или которая задана заказчиком в контракте (договоре) на выполнение работы. По согласованию с заказчиком в качестве нормативной базы при разработке документации могут дополнительно применяться стандарты систем 24 – ЕСС АСУ, 34 – «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы». Для определения порядка выполнения работ по созданию программных документов в обоснованных случаях может использоваться ГОСТ Р 51189 «Средства программные систем. Порядок разработки», а содержания разрабатываемых документов – РД 50-34.698 «Методические указания. Информационная технология. ... Требования к содержанию документов».

Правила и порядок исполнения документов регламентируются нормативными документами уровня стандартов предприятия, отраслевых стандартов, которые включают требования и рекомендации по процедурам составления оригиналов, первичного нормализационного контроля, доработки документов по результатам нормоконтроля, изготовления проектов подлинников документов, предъявления заказчику (при необходимости) для

проверки, согласования и утверждения. Соответственно программные документы должны разрабатываться в процессе разработки соответствующих им программ по ГОСТ 19.102, ГОСТ Р 51189, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207. Порядок проверки, согласования и утверждения документации должен соответствовать ГОСТ 2.902 и положениям соответствующих руководящих указаний. Для всех программных компонентов комплекса программ, входящих в состав ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и соответствующего электронного контента, в состав их программной документации следует включать документ «Описание программы», разрабатываемый в соответствии с ГОСТ 19.402–78. Для интерактивных компонентов электронного контента и комплекса программ в целом в состав их программной документации должен входить документ «Руководство пользователя», разрабатываемый с кодом вида документа 92 (прочие документы) согласно ГОСТ 19.101–77. По составу содержащейся в нем информации документ «Руководство пользователя» должен быть, в общем случае, эквивалентом группе документов «Описание применения» (ГОСТ 19.502–78), «Руководство системного программиста» (ГОСТ 19.503–79), «Руководство программиста» (ГОСТ 19.504–79), «Руководство оператора» (ГОСТ 19.505–79). При этом, если в документе «Руководство пользователя» на компонент из состава ИЭТР будут содержаться все сведения, необходимые для использования некоторого входящего в него компонента, то документ «Руководство пользователя» на этот компонент можно не составлять.

Последовательность разработки программных документов по стадиям жизненного цикла электронного образовательного ресурса должна соответствовать требованиям стандартов ГОСТ Единой системы программной документации.

2.3. Характеристика программных сред для проектирования и разработки ИЭТР с использованием логических схем предметного контента

Недостаточная разработанность методологического и научно-методического инструментария управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники ведет к эмпирическому характеру их разработки и развития, предопределяемому текущей практикой проектирования, разработки и совершенствования средств авиационной техники. Сегодня на рынке IT-услуг представлено огромное число отечественных разработчиков ИЭТР, вообще, и ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в частности. При этом они используют как специализированные среды проектирования и разработки ИЭТР отечественной разработки, так и среды западных программных разработчиков. Однако, уже сегодня на рынке представлены продвинутые программные среды проектирования и разработки ИЭТР, которые позволяют в полной мере технологически поддержать реализацию метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР. Типовые примеры таких сред приведены в таблице 2.2.3. Анализ соответствующих возможностей дан в Приложении Г. Проведенный анализ ранка программных сред проектирования и разработки ИЭТР, в целом, показал логический предел развития современного парка ИЭТР, для эксплуатации и ремонта сложной авиационной техники только на основе опыта текущей эксплуатационной практики. Это выражается, прежде всего, в недостаточном уровне качества указанных ИЭТР, недостаточном их влиянии на процессы аэродромного и планового обслуживания самолетов, и других летательных аппаратов а, в конечном итоге, недостижимость качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники.

Таблица 2.2.3 – Примеры программных сред для проектирования и разработки ИЭТР с использованием ЛСПК ТС

№	Программная среда для проектирования и разработки ИЭТР	Компания-разработчик	Местонахождение	Специфика реализации функциональности
1.	Система построения интерактивных технических публикаций и руководств ИЭТР Constructor	ЦУП «Конструктор»	г. Москва, http://constructor.ru/solutions/1174/	Ориентирован на самую широкую разработку ИЭТР и эл. Публикаций всех классов.
2.	Редактор интерактивных электронных технических руководств SeaMatica	АО «Си-проект»	г. Санкт-Петербург, http://www.seaproject.ru/products/seamatica	Ориентирован на разработку высокоточных мультимедиа приложений электронного контента.
3.	Среда разработки ИЭТР Technical Guide Builder (TG Duilder)	Компания ИТОРУМ	Московская область, г. Бронница. http://itorum.ru/tehnicheskaya-dokumentatsiya/uslugi/razrabotka-ietr.html	Позволяет создавать кроссплатформенные распределенные ИЭТР-решения.
4.	Специализированная среда разработки МЕДИАТОР	АО «ЦНИИ «Центрпрограммсистем»	г. Тверь http://cps.tver.ru/	Ориентирована на базовые информационные защищенные компьютерные технологии, нашла применение при разработке ИЭТР по закрытой тематике.
5.	Конструктор для разработки электронных руководств и курсов eAuthorCBT; Инструмент управления и актуализации iNstructor	ООО ГиперМетод	г. Санкт-Петербург http://hypermethod.ru/	Программные средства ориентированы на интеграцию задач логистической поддержки и подготовки технического персонала.
6.	Компьютерная среда дистанционной поддержки и обучения Moodle	Moodle Pty Ltd.	Perth, Australia https://moodle.org/	Интегрированная среда поддержки и обучения с открытым программным кодом

Усложнение образцов авиационной техники, авионики, а также мультимедиа технологий моделирования предметных процессов, репрезентативных возможностей перспективных ИЭТР объективно диктует необходимость улучшения качества указанных средств интерактивной электронной

логистической поддержки на обоснованных принципах системного подхода, а именно на базе метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР.

2.4. Выводы по второй главе

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, разработанная в рамках данной главы диссертационного исследования, рассматривается как методологически-объединяющая платформа для всех последующих научных результатов работы. Вместе с тем, эта концепция выступает логической базой для разработки целого ряда методик и практических рекомендаций по обеспечению качества ИЭТР соответствующего класса, по рационализации технологического процесса их разработки и применения и пр.

2. Менеджмент или управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники есть последовательный процесс итеративных процедур оценивания и улучшения качества указанных информационно-программных средств логистической поддержки. Учитывая теснейшую связь возможностей программно-технологической платформы создания ИЭТР и контент-репрезентационных возможностей по логистической поддержке эксплуатантов, представляется рациональным рассматривать качество указанных программно-информационных продуктов на двух уровнях представления: на предметно-логическом уровне (т.е. при синтезе и рационализации логико-информационной модели предметного контента ИЭТР), когда определяется вся гамма типов и конкретных значений отношений между компонентами данных, изыскиваются оптимальные объемы и формы представления предметных данных пользователю, а на информационно-технологическом, когда производится их программная реализация. В этом заключается конструктив научно-методической концепции менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

3. В рамках предлагаемой концепции управление качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники осуществляется в рамках соответствующей организационно-технологической системы. Такая система реализуется как форма технологического процесса разработки и создания ИЭТР

и позволяет за определенное число итераций обеспечить требуемый (заданный) уровень качества как на предметно-логическом, так и на информационно-технологических уровнях.

4. Определяющее значение логичности изложения, релевантности и наглядности представления предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники объективно требует разработки методического инструментария контроля и управления его потребительскими свойствами. В качестве такового может выступать метод логических схем предметного контента для технических систем, которые строятся на основе синтеза признаков распознавания. Указанные схемы представляют собой сетевое описание многоуровневой декомпозиции сложных образцов (агрегатов, узлов, блоков, схем и пр.) авиационных технических систем в рациональной последовательности их осмотра, проверки и освоения. Соблюдение логической последовательности ЛСПК ТС в проверке, обслуживании и освоении образцов современной сложной авиатехники является необходимым условием гарантированного достижения результатов ремонтных работ, технического обслуживания эксплуатантами в рамках системы эксплуатации и аэродромного обслуживания самолетов, и других летательных аппаратов.

5. В состав метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР включены: метод синтеза логических схем предметного контента эксплуатации и ремонта авиационной техники, Базовая последовательность этапов разработки электронного контента на базе ЛСПК и Практические рекомендации по программной реализации электронного контента в ИЭТР.

6. Проведенный анализ ранка программных сред проектирования и разработки ИЭТР, в целом, показал логический предел развития современного парка ИЭТР, для эксплуатации и ремонта сложной авиационной техники только на основе опыта текущей эксплуатационной практики. Это выражается, прежде всего, в недостаточном уровне качества указанных ИЭТР, недостаточном их

влиянии на процессы аэродромного и планового обслуживания самолетов, и других летательных аппаратов, в конечном итоге, недостижимость качественно нового уровня развития систем эксплуатации и ремонта указанного вида техники. Усложнение образцов авиационной техники, авионики, а также мультимедиа технологий моделирования предметных процессов, репрезентативных возможностей перспективных ИЭТР объективно диктует необходимость улучшения качества указанных средств интерактивной электронной логистической поддержки на обоснованных принципах системного подхода, а именно на базе метода логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР.

Глава 3. Методы квалиметрического оценивания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

3.1. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники

3.1.1. Математические основы задания показателей качества ИЭТР для многоуровневой оценки

Проведение оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники есть установление их соответствия требованиям по заранее заданной сети показателей этого качества. Если же показатель представляет собой сложную вложенность других, более простых показателей (т.н. сводный показатель), то тогда разовый акт анализа и оценки качества перерастает в многошаговую последовательность квалиметрического оценивания. Сводные показатели при этом квалиметрическом оценивании будут сложными, т.е. будут композиционно образовываться из более простых показателей. Сводные показатели не подлежат непосредственному измерению или оценке. Их деинтегрируют на более простые. В свою очередь, предопределение нескольких уровней при такой деинтеграции приводит к формированию иерархической сети показателей. В такой иерархической сети на терминальном уровне, как правило, размещаются показатели, которые могут быть непосредственно измерены или экспертно оценены, количественно или качественно. Такие показатели терминального уровня иерархической сети показателей оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники называются элементарными. Их множество обозначается $\{q_i\}$. На более вышестоящих уровнях иерархической сети оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники устанавливаются композиционно сложные, называемые сводными, показатели $\{q_{ij}\}$, агрегирующие взвешенные композиции показателей, из состава элементарных показателей и(или) других сводных показателей. Корневой вершиной указанной иерархической сети показателей выступает интегральный

показатель Q_0 : качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

В составе указанной иерархической сети композиционная или агрегативная важность любого показателя качества q_i для обсчета оценки интегрального показателя Q_0 будет разной. Соответственно, для численной фиксации композиционной или агрегативной важности показателя q_i , в свертке ближайшего сводного показателя согласно структуры иерархической сети показателей введен весовой коэффициент :

$w_{m,n}$ - локальный ранг m -го показателя в свертке n -го.

$$w_{m,n} \in (0,1); w_{m,n} \in R \quad (3.1.1)$$

При этом для каждого сводного показателя должно выполняться условие нормировки:

$$\sum_m w_{m,n} = 1. \quad (3.1.2)$$

Соответственно, численное значение ранга каждого элементарного или промежуточного сводного показателя q_i в свертке интегрального показателя Q_0 , согласно иерархической сети показателей, определяется весовым коэффициентом:

b_m^* - глобальный ранг m -го показателя в свертке интегрального Q_0 .

Соответственно:

$$b_m^* = \prod_{q_m}^{Q_0} w_{m,n} \quad (3.1.3)$$

$$b_m^* \in (0,1); b_m^* \in R. \quad (3.1.4)$$

Специфические особенности определения входной информации от экспертной группы для измерения или оценки локальных и глобальных рангов определяет классификационное основание для выделения в рамках разработанного метода квалиметрического оценивания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники соответствующих частных подметодов. Базовым признаком обособления частного подметода является специфическая

особенность получения экспертной информации на входе. В роли этого признака, как правило, выступают: размерность и характер шкалы для инструментального измерения или качественно-количественной оценки элементарных показателей, форма учета неопределенности по входным экспертным данным, отличия в математической свертке оценок промежуточных сводных и элементарных показателей в оценку по интегральному показателю. Алгоритмико-квалиметрическая суть оценки качества сводится первоначально к установлению множества свойств (отдельных качеств) оцениваемого объекта - ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Значения оценок по этим свойствам есть некоторые переменные, принимающие значение из строго заданного числового множества, т.е. характеристики (свойства) оцениваемого ИЭТР измеряются или оцениваются по какой-либо шкале.

Но категории измерения и шкалы задаются в современной квалиметрии далеко неоднозначно. Так, в классической теории числового измерения, абстрагируясь от точности измерительных процедур, принимают, что каждой градации оцениваемого свойства, как показателя качества, может быть поставлено в соответствие строго определенное действительное число, т.е. суть традиционного измерения есть определение уровня проявления q измеряемого свойства у анализируемого ИЭТР x . Каждому ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники x ставится в изоморфное соответствие положительное действительное число $q=q(x)$. Если абстрактно представить указанную измерительную функцию как некоторый прибор-измеритель, то тогда каждой из возможных степеней проявления измеряемого свойства (показателя качества, характеристики) задается в соответствие строго определенная градация шкалы этого прибора-измерителя. При этой приборной интерпретации традиционного измерения в качестве шкалы выступает всё множество действительных чисел R . При этом свойства ИЭТР имеют характер величин, т.е. абстракций от физических сущностей их проявления, точности измерения и пр. Алгебраическую специфику множества $\{q\}$ всевозможных

градаций измеряемых свойств-показателей, понимаемых как измеряемые величины, системно увязывают со свойствами множества R^1 действительных чисел [90, 91].

Оценка качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники очевидно увязана с нечисловыми или «мягкими» измерениями. В таком варианте «измерение» следует понимать, как манипуляцию, при которой свойствам ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники соотносятся в соответствие некоторые строго упорядоченные градации качества. При таком подходе, в роли количественных результатов измерения рассматриваются не только действительные числа, но и другие алгебраические группы, обязательно имеющих отношение порядка между своими элементами, то есть подобие отношения неравенства между числами. Это дало в квалиметрии логистико-информационного обеспечения, вообще, и квалиметрии ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в частности, некоторый ряд специализированных шкал измерений и оценки свойств, составляющих качество. К указанным шкалам необходимо причислить следующие:

1. Номинальная шкала, она же шкала наименований, которая предполагает взаимно-однозначные преобразования $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ для любого измерения-действительного числа $x \in R^1$ на число $y = \varphi(x) \in R^1$, при выполнении

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 \neq x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) \neq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.5)$$

2. Ординальная, она же порядковая шкала, которая определяется рядом монотонных преобразований вида $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$, при выполнении условия

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 \leq x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) \leq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.6)$$

3. Шкала отношений, которая определяется последовательностью пропорциональных преобразований $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ для которых верны условия

$$y = \varphi(x) = \alpha x, \quad \alpha \in R^1, \alpha > 0. \quad (3.1.7)$$

$$\forall x_1, x_2 \in R^1, x_2 \neq 0 \quad \frac{\varphi(x_1)}{\varphi(x_2)} = \frac{\alpha x_1}{\alpha x_2} = \frac{x_1}{x_2}. \quad (3.1.8)$$

4. Шкала разностей, она же шкала интервалов, которая вводится рядом линейных преобразований $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ с коэффициентом пропорциональности, для которых выполняются следующие условия:

$$y = \varphi(x) = x + \beta, \quad \beta \in R^1. \quad (3.1.9)$$

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \quad \varphi(x_1) - \varphi(x_2) = (x_1 + \beta) - (x_2 + \beta) = x_1 - x_2. \quad (3.1.10)$$

При том, что: $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$, $\varphi(x) = x + \beta$, $\beta \in R^1$.

5. Шкала отношений разностей, которая определяется рядом положительных линейных преобразований $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ для которых верно:

$$y = \varphi(x) = \alpha x + \beta, \quad \alpha, \beta \in R^1, \alpha > 0. \quad (3.1.11)$$

$$\forall x_i \in R^1, i = 1, 2, 3, 4, x_3 \neq x_4 \quad \frac{\varphi(x_1) - \varphi(x_2)}{\varphi(x_3) - \varphi(x_4)} = \frac{(\alpha x_1 + \beta) - (\alpha x_2 + \beta)}{(\alpha x_3 + \beta) - (\alpha x_4 + \beta)} = \frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4}. \quad (3.1.12)$$

Таким образом, объективно предопределенное использование т.н. мягких, нечисловых измерений при оценке качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, задает факт того, что частные и сводные показатели из единой иерархической сети показателей оценки качества могут оцениваться или измеряться по шкалам всех ранее указанных видов, а соответственно, числовые значения этих измерений и оценок будут задаваться на различных алгебраических группах. Этот факт диктует высокую категоричность адекватности введения формы целевой функции оценки, которая задает свертку частных и сводных показателей в интегральный показатель качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Указанная адекватность есть учет соответствующего числа ограничений, проецируемых на весь ход оценки фактором использования разнородных шкал оценки частных показателей. Согласно [14, 24, 25, 55] в ходе диссертационного исследования установлено, что для категоричных особенностей свойственных оценке качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники рациональной формой свертки интегрального критерия оценки будет аддитивный критерий линейной нормированной формы:

$$Q = \sum_{i=1}^n w_i q_i, \quad (3.1.13)$$

для которого верно:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0 \quad \text{для} \quad i = \overline{1, n} . \quad (3.1.14)$$

Показанное выше применение разнородных шкал мягких измерений или оценки элементарных показателей приводит к такому характеру данных, являющихся входными для метода, что этот характер понимается как недостаточность или входной информационный дефицит. Это сказывается на алгоритме расчета локальных рангов $\{w_i\}$, которые выполняют роль учета различной ценности входных данных в разработанный метод оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. На основании выше изложенных рассуждений в диссертационном исследовании за математический базис разрабатываемого квалиметрического метода был принят математический аппарат рандомизированных сводных показателей, детально изложенный в [90, 91].

Таким образом, в рамках диссертационного исследования математический аппарат рандомизированных сводных показателей при аддитивной нормированной форме интегрального показателя качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники создает логико-математическую базу для слияния гетерогенного (разнорангового) шкалирования элементарных показателей оценки качества и единой формы критерия их интегральной свертки.

Синтез для каждого сложносоставной характеристики или особенности ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники $x_i, i = \overline{1, \dots, n}$, соответствующего показателя q_i есть вывод функции $q_i = q_i(x_i)$ сопоставленной указанной характеристике или особенности x_i . При том, показатели q_1, \dots, q_n нормированы и одинаково поляризованы: $0 \leq q_i \leq 1$, т.е. рост значения показателя q_i при неизменности значений остальных показателей ведет к росту интегрального показателя качества Q ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Как показано выше в рамках разработанного метода каждый элементарный показатель качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники может измеряться или оцениваться по разным видам

шкал. Это дает возможность реализовать переход от начальных видов представления значений измерений или оценок простых свойств ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, имеющих несопоставимые диапазоны измерения, к элементарным и нормированным показателям, принимающим значения из интервала $(0,9)$. Этот факт в дальнейшем позволяет задать понятие «ранга», обозначающего предметную значимость соответствующих показателей в составе их композиционного сочетания (агрегирования) в составе сводных, т.е. более сложных показателей. Как указано п.3.1.1, ранги в масштабах всей сети показателей оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники бывают локальные и глобальные. Многообразие шкал измерения, применимых для оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по элементарным показателям есть итог монотонного преобразования $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ исходной шкалы действительных чисел R^1 , как показано выше в п.3.1.1.

Сводные и интегральный показатели качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники рассчитываются через нормированную аддитивную свертку элементарных показателей, входящих в соответствующую сеть показателей. На основании этого можно оценить k альтернативных вариантов реализации или проектов ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. При этом считается, что их совокупности оценок по элементарным показателям представляются численными векторами $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, $q_i^{(j)} \in [0,1]$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, k$. Каждый такой числовой вектор есть многопараметрическая оценка соответствующей альтернативной реализации ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в виде семейства значений элементарных показателей $q = (q_1, \dots, q_m)$. Далее принимается, что на общности всех разцениваемых реализаций ИЭТР, количественно описанных указанными числовыми векторами оценок по элементарным показателям, задано отношение строгого доминирования:

$$(q^{(r)} \triangleright q^{(s)}) \Leftrightarrow ((\forall i \ q_i^{(r)} \geq q_i^{(s)}) \wedge (\exists j \ q_j^{(r)} > q_j^{(s)})), \quad (3.1.13)$$

которое обозначается \triangleright .

Выражение, описывающее условие (3.1.13), необходимо разтрактовывать следующим образом: ИЭТР $q^{(r)}$ превосходит по рассматриваемому показателю ИЭТР $q^{(s)}$ тогда, когда он не менее предпочтителен по каждому составляющему элементарному показателю ($q_i^{(r)} \geq q_i^{(s)}$) и существует элементарный или более частный сводный показатель, по которому первый ИЭТР предпочтительнее второго ($q_j^{(r)} > q_j^{(s)}$). Упорядочение анализируемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в соответствии с (3.1.13), будет строгим упорядочением. Соответственно, вместе с отношением строгого упорядочения по предпочтительности \triangleright необходимо ввести отношение нестрогого порядка \succeq как:

$$(q^{(r)} \succeq q^{(s)}) \Leftrightarrow ((q^{(r)} \triangleright q^{(s)}) \vee (\forall i q_i^{(r)} = q_i^{(s)})). \quad (3.1.14)$$

При этом можно определить отношение строгого порядка \triangleright через отношение нестрогого порядка \succeq :

$$(q^{(r)} \triangleright q^{(s)}) \Leftrightarrow ((q^{(r)} \succeq q^{(s)}) \wedge (q^{(r)} \neq q^{(s)})). \quad (3.1.15)$$

При проведении упорядочения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники с помощью отношения доминирования возникает значимая сложность - наличие большого числа объектов оценки $q^{(r)}$, $q^{(s)}$, мало сравнимых по отношению порядка \succeq , т.е. ИЭТР, для которых не выполняется ни соотношение $q^{(r)} \succeq q^{(s)}$, ни соотношение $q^{(s)} \succeq q^{(r)}$. В таком случае оценивать долю сравнимых по отношению порядка \succeq ИЭТР следует так:

выбрать две многокритериальные оценки случайным образом из совокупности $\{q = (q_1, \dots, q_m), q_i \in [0,1], i = 1, \dots, m\}$ всех возможных векторов значений элементарных показателей. Под случайным выбором, следует понимать выбор двух случайных величин $\tilde{q}^{(r)} = (\tilde{q}_1^{(r)}, \dots, \tilde{q}_m^{(r)})$, $\tilde{q}^{(s)} = (\tilde{q}_1^{(s)}, \dots, \tilde{q}_m^{(s)})$, каждая из которых равномерно распределена на описанном ранее множестве всех возможных векторов значений отдельных показателей. Вероятность сравнимости по отношению порядка \succeq этих случайных векторов определяется согласно выражения

$$P\{(\tilde{q}^{(r)} \geq \tilde{q}^{(s)}) \vee (\tilde{q}^{(s)} \geq \tilde{q}^{(r)})\} = \frac{1}{2^{m-1}}. \quad (3.1.16)$$

Из (3.1.16) можно заключить, что возможности найти сравнимые многокритериальные оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники быстро уменьшаются с увеличением количества анализируемых показателей. Так, например, если оценивать ИЭТР по $m=11$ показателям, то вероятность того, что пара случайно выбранных электронных руководств сравнима по всем показателям сразу, меньше одной тысячной ($P = 1/2^{10} = 1/1024 < 0.001$). Для обеспечения сравнимости многопараметрических оценок качества и используются сводные показатели, существо которых заключается в формировании по вектору элементарных показателей $q = (q_1, \dots, q_m)$ некоторого сводного показателя Q_κ , являющего собой функцию $Q = Q(q) = Q(q_1, \dots, q_m)$ вектора элементарных показателей q , удовлетворяющую условию монотонности в виде:

$$Q. \forall q^{(j)}, q^{(l)} \in \{q : q = (q_1, \dots, q_m), q_i \in [0,1]\} \{q^{(j)} \triangleright q^{(l)}\} \Rightarrow \{Q(q^{(j)}) \geq Q(q^{(l)})\}. \quad (3.1.17)$$

В свою очередь, наиболее мощный сводный показатель является интегральным показателем Q .

3.1.2. Синтез и ранжирование многоуровневого дерева показателей оценки

В самом общем виде функция синтеза или свертки элементарных показателей в сводные для ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной

техники принимает вид: $Q_\varphi(q; w) = Q_\varphi(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \varphi^{-1}\left(\sum_{i=1}^m w_i \varphi(q_i)\right)$.

Используя для подстановки в указанное математическое выражение степенную функцию $y = \varphi(x) = x^\lambda$, $\lambda > 0$ ($x = \varphi^{-1}(y) = \sqrt[\lambda]{y}$), становится возможным получить взвешенное степенное среднее порядка λ , как показано ниже:

$$Q_\lambda(q; w) = Q_\lambda(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \left(\sum_{i=1}^m w_i q_i^\lambda\right)^{1/\lambda}. \quad (3.1.18)$$

Последовательно изменяя параметр λ , возможно представить из взвешенного степенного среднего (3.1.18) всё множество используемых агрегирующих функций. В частности, при $\lambda = 1$ представляется взвешенное среднее арифметическое, как показано ниже

$$Q_+(q; w) = Q_1(q; w) = \sum_{i=1}^m w_i q_i, \quad (3.1.19)$$

соответственно $\lambda \rightarrow 0$ - обеспечивает взвешенное среднее геометрическое

$$Q_\times(q; w) = Q_0(q; w) = \prod_{i=1}^m q_i^{w_i} \quad (3.1.20)$$

для элементарных показателей q_1, \dots, q_m , и т.п.

Представленные: взвешенное среднее арифметическое (3.1.19) и взвешенное среднее геометрическое (3.1.20) являются в современной прикладной квалиметрии наиболее популярными агрегирующими функциями для свертки элементарных показателей q_1, \dots, q_m качества в интегральный показатель Q , дающий представление о достигнутом уровне качества, в целом. Однако, следует учитывать, что мультипликативному сводному показателю всегда возможно придать аддитивную математическую форму:

$$Q_+^*(q; w) = \ln Q_\times(q; w) = \ln \left(\prod_{i=1}^m q_i^{w_i} \right) = \sum_{i=1}^m w_i \ln q_i = \sum_{i=1}^m w_i q_i^* . \quad (3.1.21)$$

Выражение (3.1.21) означает, что в силу монотонности логарифмического преобразования, если ИЭТР, с многопараметрическим вектором значений оценок по элементарным показателям $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, превосходит по качеству, с точки зрения сводного мультипликативного показателя $Q_\times(q; w)$, ИЭТР с аналогичным вектором оценок $q^{(l)} = (q_1^{(l)}, \dots, q_m^{(l)})$ ($Q_\times(q^{(j)}; w) > Q_\times(q^{(l)}; w)$), то он будет превосходить над ним по качеству и с точки зрения модифицированного в аддитивный сводного показателя вида (3.1.21) - ($Q_+^*(q^{(j)}; w) > Q_+^*(q^{(l)}; w)$). В таком виде проводится сведение мультипликативной свертки к простейшей аддитивной свертке показателей, за счет изменения диапазона измерений значений исходных элементарных показателей. Так, например, пусть элементарные показатели q_1, \dots, q_m измеряются или оцениваются

по шкале разностей. Тогда, любое значение $q_i^{(0)}$ каждого элементарного показателя q_i будет определено с точностью до некоторого сдвига $\beta_i \in R^1$. Подстановка так называемых сдвинутых значений $q_i^{(0)} + \beta_i$, $i = 1, \dots, m$, в формулу аддитивной свертки (3.1.19), дает возможность получить следующее выражение:

$$Q_+(q_1^{(0)} + \beta_1, \dots, q_m^{(0)} + \beta_m; w) = \sum_{i=1}^m w_i q_i^{(0)} + \sum_{i=1}^m w_i \beta_i = Q_+(q_1^{(0)}, \dots, q_m^{(0)}; w) + B. \quad (3.1.22)$$

Выражение (3.1.22) позволяет заключить, что если элементарные показатели измерены или оценены по шкале разностей, то и аддитивный сводный показатель измеряется по шкале того же типа - разностей со "сдвигом" B . Если значения элементарных показателей q_1, \dots, q_m измеряются или оцениваются по шкалам отношений то, каждое значение $q_i^{(0)}$ каждого элементарного показателя q_i будет определено с точностью до некоторого т.н. растяжения/сжатия $\alpha_i \in R^1$, $\alpha_i > 0$. Проведение подстановки растянутых/сжатых значений $\alpha_i q_i^{(0)}$, $i = 1, \dots, m$, в мультипликативную свертку (3.1.20), позволяет синтезировать следующее выражение

$$Q_\times(\alpha_1 q_1^{(0)}, \dots, \alpha_m q_m^{(0)}; w) = \left(\prod_{i=1}^m \alpha_i^{w_i} \right) \times \left(\prod_{i=1}^m q_i^{w_i} \right) = A Q_\times(q_1^{(0)}, \dots, q_m^{(0)}; w). \quad (3.1.23)$$

Соответственно, математическое выражения (3.1.23) также позволяет заключить: если элементарные показатели измерены или оценены на шкале отношений, то и мультипликативный сводный показатель измеряется или оценивается на шкале отношений с растяжением/сжатием A . Определить и обозначить так называемый «сдвиг шкалы разностей», задав начало, как $q_i = 0$, и конец, как $q_i = 1$, отсчёта, значительно проще, чем осуществить выбор коэффициента растяжения/сжатия шкалы отношений. Это и является главной причиной выбора аддитивной нормированной синтезирующей функции в предлагаемом методе оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В математическом аппарате метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники используются именно

аддитивные нормированные свертки $Q_+(q; w)$ элементарных показателей для расчета сводных и интегральной оценок указанных электронных руководств.

Далее необходимо кратко показать адекватность предложенной математической формы агрегирующей функции $Q(q; w)$, $q = (q_1, \dots, q_m)$, $w = (w_1, \dots, w_m)$, в части совокупности отношений, определяющих градации элементарных показателей q_1, \dots, q_m , оцениваемых по соответствующим шкалам.

В частности, принимается, что произвольный элементарный показатель q_i оценивается или измеряется с обеспечением точности до возрастающего преобразования $\varphi_i(q_i)$, $i = 1, \dots, m$. Это, иными словами, означает, что шкалы, по которым непосредственно оцениваются значения многопараметрической оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники $q = (q_1, \dots, q_m)$ являются шкалами порядка или ординальными. Они определяются отношениями строгого линейного порядка: \succ^i , $i = 1, \dots, m$. Соответственно, многопараметрическая оценка q оценивается по шкале порядка, задаваемой отношением строгого порядка \succ , определяемого для двух указанных векторов $q = (q_1, \dots, q_m)$, $q' = (q'_1, \dots, q'_m)$ выражением, как показано ниже:

$$(q \succ q') \Leftrightarrow \left(\forall i (q_i \succ^i q'_i) \text{ или } (q_i = q'_i) \right) \wedge \left(\exists j : q_j \succ^j q'_j \right). \quad (3.1.24)$$

Таким образом, из факта того, что применяемые для формирования сводного показателя агрегирующие функции $Q(q; w)$ являются монотонными, то диалектически вытекает факт инвариантности упорядочения анализируемых ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники согласно значений сводного показателя $Q(q; w)$ относительно любой системы строго возрастающих преобразований $\varphi_i(q_i)$, $i = 1, \dots, m$:

$$\begin{aligned} [Q(q_1, \dots, q_m; w) \geq Q(q'_1, \dots, q'_m; w)] \Leftrightarrow \\ [Q(\varphi_1(q_1), \dots, \varphi_m(q_m)) \geq Q(\varphi_1(q'_1), \dots, \varphi_m(q'_m))] \end{aligned} \quad (3.1.25)$$

Аналогично является правомочным утверждение, что сохраняющие отношения между градациями элементарных показателей преобразования $\varphi_i(q_i)$, $i = 1, \dots, m$, для самих элементарных показателей q_1, \dots, q_m , являются

допустимыми в отношении любого сводного и интегрального показателей $Q(q_1, \dots, q_m; w)$. Они сохраняют отношение нестрогого порядка \geq между градациями качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, измеряемого по этим сводным или интегральному показателям. Обобщая выше сказанное, можно резюмировать (сделать теоретический вывод): являются адекватными относительно монотонных преобразований значений элементарных показателей такие интегральный и сводные показатели, которые удовлетворяют условию монотонности.

Практический эффект от выше выведенного вывода для синтеза многоуровневого дерева показателей оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники можно наглядно на примере, представленном на Рисунке 3.1.1. В рамках данного примера, рассматриваются: некоторый перечень, из пяти показателей, и исходные значения характеристик качества, композиционно включаемых в сводные и интегральный показатели качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а также совокупность векторов значений элементарных показателей качества девяти реализаций конкретного ИЭТР от различных, конкурирующих организаций-разработчиков, для которых констатируются заметная разница в технологических подходах, способах разработки, в программном воплощении и пр. Подразумевается, что получение векторов значений элементарных показателей качества ИЭТР проводилось по первоначально указанным пяти элементарным показателям z_1, \dots, z_n . Из первоначальных двух таблиц на Рисунке 3.1.1. вытекает, что все элементарные показатели z_1, \dots, z_5 оценены (т.е. «мягко измерены») на шкале наименований, кроме показателя z_5 , который оценён по ординальной шкале. В рамках примера очевидно, что в целях обеспечения дальнейшей интегральной свертки надо оценить все рассматриваемые показатели на ординальной шкале: *<Удовлетворяет; Скорее удовлетворяет, чем не удовлетворяет; Не удовлетворяет>*. Пусть, в рамках рассматриваемого примера, опыт экспертов позволил осуществить шкалирование значений показанных на рисунке 3.1.1. к указанной ординальной шкале.

Возможные перечень и исходные значения характеристик качества			Конкретные значения характеристик качества программных реализаций ИЭТР в исходном виде						
N	Характеристика (показатель)	Возможные значения	N	Альтернативные варианты разработки	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
1	Наглядность и доступность представления материала	(1) Ненаглядно; (2) Наглядно; (3) Очень наглядно.	1	ЦПС	Очень наглядно	Достаточ. высокий	Ознакомлние	Низкая	"red"
2	Требуемый уровень исходной обще инженерной и технической подготовки пользователя ИЭТР	(1) Низкий; (2) Средний; (3) Достаточно высокий; (4) Высокий.	2	НПО «Аврора»	Ненаглядно	Высокий	Ознакомлние	Очень высокая	"green"
3	Прикладное предназначение	(1) Ознакомление; (2) Теоретическое объяснение; (3) Привитие умения; (4) Освоение навыка.	3	НПО «Марс»	Очень наглядно	Средний	Освоение навыка	Низкая	"green"
4	Ресурсоемкость данного программного продукта, реализующего ИЭТР	(1) Низкая; (2) Высокая; (3) Очень высокая.	4	НПО «Агат»	Очень наглядно	Низкий	Привитие умения	Низкая	"yellow"
5	Корректность и откомментированность исходного кода	(1) "green"; (2) "yellow"; (3) "red".	5	КБ «Рубин»	Наглядно	Достаточ. высокий	Ознакомлние	Низкая	"yellow"
			6	СПИИРАН-НТБВТ	Очень наглядно	Высокий	Ознакомлние	Очень высокая	"yellow"
			7	НПП «Радар - ММС»	Очень наглядно	Высокий	Освоение навыка	Низкая	"green"
			8	ЦНПО «Ленинец»	Наглядно	Низкий	Теоретическ. объяснение	Высокая	"yellow"
			9	ГК «Кронштадт»	Очень наглядно	Низкий	Привитие умения	Низкая	"red"

$$q(y) = \begin{cases} 0, & \text{при } y \leq y_- \\ \frac{y - y_-}{y_+ - y_-} & \text{при } y_- < y \leq y_+ \\ 1, & \text{при } y > y_+ \end{cases} \quad q(y) = \begin{cases} 1, & \text{при } y \leq y_- \\ \frac{y_+ - y}{y_+ - y_-} & \text{при } y_- < y \leq y_+ \\ 0, & \text{при } y > y_+ \end{cases}$$

Сводные и интегральный показатели:

$$Y = f[y_1(c_1), y_2(c_2), \dots, y_i(c_i), \dots, y_n(c_n)]$$

Элементарные показатели:

$$q_i = q(y_i); \quad q(y) = \frac{y}{y_0}, \quad y, y_0 \in \mathbb{R}, \quad y_0 > 0$$

N	Альтернативные варианты разработки	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5
1	ЦПС	0	1	1	0	1
2	НПО «Аврора»	1	1	1	1	0
3	НПО «Марс»	0	0.5	0	0	0
4	НПО «Агат»	0	0	0	0	0.5
5	КБ «Рубин»	0.5	1	1	0	0.5
6	АО СПИИРАН-НТБВТ	0	1	1	1	0.5
7	НПП «Радар - ММС»	0	1	0	0	0
8	ЦНПО «Ленинец»	0.5	0	0.5	0.5	0.5
9	ГК «Кронштадт»	0	0	0	0	1

Рисунок 3.1.1 – Пример задания показателей качества ИЭТР при синтезе многоуровневого дерева показателей оценки

Полученные значения элементарных показателей y_1, \dots, y_5 качества ИЭТР имеют именно ординальный характер. Это означает, что они не являются действительными числами и над ними нельзя проводить арифметические операции. Чтобы проводить такие операции, указанным значениям элементарных показателей y_1, \dots, y_5 надо дать числовой вид. Иными словами, надо задать отображение $x = \varphi(y)$ градаций показателя y в множество действительных чисел \mathbb{R}^1 . Это отображение должно сохранить порядок следования градаций. Из бесконечного семейства допустимых заданий

ординальных шкал, по которым измерены параметры y_1, \dots, y_5 , в рамках примера начально выбрано простое преобразование, приводящее выше указанную ординальную шкалу к убывающему ряду натуральных чисел, соответственно: $\langle 3, 2, 1 \rangle$. На базе этого преобразования получают значения x_1, \dots, x_5 показателей, непосредственно оценённые на шкале действительных чисел R^1 и сворачиваемых в сводные показатели качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Традиционно, как в рамках приводимого примера оценки элементарных показателей x_1, \dots, x_5 , так и в сложившейся практике оценки других комбинаций элементарных показателей ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, является принятым и практически оправданным использование линейной нормировки. Это позволяет получать значения элементарных показателей q_1, \dots, q_5 в приведенном к интервалу $(0, 1)$ виде, что показано в таблице в нижней части Рисунка 3.1.1. для рассматриваемого примера. Каждая из строк в таблице в нижней части Рисунка 3.1.1. является многопараметрической оценкой $q = (q_1, \dots, q_5)$ вектора характеристик ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники конкретизированного исполнения от определенного исполнителя.

Учет всех выше обоснованных особенностей сведения элементарных или более простых сводных показателей в более сложные сводные или интегральные показатели качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники позволяет корректно обобщить их в некоторой единой аналитической конкретизированной форме сводного показателя. Так, для рассмотренного на Рисунке 3.1.1. примера, если элементарные показатели q_1, \dots, q_5 будут иметь одинаковый ранг значимости в составе сводного или, в пределе, интегрального показателя $Q(q_1, \dots, q_5)$, то $w_i = 1/5 = 0.20$ и указанная аналитическая форма, конкретизированная для вектора элементарных показателей $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_5^{(j)})$, $j = 1, \dots, 9$ примет вид:

$$Q_j = Q(q^{(j)}; w) = Q(q_1^{(j)}, \dots, q_5^{(j)}; w_1, \dots, w_5) = Q(q_1^{(j)}, \dots, q_5^{(j)}; 1/5, \dots, 1/5) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 q_i^{(j)}. \quad (3.1.26)$$

Однако, очевидна малая практическая применимость единой аналитической форме сводного показателя ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в виде (3.1.26), в силу отсутствия учета ранга значимости различных более простых показателей в составе более сложных. В ходе диссертационного исследования стала очевидна необходимость усовершенствования аналитической формы (3.1.26) за счет учета специфики ранжирования показателей при агрегировании их в составе более сложных показателей. Указанный учет воплощен в жизнь в разработанном методе оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники путем имплементации соответствующей процедуры ранжирования показателей в композициях. Далее необходимо раскрыть существо указанной процедуры.

При строгом задании выше указанного множества необходимых аналитических сущностей можно сформировать однозначную сводную (в том числе и интегральную) оценку, как показано ниже:

$$Q^{(j)} = Q(q^{(j)}; w) = Q(q(\varphi(x^{(j)})); w) = Q(q_1(\varphi_1(x_1^{(j)})), \dots, q_m(\varphi_m(x_m^{(j)})); w) \quad (3.1.27)$$

для конкретизированного образца ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, фиксируемого вектором значений элементарных показателей $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_m^{(j)})$. Но, в практике оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники указанное множества необходимых аналитических сущностей, в целом, или отдельные его элементы задаются, измеряются или непосредственно оцениваются не однозначно, а с некоторой точностью до подмножества.

Неоднозначность такого определения (непосредственной оценки или измерения) показателей ведет к варианту, когда образцу ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, каждый из которых описан вектором значений элементарных показателей $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_m^{(j)})$, противопоставляется не одна сводная оценка, а некоторое множество $\tilde{Q}_j = \{Q_j^{(t)}, t \in T\}$ соответствующих оценок. В такой ситуации необходим аппарат учета неоднозначности отбора

элемента z из подмножества таких элементов $Z = \{x^{(\theta)}, \theta \in \Theta\}$ при помощи рандомизации такого отбора. Такая рандомизация проводится через задание на соответствующей системе подмножеств множества Z вероятностной меры. Результат этого есть рандомизированный элемент \tilde{z} , определяемый по значениям на указанном множестве Z . При такой рандомизации смогут получаться как случайные величины ($z \in R^1$), так и случайные векторы ($z \in R^m$), и даже: стохастические процессы, для которых Z - множество одноместных функций; стохастические поля, для которых Z - множество многоместных функций и пр. Ввод указанных алгебраических сущностей вероятностного учета неопределенности в форму сводной оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (3.1.27) дает возможность сформировать рандомизированную сводную (интегральную) оценку качества рассматриваемых электронных руководств, то есть: рандомизированный сводный показатель качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники:

$$\tilde{Q}^{(j)} = \tilde{Q}(\tilde{q}^{(j)}; \tilde{w}) = \tilde{Q}(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x^{(j)})); \tilde{w}) = \tilde{Q}(\tilde{q}_1(\tilde{\varphi}_1(x_1^{(j)})), \dots, \tilde{q}_m(\tilde{\varphi}_m(x_m^{(j)})); \tilde{w}) \quad (3.1.28)$$

как программно-информационного комплекса, задаваемого числовым вектором значений элементарных показателей $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_m^{(j)})$.

На основании (3.1.28) оценкой j -го образца ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники станет случайная величина $\tilde{Q}^{(j)}$, а сравнение j -ого и l -ого образцов (вариантов воплощения в жизнь), представляемых векторами значений элементарных показателей $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_m^{(j)})$ и $x^{(l)} = (x_1^{(l)}, \dots, x_m^{(l)})$, будет заключаться в сравнении значений рандомизированных сводных показателей $\tilde{Q}^{(j)}$ и $\tilde{Q}^{(l)}$. Такое видоизменение задачи анализа (оценки) качества и сравнения образцов ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в задачу оценки и сравнения рандомизированных сводных показателей есть конструктивная суть предлагаемой процедуры ранжирования показателей в композициях – составной части метода оценки качества указанных ИЭТР.

Детерминированной мерой рандомизации сводных и интегрального

показателей качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники вида $\tilde{Q}^{(j)}$ выступает мат. ожидание их значения:

$$\bar{Q}^{(j)} = M \tilde{Q}^{(j)} = M \tilde{Q}(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x^{(j)}))). \quad (3.1.29)$$

Мерой точности оценки сводных и интегрального показателей качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники $\bar{Q}^{(j)}$ выступает стандартное отклонение их значений от случайной величины $\tilde{Q}^{(j)}$:

$$S^{(j)} = \sqrt{D \tilde{Q}^{(j)}} = \sqrt{D \tilde{Q}(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x^{(j)})))} \quad (3.1.30)$$

При рассмотрении стохастических отношений доминирования между СВ: $\tilde{Q}^{(j)}$, $\tilde{Q}^{(l)}$ наиболее распространенным выступает доминирование в среднем. Рандомизированный сводный показатель качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники $\tilde{Q}^{(j)}$ доминирует в среднем рандомизированный более простой сводный показатель $\tilde{Q}^{(l)}$ (Это далее по тексту будет обозначаться " $\tilde{Q}^{(j)} \stackrel{M}{\succ} \tilde{Q}^{(l)}$ ") при выполнении условия:

$$(\tilde{Q}^{(j)} \stackrel{M}{\succ} \tilde{Q}^{(l)}) \Leftrightarrow (M \tilde{Q}^{(j)} > M \tilde{Q}^{(l)}) \Leftrightarrow (\bar{Q}^{(j)} > \bar{Q}^{(l)}). \quad (3.1.31)$$

Аналогично при оценивании качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники применяется отношение доминирования по вероятности, т.е. рандомизированный сводный показатель $\tilde{Q}^{(j)}$ доминирует по вероятности рандомизированный более простой сводный показатель $\tilde{Q}^{(l)}$ на уровне достоверности α , что обозначается " $\tilde{Q}^{(j)} \stackrel{P,\alpha}{\succ} \tilde{Q}^{(l)}$ ", при исполнении условия:

$$(\tilde{Q}^{(j)} \stackrel{P,\alpha}{\succ} \tilde{Q}^{(l)}) \Leftrightarrow (P(\{\tilde{Q}^{(j)} > \tilde{Q}^{(l)}\}) > \alpha), \quad (3.1.32)$$

где $P(\{\tilde{Q}^{(j)} > \tilde{Q}^{(l)}\})$ - вероятность стохастического неравенства $\tilde{Q}^{(j)} > \tilde{Q}^{(l)}$, и параметр α определен на $[0,1]$. Значение $P(j,l) = P(\{\tilde{Q}^{(j)} > \tilde{Q}^{(l)}\})$ надо воспринимать как меру достоверности такого доминирования $\tilde{Q}^{(j)}$ над $\tilde{Q}^{(l)}$.

На основе указанного подхода, реализующего принципы рандомизации показателей, становится возможным глубокое ранжирование показателей оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а

также дополнительная оценка точности такого ранжирования по $S^{(j)}$ и степени достоверности этого ранжирования по $P(j,l)$.

Определение $\bar{Q}^{(j)}$, $S^{(j)}$, $P(j,l)$ как конкретизированных параметров у рандомизированных сводных показателей по (3.1.28) трансвычислительно. Поэтому в процессе разработки метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники задача определения значений $\bar{Q}^{(j)}$, $S^{(j)}$, $P(j,l)$ путем расчета упрощена, через введение нескольких дополнительных и уточняющих положений. Так из совокупности агрегирующих функций, соответствующих условиям монотонности и нормировки, доопределен подкласс взвешенных средних, формирующих рандомизированные сводные показатели вида

$$\tilde{Q}(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x)); \tilde{w}) = Q(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x)); \tilde{w}; \tilde{\psi}) = \tilde{\psi}^{-1} \left(\sum_{i=1}^m \tilde{w}_i \tilde{\psi}(\tilde{q}_i(\tilde{\varphi}_i(x_i))) \right), \quad (3.1.33)$$

где $\tilde{u} = \tilde{\psi}(v)$ - стохастический процесс по непрерывному строгому возрастанию функции; $\tilde{v} = \tilde{\psi}^{-1}(u)$ - стохастический процесс, существо которого есть непрерывные строго возрастающие функции $v = \psi^{-1}(u)$, обратные к функциям $u = \psi(v)$. Неопределенность выбора функции $u = \psi(v)$, задаваемой процессом $\tilde{u} = \tilde{\psi}(v)$, можно уменьшить, строго определив математическую форму ψ . Так, в частности, при ψ - степенной: $u = \psi(v) = u^\lambda$, $\lambda > 0$, $v = \psi^{-1}(u) = \sqrt[\lambda]{u}$. Тогда будет получено рандомизированное взвешенное степенное среднее:

$$\tilde{Q}(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x)); \tilde{w}) = Q(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x)); \tilde{w}; \tilde{\lambda}) = \left(\sum_{i=1}^m \tilde{w}_i \tilde{q}_i^{\tilde{\lambda}}(\tilde{\varphi}_i(x_i)) \right)^{1/\tilde{\lambda}}. \quad (3.1.34)$$

При $\lambda = 1$ формула (3.1.34) видоизменяется в рандомизированный взвешенный средне-арифметический вид:

$$Q_+(\tilde{q}(\tilde{\varphi}(x)); \tilde{w}) = \sum_{i=1}^m \tilde{w}_i \tilde{q}_i(\tilde{\varphi}_i(x_i)), \quad (3.1.35)$$

что дает возможность в качестве базисной мат.формы сводных показателей оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники применять рандомизированную аддитивную форму:

$$\tilde{Q}_+(q) = Q_+(q; \tilde{w}) = Q_+(q_1, \dots, q_m; \tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_m) = \sum_{i=1}^m \tilde{w}_i q_i. \quad (3.1.36)$$

Тогда, становится возможным постулировать, что при оценке качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники применяется аддитивная нормированная свертка $Q_+(q; w)$ элементарных показателей q_1, \dots, q_m , и считать, что вектор рангов значимости $w = (w_1, \dots, w_m)$ определяется с точностью до некоторого множества векторов $W = \{w^{(t)} = (w_1^{(t)}, \dots, w_m^{(t)}), t \in T\}$. Иными словами, это означает, что формирование сводных оценок качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники происходит в условиях неопределенности задания рангов значимости показателей в их композициях более сложных показателей.

Для придания дискретного характера процедуре ранжирования показателей в композициях в рамках метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники принято, что каждый из рангов композиционной значимости рассчитывается с точностью до конечного шага $h = 1/n$, задаваемого натуральным числом $n > 1$. То есть ранги значимости показателей оценки могут быть только дискретными:

$$w_i \in w(n) = \left\{ 0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{l}{n}, \dots, \frac{n-2}{n}, \frac{n-1}{n}, 1 \right\} \quad (3.1.37)$$

Из выше сказанного следует, что семейство всех возможных числовых векторов рангов значимости:

$$W(m, n) = \left\{ w^{(t)} = (w_1^{(t)}, \dots, w_m^{(t)}), w_i^{(t)} \in w(n), w_1^{(t)} + \dots + w_m^{(t)} = 1, t \in T(m, n) \right\}, \quad (3.1.38)$$

где $T(m, n) = \{1, \dots, N(m, n)\}$ - подмножество значений индекса t , которое есть конечное множество, содержащее количество элементов $N(m, n)$, равное:

$$N(m, n) = \binom{n+m-1}{n} = \binom{n+m-1}{m-1} = \frac{(n+m-1)!}{n!(m-1)!}. \quad (3.1.39)$$

Рандомизируя неопределенность отбора вектора весов $w^{(t)}$ из множества всех возможных векторов $W(m, n)$ на базе случайного индекса \tilde{t} , равномерно распределенного на множестве $T(m, n) = \{1, \dots, N(m, n)\}$:

$$P(\{\tilde{t} = t\}) = \frac{1}{N(m,n)}, \quad t \in N(m,n) = \{1, \dots, N(m,n)\}, \quad (3.1.40)$$

становится возможным получить рандомизированный вектор рангов значимости $\tilde{w} = (\tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_m)$, индуцированный на основании \tilde{t} :

$$\tilde{w} = (\tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_m) = w^{(\tilde{t})} = (w_1^{(\tilde{t})}, \dots, w_m^{(\tilde{t})}) . \quad (3.1.41)$$

Такой рандомизированный вектор рангов значимости равномерно распределен на подмножестве возможных векторов $W(m,n)$. Тогда становится возможным рассчитать мат. ожидание $\bar{w}_i = M \tilde{w}_i$ и стандартное отклонение $s_i = \sqrt{D \tilde{w}_i}$ (где, $D \tilde{w}_i$ - дисперсия СВ \tilde{w}_i) i -го рандомизированного ранга значимости:

$$\bar{w}_i = M \tilde{w}_i = \frac{1}{N(m,n)} \sum_{t=1}^{N(m,n)} w_i^{(t)} = \frac{1}{m}, \quad (3.1.42)$$

$$s_i = \sqrt{D \tilde{w}_i} = \sqrt{\frac{1}{N(m,n)} \sum_{t=1}^{N(m,n)} [w_i^{(t)} - \bar{w}_i]^2} = \sqrt{\frac{m-1}{m^2(m+1)} + \frac{1}{n} \frac{m-1}{m(m+1)}} . \quad (3.1.43)$$

Является очевидным тот факт, что равно взвешенный случай (3.1.42) в определении рангов значимости является предельным теоретическим обобщением. На практике, существует объективная потребность в математическом учете различной значимости боле простых показателей в составе более сложных. В рамках предлагаемого метода указанный учет реализуется путем обработки некоторых вербальных, начальных данных от экспертов о важности каждого из показателей качества в композиции вышестоящего в иерархии сети показателя. Такие начальные данные от экспертов о важности каждого из показателей качества традиционно представляются вербальными сравнениями по образцу: "показатель q_r значимее, важнее любого другого показателя q_s в композиции", "элементарные показатели q_u и q_v одинаково значимы в композиции сводного показателя" и т.д. Алгебраически такие данные могут быть описаны в виде системы неравенств и равенств, по образцу:

$$OI = \{w_r > w_s; w_u = w_v, \dots\} \quad (3.1.44)$$

для получения числового вектора рангов $w = (w_1, \dots, w_m)$, $w_i \geq 0$, $w_1 + \dots + w_m = 1$, задающих значимость элементарных или более простых показателей q_1, \dots, q_m , $q_i \in [0, 1]$ в составе более сложных показателей, а также позволяющих оценить текущее качество образца ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники с т.з. m разных показателей. Такие начальные данные, выражаемые системой неравенств и равенств вида (3.1.44), очевидно, необходимо отнести к ординальной или т.н. порядковой информации. Помимо ординальных данных при оценке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в качестве начальных данных могут использоваться неточные или приближенные данные от экспертов о числовых соотношениях некоторых рангов значимости, алгебраически описываемые через системы неравенств вида:

$$H = \{a_i \leq w_i \leq b_i, i \in \{1, \dots, m\}\} \quad (3.1.45)$$

которые указывают диапазоны $[a_i, b_i]$, $i \in \{1, \dots, m\}$ изменений рангов значимости, при $0 \leq a_i \leq b_i \leq 1$. В этой ситуации является очевидным понимание указанных начальных данных о рангах значимости, описываемых неравенствами в системе (3.1.45), как интервальных данных (интервальной информации). Такую форму интервальных данных представляется оптимальным применять для представления мнений экспертов о совокупности рангов значимости, в целом, т.е.: «элементарный показатель q_i демонстрирует значимость, превосходящую значимость всех остальных элементарных показателей вместе взятых», следует алгебраически описать как интервальные данные $\{w_i \geq 0.5\}$. Или, например: «Если значимость одного показателя q_j не превосходит значимости показателя q_i и значимость всех остальных показателей вместе взятых не превосходит значимости показателя q_j », то для указанных рангов значимости должно быть справедливо

$$H = \{0.50 \leq w_i \leq 1.00, 0.25 \leq w_j \leq 0.5\}. \quad (3.1.46)$$

Численные интервалы, задаваемые по интервальным данным H типа (3.1.45), как правило, могут сужаться путем применения нормирующего

соотношения $w_1 + \dots + w_m = 1$. Т.е., например, из этого соотношения нормировки вытекает, что если учесть неравенства $0 \leq a_i \leq w_i$, $i = 1, \dots, m$, $a_1 + \dots + a_m = a \leq 1$, ограничивающие значения рангов значимости снизу, то формируется выражение-неравенство:

$$w_i = 1 - \sum_{k=1}^{i-1} w_k - \sum_{l=i+1}^m w_l \leq 1 - \sum_{k=1}^{i-1} a_k - \sum_{l=i+1}^m a_l = 1 + a_i - \sum_{k=1}^m a_k = a_i + (1 - a), \quad (3.1.47)$$

ограничивающее указанные ранги сверху. Аналогично, при учете выражений $w_i \leq b_i \leq 1$, $i = 1, \dots, m$, $b_1 + \dots + b_m = b \geq 1$, ограничивающих значения рангов значимости сверху, логически вытекает выражение-неравенство

$$w_i = 1 - \sum_{k=1}^{i-1} w_k - \sum_{l=i+1}^m w_l \geq 1 - \sum_{k=1}^{i-1} b_k - \sum_{l=i+1}^m b_l = 1 + b_i - \sum_{k=1}^m b_k = b_i - (b - 1), \quad (3.1.48)$$

ограничивающее ранги значимости снизу.

Таким образом, выявление начальных интервальных данных $\Pi = \{a_i \leq w_i \leq b_i, i \in \{1, \dots, m\}\}$ типа (3.1.45) дает возможность определить систему неравенств:

$$\Pi = \{\max\{a_i, b_i - (b - 1)\} \leq w_i \leq \min\{b_i, a_i + (1 - a)\}, i \in \{1, \dots, m\}\}, \quad (3.1.49)$$

задающих некоторые интервалы изменений рангов значимости.

Уменьшения интервалов возможных изменений рангов значимости следует достигать также сопоставляя интервальные начальные данные Π с ординальными начальными данными OI , т.е.

$$I = OI \cup \Pi. \quad (3.1.50)$$

Конкретизируя то, как объективная нечеткость и недостаточность начальных данных экспертизы для квалиметрического оценивания может быть обработана в разрабатываемом логико-алгебраическом аппарате определения рангов значимости показателей в сети оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, необходимо рассмотреть выражение:

$$W(m, n; I) = \{w^{(t)} = (w_1^{(t)}, \dots, w_m^{(t)}) : w^{(t)} \in W(m, n), t \in T(m, n; I)\}. \quad (3.1.51)$$

Множество (3.1.51) включает в себя те числовые вектора рангов значимости, которые уже включены в подмножество $W(m, n)$ неравенств

векторов с дискретными компонентами, удовлетворяющих системе всех и равенств, задаваемых ординальными, интервальными и качественно недостаточными начальными данными I . При этом подмножество $T(m, n; I)$ есть совокупность перенумерованных возможных значений индекса t : $T(m, n; I) = \{1, \dots, N(m, n; I)\}$. Т.о., подмножество $W(m, n; I)$ является множеством всех допускаемых численных векторов значений рангов значимости. Очевидно: множество всех допускаемых численных векторов значений рангов значимости $W(m, n; I)$ есть подмножество множества всех возможных численных векторов значений рангов значимости $W(m, n)$. Указанные 2-ва множества совпадают с точностью до элемента в варианте отсутствия ограничений на ранги значимости - $I (I = \emptyset)$, т.е. в ситуации отсутствия любых начальных экспертных данных о рангах значимости показателей в их композициях: $W(m, n; \emptyset) = W(m, n)$. Иными словами, справедливо $W(m, n; I) \subseteq W(m, n)$ и $N(m, n; I) \leq N(m, n)$. Если система I включает в себя хотя бы одно нетривиальное равенство или неравенство, то справедливы соотношения: $W(m, n; I) \subset W(m, n)$ и $N(m, n; I) < N(m, n)$. Тогда становится возможным очень значимое снижение значения допустимых численных векторов $N(m, n; I)$ в сравнении с начальным числом $N(m, n)$ возможных векторов рангов значимости.

Очевидная неопределенность в назначении конкретного численный вектора рангов значимости $w = (w_1, \dots, w_m)$ из множества допустимых векторов $W(m, n; I)$ моделируется путем рандомизации этого назначения. В тоге такого моделирования получается рандомизированный численный вектор рангов значимости $\tilde{w}(I) = (\tilde{w}_1(I), \dots, \tilde{w}_m(I))$, рассматриваемый как дискретная СВ, распределенная равномерно на $W(m, n; I)$. Соответственно рассчитываются МО $\bar{w}_i(I) = M \tilde{w}_i(I)$ и СКО $s_i = \sqrt{D \tilde{w}_i(I)}$, где $D \tilde{w}_i(I)$ - есть дисперсия СВ $\tilde{w}_i(I)$, i -го рандомизированного ранга значимости:

$$\bar{w}_i(I) = M \tilde{w}_i(I) = \frac{1}{N(m, n; I)} \sum_{t=1}^{N(m, n; I)} w_i^{(t)}, \quad (3.1.52)$$

$$s_i(I) = \sqrt{D\tilde{w}_i(I)} = \sqrt{\frac{1}{N(m,n;I)} \sum_{t=1}^{N(m,n;I)} [w_i^{(t)} - \bar{w}_i(I)]^2} . \quad (3.1.53)$$

Процедуру ранжирования показателей в композициях, как основополагающей составной части метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, можно проиллюстрировать на примере для трех более простых показателей ($m=3$) объединяемых в композицию более сложного показателя. Значимость более простых показателей оценивается локальными рангами значимости w_1, w_2, w_3 , определяемые на цифровой сетке с шагом $h=1/5=0.2$ ($n=5$). Это означает, что полная числовая сетка $W(3,5)$ возможных векторов рангов значимости $w^{(t)} = (w_1^{(t)}, w_2^{(t)}, w_3^{(t)})$ включает $N(3,5) = 21$ строку, показанные в левой таблице на рисунке 3.1.2. На базе начальных экспертных данных о соотношении показателей ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники рассматриваемого класса:

$$I_1 = \{w_1 > w_2; w_3 \leq 0.2\} \quad (3.1.54)$$

получено подмножество допустимых численных векторов рангов значимости $W(m,n;I_1) = W(3,5;I_1)$ из тех векторов $w^{(t)} = (w_1^{(t)}, w_2^{(t)}, w_3^{(t)})$ исходной числовой сетки, элементы которых соответствуют условиям из (3.1.54). Результаты ранжирования представлены в правой таблице на Рисунке 3.1.2.. В ней результаты вычислений на базе формул (3.1.52) и (3.1.53), МО $\bar{w}_i(I_1)$ и СКО $s_i(I_1)$ рандомизированных рангов значимости $\tilde{w}_i(I_1)$, при $i=1,2,3$, где i - индекс более простого показателя в композиции более сложного показателя качества.

Анализируя представленный пример реализации процедуры ранжирования показателей в композициях более сложных показателей качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, необходимо обратить внимание, что математический учет нечеткости и зашумленности входных квалиметрических данных I дает возможность увеличить точность оценок рангов значимости элементарных показателей $\bar{w}_i(I)$, $i=1,\dots,m$, в сводных и интегральных показателях $\bar{Q}_+^{(j)}$, $j=1,\dots,k$. На практике это выражается в уменьшении СКО $s_i(I)$ и $S^{(j)}(I)$, а также в росте достоверности ранжирования

элементарных и сводных показателей в композициях (устремляются к 1 значения вероятности доминирования $p(r, s; I)$, $r, s = 1, \dots, m$, и $P(j, l; I)$, $j, l = 1, \dots, k$).

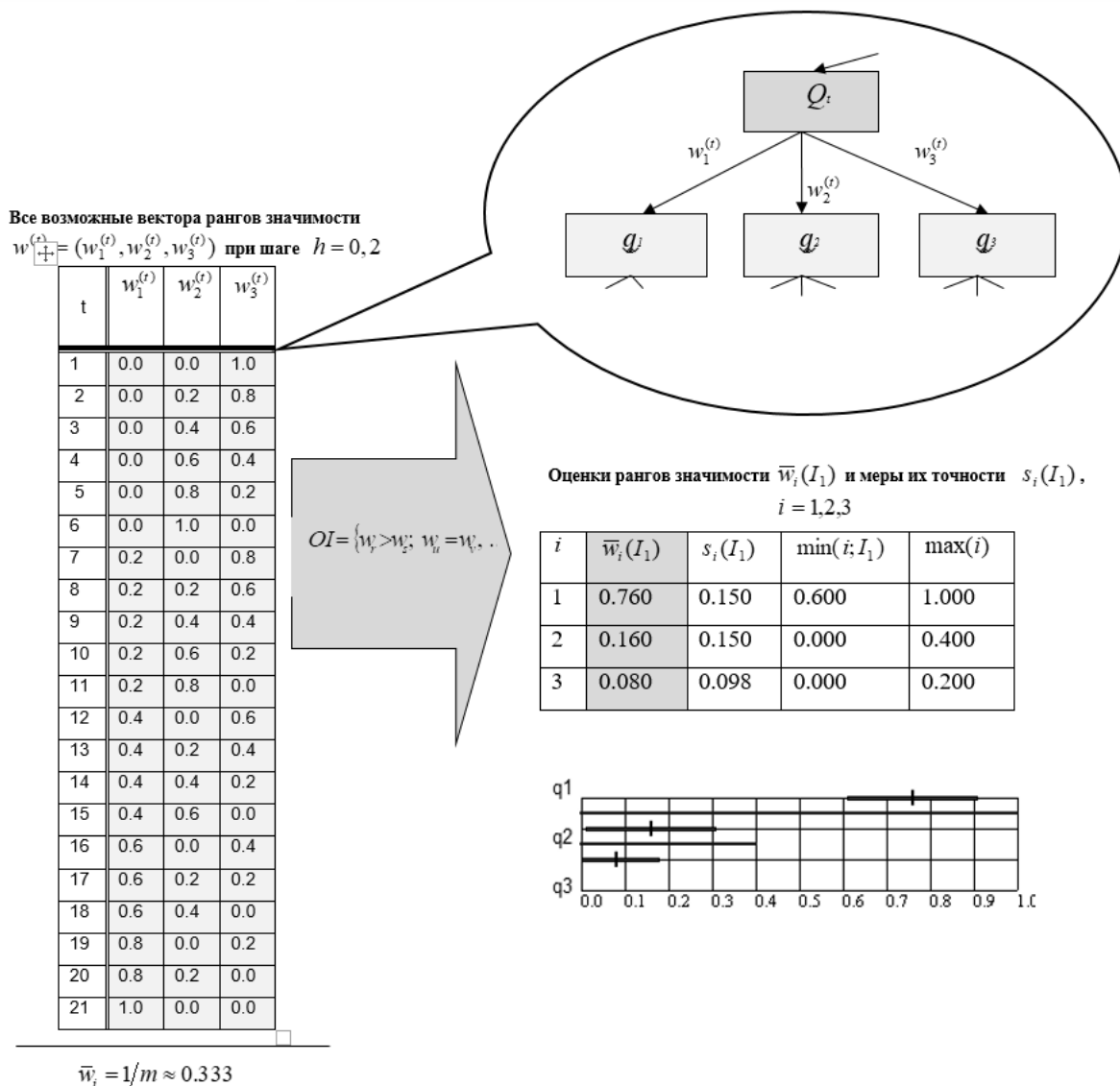


Рисунок 3.1.2. – Пример реализации процедуры ранжирования показателей в композициях более сложных показателей качества

3.1.3. Процедура расчета значений показателей оценки качества ИЭТР

Расчет значений показателей оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в условиях первичного применения процедуры ранжирования показателей в композициях более сложных показателей качества имеет ряд специфических особенностей. Нужно указать следующие специфические варианты проведения оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту

авиационной техники в зависимости от способов получения входных экспертных данных:

- при определении рангов значимости на базе непосредственных, оценочных входных данных о приоритетах более простых показателей оценки;
- при определении рангов значимости на базе экспертной выборки данных, состоящих из примеров ранее оцениваемых реализаций ИЭТР;
- при определении рангов значимости на базе нечетких исходных данных о приоритетности элементарных и сводных показателей в составе интегрального;
- при определении рангов значимости на базе многоуровневой иерархической сети показателей.

Структура процедуры расчета значений показателей оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в обобщенном виде показана на Рисунке 3.1.3.

Детализированное рассмотрение существа выше описанных варианты проведения оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в зависимости от способов получения входных экспертных данных позволяет раскрыть существо рассматриваемой процедуры в целом.

А.) Оценка качества при определении рангов значимости на базе непосредственных, оценочных входных данных о приоритетах более простых показателей оценки. При таком варианте оценки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по входным данным о значениях частных показателей z_1, \dots, z_m , непосредственно оцененным по номинальным шкалам, выводятся значения y_1, \dots, y_m , $y_i = y_i(z_i)$, $i = 1, \dots, m$, «мягко измеряемым» по ординальным шкалам. В дальнейшем формируются конкретные значения показателей x_1, \dots, x_m , через квантификацию соотнесенных параметров: $x_i = \varphi_i(y_i)$. И затем, определяются значения показателей q_1, \dots, q_m , $q_i = q_i(x_i)$, из состава качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Итогом являются численные векторы $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, $j = 1, \dots, k$, значений элементарных показателей q_1, \dots, q_m для наиболее полного множества k

$$\bar{Q}_j(I) = \sum_{i=1}^m \bar{w}_i(I) q_i^{(j)}. \quad (3.1.55)$$

Перебирая все варианты определения оценок $\bar{w}_i(I)$, $i=1, \dots, m$, рангов задающих значимость более простых показателей в композициях более сложных показателей качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, необходимо учитывать, что такой случай получения $\bar{w}_i(I)$, $i=1, \dots, m$, заключается в непосредственном экспертном изложении непосредственных, оценочных входных данных I о приоритетах более простых показателей оценки q_1, \dots, q_m в составе более сложных, с последующим расчетом требуемых сводных и интегральной оценок на основе аппарата рандомизации.

Б.) Оценка качества при определении рангов значимости на базе экспертной выборки данных, состоящих из примеров ранее оцениваемых реализаций ИЭТР.

Этот вариант оценивания качества применяется в случае, если в ходе предметной экспертизы констатируется недостаток исходных квалиметрических данных J о текущих параметрах по сводным показателям Q_j , $j=1, \dots, k$, при этом эти данные могут быть выражены в виде $J = \{Q_r > Q_s, Q_j = Q_l, A_u \leq Q_u \leq B_u, \dots\}$, где $0 \leq A_u \leq B_u \leq 1$. В виду того, что неравенство, как, например, $Q_r > Q_s$ по сводным показателям может быть выражено как линейное неравенство:

$$Q_r = \sum_{i=1}^m q_i^{(r)} w_i > Q_s = \sum_{i=1}^m q_i^{(s)} w_i \quad (3.1.56)$$

для численного вектора рангов значимости w_1, \dots, w_m , то указанные входные данные J надо рассмотреть в качестве исходных недостаточных мягких данных о рангах значимости показателей качества и синтезировать на их основе требуемые оценки рангов $\bar{w}_i(J)$, $i=1, \dots, m$. Так, в частности, когда экспертиза констатирует исходные квалиметрические данные J о значимости оцениваемых исполнений ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по уровню достижения соответствующих значений сводных показателей: $J = \{Q_2 > Q_6 > Q_1 > Q_5 > Q_8 > Q_7 > Q_3 > Q_4 > Q_9\}$. Таким образом, предварительно упорядоченное множество ранее оцененных исполнений ИЭТР

по эксплуатации и ремонту авиационной техники представляется в качестве обучающей выборки, на базе которой синтезируются оценки рангов значимости $\bar{w}_i(J)$, $i = 1, \dots, 5$, для локальных рангов w_1, \dots, w_5 .

В.) Оценка качества при определении рангов значимости на базе нечетких исходных данных о приоритетности элементарных и сводных показателей в составе интегрального;

Этот вариант оценивания качества применяется в случае, если в ходе предметной экспертизы констатируется недостаток исходных квалиметрических данных I о некоторых рангах значимости элементарных показателей w_i , $i = 1, \dots, m$, и недостаточном объеме исходных квалиметрических данных J о значениях сводных показателей Q_j , $j = 1, \dots, k$. В таком случае, эксперт использует смешанные мягкие данные (I, J) для синтеза оценок рангов значимости $\bar{w}_i(I, J)$, $i = 1, \dots, m$, определяющих весовые соотношения между элементарными показателями q_1, \dots, q_m в композициях сводных показателей типа $Q = Q(q_1, \dots, q_m)$ для качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Г.) Оценка качества при определении рангов значимости на базе многоуровневой иерархической сети показателей.

Большое число элементарных показателей q_1, \dots, q_m , необходимых для полновесной оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники диктует переход к иерархической структуре сворачивания элементарных показателей в сводные, а сводных в интегральный: т.е. на каждом уровне такой иерархии последовательно агрегируются более частные показатели данного уровня в сводные показатели выше стоящего уровня. Вершиной этой иерархической структуры будет интегральный показатель качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Оценка рангов значимости для показателей в такой иерархической структуре, учитывающих влияние более частных (в т.ч. элементарных) показателей на сводные и интегральный показатели ИЭТР по эксплуатации и ремонту

авиационной техники, имеет ряд специфических особенностей. Так, если к примеру из пяти элементарных показателей q_1, \dots, q_5 , три (q_1, q_2, q_3) оценивают качество контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а два остальных (q_4, q_5) – его программно-техническое качество, то тогда показатели q_1, q_2, q_3 сворачиваются в сводный композиционный показатель $Q_1 = Q_1(q_1, q_2, q_3) = q_1 w_1^{(1)} + q_2 w_2^{(1)} + q_3 w_3^{(1)}$, где ранги значимости $w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)}$ определяются по исходным недостаточным экспертным квалиметрическим данным $I_1 = \{w_3^{(1)} > w_2^{(1)} > w_1^{(1)}\}$. В результате получается: сводный показатель Q_1 дает комплексную оценку качества контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Показатели q_4, q_5 сворачиваются в сводный показатель $Q_2 = Q_2(q_4, q_5) = q_4 w_4^{(1)} + q_5 w_5^{(1)}$, где ранги значимости $w_4^{(1)}, w_5^{(1)}$ рассчитываются по прямым недостаточным исходным «мягким» данным $I_2 = \{w_4^{(1)} > w_5^{(1)}\}$. В этом случае, сводный показатель Q_2 дает комплексную оценку программно-технического качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

На базе выше разработанного математического аппарата производится рандомизация оценок рангов значимости $\bar{w}_i^{(1)}(I_1)$, $i = 1, 2, 3$, и по композиционным коэффициентам значимости $w_1^{(1)}, w_2^{(1)}, w_3^{(1)}$ рассчитываются значения $\bar{Q}_j^{(1)}(I_1)$, $j = 1, \dots, k$, сводного показателя качества контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Аналогично рассчитываются значения сводного показателя Q_2 программно-технического качества контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Подставляя в формулу (3.1.55) оценки $\bar{w}_i^{(1)}(I_2)$, $i = 4, 5$ рангов значимости $w_4^{(1)}, w_5^{(1)}$, можно получить корректные значения $\bar{Q}_j^{(2)}(I_2)$, $j = 1, \dots, k$, для сводного показателя программно-технического качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Далее сводные показатели Q_1, Q_2 численно сворачиваются в интегральный показатель $Q_3 = Q_3(Q_1, Q_2) = Q_1 \cdot w_1^{(2)} + Q_2 \cdot w_2^{(2)}$ качества контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по всему семейству показателей $q_1, \dots, q_5, Q_1, Q_2$ частных и сводных показателей. Иными словами, на основе формулы (3.1.55) и рассчитанных оценок $\bar{w}_i^{(2)}(I_3)$, $i = 1, 2$, рангов значимости $w_1^{(2)}, w_2^{(2)}$, определяются значения $\bar{Q}_j^{(3)}(I_3)$, $j = 1, \dots, k$, интегрального

показателя качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники для каждого из анализируемых k его исполнений.

Таким образом, обобщенная схема расчета значений показателей оценки качества ИЭТР, для оценивания конкретных исполнений указанных руководств, включает три основных шага:

- в несколько ранее описанных этапов для k оцениваемых исполнений ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники строятся численные векторы $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, $j = 1, \dots, k$, значений элементарных показателей q_1, \dots, q_m .

- по получаемым в ходе экспертизы нечетким и(или) недостаточным исходным данным I о композиционной значимости более частных показателей q_1, \dots, q_m в составе более сводных показателей рассчитываются оценки $\bar{w}_i(I)$, $i = 1, \dots, m$, рангов, определяющих значимость указанных показателей в их композициях.

- на основе численных векторов $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)})$, $j = 1, \dots, k$, значений элементарных показателей q_1, \dots, q_m и оценок $\bar{w}_i(I)$, $i = 1, \dots, m$, рангов значимости w_1, \dots, w_m , рассчитывается для j -го анализируемого исполнения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники значение $\bar{Q}_j(I)$ интегрального показателя качества, как взвешенное среднее арифметическое $\bar{Q}_j(I) = \sum_{i=1}^m \bar{w}_i(I) q_i^{(j)}$ значений $q_1^{(j)}, \dots, q_m^{(j)}$, $j = 1, \dots, k$, математически аналогичных более частных показателей.

Описанная обобщенная схема расчета значений показателей оценки качества есть существо разработанного метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Она позволяет логически обобщить в единую общность ранее описанные и раскрытые процедуры шкалирования и рандомизации рангов значимости показателей оценки качества указанных ИЭТР.

3.2. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Предлагаемый метод выявления аномалий качества рассматриваемых ИЭТР есть совокупность соответствующей логико-математической модели таких аномалий, разработанной применительно к логическим схемам предметного контента (п.2.2.) и алгоритма её применения в рамках технологического процесса создания интерактивных руководств. Именно через детализацию указанных модели и алгоритма ниже раскрыто существо защищаемого метода.

3.2.1. Представление аномалии графом изоморфно вложенным в структуру ЛСПК ИЭТР

Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, разработанная и описанная в пп.2.1, предусматривает, что улучшение программно-технологического качества указанных электронных руководств осуществляется с использованием известного квалиметрического инструментария для программных и информационных продуктов. Она предусматривает концентрацию именно на улучшении качества контента ИЭТР, того содержательного материала, который описывает предметную область эксплуатации и ремонта конкретных образцов авиационной техники. В свою очередь, метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР предоставляет разработчикам средство обеспечения именно качества контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Однако, разработка электронного контента для ИЭТР с использованием ЛСПК не гарантирует отсутствия аномалий качества в нем. В случае, если применение метода многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники покажет низкий результат достигнутого в результате разработки качества, то объективно

возникает необходимость улучшения этого качества. Соответственно, такая необходимость определяет и задачу поиска аномалий в электронном контенте оцененного ИЭТР. Именно для решения этой задачи и предназначен метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, которые были первоначально разработаны на базе соответствующих ЛСПК.

Модель аномалии качества ИЭТР предусматривает рассмотрение структуры ЛСПК как некоторого базового графа, а аномалии как более частного графа. Такой более частный граф представляет собой графическое описание различных частных искажений логики, описываемой в виде ЛСПК.

Существует целый ряд типовых искажений логики в построении электронного контента ИЭТР, в последовательности предъявления кадров и пр. В качестве наиболее простых примеров можно привести следующие:

- логическое кольцо. Эта ошибка свойственна ЛСПК со сложной и громоздкой структурой, изобилующей условными переходами. Суть её представима в виде продукции (3.2.1).

Если установлен *<факт А>* **то** принимается *<факт В>*; (3.2.1)
и установлен *<факт В>* **то** принимается *<факт С>*.
и установлен *<факт С>* **то** принимается *<факт А>*.

Указанная логическая ошибка представима в виде простого графа, показанного на рисунке 3.2.1. Такой граф может иметь сколь угодно большое число вершин.

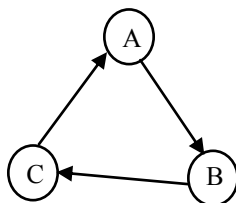


Рисунок 3.2.1 - Представление ошибки «логическое кольцо» в виде простого направленного графа

При всей очевидности существования этой ошибки, в условиях большого числа учитываемых и принимаемых факторов, и условных переходов в ЛСПК, она является самой массовой.

- транзитивное замыкание. Существо этой ошибки заключается в появлении логических связей в ЛСПК, которые игнорируют всю цепочку причинно-следственных связей установления тех или иных фактов. Суть её представима в одновременном наличии в ЛСПК структурных составляющих схемы представимых продукциями (3.2.2) и (3.2.3). Логическая ошибка «транзитивное замыкание» представима в виде простого графа, показанного на рисунке 3.2.2.

Если установлен *<факт А>* **то** принимается *<факт В>*; (3.2.2)

и установлен *<факт В>* **то** принимается *<факт С>*;

и установлен *<факт С>* **то** принимается *<факт D>*.

Если установлен *<факт А>* **то** принимается *<факт D>*. (3.2.3)

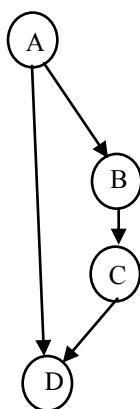


Рисунок 3.2.2 - Представление ошибки «транзитивное замыкание» в виде простого направленного графа

- не обусловленный факт (не выполненное условие). Существо этой ошибки заключается в появлении в ЛСПК фактов – вершин в их структуре, которые являются начальными в цепочке рассуждений, но сами контекстно не относятся к данной области рассуждений и логически не обусловлены.

Аналогично, это относится к фактам, которые обуславливают другие факты как условия их установления, но последние не установлены в ЛСПК (обрыв). Графически такие ошибки представляются в виде вырожденных графов в одну вершину.

Иными словами, структура ЛСПК рассматривается как базовый граф в рамках которого определяется подграф изоморфный заданному. При этом изоморфизм графов понимается как отношение эквивалентности на множестве графов. Изоморфным отображением одного графа на другой называется взаимно однозначное отображение вершин и рёбер одного графа соответственно на вершины и рёбра другого графа, при котором сохраняется отношение инцидентности. Два графа называются изоморфными, если существует изоморфное отображение одного из этих графов на другой [63]. При этом, инцидентность - геометрический термин, употребляемый для обозначения отношения принадлежности (связи, соединения) между основными объектами геометрии (точками, прямыми, плоскостями и т.д. [79]. Граф на изоморфность к которому определяется подграф в составе базового графа, представляющего структуру ЛСПК, графически задает соответствующий вид логической аномалии контента в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (аномалии логики изложения предметного контента согласно ЛСПК). Существо и примеры представления аномалий качества контента ИЭТР как изоморфного вложения графа, представляющего структуру соответствующего ЛСПК, рассмотрены более детально и для более сложных видов ошибок ниже, в пп.3.2.2.

Процесс представления аномалии графом изоморфно вложенным в структуру ЛСПК ИЭТР, при формализации описания модели указанной аномалии, используя математические методы аппарата теории графов, приобретает вид, представленный на рисунке 3.2.3. Собственно алгоритм распознавания изоморфного вложения графа-аномалии в ЛСПК ИЭТР, по отношению к общему методу выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, не будет иметь значительных логико-структурных изменений. В нём, прежде всего, конкретизированы

процедуры декомпозиции ЛСПК и распознавания вложения аномальных структур на базе аппарата теории графов. Сложность применения такого подхода связана с тем, что задача распознавания аномалий качества в ЛСПК ИЭТР в этом случае определяется как задача распознавания изоморфного вложения графов (или изоморфизм подграфу), существующие алгоритмы решения которой имеют экспоненциальную временная сложность программной реализации [79].



Рисунок 3.2.3 - Основные этапы представления аномалии графом изоморфно вложенным в структуру ЛСПК ИЭТР

Для любой алгоритмической задачи теории графов удаётся построить полиномиальный алгоритм или доказать её принадлежность к классу NP-полных задач. Задача определения изоморфизма графов – это одна из немногих задач теории графов, для которой не удалось осуществить синтез обобщенного полиномиального алгоритма решения, но для некоторых специальных классов графов удалось построить полиномиальные алгоритмы частных решений. Задачу определения изоморфного вложения графа большинство исследователей относят к классу NP-полных задач [62,79]. Именно поэтому в работе был проведен дополнительный учет особенностей построения структур ЛСПК как направленных графов.

В ходе диссертационного исследования было установлено, что задача распознавания изоморфизма графов имеет корректную интерпретацию в предметной области проектирования и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В частности, разработан целый ряд эффективных алгоритмов распознавания в составе сложного графа, каким является структура ЛСПК реального практически-применимого ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, подграфа изоморфного заданному (подграфа-аномалии качества) [79]. Необходимо указать, что выделяют 2 класса алгоритмов проведения такого распознавания. Класс 1 связан с воплощением принципа иерархичности т.н. не переборных алгоритмов, рекурсивно совершенствующих свою эффективность в плане полноты и чувствительности анализируемых свойств вершин и/или ребер, инвариантных к изоморфизму графов и, соответственно, именуемых инвариантами. Класс 2 алгоритмов увязан с воплощением этого же принципа иерархичности алгоритмов, но в плане перебора на одном из шагов поиска т.н. изоморфной подстановки. Худшие параметры демонстрируют алгоритмы, воплощающие т.н. полный прямой перебор. Они применимы лишь к ЛСПК ограниченной размерности. Вместе с тем, решение задачи изоморфного вложения подграфа в состав графа-ЛСПК ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в программно-алгоритмическом плане является тривиальным и описано в работах [63,79].

Таким образом, репрезентация аномалии качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники графом изоморфно вложенным в структуру его ЛСПК позволяет свести выявление указанных аномалий к математико-алгоритмической задаче распознавания или поиска соответствующего изоморфного подграфа в структуре соответствующей логической схемы. Это позволяет обнаружить и распознать устойчивые структурные вложения, характеризующие логические ошибки подачи электронного контента в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники из перечня/базы заранее определённых аномальных логических подструктур.

3.2.2. Конкретизация графовой модели аномалии качества ИЭТР, разработанного на базе логических схем предметного контента

Проведенное исследование представления аномалий качества контента ИЭТР как изоморфного вложения графа, представляющего структуру соответствующего ЛСПК показало, что графы описывающие указанные аномалии могут носить разнообразную и весьма сложную форму. Так, в частности, на рисунке 3.2.4. приведены некоторые примеры графов, описывающих разные сложные аномалии качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники – подграфов структур их ЛСПК. Представленное на рисунке 3.2.4. множество графов дает возможность понять всю сложность и комбинаторную вариабельность решения частной задачи конкретизации графовой модели аномалии качества ИЭТР, разработанного на базе логических схем предметного контента. Существо указанной конкретизации заключается в следующем: 2 графа $G=(X,U)$ и $L=(X',U')$ изоморфны, если между парами множеств их вершин, рёбер и дуг существуют взаимно однозначных соответствия, сохраняющие смежность и ориентацию для дуг [79]. Значение попарно изоморфных графов с заданным значением вершин и заданным значением рёбер конечно. Для полносвязных графов, у которых любая вершина графа связана рёбрами со всеми остальными вершинами, это число равно $N!$, где N - число вершин графа. Изоморфное отображение φ графа G_1 на граф G_2 задаётся перестановкой $\varphi = \left(\begin{array}{cccccc} x_1 & x_2 & \dots & x_i & \dots & x_p \\ \varphi(x_1) & \varphi(x_2) & \dots & \varphi(x_i) & \dots & \varphi(x_p) \end{array} \right)$, называемой изоморфной. При распознавании изоморфизма графов $G_1=(X_1,R_1)$ и $G_2=(X_2,R_2)$ необходимо определить: изоморфны графы или нет? В случае положительного ответа на этот вопрос и установления изоморфизма необходимо указать изоморфную подстановку. В виду того, что строго не определено в теории графов: относится ли задача распознавания изоморфизма графа к классу P или является NP -полной задачей, то правомерно применение целого ряда математических методов установления изоморфизма в качестве

методологического базиса разработки искомого алгоритма для случая определения аномалий качества ИЭТР, разработанных на базе ЛСПК.

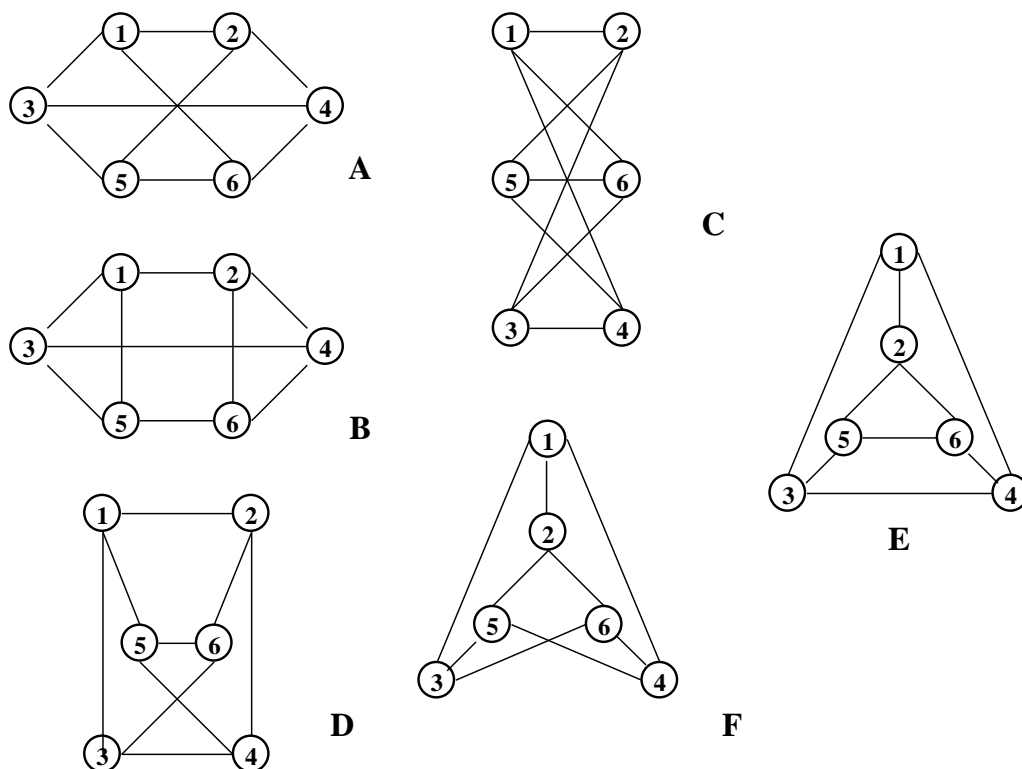


Рисунок 3.2.4 - Пример изоморфных графов, представляющих аномалии качества электронного контента ИЭТР

Классификация математических методов установления изоморфизма графов, они же методы решения задачи распознавания изоморфизма графа заданному, показана на рисунке 3.2.5. [79].

Инвариант графа это некоторая L – функция, сопоставляющая графу L соответствующий элемент $f(L)$ из множества M элементами которого выступают числа или системы чисел, векторы, многочлены, матрицы и другие алгебраические структуры. Для изоморфных графов значения этой функции совпадают. Иными словами, для изоморфных графов верно [63]:

$$\{L ; L'\}: L \cong L' \Rightarrow f(L) = f(L') \quad (3.2.4)$$

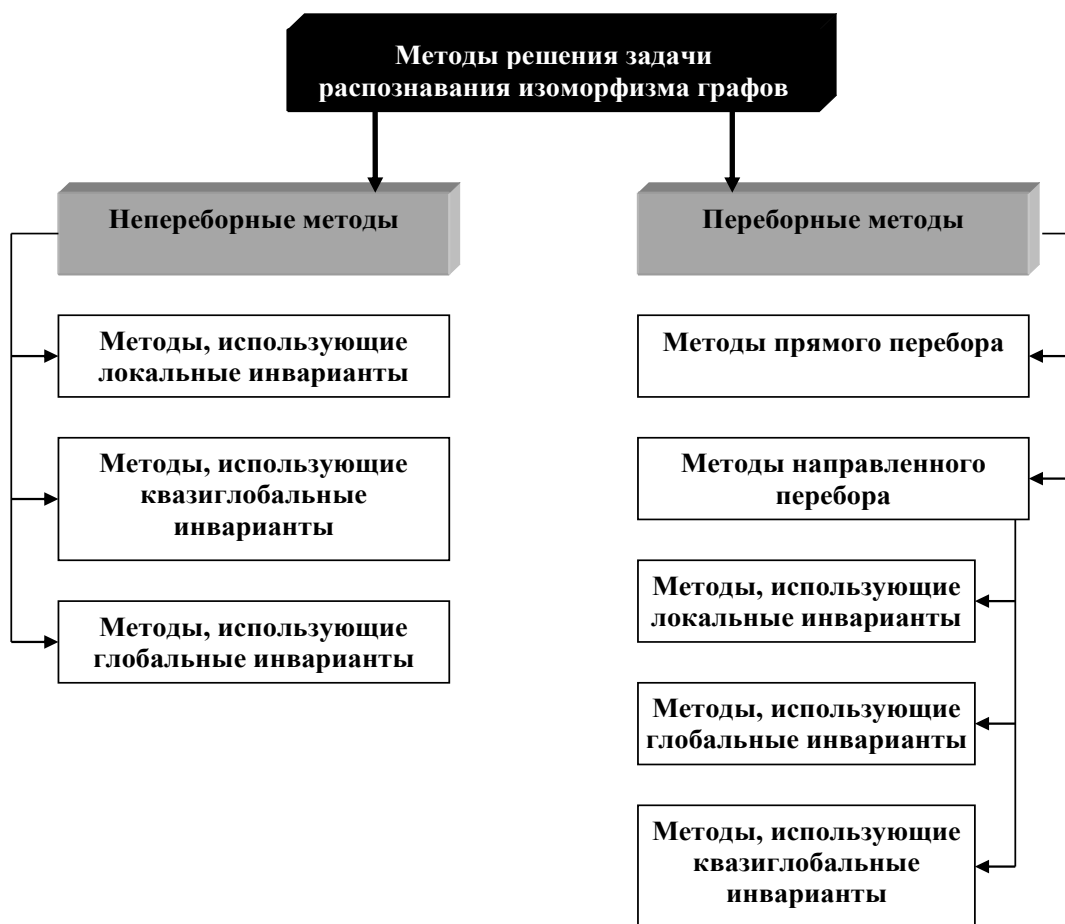


Рисунок 3.2.5 -Классификации методов установления изоморфизма графов

В соответствии с разнообразием выбора однотипных фрагментов графа различают три класса инвариантов: локальные, квазиглобальные и глобальные. Примером локального инварианта является кортеж степеней вершин, примером квазиглобального инварианта является кортеж степеней пар вершин, а канонический вид матрицы смежности графа является примером глобального инварианта. В данном случае, необходимо найти такой инвариант, который бы алгоритмически вычислялся по заданному графу, и при этом определял граф однозначно с точностью до изоморфизма. Сложность поиска такого инварианта наглядно иллюстрируется рисунком 3.2.6. на котором показаны очевидно не изоморфные графы, которые имеют одно и тоже значение инварианта. Решение подзадачи определения инварианта осуществляется на основании доказанного в теории графов положения, что граф G изоморфно вкладывается в граф G' тогда и только тогда, когда [63]:

$$\varphi(G \langle \rangle G') \geq |G|. \quad (3.2.5)$$

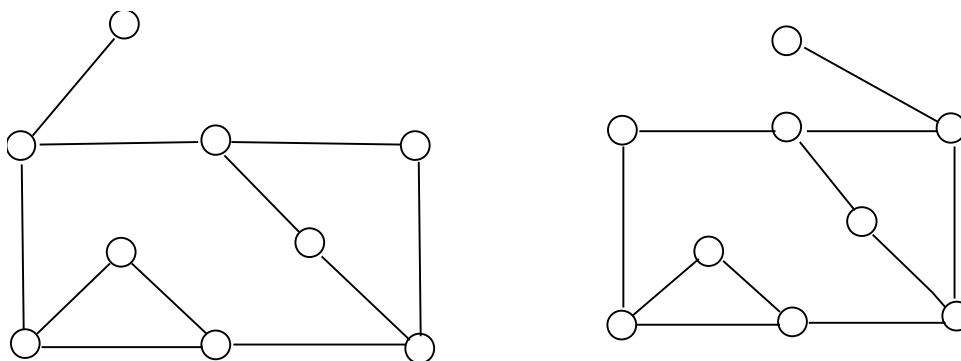


Рисунок 3.2.6 - Пример неизоморфных графов с одинаковым значением инварианта

В свою очередь, Модульным произведением $G \langle \rangle G'$ графов G и G' называется граф, определяемый следующими условиями:

- 1.) $V(G \langle \rangle G') = VG * VG'$ декартово произведение множеств VG и VG' ;
- 2.) вершины (u, u') и (v, v') графа $G \langle \rangle G'$ смежны тогда и только тогда, когда одновременно $u \neq v$ и $u' \neq v'$ и либо $uv \in EG$, $u'v' \in EG'$, либо $uv \notin EG$, $u'v' \notin EG'$.

Пример простейшего модульного произведения графов показан на рисунке 3.2.7.

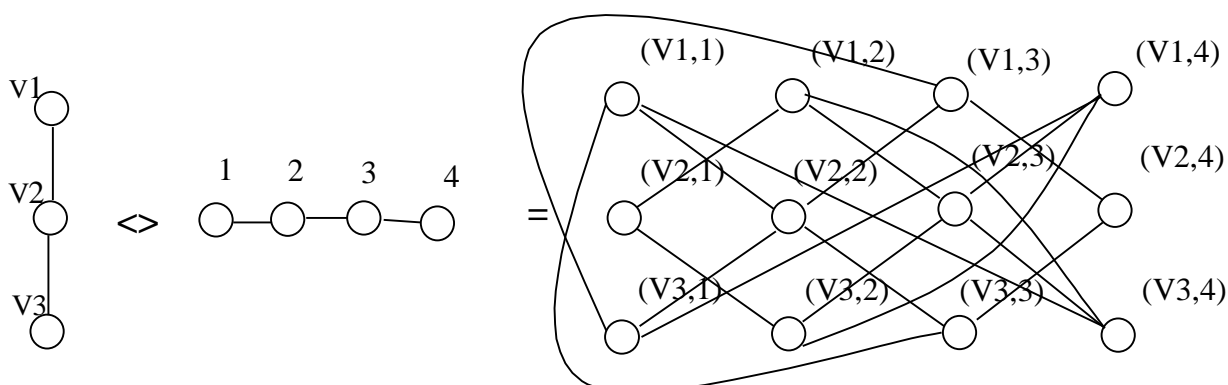


Рисунок 3.2.7 – Графическое представление примера модульного произведения графов

Необходимо отметить, что размерность модульного произведения графов равна произведению размерностей этих графов, т.о. применимость данного математического метода в алгоритмах существенно ограничено при числе вершин $n > 50$ [79]. Особенно математические методы поиска изоморфизма

графов оказываются неэффективны для сильнорегулярных графов, когда графы имеют более пяти однородных N - степенных вершин [63]. Решая задачу для различных условий поиска изоморфизма графов (размерность графов, их регулярность, однородность и пр.), определяется функция временной сложности самой задачи. Речь идёт о различии между полиномиальными и экспоненциальными алгоритмами. Различие между двумя указанными типами алгоритмов становится особенно заметным при решении задач большой размерности. Таблица 3.2.1. даёт возможность сравнить скорости роста нескольких типичных полиномиальных и экспоненциальных функций [4]. Данные из таблицы 3.2.1. позволяют увидеть причины, по которым полиномиальные алгоритмы считаются более предпочтительными по сравнению с экспоненциальными. Большинство экспоненциальных алгоритмов – это варианты полного перебора, в то время как полиномиальные алгоритмы возможно построить лишь тогда, когда удаётся строго формализовать предметную суть решаемой задачи. Иными словами, в теории графов задача считается строго формализованной если для её решения получен полиномиальный алгоритм [4].

Таблица 3.2.1 - Сравнение характеристик полиномиальных и экспоненциальных алгоритмов решения задачи поиска изоморфизма графов

Функция временной сложности	Размер n				
	10	20	30	40	50
n	0,00001 с	0,00002 с	0,00003 с	0,00004 с	0,00005 с
n^2	0,0001 с	0,0004 с	0,0009 с	0,0016 с	0,0025 с
n^3	0,001 с	0,008 с	0,027 с	0,064 с	0,125 с
n^5	0,1 с	3,2 с	24,3 с	1,7 мин.	5,2 мин.
2^n	0,001 с	1,0 с	17,9 мин.	12,7 дней	35,7 лет
3^n	0,059 с	58 с	6,5 лет	3855 столетий	$2 \cdot 10^8$ столетий

Худшие параметры у алгоритмов, использующих математический метод полного прямого перебора: анализа всех $N!$ взаимно однозначных соответствий между множествами вершин и выяснения, совмещаются ли полностью рёбра

графа хотя бы при одном соответствии, при том, что компьютер способен сгенерировать и обработать десять миллионов перестановок в секунду при числе вершин $N=15$ потребуется около 36 часов машинного времени, соответственно для $N=16$ – 24 дня, а для $N=18$ уже около 20 лет машинного времени. Это говорит о том, что алгоритмизация задачи изоморфного вложения графов по пути применения математический метод полного прямого перебора трансвычислима и не может быть реализована на практике. Изоморфное вложение или изоморфизм подграфу: Граф G_2 изоморфно вложим в граф G_1 , если в графе G_1 существует подграф, изоморфный графу G_2 [79]. При этом задача изоморфного вложения графа является NP-полной задачей. Эта задача отличается от задачи распознавания графов: в частности, чтобы решить задачу изоморфизма подграфа с использованием известных алгоритмов распознавания изоморфизма графов, необходимо реализовать процедуру выявления в графе G_1 подмножества вершин $X \subset X_1$, равномощного с множеством вершин X_2 графа G_2 . Данная процедура включает k_1 действий, где $k_1 = \binom{p_1}{p_2}$, $p_1 = |X_1|$, $p_2 = |X_2|$.

Следовательно, k_1 раз необходимо применить алгоритм распознавания изоморфизма графов как некоторую частную процедуру в составе более общего алгоритма.

Таким образом, конкретизация графовой модели аномалии качества ИЭТР, разработанного на базе ЛСПК, заключается в определении наилучшего математического метода решения задачи изоморфного вложения графов, соответствующего ограничениям и условиям предметной области управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

3.2.3. Алгоритм распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре ЛСПК ИЭТР

В целях разработки конкретизированного алгоритма изоморфного вложения графа, применительно к задаче распознавания или поиска соответствующего

изоморфного подграфа-аномалии в структуре соответствующей ЛСПК ИЭТР, в ходе диссертационного исследования необходимо было рассмотреть несколько дополнительных понятий теории графов. Так, структуре ЛСПК сопоставлен N -вершинный граф L . Пронумеровав его вершины натуральными числами, осуществляется синтез изоморфного к L графа, вершинами которого служат эти числа. Вариантов такого графа будет $n!$ – т.е. столько, сколько есть перестановок из n элементов. Далее задается квадратная матрица:

$$A(L) = \left\| a_{ij} \right\|_n \quad (3.2.5)$$

с n строками и n столбцами, элементы которой определяются как:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я и } j\text{-я вершины в } L \text{ смежны} \\ 0, & \text{если эти вершины не смежны} \end{cases} \quad (3.2.6)$$

Очевидно, что $a_{ii} = 0$ и матрица $A(L)$ симметрична: $a_{ij} = a_{ji}$. Такая матрица будет матрицей смежности графа L с заданной нумерацией вершин. То есть, это квадратная матрица $A = \{a_{ij}\}$, будет являться матрицей смежности графа L , если при $a_{ij} = l$ в графе L вершины x_i и x_j соединены l рёбрами, при $a_{ij} = 0$ вершины x_i и x_j в L несмежны. На рисунке 3.2.8. представлены 2 матрицы смежности и соответствующие им изоморфные графы.

Степенью $s(L, x)$ вершины x графа L называется число его вершин, смежных с x , или, что то же, число рёбер, инцидентных этой вершине. При всяком изоморфизме \leftrightarrow графов L и L' соответствующие друг другу вершины должны иметь одинаковую степень, т.е. для любой $x \in X$ из $x \leftrightarrow x'$ ($x' \in X'$) должно следовать $s(L, x) = s(L', x')$. В самом деле, если для какой-то вершины x и соответствующей x' окажется $s(L, x) > s(L', x')$, то среди тех $s(L, x)$ вершин графа L' , которые отвечают смежным с x вершинам L , хотя бы одна не будет смежной с x' , т.е. соответствие \leftrightarrow не будет изоморфизмом, но это условие может оказаться приемлемым, в случае если граф L' изоморфно вложен в граф L , обратное утверждение ложно.

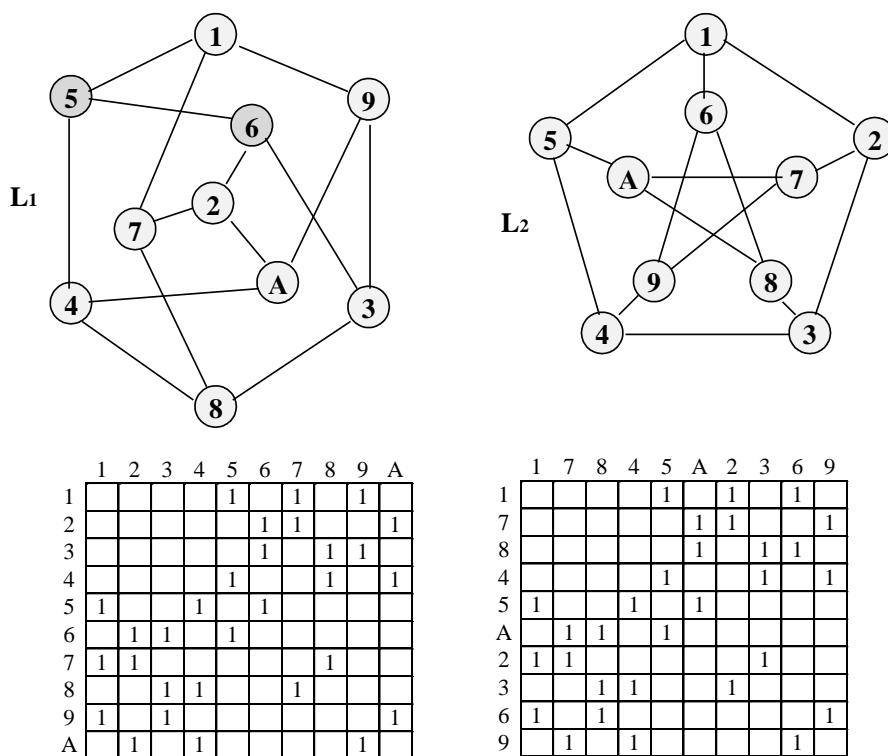


Рисунок 3.2.8 - Изоморфные графы и их матрицы смежности

Также для ориентированных графов различают полустепени исхода и захода. Полустепень исхода вершины – число инцидентных исходящих дуг, $S^-(x)$. Полустепень захода вершины – число инцидентных заходящих дуг, $S^+(x)$. В этой диссертационной работе для удобства алгоритмизации полустепени захода вершин записываются в $n+1$ строке, а полустепени исхода вершин – в $n+1$ столбце матрицы смежности n – вершинного ориентированного графа ЛСПК или его подграфов. Перестановочная матрица (матрица подстановок) представляет собой матрицу, в каждой строке и столбце которой находится по одной единице на пересечениях координат соответствующих друг другу вершин изоморфных графов. При умножении матрицы смежности одного графа слева и справа на перестановочную матрицу получаем матрицу смежности изоморфного графа. [63]. Например, если изоморфная подстановка имеет значения: $\varphi = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & A \\ 1 & 7 & 8 & 4 & 5 & A & 2 & 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$, то и перестановочная матрица примет вид, показанный на рисунке 3.2.9.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Рисунок 3.2.9 - Пример перестановочной матрицы/матрицы подстановок

Тогда становится возможным предложить конкретизированный алгоритм решения задачи поиска изоморфного вложения графа, соответствующий ограничениям и условиям предметной области управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. В соответствии с произведённой выше классификацией методов решения такой задачи математический метод, который реализован в алгоритме, является комбинированным методом направленного перебора. Он объединяет в себе основные преимущества, которые дают методы направленного перебора, использующие локальные, квазиглобальные и глобальные инварианты. В разработанном в ходе исследования алгоритме используются инварианты, как указано ниже:

- Число вершин $n(L)$;
- Число рёбер $m(L)$;
- Вектор степеней $S(L) = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, который в частности даёт числовые инварианты $s(L) = \min S(L, x)$ и $s'(L) = \max S(L, x)$;
- Полустепень исхода $S^-(x)$;
- Полустепень захода $S^+(x)$;
- Матрица смежности $A(L)$.

При синтезе указанного алгоритма были приняты следующие допущения и ограничения:

- предполагается, что вершины (рёбра) графов имеют одинаковые свойства, т.е. в алгоритме не учитываются весовые коэффициенты вершин (рёбер). Причина в том, что для различных видов графов будут и различные требования к весовым коэффициентам;
- все вершины должны быть пронумерованы;
- рассматриваются только ориентированные графы, т.е. при анализе неориентированных графов необходимо задавать одно ребро как два, связывающих вершины в обоих направлениях;
- не рассматриваются «несвязанные» вершины, т.е. каждый объект должен иметь хотя бы одно отношение с другим объектом;

Методологическим базисом предлагаемого алгоритма решения задачи изоморфного вложения графов является тезис о том, что логические схемы $S_1 = \{A_1, R_1\}$ и $S_2 = \{A_2, R_2\}$ создают в совокупности систему ограничений, которая воздействует на множество гипотетически возможных вариантов решения и существенно его сокращает. Т.е. производится не перебор вариантов решения, что привело бы к N -факториальным переборам, а производится наложение системы ограничений по определённому алгоритму на специально созданное поле и на этом поле в результате последовательности действий, направленных на удовлетворение требований этой системы ограничений, формируется уже готовый вариант решения. Этот вариант может выглядеть для графов одинаковой размерности как матрица подстановок. Является допустимым: поле с множеством гипотетически возможных подстановок представить в виде матрицы размерностью $n * m$, для n и m – число вершин графов соответственно. Такую матрицу далее корректно называть матрицей возможных подстановок. Так, в качестве иллюстрирующего примера, на Рисунке 3.2.10. приведены 2 графа G_1 и G_2 , и соответствующие им матрицы смежности. Подграф графа G_1 изоморфный графу G_2 выделен серым цветом. Матрица подстановок для графа G_2 и изоморфного для него подграфа графа G_1 показана на рисунке 3.2.11. При этом, инвариант изоморфной

подстановки остаётся тем же: $\varphi = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & A \\ 1 & 7 & 8 & 4 & 5 & A & 2 & 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$. В свою очередь,

сформированная матрица возможных подстановок в силу избыточности будет иметь т.н. пустые столбцы. Применительно к этому частному примеру указанная матрица возможных подстановок примет вид как показано на рисунке 3.2.12.

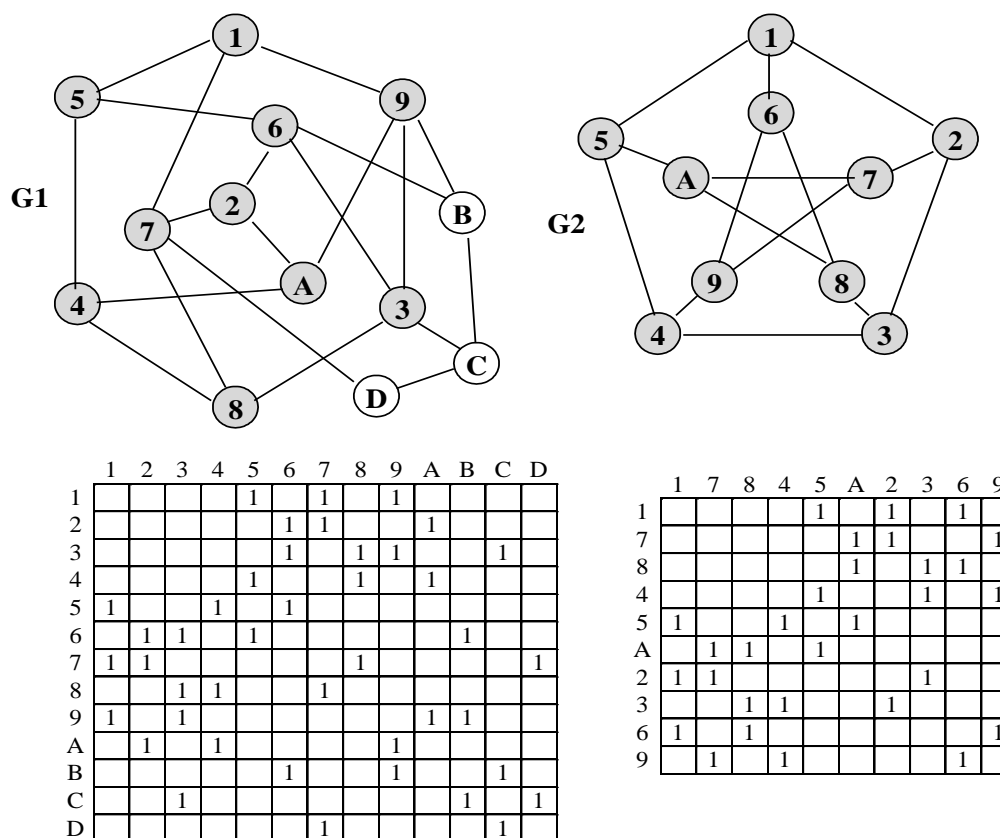


Рисунок 3.2.10 – Частный пример изоморфного вложения графов

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Рисунок 3.2.11 - Матрица подстановок для рассматриваемого примера

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Рисунок 3.2.12 - Матрица возможных подстановок для рассматриваемого примера

Логико-математическое существо матрицы возможных подстановок заключается в том, что на этой матрице отражено всё поле возможных решений текущей задачи изоморфизма графов. Так при решении этой задачи для графов одинаковой размерности путем прямого перебора считается, что каждой вершине $x_i \in X_1$ графа 1 может быть сопоставлена любая из $x_j \in X_2$ графа 2. Количество возможных подстановок на матрице размерностью $n \times n$ будет равным $n!$. Эта матрица является удобным средством для фильтрации всех невозможных подстановок. Такая фильтрация имеет 2 этапа. На этапе 1 производится устранение с поля возможных решений тех вариантов подстановок, которые невозможны принципиально по условию задачи (используя как фильтры глобальные, квазиглобальные и локальные инварианты, а также веса дуг или вершин и др.). На этапе 2 фильтрация вариантов имеет место для выдвигаемых гипотез о той или иной подстановке.

Существо работы предлагаемого алгоритма распознаения изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре ЛСПК ИЭТР можно эффективно проиллюстрировать на примере решения задачи изоморфного вложения графов, показанных на рисунке 3.2.13. Матрицы смежности и матрица возможных подстановок для этой пары графов приведены на рисунке 3.2.14. В матрице возможных подстановок C в первом столбце перечислены все

вершины графа B , а в первой строке – все вершины графа A . В столбце $N+1$ записывается количество возможных подстановок.

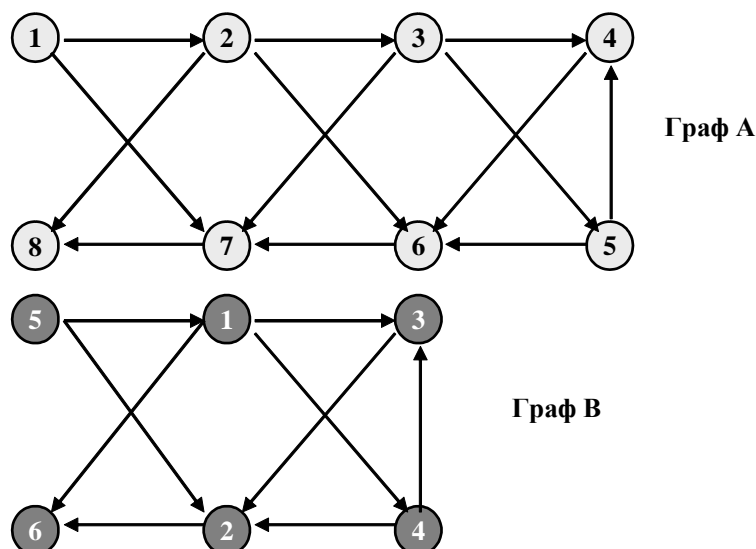


Рисунок 3.2.13 – Пример распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре ЛСПК ИЭТР

Первоначальное заполнение матрицы возможных подстановок осуществляется путём анализа полустепеней исхода и захода исходных графов по правилу: вершина может B_i соответствовать вершине A_j только в том случае, если полустепени исхода и захода этой вершины больше или равны чем у вершины A_j . Тем самым производится первая фильтрация вариантов решения. Математически это формализуется и записывается как:

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } s(B, b_i) \leq s(A, a_i) \text{ and } s(B, b_j) \leq s(A, a_j) \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (3.2.7)$$

Дальнейшая корректировка матрицы производится путём наложения на неё следующей системы ограничений:

I. Графы не могут быть изоморфными, если в столбце матрицы "Количество возможных подстановок" имеется хотя бы одна нулевая строка;

II. При однозначном соответствии вершины B_i вершине A_j ($B_i \leftrightarrow A_j$), в столбце j матрицы возможных подстановок (C) не должно быть других символов '1'.

Матрица смежности графа А

	1	2	3	4	5	6	7	8	$S^-(x)$
1	0	1	0	0	0	0	1	0	2
2	0	0	1	0	0	1	0	1	3
3	0	0	0	1	1	0	1	0	3
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1
5	0	0	0	1	0	1	0	0	2
6	0	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S^+(x)$	0	1	1	2	1	3	3	2	

Матрица смежности графа В

	1	2	3	4	5	6	$S^-(x)$
1	0	0	1	1	0	1	3
2	0	0	0	0	0	1	1
3	0	1	0	0	0	0	1
4	0	1	1	0	0	0	2
5	1	1	0	0	0	0	2
6	0	0	0	0	0	0	0
$S^+(x)$	1	3	2	1	0	2	

Матрица возможных подстановок (матрица С)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	<u>Количество подстановок</u>
B1	0	1	1	0	0	0	0	0	2
B2	0	0	0	0	0	1	1	0	2
B3	0	0	0	1	0	1	1	0	3
B4	0	1	1	0	1	0	0	0	3
B5	1	1	1	0	1	0	0	0	4
B6	0	0	0	1	0	1	1	1	4

Рисунок 3.2.14 - Матрицы смежности графов и возможных подстановок

Для удовлетворения требований этого ограничения необходимо исключить из матрицы в столбце j т.н. лишние символы '1'. В связи с тем, что найденное соответствие для какой-либо вершины может оказаться ложным, исключение символов '1' из матрицы необходимо производить таким образом, чтобы оставалась возможность восстановления матрицы на определённом шаге. С этой целью введена переменная *Mirage*, значение которой изменяется после каждого цикла наложения системы ограничений на матрицу возможных подстановок. Из сказанного следуют действия, которые математически можно представить так: если $C[N+1,i]=1$ и $C[j,i]='1'$ то элементу $C[k,i]$, имеющему значение '1' (для $k=1..m; k \neq i$), присвоить текущее значение переменной *Mirage*. Если все значения столбца матрицы «количество возможных подстановок»

больше l , то для скорейшего нахождения решения, очевидно, необходимо взять для работы строку с наименьшим значением. А первой, из неиспользованных ранее ячеек соответствующей строки, присваивается т.н. фокус, т.е. назначается активная ячейка (определяются координаты вершин подстановки $C[FocB, FocA]$). Остальные символы '1' необходимо «закрыть» переменной *Mirage*.

III. При $B_i \leftrightarrow A_j$, вершинам B_k ($k=1..m$), смежным с B_j , могут соответствовать только те вершины A_l ($l=1..n$), которые смежны с вершиной A_i . Для удовлетворения этого требования необходимо т.н. лишние символы '1' в матрице возможных подстановок «закрыть» переменной *Mirage*. Математически это можно записать следующим образом:

$$a. \text{ Если } C[j,i]='1' \text{ и } B[j,FocB]='1' \text{ и } A[j,FocA] \neq '1' \text{ то } C[j,i]=\text{Mirage}; \quad (3.2.8)$$

$$b. \text{ Если } C[j,i]='1' \text{ и } B[FocB,i]='1' \text{ и } A[FocA,i] \neq '1' \text{ то } C[j,i]=\text{Mirage}, \quad (3.2.9)$$

где A, B – исходные матрицы смежности, а C – матрица возможных подстановок.

IV. Другие частные ограничения, учитывающие специфику распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре конкретной ЛСПК текущего ИЭТР.

Таким образом, приведенный перечень ограничений не является полным и закрытым. В данном случае, ограничения выполняют роль логического фильтра. В зависимости от специфики решаемой задачи распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре конкретной ЛСПК текущего ИЭТР могут вводиться т.н. дополнительные фильтры - требования. Тогда текстуальное описание работы алгоритма распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре ЛСПК ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (Термины в текстовом описании соответствуют выше представленным и общепринятым из теории графов.), как работы программы решения задачи нахождения изоморфного вложения графов (Для примера графов, показанных на рисунке 3.2.13.):

=> **Начало**

1. Выполнена процедура **Prov_0_str**. $Pr_0 = 0$ переход на **Prov_1_str**;
2. **Prov_1_str** $\Rightarrow Pr_1 = 0$ переход на **Prioritet**;
3. **Prioritet** (с наименьшим числом подстановок две строки (1-я и 2-я). Выбор первой строки и присвоение ей первого приоритета). $PrTab[1] = 1$; $Mirage = '2'$; $PrEnd = 0$; переход на **Mirage1**;
4. **Mirage1**. Определена активная ячейка $C[1,2]$, т.е. выдвинута гипотеза, что $B1 \leftrightarrow A2$. На основании этой гипотезы получается: $C[1,3], C[4,2], C[5,2] = '2'$; $PrExit = 0$; $Pr_0 = 0$. Переход на **Mirage3**.
5. **Mirage3**. В связи с тем, что $B1$ имеет исходы в $B3, B4, B6$ ($B1 \rightarrow B3, B4, B6$), а $A2 \rightarrow A3, A6, A8$, то, следовательно, и вершинам $B3, B4, B6$ могут соответствовать только вершины из множества $A3, A6, A8$. В таком случае в матрице **C** получается: $C[3,4], C[3,7], C[4,2], C[4,5], C[6,4], C[6,7] = '2'$; аналогично для $B \leftarrow B5$ и для $A2 \leftarrow A1$, т.е. $B5 \leftrightarrow A1$, а $C[5,3], C[5,5] = '2'$; переход на **Mirage2**;
6. **Mirage2**. $C[2,6], C[6,6] = '2'$. Переход на **Prov_1_str** $\Rightarrow ZapolnMatrCM \Rightarrow ProvEnd$. $PrExit = 1$. (Найденная перестановочная матрица оказалась неверной) $\Rightarrow Nvar = 0 \Rightarrow ExitToHome$ (восстановление матрицы **C** в прежнем виде) $\Rightarrow Mirage1$;
7. **Mirage1**. Определена активная ячейка $C[1,3]$, т.е. выдвинута гипотеза, что $B1 \leftrightarrow A3$. На основании этой гипотезы получается: $C[1,2], C[4,3], C[5,3] = '2'$; $PrExit = 0$; $Pr_0 = 0$. Переход на **Mirage3**;
8. **Mirage3**. В связи с тем, что $B1 \rightarrow B3, B4, B6$, а $A3 \rightarrow A4, A5, A7$, то, следовательно, и вершинам $B3, B4, B6$ могут соответствовать только вершины из множества $A4, A5, A7$. В таком случае в матрице **C** получается: $C[3,6], C[4,2], C[6,6], C[6,8] = '2'$; аналогично для $B1 \leftarrow B5$ и для $A3 \leftarrow A2$, т.е. $B5 \leftrightarrow A2$, а $C[5,1], C[5,5] = '2'$; переход на **Mirage2**;
9. **Mirage2**. Изменений матрицы **C** не происходит, переход на **Prioritet**;
10. **Prioritet**. Активной выбирается строка 4. $Pr = 2$; ($PrTab[4]=2$); $Mirage = '3'$. Переход на **Mirage1**;

11. *Mirage1*. Определена активная ячейка $C[4,5]$, т.е. выдвинута гипотеза, что $B4 \leftrightarrow A5$ Переход на *Mirage3*;

12. *Mirage3*. В связи с тем, что $B4 \rightarrow B2, B3$, а $A5 \rightarrow A4, A6$, то, следовательно, и вершинам $B2, B3$ могут соответствовать только вершины из множества $A4, A6$. В таком случае в матрице C получается: $C[2,7], C[3,7] = '3'$; аналогично для $B4 \leftarrow B1$ и для $A5 \leftarrow A3$, т.е. $B1 \leftrightarrow A3$, изменений матрицы не происходит; переход на *Mirage2*;

13. *Mirage2*. $C[6,4] = '3'$. Переход на *Prov_1_str* \Rightarrow *ZapolnMatrCM* \Rightarrow *ProvEnd*. $PrExit = 1$. (решение найдено) \Rightarrow $Nvar = 1 \Rightarrow$ *Prioritet* (*попытка поиска автоморфизмов*) \Rightarrow $ProvEnd = 1$;

\Rightarrow **Конец.**

При этом матрица возможных подстановок будет в процессе выполнения программы в соответствии с описанным алгоритмом принимать вид, последовательно представленный на Рисунке 3.2.15.

а.)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Количество подстановок
B1		1	2						1
B2						2	1		1
B3				2		1	2		1
B4		2	1		2				1
B5	1	2	2		2				1
B6				2		2	2	1	1

б.)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Количество подстановок
B1		2	1						1
B2						1	1		2
B3				1		2	1		2
B4		2	2		1				1
B5	2	1	2		2				1
B6				1		2	1	2	2

в.)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Количество подстановок
B1		2	1						1
B2						1	3		1
B3				1		2	3		1
B4		2	2		1				1
B5	2	1	2		2				1
B6				3		2	1	2	1

Рисунок 3.2.15 - Динамика изменений вида матрицы возможных подстановок

Из приведённой динамики изменений вида матрицы возможных подстановок видно, что корректировки производились на основе выдвинутых трёх гипотез соответствия пар вершин и заключались, по сути дела, лишь в т.н. подгонке матрицы возможных подстановок под требования системы ограничений для конкретной гипотезы.

Разработанный алгоритм распознавания изоморфного вложения графа-аномалии качества на структуре ЛСПК, как обобщение алгоритма решения задачи определения изоморфного вложения графов, в сочетании, с представлением аномалии качества графом изоморфно вложенным в структуру указанных схем, как соответствующей модели, позволяет конкретизировать структуру метода выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Итоговый вариант структуры метода представлен на рисунке 3.2.16.

Следовательно, метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники обобщенно включает в себя следующую последовательность основных этапов:

- 1) Формализовать и выделить структуру ЛСПК для ИЭТР в виде ориентированного графа;
- 2) Выбрать структуру графа-аномалии качества (логической ошибки) из базы данных структур аномалий качества, которая создается на основе анализа ранее выявленных логических ошибок представления контента в ИЭТР, а также на базе соответствующих данных от экспертов;
- 3) Используя систему фильтров на базе выбранной пары моделей структур самой ЛСПК и аномалии заполнить матрицу возможных подстановок;
- 4) Решить математико-логическую задачу распознавания изоморфного вложения графа;
- 5) Произвести анализ результатов распознавания, при необходимости выбрать для анализа следующий вариант моделей структур самой ЛСПК и аномалии.

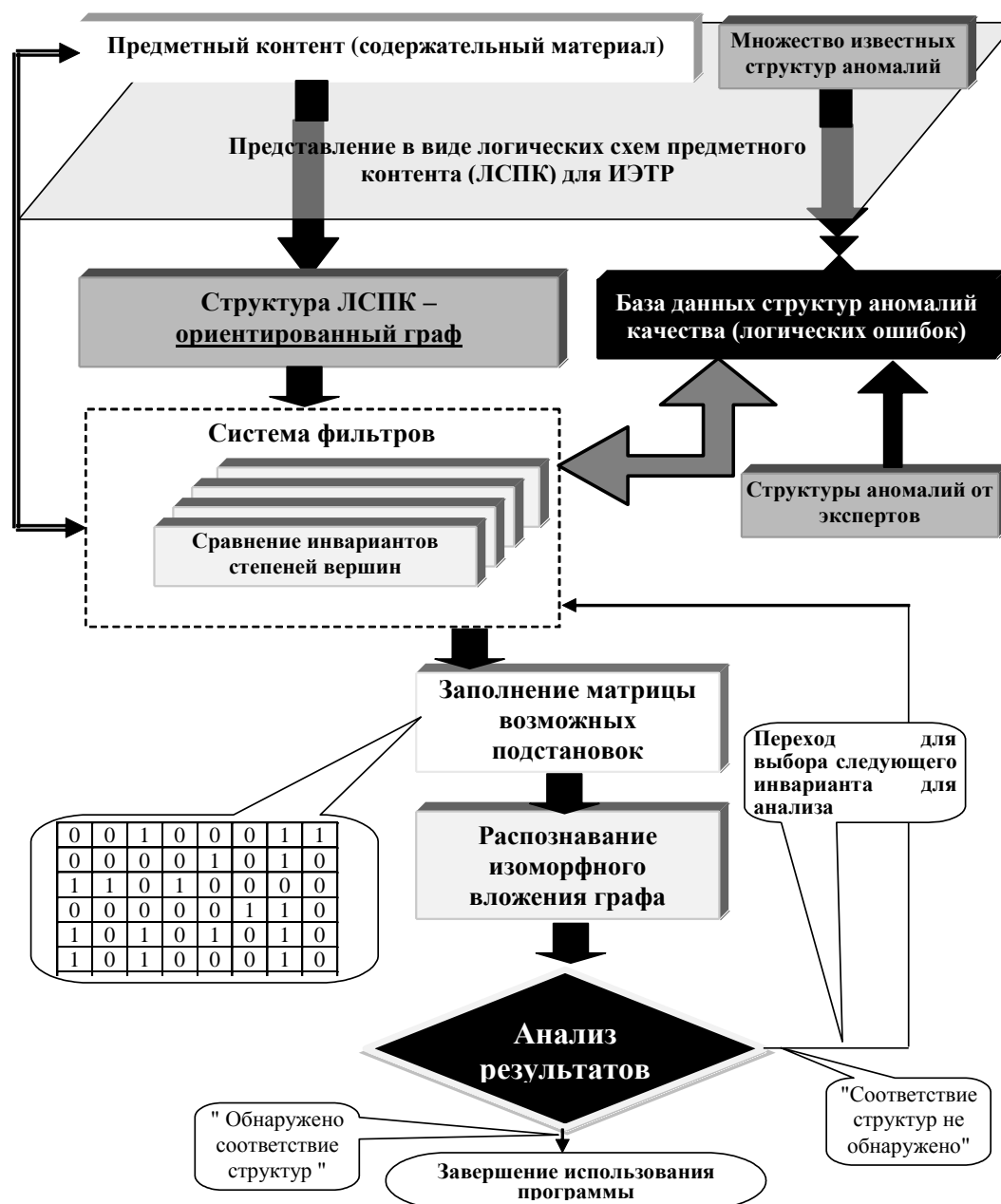


Рисунок 3.2.16 - Логическая структура метода выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Таким образом, в целом метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники позволяет обнаружить и распознать логико-структурные аномалии в ЛСПК ИЭТР из перечня (базы) заранее определённых структур-аномалий качества (логических ошибок представления электронного контента). Следовательно, этот метод может быть применён для интерпретации результатов оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники: выявления и устранения указанных аномалий качества, структура которых заранее известна.

3.3. Специфические аспекты квалитетрического оценивания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

В составе научно-обоснованных методологических основ и технологических решений по управлению качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники методы многоуровневой оценки и выявления аномалий качества указанных технических руководств формируют специализированный инструментарий контроля этого качества. Необходимость предметно-логической интерпретации результатов оценивания указанного качества вызвана фактом того, что низкие значения параметров качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники могут быть во многом обусловлены спецификой применения на практике указанных электронных руководств. Такая специфика в современных условиях выражается прежде всего в том, что бурно развивающиеся средства вычислительной техники, и прежде всего эргономико-биометрические средства пользовательского интерфейса, постоянно открывают все новые возможности как по представлению информации от ИЭТР (восприятию её пользователем), так и по современным методам управления экспонированием данных на современных средствах. К указанным средствам относятся и многочисленные элементы периферии виртуальной и дополненной реальности, современных комплексов мультимедиа, а также средств считывания физиологических реакций пользователя, как соответствующих команд для управления экспонированием. В Приложении Д приведен в качестве примера детализированный анализ перспектив применимости одного из видов таких устройств – устройства для считывания движений глаз пользователя (ай-трекера). Внешний вид и способ применения ай-трекеров показан на рисунке 3.3.1. Современные ай-трекеры находят все большее применение в качестве устройств обеспечивающих работу пользователей с ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в условиях, когда сам пользователь также находится в процессе выполнения технологической операции на образце техники (руки заняты) и от технического

руководства ему нужна информационно-интеллектуальная поддержка компетенции. В таких условиях данные о движении глаз пользователя, о характере этого движения, размерах радужных оболочек глаз и пр. могут выступать параметрами управления работой ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техникой. Применение таких и им подобных высокотехнологичных средств управления работой ИЭТР предъявляет дополнительные требования как к качеству чисто программной реализации, так и к полезности, результативности самого электронного контента в интерактивных электронных технических руководствах.



Рисунок 3.3.1. – Применение ай-трекера как периферийного устройства для управления работой ИЭТР при проведении мероприятий технического обслуживания авиационной техники

Бурный рост современного ранка средств и перспективных технологий на базе эргономико-биометрического подхода не оставляет сомнений, что их внедрение в процессы управления экспонированием кадров и работой ИЭТР является лишь вопросом времени.

Очевидно, что реализация в рамках разрабатываемой методологии управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

только инструментария контроля качества указанных технических руководств не исчерпывает решения научно-технической проблемы улучшения качества указанных электронных руководств, за счет преодоления эмпирического характера их разработки. Объективно возникает необходимость не только непосредственного анализа текущего качества создаваемого ИЭТР, но и динамичного учета возникающих недочетов, сложностей, частичных организационно-технических ошибок в ходе реализации соответствующих проектов разработки. Такой учет может быть воплощен в жизнь путем последовательно-итеративного оценивания и анализа рисков проектов проектирования, разработки, развития и совершенствования ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, как сложных и многогранных программно-информационных продуктов. Данный тезис позволил дополнить представленный выше инструментарий контроля качества указанных ИЭТР средствами управления рисками проектов по созданию этих интерактивных электронных технических руководств, которые представлены и детализировано описаны ниже, в гл.4.

3.4. Выводы по третьей главе

1. Проведение оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники есть установление их соответствия требованиям по заранее заданной сети показателей этого качества. Сводные и интегральный показатели при этом квалиметрическом оценивании будут сложными, т.е. будут композиционно образовываться из более простых показателей. Сводные показатели не подлежат непосредственному измерению или оценке. Их деинтегрируют на более простые.

2. Оценка качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники очевидно увязана с нечисловыми или «мягкими» измерениями. В таком варианте «измерение» следует понимать, как манипуляцию, при которой свойствам ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники соотносятся в соответствие некоторые строго упорядоченные градации качества. В роли количественных результатов измерения рассматриваются не только действительные числа, но и другие алгебраические группы, обязательно имеющих отношение порядка между своими элементами, то есть подобие отношения неравенства между числами.

3. Обобщенная схема расчета значений показателей оценки качества есть существо разработанного метода оценки качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Она, для оценивания конкретных исполнений указанных ИЭТР, включает три основных шага: 1. Построение численных векторов значений элементарных показателей качества; 2. Расчет рангов, определяющих значимость показателей качества в их композициях по получаемым в ходе экспертизы нечетким и(или) недостаточным исходным данным о композиционной значимости более частных показателей в составе более сводных показателей; 3. Расчет на основе численных векторов значений элементарных показателей и оценок рангов значимости, для анализируемого исполнения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники значения интегрального показателя качества, как взвешенного среднего арифметического значений математически аналогичных более частных показателей. Эта

расчетная схема позволяет логически обобщить в единую общность процедуры шкалирования и рандомизации рангов значимости показателей в рамках метода оценки качества указанных ИЭТР.

4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники есть совокупность соответствующей логико-математической модели таких аномалий, разработанной применительно к логическим схемам предметного контента и алгоритма её применения в рамках технологического процесса создания интерактивных электронных руководств.

5. Модель аномалии качества ИЭТР предусматривает рассмотрение структуры ЛСПК как некоторого базового графа, а аномалии как более частного графа. Такой более частный граф представляет собой графическое описание различных частных искажений логики, описываемой в виде ЛСПК. Такая репрезентация аномалии качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники графом изоморфно вложенным в структуру его ЛСПК позволяет свести выявление указанных аномалий к математико-алгоритмической задаче распознавания или поиска соответствующего изоморфного подграфа в структуре соответствующей логической схемы. Это позволяет обнаружить и распознать устойчивые структурные вложения, характеризующие логические ошибки подачи электронного контента в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники из перечня/базы заранее определённых аномальных логических подструктур.

6. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники представляет собой как методологический инструментарий, так и мощную базу для создания соответствующих образцов программных решений по автоматизации процедур корректной корректировки структуры и контент-наполнения рассматриваемых интерактивных электронных технических руководств.

Глава 4. Методы управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

4.1. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

4.1.1. Реализация основ управления рисками проектов по созданию ИЭТР

Анализ, оценка и минимизация рисков для проектов по разработке ИЭТР различной тематической направленности является одним из классических примеров приложения результатов современного научного риск-менеджмента в предметной области создания программно-информационных продуктов. Необходимость указанных анализа и оценки вызвана тем, что создание современных, высокотехнологичных ИЭТР, интегрированных как в процессы эксплуатации сложной техники, так и в ход подготовки (доподготовки) эксплуатантов, представляет собой ресурсоемкий и дорогостоящий процесс. Данное положение в полной мере относится к ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Традиционно оценка рисков проектов по созданию ИЭТР, как одного из видов программно-информационных продуктов, проводится на качественно-эмпирическом уровне, с ориентировочной степенью точности (т.е. с точностью оценки развития).

Понятие «риск», являясь общеупотребимым, вместе с тем не является строго фиксированным и закрепленным. Различные авторы его трактуют по-разному, применительно к более узким областям рассмотрения. Так, в [58,61,96] риск понимается как возможность (вероятность) возникновения неблагоприятных или нежелательных последствий деятельности субъекта. Стандарты [48,50,51] определяют риск применительно к своей области регулирования так: «Возможное в будущем событие, которое приведет к нежелательным результатам», и т.д. Представляется разумным, в рамках

данной работы, понимать под рисками проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники - некоторую меру, характеризующую опасность невыполнения (не полного выполнения) поставленных целей и задач создания указанных электронных руководств. До своего проявления риск – просто абстракция. Это нечто, что может повлиять на качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, а может и не повлиять. Существует вероятность, что игнорирование риска пройдет безнаказанным.

Управление рисками – это процесс продумывания корректирующих действий прежде, чем возникнет проблема (реальное проявление риска), пока она еще остается всего лишь абстракцией. Противоположностью управлению рисками является кризисное управление - попытка понять, что делать с проблемой после того, как она появилась. Момент, когда-то, что было риском, внезапно превращается в проблему есть момент события риска [58,97].

Событие риска – основное понятие в управлении риском. Это – событие, инициирующее меры, которые предполагается принять в отношении риска. Причиной внимания к событию риска является то, что при появлении симптомов нужно предпринять какие-то действия. До появления признаков события риска предпринимать действия рано, ведь на них нужно тратить материальные средства и время, поэтому оправдана надежда на то, что действия могут не потребоваться. Однако, хотя можно отложить какие-то корректирующие действия, часть действий может оказаться неотложной. Может оказаться, что какие-то шаги необходимо предпринять до наступления события риска, чтобы у были варианты выбора и была обеспечена возможность последующих корректирующих действий. Эта работа называется ослаблением риска [61].

По существу, управление рисками есть работа по идентификации рисков, их качественной и количественной оценке, и ослаблению. При этом оценка рисков, прежде всего количественная, это процедура ограничения неопределенности в реальных условиях. Ограниченная неопределенность

может страшить, т.к. психологически трудно подойти к осознанию того, как мало есть вещей, в которых можно быть уверенным, но без нее приходится иметь дело с тем, что гораздо хуже – безграничной неопределенностью [58].

Вместе с тем, необходимо констатировать, что современный риск-менеджмент, как научная дисциплина, разработал и накопил определенный математический аппарат для количественной оценки и ослабления рисков. Так, согласно работ [48,51,58,61,96], количественно риск принято оценивать как некоторую вероятностную величину R :

$$R = py, \quad (4.1.1)$$

где: R – величина риска, не имеющая физической меры;

p – вероятность возникновения нежелательных последствий;

y – величина возможного ущерба при возникновении нежелательных последствий.

Такой вариант количественной меры риска нашел широкое применение в управлении рисками в экономике, финансах и других областях. Именно на определении риска согласно (4.2.1) строятся все основные методы минимизации рисков, описанные, например в [48-51]. Однако, он трудно применим в сфере разработки и создания таких программно-информационных продуктов, как ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в силу проблематичности численной оценки возможного ущерба от их потенциально низкого качества.

Традиционно управление рисками проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники осуществляется на качественном уровне, т.е. без применения количественных мер и соответствующих методов измерений. Условно существо такого управления сводится к двум последовательным процедурам: оценки риска и реагирования на риск. Логико-информационная модель оценки риска при этом сводится к построению т.н. матрицы оценки риска (матрицы влияния риска). Пример такой матрицы из [96] приведен в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Пример матрицы оценки риска на качественном уровне

Вероятность события (<i>P</i>) Возможный ущерб (<i>Y</i>)	Низкая менее 20%	Средняя от 20 до 60%	Высокая более 60%
Сильный Возможно значительное нарушение календарного графика, увеличение стоимости или ухудшение качества реализации	<i>Средняя</i>	<i>Высокая</i>	<i>Критическая</i>
Средний Возможно нарушение графика, увеличение стоимости или ухудшение качества реализации	<i>Низкая</i>	<i>Высокая</i>	<i>Высокая</i>
Слабый Возможно появление замечаний или проблем в реализации, но вряд ли это приведет к нарушению календарного графика, бюджета или ухудшению качества	<i>Низкая</i>	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>

Соответственно, для различных градаций значений риска предусматриваются разные методы реагирования на риск. По своему научно-методическому существу эти методы реагирования на риск типизируются в несколько самостоятельных групп, которые в обобщенном виде представлены в таблице 4.1.2. Детальное описание отличительных особенностей каждого из обобщенно-типизированных методов в таблице 4.1.2. можно найти, например, в [48, 58]. Вместе с тем, очевиден тот факт, что качественные измерения, представленные в таблице 4.1.1. не трудно привести к числовой форме и использовать более совершенный математический аппарат оценки и учета рисков проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Перевод оценок рисков относится к задачам т.н. «качественных или мягких измерений» и решается путем соответствующего шкалирования диапазонов возможных изменений значений этих оценок. Благодаря ему становится возможным осуществить переход от качественного представления оценки рисков проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, показанному, например, в таблице 4.1.1., к

количественному, нормированному представлению с определением меры без конкретизированной физической интерпретации, как показано в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.2 – Методы реагирования на риск

№ п/п	Наименование метода	Существо реализации	Примечание
1	Избежание риска	Метод заключается в простом уклонении от конкретной работы, деятельности или обстоятельств, содержащих источник риска, или в радикальной переделке замысла	Наиболее часто употребляемый метод реагирования
2	Передача риска	Метод подразумевает передачу всего риска или его части партнеру или третьей стороне	
3	Сокращение значимости риска	Метод заключается в проведении собственных предварительных мероприятий по ограничению последствий риска или снижению его вероятности	
4	Удержание риска	Метод подразумевает сохранение всей ответственности за риск и способность покрыть все возможные убытки (ущерб)	Наиболее оснащен формализованными процедурами научно-методической поддержки

Согласно теоретическим подходам риск-менеджмента [58,61,96] в матрице оценки риска принято вводить цветовую дифференциацию, при которой интенсивность цвета полей соответствует уровню риска. Именно этот вариант показан на примере числовых значений в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.3 – Пример приведения матрицы оценки риска к цифровой форме

<i>P</i> \ <i>Y</i>	Низкая	Средняя	Высокая
Сильный	0,5	0,9	1,0
Средний	0,1	0,9	0,9
Слабый	0,1	0,5	0,5

Необходимо констатировать, что в дальнейшем управление рисками проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники во многом остается в большей мере искусством, чем научно-обоснованной программно-инженерной технологией. На сегодняшний день специализированные научно-методические и программные средства для оценки рисков проектов создания ИЭТР в системах автоматизации соответствующей технологии не представлены; научные методы, модели и методики риск-менеджмента разработаны недостаточно. Именно этот факт открывает необходимость разработки целостного научно-методического инструментария (научно-методических средств) комплексной оценки и управления рисками проектов по созданию ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

4.1.2. Построение сети оценки рисков

При проектировании и построении любой сети показателей для оценки рисков первоначальным шагом является определение круга информации о предметной области, отображаемой в функциональности решаемых задач ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, и выявление наиболее общих и элементарных категорий при планируемом уровне детализации информации [48]. На основании этого разработка выше представленного метода начата с построения и взвешивания сети показателей для оценки рисков, ее начального этапа – процесса обоснования структуры и определения видов показателей указанной сети.

Этот этап метода позволяет обоснованно получать полные информационные состав и структуру сети показателей для оценки рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, в виде совокупности показателей оценки риска и связей между ними. Из данной формулировки вытекает необходимость определить понятие функциональной задачи, выступающей в качестве “показателя оценки риска”. Далее в работе, под показателем оценки риска проектов создания ИЭТР по эксплуатации и

ремонту авиационной техники (x_i) понимается содержательно законченное мероприятие, акт или факт реализации соответствующей прикладной функции, оказывающие влияние на качество соответствующего интерактивного электронного руководства, при данном уровне детализации рассмотрения. Очевидно, что в силу различной тематической, технологической и программной специфики возможный уровень детализации системы показателей оценки риска проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники будет разным.

При этом инженер-разработчик осуществляющий проектирование и построение сети показателей для оценки рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, должен стремиться обеспечить достаточную обоснованность внесения тех или иных функциональных задач и декомпозирующих их подзадач, выступающих в качестве показателей оценки риска. Решение инженера-разработчика считается более обоснованным, если при его выработке проанализировано наибольшее число возможных альтернатив. Необходимый уровень обоснованности в предлагаемом методе предполагается обеспечить за счет организации выявления полного состава функциональных задач и декомпозирующих их подзадач ИЭТР на основе аппарата дерева целей и задач, т.е. Построение и взвешивание сети показателей для оценки рисков в своей логической основе имеет классический метод построения дерева целей и задач процедуры оценки рисков для решения задач ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Данный метод теории систем и его аппарат детально описан, например, в [67].

В данном случае сеть для оценки рисков решения задач \tilde{D} представляет собой иерархическую структуру, получаемую декомпозицией наиболее общего понятия для решения функциональных задач ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в целом

$$x_1 = \langle \text{информационно-логистическая поддержка обслуживания авиатехники} \rangle \quad (4.1.2)$$

на составляющие его подпонятия (подцели информационно-логистической поддержки обслуживания авиационной техники), а их в свою очередь, на более детальные составляющие x_{ij} , которые являются задачами разработки для элементов x_{ij-1} более вышестоящего уровня. Такую декомпозицию можно продолжать до тех пор, пока не будет достигнут необходимый уровень детализации функциональных задач, риски реализации которых значимы для исполнения проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Очевидно, что сам необходимый уровень детализации может быть определен путем экспертизы, исходя из принципов здравой логики и требований предметной области.

Таким образом, дерево целей и задач оценки рисков реализации проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники \tilde{D} можно аналитически описать как:

$$\tilde{D} = \langle \tilde{X}, H \rangle \quad (4.1.3)$$

где \tilde{X} - множество функциональных задач ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и его составных частей, выступающих в качестве “показателя оценки риска” (множество вершин дерева \tilde{D});

H - множество отношений включения между функциональными задачами ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и его составных частей (множество дуг дерева \tilde{D}).

Из выражения (4.1.3) видно, что множество функциональных задач и соответствующих подзадач, выступающих в качестве показателей оценки риска X является множеством задач проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники \tilde{X} :

$$X = \tilde{X} \quad (4.1.4)$$

Это означает, что все функциональные задачи, подзадачи и понятия, отображаемые в дереве целей и задач \tilde{D} , в идеальном случае (т.е. без учета специфических ограничений), должны найти свое отражение в сети показателей для оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту

авиационной техники. Множество показателей оценки риска X состоит из подмножества показателей $\{\tilde{x}_i\}$ формируемых с участием более простых показателей риска, и подмножества терминальных (то есть недекомпозируемых) показателей риска, соответствующих “листьям” дерева целей и задач. Так показатели риска соответствующие промежуточным вершинам дерева \tilde{D} могут характеризоваться собственной информацией, уже представляющей собой некоторое значение x_i , и композиционно включать информацию (т.е. значения риска), соответствующую вершинам ниже стоящим в иерархии этого дерева. Терминальные вершины дерева целей и задач \tilde{D} соответствуют недекомпозируемым далее, при данном уровне детализации, показателям риска, что в нотации данной работы также позволяет определить их как элементарные показатели оценки риска, элементы оценки риска (элементы рисков) $\{x_i\}$. То есть, эти показатели являются недекомпозируемыми информационно-содержательными элементами оценки рисков только при заданном уровне детализации, а при изменении этого уровня такие показатели также могут формироваться путем композиции соответствующих x_i .

Особо следует оговорить представление в дереве \tilde{D} сложных показателей риска имеющих двоякую природу, то есть функций и понятий которые необходимо рассматривать одновременно с различных позиций. Для работы с такими понятиями дерево \tilde{D} необходимо стратифицировать в соответствии с методологией теории страт, детально обоснованной и разработанной в [81,99]. Это позволит в рамках каждой вершины дерева \tilde{D} учитывать рассматриваемые аспекты каждой функции ИЭТР и соответствующих понятий. Тогда, на основании выражения (4.1.3) стратифицированное дерево целей и задач сети оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники можно аналитически представить в виде:

$$\tilde{D} = \langle \{x_i(g_1, g_2, \dots, g_n)\}, H \rangle \quad (4.1.5)$$

где $\{x_i(g_1, g_2, \dots, g_n)\}$ - множество стратифицированных функций интерактивного электронного технического руководства текущей версии, подлежащих отображению в сети оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (множество показателей для оценки рисков);

n - предусматриваемое число страт;

H - множество отношений включения между более сложными и менее сложными, элементарными показателями оценки рисков (множество дуг для дерева \tilde{D}).

Таким образом, исходный состав показателей оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники (показателей риска) $\{x_i\}$ в предлагаемом методе разрабатывается за счет построения на основе всей полноты имеемых данных (т.е. учитывается разумно максимальное число мнений специалистов, приглашенных экспертов и пр. заинтересованных в анализе рисков лиц) стратифицированного дерева целей и задач \tilde{D} как соответствующей сети оценки рисков. Вершины дерева \tilde{D} будут обозначать полное множество показателей оценки рисков (проще говоря, рисков) $\{x_i\}$ реализации проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Однако, инженер-разработчик должен обеспечить не только обоснованность первоначальной сети оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, но и необходимый уровень объективности получаемых результатов. Очевидно, что в условиях, когда источником исходной информации выступает человек-эксперт, обеспечить полную объективность результатов не представляется возможным, но добиться квазиобъективных результатов вполне возможно.

Широкой учет мнений всех категорий потенциальных пользователей сетью показателей при оценке рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на первом этапе синтеза указанной сети

позволяет обеспечить широкую обоснованность решений указанного инженера-разработчика; на втором этапе возникает необходимость обеспечения необходимого уровня объективности (квазиобъективности) его решений. Эта задача решается в рамках процесса взвешивания сети оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, который описан ниже. То есть, по своей сути процесс построения сети оценки рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники является процессом анализа предметной области технического обслуживания летательных аппаратов с представлением её в виде иерархической сети показателей оценки рисков.

Оценка рисков проекта создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники по существу есть анализ вероятностей возникновения нежелательных последствий и возможных соответствующих величин ущерба по одному или нескольким показателям. Если такой показатель сводный, то есть синтезирующий частные и (или) другие сводные показатели, характеризующие отдельные риски, то оценка из акта превращается в многоэтапный процесс. Соответственно, показатели для такой оценки являются сложными. Оценить их непосредственно зачастую невозможно, но их можно декомпозировать на более простые. Многоуровневость такой декомпозиции приводит к формированию иерархии рисков. В такой иерархии на нижнем уровне располагаются элементарные риски, составляющие т.н. множество «непосредственно оцениваемых рисков» - $\{q_i\}$. Элементарный риск –это риск решения простой, т.е недекомпозлируемой функциональной задачи, реализации простейшей функции ИЭТР (т.е. показатели необходимые, а вместе взятые достаточные для определения всей гаммы потенциальных рисков, которые могут быть проанализированы, оценены количественно или качественно). На вышестоящих уровнях сети для оценки рисков располагаются более сложные (сводные) показатели риска $\{q_{ij}\}$ представляющие собой композиции показателей риска, входящих в «непосредственно оцениваемые риски» и (или) других сводных рисков. Вершиной иерархии является интегральный

показатель R_0 - показатель рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Очевидно, что в составе выше описанной сети показателей оценки рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники мера значимости (т.е. вес) каждого показателя q_i для определения значения интегрального показателя риска R_0 будет различной. Для количественного выражения веса каждого показателя q_i , в составе ближайшего сводного показателя в соответствии со структурой сети используются весовые коэффициенты. Они определяются следующим образом:

$w_{m,n}$ - локальный вес m -го показателя риска в составе n -го;

$$\sum_m w_{m,n} = 1. \quad (4.1.6)$$

b_m^* - глобальный вес m -го показателя риска в составе интегрального показателя риска R_0 .

Глобальный вес является произведением всех локальных весов по соответствующей ветви иерархической сети показателей рисков. Процедура определения локальных и глобальных весов более простых показателей риска в составе более сложных является предметом отдельного рассмотрения, которое приведено ниже.

4.1.3. Взвешивание сети оценки рисков

Реализация выше представленного построения сети показателей для оценки рисков проектов по разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники дает возможность осуществить обоснование научно-методического аппарата оценки важности или взвешивания более простых показателей риска в составе более сложных, включая интегральный показатель рисков. Такое взвешивание может осуществляться на базе различных методов расчета и свертки интегральных показателей. Итоговый выбор соответствующего математического метода определяется спецификой

получения и объемом входных данных для аппарата взвешивания показателей в сети оценки рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Проведенный сравнительный анализ ряда методов построения сводных показателей из [2,4,83,90,91,103-105] позволил обоснованно избрать в качестве указанного математического аппарата метод анализа иерархий. Анализ иерархии сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники необходим для нахождения численной характеристики композиционной важности более простых показателей риска относительно друг друга в составе более сложных. Математически метод анализа иерархий позволяет путем попарного сравнения важности показателей риска нижнего уровня иерархии определять числовой вектор, индексирующий предпочтительность указанных показателей риска в показателях близлежащего верхнего уровня. В свою очередь, это позволяет пересчитывать веса, полученные указанным путем, в числовой вектор, характеризующий предпочтительность более простых показателей риска в каждом вышестоящем сводном показателе риска, с которым они связаны. Численные значения показателей риска, характеризующие важность в показателях риска близлежащего уровня рассматриваются как «локальные веса», в интегральном показателе оценки рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники как «глобальные веса». На основании выше сказанного для синтезированной на базе дерева целей и задач \tilde{D} сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники G^+ становится возможным определить следующую совокупность шагов взвешивания показателей:

А. Для каждого сводного показателя из состава сети выявляется, путем экспертного опроса на базе специализированной шкалы из [81,104], матрица V парных сравнений важности более простых показателей риска в соответствующей декомпозиции этого сводного показателя риска:

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & \cdot & v_{ij} & \cdot \\ v_{n1} & \cdot & \cdot & v_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.1.7)$$

где V_{ij} – оценка важности участия i -го показателя риска перед j -м в композиционно общем для них сводном показателе риска, согласно структуры сети G^+ .

Б. Выявление уровня важности более простых показателей риска в составе близлежащих сводных показателей риска ведет к расчету собственного вектора W матрицы V , для которого верно:

$$VW = DW, \quad (4.1.8)$$

где D – собственное число матрицы V .

Числовые значения компонент вектора W :

$$W = \langle w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rangle \quad (4.1.9)$$

есть локальные веса для анализируемого сводного показателя риска – декомпозируемого узла иерархической сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники G^+ . Алгоритм численного определения точных значений собственного вектора матрицы сложен и имеет высокую трудоёмкость. Поэтому в практике используют численные методы получения приближенных значений элементов собственного вектора. Такие методы упрощают вычислительную процедуру и легко реализуемы. Выше сказанное позволяет ввести формулу расчета геометрически среднего для расчета оценки собственного вектора W' как вектора весов W частных показателей риска в декомпозиции сводного показателя:

$$W' = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}} \right)} \quad (4.1.10)$$

где n – есть размерность матрицы ($n \times n$).

Замещение $W' \rightarrow W$ является эквивалентным при выполнении условия, что разница максимального собственного числа матрицы парных сравнений D_{max} и порядка этой матрицы n не выходит за некоторые заданные пределы. В предельно-идеальном варианте:

$$D_{max} = n. \quad (4.1.11)$$

Указанные заданные пределы устанавливаются в математическом методе анализа иерархий как индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС), вычисляемые по оценочному значению D_{max} :

$$D_{max} \approx \sum_{j=1}^n \left(\left(\sum_{i=1}^n v_{ij} \right) w_i \right), \quad (4.1.12)$$

$$ИС = (D_{max} - n) / (n-1). \quad (4.1.13)$$

Так для любой матрицы парных сравнений, которая по определению и алгоритму своего построения есть обратно симметричная матрица, выполнимо:

$$D_{max} \geq n, \quad (4.1.14)$$

$$ОС = \frac{ИС}{\bar{\eta}} * 100\% , \quad (4.1.15)$$

где $\bar{\eta}$ - случайная согласованность для матрицы $\|V_{ij}\|$. Случайная согласованность матриц парных сравнений табулирована и приводится в различных первоисточниках. Так пример её значений дан в [83,104]. В свою очередь ОС является сводной оценкой согласованности попарных сравнений в матрице V . Это отношение - ОС не должно превышать 10-20%, как это определяет метод анализа иерархий. В случае если ОС превышает указанные пределы необходимо повторное пересогласование попарных сравнений в матрице V путем проведения повторной экспертизы (экспертного опроса) или (и) уточнения шкалы попарных сравнений.

В. Наличие множества локальных весов дает возможность осуществить расчет глобальных весов b_i для любого показателя риска в сети оценки рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники G^+ . Именно эти значения глобальных весов характеризуют численно влияние соответствующих показателей риска на интегральный показатель оценки

рисков для проектов по разработке ИЭТР. Глобальный вес b_i есть произведение локальных весов вышестоящих вершин-сводных показателей риска на пути в иерархии между оцениваемым частным показателем риска и интегральным показателем, стоящим в корневой вершине иерархии, то есть:

$$b_i = \prod_{t=1}^T w_{i_t}, \quad (2.1.16)$$

где T – число уровней иерархии между i -ым показателем риска и интегральным показателем рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Г. Если показателей риска в рамках декомпозиции сводного показателя более трех, т.е. $n > 3$, то каждый из них получает глобальный вес меньше, чем каждый из немногих показателей риска в декомпозиции сводного показателя с меньшим весом. С целью устранения этой чисто расчетной коллизии математического аппарата определения глобальных весов b_i всё их множество преобразуется в множество глобальных приведенных весов b^*_i . Приведенный глобальный вес b^*_i определяется через умножение приоритета b_i каждого показателя риска на число более простых показателей риска (n''_i / p), с более низкого уровня иерархии:

$$b''_i = \frac{b_i * n''_i}{p} \quad (4.1.17)$$

$$b^*_{1H} = \frac{b''_i}{\sum_i b''_i} \quad (4.1.18)$$

Таким образом, реализация процедуры определения локальных и глобальных весов позволяет использовать полученные значения в качестве соответствующих весовых коэффициентов в интегральных композициях сводных показателей риска, определяемых на базе сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Д. Завершая описание процедуры построения и взвешивания сети показателей для оценки рисков необходимо резюмировать: множества локальных w_i и глобальных b^*_i весов дают возможность задать

соответствующие весовые коэффициенты в интегральных свертках определения сводных и интегрального показателя рисков по всем дугам сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники G_+ . Этот факт обеспечивает обоснованность количественного учета важности более простых показателей риска в составе более сложных сводных и интегрального показателях риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Однако, необходимо констатировать, что и при выполнении обязательного в рамках метода анализа иерархий условия:

$$OC \leq 10 \div 20 \% \quad (4.1.19)$$

будет найдено соответствующее число показателей риска, для которых:

$$b''_i \leq |w_i - w'_i|. \quad (4.1.20)$$

Показатели риска с глобальными весами b''_i , соответствующими соотношению (4.1.20), представляют собой факторы оценки рисков с незначимым влиянием на интегральный показатель рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, так как их глобальная важность сравнима (меньше) погрешности математического аппарата их определения. Значит, такими показателями риска в сети показателей следует пренебречь. Для поиска показателей риска, отвечающих (4.1.20), выражение (4.1.8) преобразуется к виду:

$$(V - DE) W = 0 \quad (4.1.21)$$

где E есть единичная матрица.

В соответствии с (4.1.11) в случае идеально согласованных мнений в матрице парных сравнений следует принять:

$$(V - nE) W = 0. \quad (4.1.22)$$

Это позволяет рассчитать оценку вектора \overline{W} значений локальных весов для варианта полной согласованности экспертов в рамках одного акта экспертизы. Множества значений локальных весов w_i , локальных приведенных весов \overline{w}_i позволяет проанализировать все сводные показатели риска в составе сети

оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники G^+ на соответствие (4.1.20). По результатам такого анализа показатели риска со значимостью ниже критической удаляются и проводится повторная нормализация глобальных весов b''_i . Итоговая сеть оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники используется непосредственно для оценки рисков указанных проектов.

Таким образом, на основе синтезированной и взвешенной сети показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники становится возможным, на базе экспертизы получить цифровые значения элементарных рисков и осуществить расчет значений любого сводного и интегрального показателей риска из состава этой сети.

4.1.4. Оценка элементарных рисков

Существо оценки элементарного риска разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники сводится к формированию матрицы оценки рисков, аналогичной представленной в Таблице 4.1.3. Позиционирование по строкам и столбцам такой матрицы, определяемое экспертными оценками вероятности наступления неблагоприятных событий и возможного ущерба, позволяет в соответствующих ячейках матрицы разместить идентификаторы возможных реакций на текущий уровень риска. Такой идентификатор, как правило, логически связан с соответствующим планом реагирования, что и определяет существо управления рисками. Традиционно, количество категорий уровня оцениваемого риска и соответствующего уровня реагирования принято дифференцировать в соответствующей цветовой гамме: от красного (максимальный риск) к зеленому (минимальный риск). Подобная процедура получила название «картографирования рисков». Количество категорий соответствует потребностям исследования [96]. Матрица оценки рисков является основной

информационной базой для принятия решений по дальнейшей обработке рисков. В рамках предлагаемого метода она выступает де-факто шкалой оценки каждого элементарного риска.

Для предлагаемого в работе метода, на основании апробированных подходов из [45-50,57,58,61,72], приняты следующие номинальные (качественные) шкалы для градации вероятностей наступления неблагоприятных событий и градаций возможного ущерба (последствий). Данные номинальные шкалы приведены в таблице 4.1.4. и таблице 4.1.5. соответственно. Аналогично, опираясь на результаты исследований из [57] и подход к оценке рисков согласно ГОСТ ИСО [45-50], для разработанного метода принята четырех уровневая шкала градаций категорий рисков по степени их опасности с соответствующей цветовой дифференциацией, что, в свою очередь, представлено в таблице 4.1.6.

Таблица 4.1.4 - Шкала градации вероятностей наступления неблагоприятных событий

№	Обозначение	Идентификатор	Характеристика градаций	Примечания
1.	Д	Почти наверняка	Ожидается при любых обстоятельствах	Максимальная вероятность
2.	Г	Очень вероятно	Возможно почти всегда	
3.	В	Возможно	Происходит время от времени	
4.	Б	Маловероятно	Может произойти иногда	
5.	А	Изредка, редко	Может произойти при исключительных обстоятельствах	Минимальная вероятность

Потребность дальнейшей свертки значений риска в значение интегрального показателя в виде некоторых числовых значений объективно диктует необходимость количественного представления указанных градаций составляющих риска (вероятностей наступления неблагоприятных событий и

возможного ущерба) с использованием математического аппарата одной из алгебр т.н. «мягких вычислений».

Таблица 4.1.5 - Шкала градаций возможного ущерба (последствий)

№	Обозначение	Идентификатор	Характеристика градаций		
			<i>Направления рассмотрения ущерба</i>		
			<i>Организационно-мотивационное</i>	<i>Финансовых потерь</i>	<i>Программно-технологических ошибок</i>
1.	1	<u>Незначимый, несущественный</u>	Констатируется снижение мотивации команды проекта	Низкие	Возможно устранение выявленных ошибок реализации силами команды проекта по реализации ИЭТР
2.	2	<u>Небольшой</u>	Очевидное падение мотивации сотрудников, занятых в проекте реализации ИЭТР	Средние	Возможно устранение выявленных ошибок реализации силами команды проекта по реализации ИЭТР с частичной потерей функциональности
3.	3	<u>Умеренный, средний</u>	Сокращение числа занятых в проекте при дальнейшем снижении мотивации	Высокие	Возможно устранение выявленных ошибок только с внешней помощью
4.	4	<u>Значимый, существенный</u>	Уход (увольнение) отдельных ключевых специалистов реализации проекта ИЭТР	Очень крупные	Событие (последствия) допущенных ошибок в реализации вышло за пределы команды разработчиков, но не нанесло разрушительный ущерб проекту ИЭТР
5.	5	<u>Катастрофический</u>	Распад команды проекта, уход основных специалистов по реализации проекта ИЭТР	Огромные, потеря возможности продолжить функциональную деятельность по реализации проекта	Событие (последствия) допущенных ошибок в реализации вышло за пределы команды разработчиков, и нанесло разрушительный ущерб проекту ИЭТР

Таблица 4.1.6 - Шкала градации категорий рисков по степени опасности

№ п/п	Обозначение	Идентификатор уровня риска	Характеристика градации по уровню реагирования на риск	Цветов. диффер.
1.	ЭКС	Экстремальный риск	Требуются немедленные и массированные корректирующие действия с привлечением ресурсов вышестоящего руководства	
2.	ВСК	Высокий риск	Требуется внимание руководства, руководителя проекта, с частичным и плановым привлечением внешних ресурсов	
3.	УМР	Умеренный риск	Требуется внимание руководящих должностных лиц команды проекта, реализация полноты их формальных компетенции и ответственности	
4.	НЗК	Низкий риск	Локализуется в рамках типовых схем функционирования, управляется рутинной процедурой	

В ходе данного исследования за основу была принята алгебра нечетких чисел и реализованный на её основе аппарат лингвистических переменных. Так, в частности, приведенные в таблицах 4.1.4. и 4.1.5. градации составляющих элементарного риска рассмотрены как термы лингвистических переменных $V_1 = \langle \text{«вероятность наступления неблагоприятных событий»} \rangle$ и, соответственно, $V_2 = \langle \text{«размер возможного ущерба»} \rangle$. Специфика такого рассмотрения, особенности построения нечетких переменных из состава терм-множеств указанных лингвистических переменных, а также специальные правила задания соответствующих нечетких множеств дают принципиально новое качество рассмотрения процедур количественного описания риска решения функциональных задач.

Общие принципы и алгебры задания лингвистических переменных, нечетких переменных выступающих в качестве термов, а также определения нечетких величин, чисел и интервалов на сегодняшний день являются общеизвестными и подробно освещены, например, в таких работах как [69,74,75,89,97]. Именно поэтому в рамках данной работы рассмотрены только специфичные вопросы представления лингвистических переменных $V_1 = \langle \text{«вероятность наступления неблагоприятных событий»} \rangle$ и $V_2 = \langle \text{«размер}$

возможного ущерба», а общие вопросы их построения отнесены к соответствующим первоисточникам. В общем для значений B_1 и B_2 виде лингвистическую переменную B^\wedge можно определить так:

$$B^\wedge = \langle \beta, F^\wedge(\beta), X^\wedge, G^\wedge, M^\wedge \rangle, \quad (4.1.23)$$

где β - имя для лингвистической переменной;

$F^\wedge(\beta)$ - терм-множество лингвистической переменной β , т.е. множество вербальных (словесно-описательных) значений переменной β , причем каждое из этих значений является нечеткой переменной с областью определения X^\wedge ;

G^\wedge - синтаксическое правило, обычно имеющее форму грамматики, порождающее значения α^\wedge нечетких переменных вербальных значений лингвистической переменной β ($\alpha^\wedge \in F^\wedge(\beta)$);

M^\wedge - семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной $\alpha^\wedge \in F^\wedge(\beta)$ нечеткое множество [69].

Для представления составляющих риска $B_1 = \langle \text{вероятность наступления неблагоприятных событий} \rangle$ и $B_2 = \langle \text{размер возможного ущерба} \rangle$ как лингвистических переменных вида B^\wedge шкалам, описанным в таблицах 4.1.4. и 4.1.5., ставится в соответствие нечеткие множества шкал оценки указанных градаций как нечетких переменных-термов. Предполагается, что эксперты при оценке составляющих элементарных показателей риска будут пользоваться терминами соответствующих термам этих лингвистических переменных. Построение самих нечетких множеств шкал оценки производится по известным сегодня методикам построения функций принадлежности нечетких чисел, описанным, например, в [69,75]. Так в рамках предлагаемого метода оценки рисков предполагается использовать в качестве основного аппарата построения функций принадлежности термов-нечетких чисел лингвистических переменных B_1 и B_2 широко известный математический метод относительных частот [74]. Для обеспечения надежности результатов такого построения число привлекаемых экспертов следует определить по требованиям математико-статистического аппарата экспертного опроса.

При этом термы лингвистических переменных, согласно [69,74,75], могут быть определены как нечеткие числа в форме $(L-R)$ -функций, а могут быть определены как треугольные нечеткие числа (ТНЧ), что показано на рисунке 4.1.1.

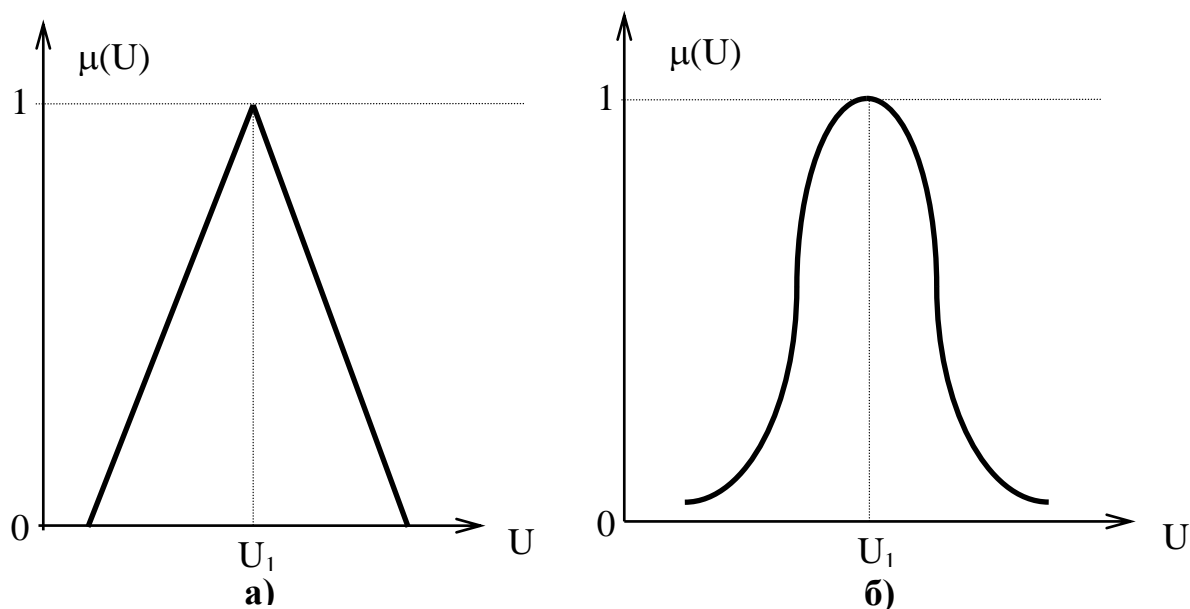


Рисунок 4.1.1 - Виды функций принадлежности треугольных нечетких чисел - ТНЧ (а) и в форме $(L-R)$ -функций (б)

Учитывая оценочный и приближённый характер процедур анализа рисков для проектов разработки ИЭТР, «мягкий» характер проводимых вычислений в рамках предлагаемого метода, а также результаты экспертного исследования, полученные в ходе диссертационной работы, сделан вывод о возможности строить функции принадлежности μ_T^B термов для B_1 и B_2 в виде треугольных нечетких чисел. Не исключено использование и других способов и методов построения функций принадлежности, включая μ_T^B в форме $(L-R)$ -функций. В предлагаемом методе применяется ТНЧ-форма функций принадлежности термов лингвистических переменных B_1 и B_2 , как следствие отсутствия необходимости обеспечивать излишнюю осторожность представления вербальных термов (терминов) в области числовых значений B^\wedge при построении функций принадлежности μ_T^B .

Вместе с тем функции принадлежности μ_T^B термов лингвистических переменных $B_1 = \langle \text{«вероятность наступления неблагоприятных событий»}$ и $B_2 = \langle \text{«размер возможного ущерба»}$ должны всегда отвечать следующим требованиям предъявляемым к лингвистическим переменным:

$$\mu_{T_1}^B(U_1) = 1; \quad \mu_{T_5}^B(U_5) = 100; \quad (4.1.24)$$

$$(\forall \beta^A \in B^A \setminus \{\beta^A\}) \quad (0 < \max_{u \in U} \mu_{T_i \cap T_{i+1}}^B(U) < 1); \quad (4.1.25)$$

$$(\forall \beta^A \in B^A) \quad (u \in U): (\mu_{T_i}^B(U) = 1); \quad (4.1.26)$$

$$(\forall B^A) \quad (u_1 \in R_1) \quad (u_2 \in R_2) \quad ((u \in U)(u_1 < u < u_2)). \quad (4.1.27)$$

Функции принадлежности нечетких чисел - термов лингвистической переменных графически будут задавать шкалу нечеткого оценивания соответствующих составляющих элементарного риска. Общий вид такого графического представления на примере лингвистической переменной $B_2 = \langle \text{«размер возможного ущерба»}$, показан на рисунке 4.1.2.

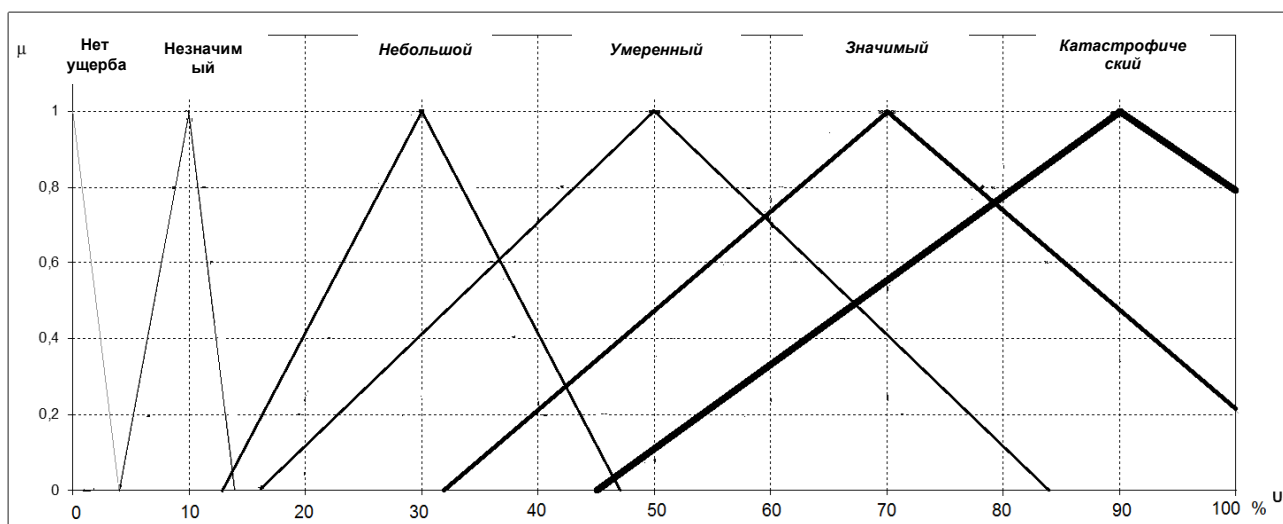


Рисунок 4.1.2 – Представление градаций шкалы составляющей элементарного риска в виде термов лингвистической переменной

Существо экспертного оценивания по методу относительных частот при построении функций принадлежности μ_T^B для термов сведется к определению конкретных модальных значений и коэффициентов нечеткости для нечетких

чисел, выступающих в качестве этих термов. Так, например, в процессе такой экспертизы обобщенное представление градаций шкалы составляющей элементарного риска в виде термов лингвистической переменной, показанное на рисунке 4.1.2., может быть конкретизировано к варианту приведенному на рисунке 4.1.3. в сводном виде.

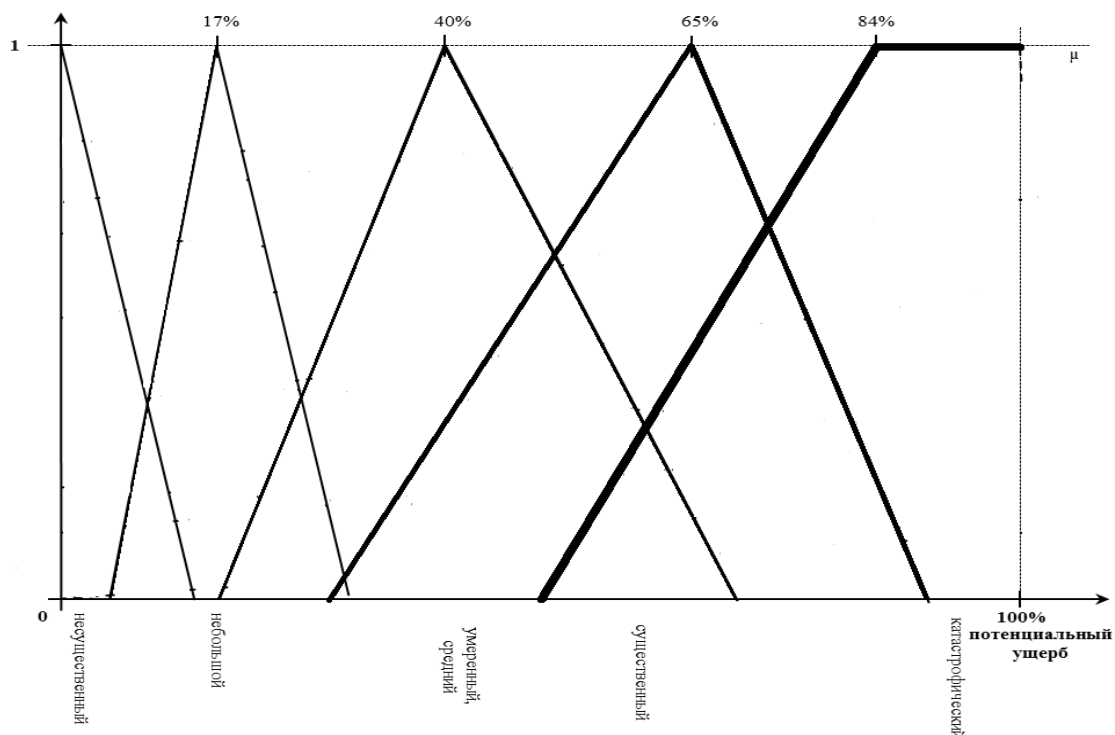


Рисунок 4.1.3 – Пример конкретизации шкалы составляющей элементарного риска при представлении в виде лингвистической переменной

Аналогично осуществляется представление в виде лингвистической переменной $V_1 = \langle \text{«вероятность наступления неблагоприятных событий»} \rangle$ шкалы градации вероятностей наступления неблагоприятных событий. Тогда на основании рассмотрения значений риска согласно выражения (4.1.1.) становится возможным рассматривать значения элементарных показателей рисков в сети показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники как произведение соответствующих нечетких чисел – термов лингвистических переменных $V_1 = \langle \text{«вероятность наступления неблагоприятных событий»} \rangle$ и $V_2 = \langle \text{«размер}$

возможного ущерба» для каждого из указанных показателей. На этой конструктивной концептуальной идее реализовано в рамках предлагаемой модели построение элементарных показателей.

Традиционно оценка риска сводится к построению матрицы последствий и вероятностей, которая де-факто связывает такие входные параметры как экспертные оценки вероятностей неблагоприятных событий и оценки возможного (потенциального) ущерба с выводом об уровне риска, который предопределяет форму и объем реагирования на указанный риск. Реализация же ответной реакции на риск и дальнейшее выстраивание корректирующих воздействий составляет суть управления рисками. Таким образом, процедура построения элементарных показателей риска является процедурой определяющей синтез матриц последствий и вероятностей. Именно эта процедура является базисом для дальнейшего расчета более сложных – сводных и интегрального показателей риска.

Применительно к методу оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники подзадача построения элементарных показателей сводится к обеспечению возможности свертки значений оценки рисков согласно иерархической сети показателей оценки рисков при сохранении существа и внешнего представления самой экспертной процедуры непосредственной оценки элементарного риска, т.е. построения соответствующих матриц последствий и вероятностей. Указанное внешнее представление традиционно заключается в цвето-дифференцированном представлении уровней риска. Пример такого представления для градации категорий рисков по степени опасности для целей проектов по разработке ИЭТР, принятых в разработанном методе и представленных в Таблице 4.1.6, показан на рисунке 4.1.4.

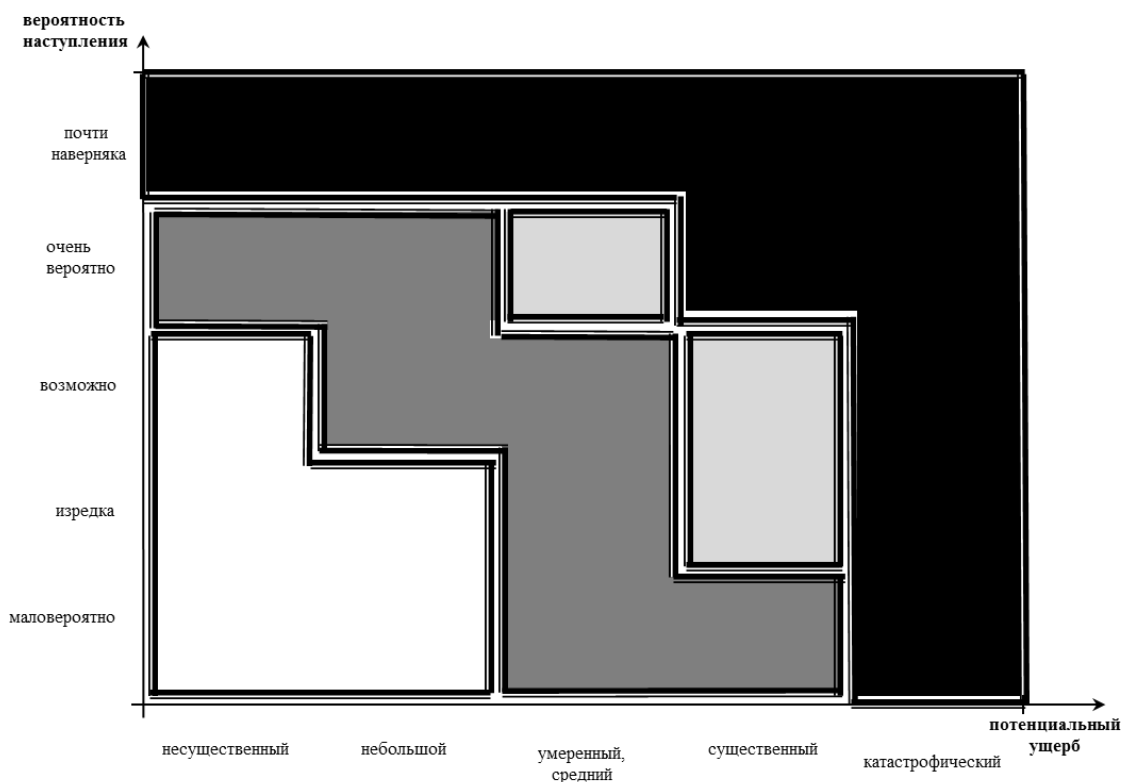


Рисунок 4.1.4 – Пример традиционной (качественно-порядковой) формы представления матрицы последствий и вероятностей

Описанное выше преобразование упорядоченных градаций оценки вероятностей наступления и оценок возможного, иными словами потенциального, ущерба в виде соответствующих лингвистических переменных $V_1 = \langle \text{вероятность наступления неблагоприятных событий} \rangle$ и $V_2 = \langle \text{размер возможного ущерба} \rangle$ позволяет рассмотреть каждую ячейку матрицы последствий и вероятностей для элементарных показателей риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники тоже как нечеткое число. Такое нечеткое число $\tilde{B}_{ij} = \langle \text{риск по текущему показателю} \rangle$ будет определяться как произведение соответствующих значений лингвистических переменных $V_1 = \langle \text{вероятность наступления неблагоприятных событий} \rangle$ и $V_2 = \langle \text{размер возможного ущерба} \rangle$: то есть i -го терма от V_1 и j -го терма от V_2 . В условиях когда терм-множества указанных лингвистических переменных для составляющих риска представлены в виде треугольных нечетких чисел, то функций принадлежности $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ для значений

\tilde{B}_{ij} определяются по правилам операции умножения нечетких чисел (интервалов) из алгебры нечетких множеств. Такие правило детально описаны, например, в [52, 69,73-75]. Наглядно можно представить существо такого преобразования разместив ТНЧ-функции принадлежности $\mu_T^{B_1}$ и $\mu_T^{B_2}$ терм множеств лингвистических переменных B_1 и B_2 на соответствующих составляющим риска строках и столбцах матрицы последствий, и вероятности. Обобщенный пример такого совмещения показан на рисунке 4.1.5.

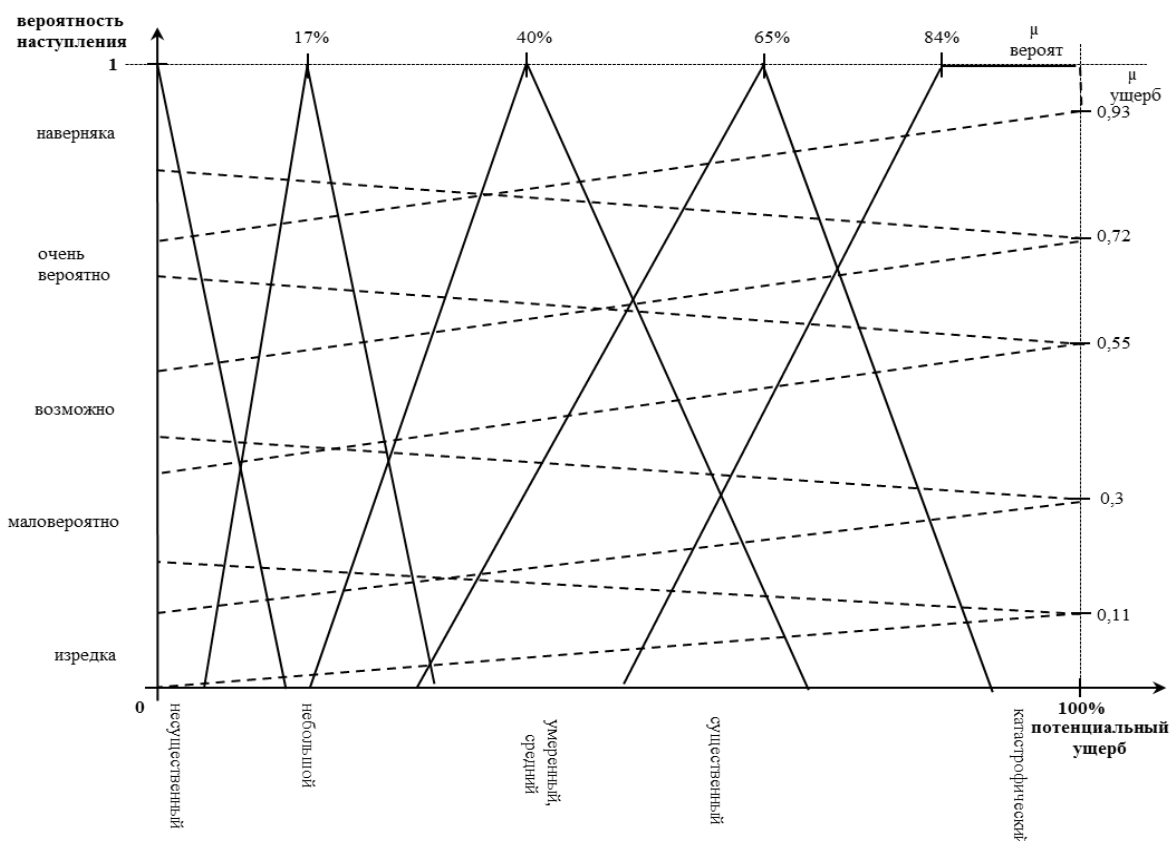


Рисунок 4.1.5 - Совмещение нечеткого представления составляющих риска на базе матрицы последствий и вероятностей для элементарного риска

Таким образом, внешнему представлению матрицы последствий и вероятностей, с которой работает итоговый эксперт, сопоставлено представление, которое позволяет выразить его мнение количественно на базе теории нечетких чисел, а затем использовать в процессе интегральной свертки значений оценок элементарных показателей в сводные показатели риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной

техники, используя алгебру «мягких» вычислений. При таком подходе сама матрица представляет собой шкалу оценки элементарного риска разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, а оценивание текущего его значения экспертом будет заключаться в определении соответствующей ячейки такой матрицы (и соответствующего этой ячейке нечеткого значения риска), как это показано на рисунке 4.1.6.

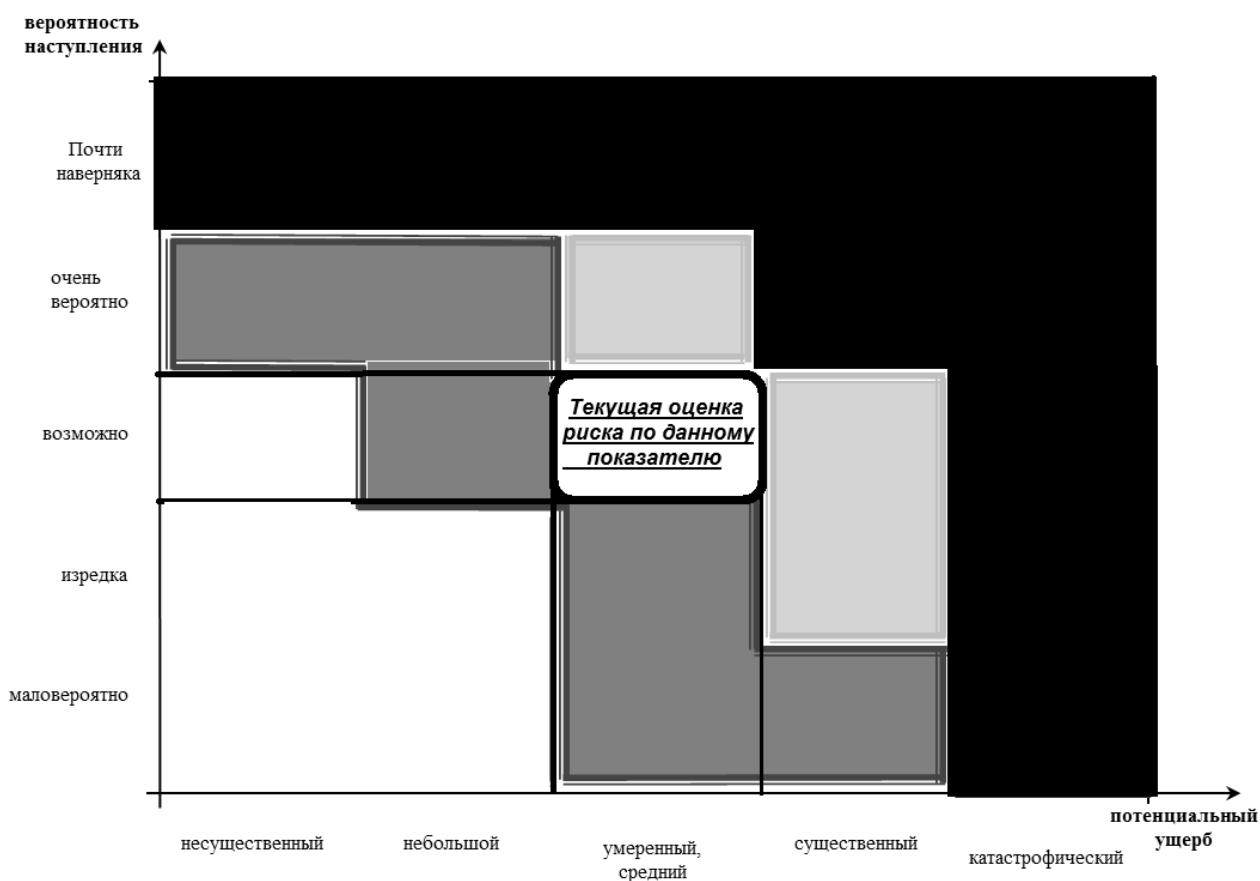


Рисунок 4.1.6 – Пример текущей оценки риска по элементарному показателю

Предлагаемый способ определения элементарного показателя оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники и принцип определения текущего значения риска по анализируемому элементарному показателю позволяет использовать указанные значения в расчетах значений сводных и интегральных показателей риска. Однако, определяющим фактором анализа риска по сводным показателям в иерархической сети показателей риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники является механизм установления

градаций таких сложных показателей. Именно этим определяется существо и необходимость разработки соответствующей процедуры шкалирования сводных показателей оценки исследуемого риска.

4.1.5. Шкалирование сводных оценок рисков

Построение сети показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в разработанном методе не предполагает непосредственного экспертного оценивания сводных показателей – они рассчитываются по значениям оценок элементарных показателей. Однако, предметная ориентированность показателей оценки рисков требует задания для каждого из сводных показателей градаций соответствующей шкалы оценки. Очевидно, что строить такие шкалы в формате матриц последствий и вероятностей, в условиях использования приближенных оценок и мягких вычислений, не имеет смысла, так, получив оценки рисков по элементарным показателям в виде единого значения нечеткого числа характеризующего риск, далее оперировать рациональней со значениями именно переменной $\tilde{B}_{ij} = \langle \text{риск по текущему показателю} \rangle$. Тогда шкалирование каждого из сводных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники сведется к расчету функций принадлежности нечетких чисел $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ для значений \tilde{B}_{ij} характеризующих каждый из сводных показателей риска. Такое построение осуществляется в следующей последовательности:

1. Последовательно, для каждой градации категорий рисков K' по степени опасности из таблицы 4.1.6 у всех элементарных показателей r_i , входящих в декомпозицию текущего сводного показателя R_0 выбираются значения нечетких чисел-термов \tilde{B}_{ij} соответствующих максимальному и минимальному значению в данной градации. Этим задается интервал E данной градации у рассматриваемого элементарного показателя в декомпозиции сводного показателя:

$$E_i = \left\{ \min \mu_T^{\bar{B}_{ij}}, \dots, \mu_T^{\bar{B}_{ij}}, \dots, \max \mu_T^{\bar{B}_{ij}} \right\} \quad (i = 1 \div R') \quad (4.1.28)$$

2. Полученные нечеткие интервалы E_i по формуле интегральной свертки пересчитываются в рамках текущей декомпозиции сводного показателя в соответствующий сводный нечеткий интервал (нечеткое число) соответствующее рассматриваемой градации категорий рисков K' по степени опасности. При этом такой пересчет производится с использованием математического аппарата уровневых множеств, детально описанным в [69]. ТНЧ-форма $\mu_T^B(U)$ содержит 2 участка одинаковой монотонности (возрастающий и убывающий), что позволяет каждый участок монотонности описать конечным числом M точек, при этом для каждого участка монотонности $\min M = 2$. Соответственно, при необходимости получения более точной формы функции принадлежности необходимо увеличивать значение M , до необходимой точности.

Сущность выполнения операций над нечеткими числами с использованием уровневых множеств применительно к рассматриваемой задаче сводится к следующему:

а) участки одинаковой монотонности функций принадлежности $\mu_T^{B1}(U), \dots, \mu_T^{B2}(U) \dots \mu_T^{BN}(U)$ элементарных показателей риска $r_1 \dots r_i \dots r_N$ (где N – число показателей, участвующих в рассматриваемой декомпозиции сводного показателя q_0 с $\mu_T(z)$) описываются последовательностью точек:

$$\left(\{u_1^1, u_1^2, \dots, u_1^i, \dots, u_1^M\}, \dots, \{u_j^1, u_j^2, \dots, u_j^i, \dots, u_j^M\}, \dots, \{u_N^1, u_N^2, \dots, u_N^i, \dots, u_N^M\} \right); \quad (4.1.29)$$

б) для соответствующих по монотонности участков функций принадлежности нечетких чисел оценки показателей риска, участвующих в декомпозиции q_0 , из точек, удовлетворяющих условию

$$\mu_T^{B1}(u_1) = \mu_T^{B2}(u_2) = \dots = \mu_T^{BN}(u_N), \quad (4.1.30)$$

формируются уровневые множества U

$$U_i = \{u_1^i, \dots, u_j^i, \dots, u_N^i\} \quad (i = 1 \div M); \quad (4.1.31)$$

в) на базе каждого i -го уровневое множества, после умножения его элементов на соответствующий числовой вектор локальных весов вида (4.1.9) рассчитывается поточечно функция принадлежности нечеткого числа или интервала (ТНИ) характеризующего данную градацию категорий рисков K' по степени опасности для сводного показателя q_0 , в соответствии с формулой

$$\mu_{\sum_{j=1}^N T_j}^N(z) = \max_{z = \sum_{i=1}^N u_j^i} \min(\mu_T^{B1}(u_1^i), \dots, \mu_T^{Bj}(u_j^i), \dots, \mu_T^{BN}(u_N^i)) \quad \text{при} \quad \sum_{j=1}^N T_j = T' \quad (4.1.32)$$

3. Получаемые нечеткие интервалы или нечеткие числа соответствующее рассматриваемой градации категорий рисков $R(K')$ по степени опасности для сводных и интегрального показателей в иерархической сети G задают соответствующие шкалы оценки. Структурно они соответствуют шкале на рисунке 4.1.2., но по оси абсцисс такой шкалы откладываются значения риска по текущему показателю в виде величины без физической размерности.

4. Аналогично строятся ТНИ для функций принадлежности нечетких чисел $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ для всех остальных градации категорий рисков $R(K')$ по степени опасности для каждого из сводных показателей риска в сети оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Если в состав сводного показателя входят не только элементарные показатели, но и другие сводные, то первоначально шкалируется более простой сводный показатель, а затем его значения градаций в декомпозиции более сложного сводного показателя рассматриваются в одном ранге с участвующими элементарными показателями.

Значения оценок рисков по сводным показателям в виде нечетких чисел в числовом представлении Y_p и в виде термина лингвистической переменной \hat{Y}_p накладываются на шкалу лингвистической переменной $\tilde{B}_{ij} = \langle \text{риск по текущему показателю} \rangle$ и интерпретируются путем анализа итогового совпадения функции принадлежности нечеткого числа $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ значения оценки с градациями категорий рисков R' для текущего показателя r_i в иерархической

сети G оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. В рамках этой диссертационной работы в статусе допущения принято, что при быстром (оперативном) оценивании рисков в терминах лингвистической переменной $\tilde{B}_{ij} = \langle \text{риск по текущему показателю} \rangle$ и при выполнении условия, что все нечеткие числа используемых для обозначения термов лингвистической переменной \tilde{B}_{ij} имеют функции $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ принадлежности одного вида в ТНЧ-форме, описывающие ее значения для всех сводных показателей сети G , могут быть определены путем назначения функций перехода. То есть, если все композиционно-входящие показатели имеют категорично-выраженные оценки одной градации, то можно назначить функцию перехода в терм-множестве значений \tilde{B}_{ij} к соответствующему значению сводного показателя риска. Вместе с тем, при практической потребности более “аккуратного” анализа рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, функции принадлежности $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ термов \tilde{B}_{ij} для различных сводных и интегрального показателей в сети G могут быть рассчитаны на основе функций принадлежности термов для элементарных показателей представленных нечеткими числами в форме $(L-R)$ -функций. Это ведет к необходимости использования более сложного математического аппарата в предлагаемой модели, который достаточно детально разработан и описан в [52,69, 73-75].

В качестве примера назначения функции перехода в терм-множестве значений \tilde{B}_{ij} к соответствующему значению сводного показателя риска для композиции, представленной на рисунке 4.1.7, следует привести комбинации терм-множеств, приведенных в таблице 4.1.7.

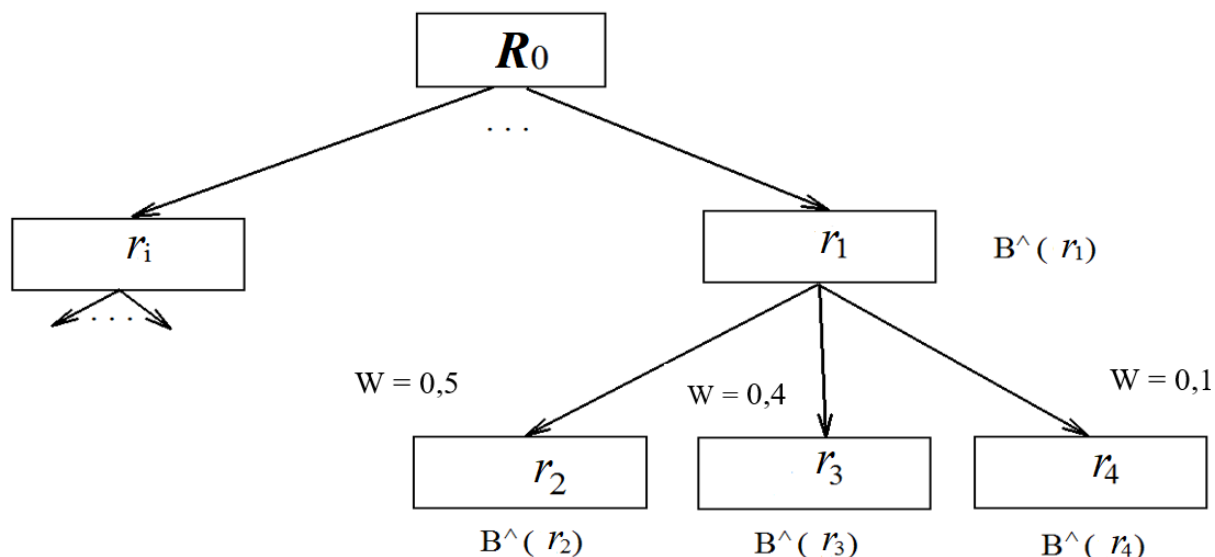


Рисунок 4.1.7 – Пример декомпозиции для назначения функций переходов

Существование функций принадлежности $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ категорических термов для лингвистической переменной \tilde{B}_{ij} применительно к любому показателю r_i делает возможным оперативно интерпретировать получаемую оценку рисков в виде нечеткого множества или вербального заключения. Здесь следует указать на то, что в силу строгой привязки функций перехода к шкалированному виду сводных показателей предложить универсальную их формулу не представляется возможным.

Таблица 4.1.7 – Пример задания назначений перехода по комбинациям термов одной градации

№ п/п	Результирующий терм оценки рисков $B^{\wedge}(r_1)$	Назначение: $(B^{\wedge}(r_2), B^{\wedge}(r_3), B^{\wedge}(r_4)) \rightarrow B^{\wedge}(r_1)$	Примеч.
1.	Экстремальный	$\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"ЭКС"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"ЭКС"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"ЭКС"}\}$ или $\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"ЭКС"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"ЭКС"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"ВСК"}\}$	
2.	Высокий риск	$\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"ВСК"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"ВСК"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"ВСК"}\}$ или $\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"ВСК"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"ВСК"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"УМП"}\}$	Не является исчерпывающим
3.	Умеренный	$\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"НЗК"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"ВСК"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"УМП"}\}$ или $\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"УМП"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"УМП"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"УМП"}\}$ или $\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"УМП"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"УМП"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"НЗК"}\}$	Не является исчерпывающим
4.	Низкий	$\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"НЗК"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"НЗК"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"НЗК"}\}$ или $\{B^{\wedge}(r_2) = \text{"НЗК"}; B^{\wedge}(r_3) = \text{"НЗК"}; B^{\wedge}(r_4) = \text{"УМП"}\}$	

При интерпретация значений сводных показателей и анализе результатов оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники существуют 2 концептуально-различных варианта отображения функции принадлежности $\mu_T^{\tilde{B}_{ij}}$ оценки Y_p на шкалированное терм-множество лингвистической переменной \tilde{B}_{ij} , что показано на рисунке 4.1.8. Варианта а) предполагает, что нечеткое число итоговой оценки Y_p будет иметь отстояние граничных значений от модального значения сравнимое с отстояниями чисел-термов градаций лингвистической переменной \tilde{B}_{ij} . Для этого варианта следует считать, что применительно к примеру, на Рисунке 4.1.8 а): по анализируемому показателю риска оцениваемая текущая ситуация проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники имеет риски выше чем низкие, но меньше чем умеренные. Анализ рисков осуществляется по степени совпадения с нечеткими числами градаций, то есть мерой выступает степень совпадения данного значения показателя риска с близлежащим нечетким числом- термом шкалы показателя.

Вариант б) предполагает, что нечеткое число итоговой оценки Y_p будет иметь отстояние граничных значений от модального значения несравнимо большее чем отстояния у нечетких чисел-термов градаций лингвистической переменной \tilde{B}_{ij} . Для варианта б) заключение о степени риска для проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники по данному показателю делается с соответствующей степенью принадлежности, как числовой характеристикой четкости этого заключения. В частности, на примере, представленном на рисунке 4.1.8 б) следует прийти к выводу, что по анализируемому показателю риска оцениваемый проект разработки ИЭТР имеет риски для решения задач освещения обстановки оцениваемые следующим образом:

$$\tilde{B}_{ij} = \{ "УМР" / 0,8; "ВСК" / 0,7 \}, \quad (4.1.33)$$

т.е. умеренный риск со степенью принадлежности 0,8 –высокий риск со степенью принадлежности 0,7.

Резюмируя описание шкалирования сводных показателей можно констатировать, что предложенный аппарат позволяет: осуществлять расчет значений сводных показателей на основе оценок элементарных показателей риска; обеспечить естественную качественную интерпретацию результатов мягкого количественного оценивания рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в терминологической нотации термов лингвистической переменной “*риск по текущему показателю*”; количественно анализировать и учитывать степень нечеткости получаемых оценок рисков.

4.1.6. Расчет значений сводных и интегрального рисков для проектов по разработке ИЭТР

Формирование итогового (сводного) значения предписания о уровне рисков для проектов по разработке ИЭТР в интересах эксплуатации и ремонта авиационной техники предусматривает необходимость определить математическую форму интегральной свертки в указанное значение элементарных и сводных рисков. В наиболее общем виде такую форму свертки, иногда именуемую формой интегрального критерия риска, принято представлять, как:

$$Y = f(y_1(r_1), y_2(r_2), \dots, y_i(r_i), \dots, y_n(r_n)), \quad (4.1.34)$$

где $y_i(r_i)$ – значение риска в соответствии с i -м элементарным или сводным показателем r_i ; n – число учитываемых показателей риска в свертке на текущем уровне декомпозиции сети G^* ; ρ – сводное число всех показателей риска учитываемых в сети G^* показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

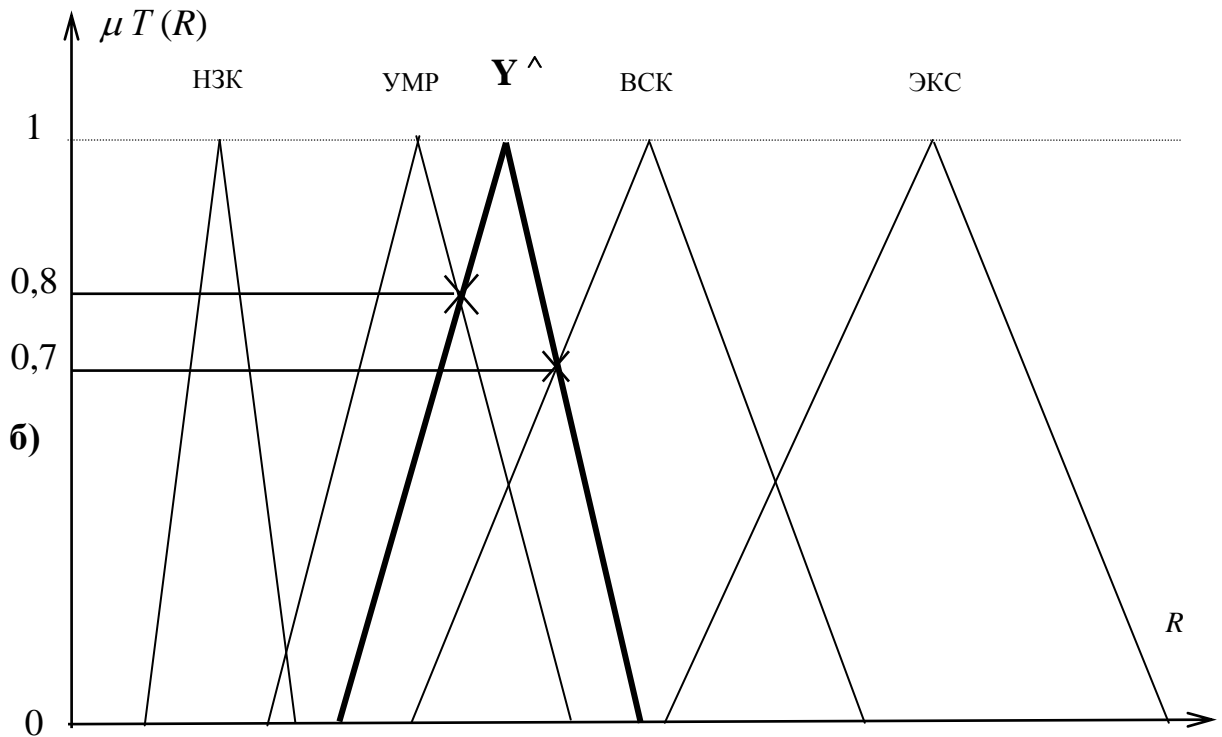
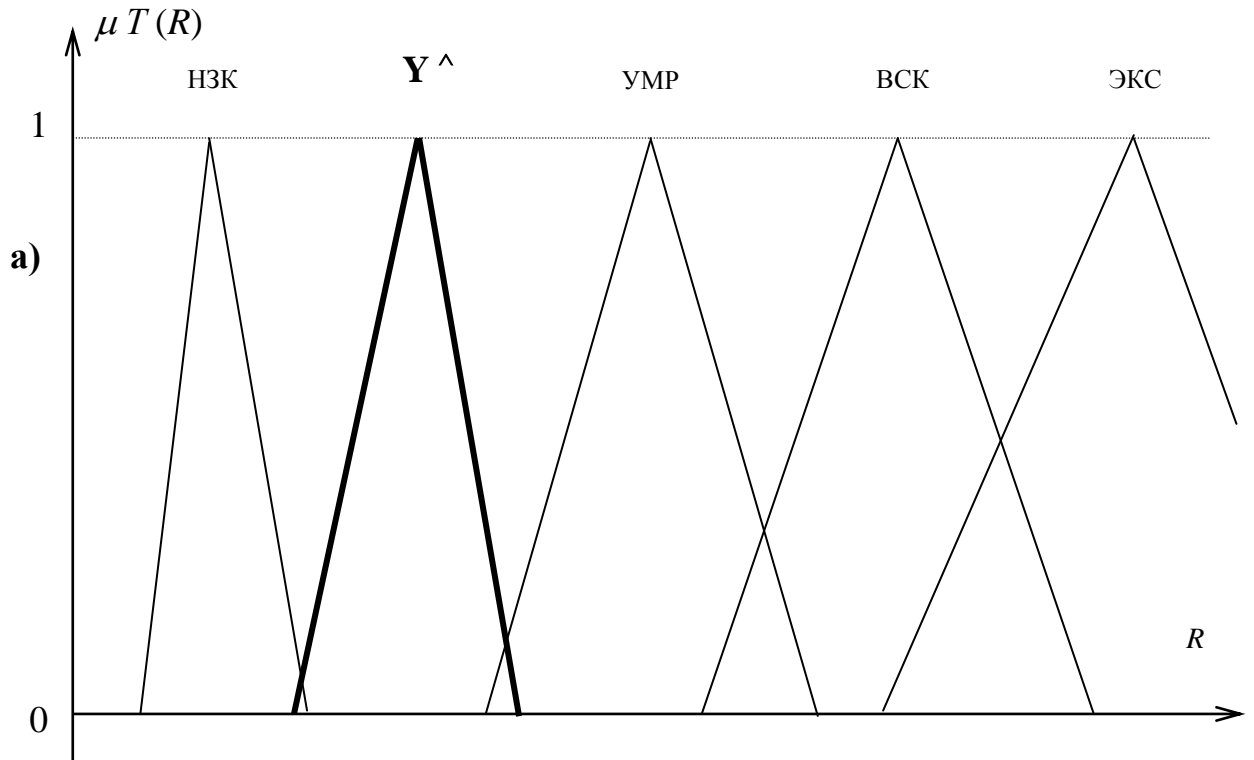


Рисунок 4.1.8 - Варианты отображения функции принадлежности оценки текущих рисков на терм-множество лингвистической переменной-шкалы

Предметно-ориентированная конкретизация формы интегральной свертки отдельных сводных показателей рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники зависит от математических особенностей формы интегрального показателя оценки рисков. Это связано с тем, что один и тот же показатель риска может первоначально оцениваться экспертами в шкалах различной природы. Такая возможность перебора шкал оценки дает возможность осуществить переход от первоначальных, как правило, не сопоставимых шкал оценки разнородных рисков к их анализу в единой шкале. Переход к такой шкале оценки элементарных рисков гарантирует: 1) возможности сведения всех значений показателей риска в значения показателей более высокого уровня иерархии сети G^* показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники с учетом их веса; 2) сравнительное представление всех показателей риска в единой шкале. Тогда применение монотонного преобразования $\varphi: R^l \rightarrow R^l$ начальной шкалы действительных чисел R^l дает максимально большое число производных шкал. Выбор именно этих монотонных преобразований как допустимых оправдывается следующими соображениями: при интенсивности проявления некоторого риска, оцениваемого на исходной числовой шкале R^l , такая шкала может быть эквивалентно преобразована. В частности, если эта шкала преобразуется при помощи строго возрастающего преобразования $\varphi: R^l \rightarrow R^l$, то для любых двух значений $y_1, y_2 \in R^l$ по числовой шкале R^l имеет место соотношение

$$\{y_1 < y_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(y_1) < \varphi(y_2)\}. \quad (4.1.35)$$

Соответственно, порядок следования градаций оцениваемого показателя риска, выявляемый при помощи шкалы R^l , сохраняется при любом строго монотонном преобразовании $\varphi: R^l \rightarrow R^l$ этой шкалы. Поэтому, если ограничиться задачей выявления упорядочения оцениваемых рисков по некоторым оцениваемым показателям, то значения оценок по любой из преобразованных шкал могут считаться эквивалентными, т.е инвариантом всех таких измерений служит порядок следования градаций оцениваемого риска. Класс шкал $\varphi(R^l)$,

получаемых из исходной шкалы R^I при помощи строго возрастающих преобразований $\varphi: R^I \rightarrow R^I$, может быть более чем существенно расширен, если принять во внимание монотонно неубывающие преобразования, удовлетворяющие соотношению

$$\forall y_1, y_2 \in R^I \{y_1 < y_2\} \Rightarrow \{\varphi(y_1) \leq \varphi(y_2)\}. \quad (4.1.36)$$

Принципиальное отличие монотонно неубывающего преобразования (4.1.35) от строго возрастающего преобразования (4.1.36) состоит в том, что последнее допускает т.н. склеивание пунктов числовой исходной шкалы R^I : возможно, что в исходной шкале $y_1 \neq y_2$, а в преобразованной шкале имеет место $\varphi(y_1) = \varphi(y_2)$. Возможность этого т.н. склеивания пунктов исходной числовой шкалы традиционно используется для объединения всех неразлично малых градаций, как и неразлично больших градаций, оцениваемого риска. Рассуждая о шкалах $\varphi(R^I)$, полученных как результат монотонных преобразований исходной шкалы действительных чисел R^I , следует рассматривать не только строго возрастающие и неубывающие преобразования вида (4.1.35, 4.1.36), но и соответственно строго убывающие и невозрастающие преобразования вида

$$\forall y_1, y_2 \in R^I \{y_1 < y_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(y_1) > \varphi(y_2)\}, \quad (4.1.37)$$

$$\forall y_1, y_2 \in R^I \{y_1 < y_2\} \Rightarrow \{\varphi(y_1) \geq \varphi(y_2)\}. \quad (4.1.38)$$

Такие эквивалентные преобразования, как (4.1.37, 4.1.38) применяются, когда возникает необходимость изменить т.н. полярность оцениваемого риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Так, например, пусть некоторый риск по показателю r_j из сети G^* в исходной числовой шкале R^I оценен более частными показателями y_1, \dots, y_n , $y_1 < \dots < y_n$, где \bar{n} – текущее число оцениваемых рисков. Значения оценок y_1, \dots, y_n в производной шкале $\varphi(R^I)$, индуцированной монотонным преобразованием $\varphi: R^I \rightarrow R^I$, далее будут обозначены как $\tilde{r}_i = \tilde{r}(y_i)$. Пусть функция $N(y)$, указывает число показателей рисков, у которых оценка q_j в исходной шкале не

превосходит $y \in R^1$. Очевидно, что $N(y_1) = 0$, $N(y_n) = \bar{n} - 1$, $N(y_n + \varepsilon) = \bar{n}$, где ε – сколь угодно малая положительная величина. Иными словами, функция $N(y)$ есть кусочно-постоянная, непрерывная слева монотонно неубывающая функция, которая реализует монотонное преобразование $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ в следующем варианте:

$$\tilde{r}(y_i) = N(y_i), \quad y_i \in R^1, \quad N(y_i) \in \{0, 1, 2, \dots, \bar{n}\}, \quad (4.1.39)$$

где $N(y_i) \in [0, (\bar{n} - 1)]$ – число задач, имеющие значения рассматриваемого частного показателя рисков, меньшее чем значение, имеющееся у i -ого проекта ИЭТР. Часто вместо преобразования $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ вида (4.1.39) используется нормирующее преобразование, приводящее к показателям вида

$$\tilde{r}(y) = \frac{N(y)}{\bar{n} - 1}, \quad y \in R^1, \quad \tilde{r}(y) \in \left\{0, \frac{1}{\bar{n} - 1}, \frac{2}{\bar{n} - 1}, \dots, \frac{\bar{n} - 2}{\bar{n} - 1}, 1\right\}. \quad (4.1.40)$$

В данном случае значение $\tilde{r}(y_i)$ частного показателя риска $\tilde{r}(y)$ говорит о том, какова доля показателей риска для проекта разработки ИЭТР, имеющих значения искомого показателя риска y меньше, чем значение y_i .

Существо анализа рисков по конкретному показателю для эксперта заключается в сравнении значения y такого показателя у текущей ситуации в проекте по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники с некоторым эталоном y_0 . Для этого сравнения используется, как правило, аддитивная или мультипликативная формы представления показателей. Аддитивный показатель вида

$$\tilde{r}(y) = y - y_0, \quad y, y_0 \in R^1, \quad y_0 > 0, \quad (4.1.41)$$

указывает на факт, степень и т.н. направление несовпадения полученного значения показателя с определенным эталоном. Он принимает нулевое значение при $y = y_0$, отрицательные значения - при $y < y_0$, положительные - при $y > y_0$. В свою очередь, мультипликативная форма учета эталонного значения, при которой показатель задается формулой вида

$$\tilde{r}(y) = \frac{y}{y_0}, \quad y, y_0 \in R^1, \quad y_0 > 0. \quad (4.1.42)$$

Показатель риска проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники (4.1.42) также учитывает факт, степень и направление несовпадения полученного значения показателя с эталоном. Он принимает единичное значение при $y=y_0$, значение $\tilde{r} < 1$ – при $y < y_0$, значение $\tilde{r} > 1$ при $y > y_0$. Более сложной формой учета эталонных значений является форма сводного показателя, нормирующего образующие его элементарные и другие сводные показатели риска путем отображения всего множества их возможных значений на отрезок $[0,1]$. Предположим: дано множество $\{y\}$ элементарных показателей, измеряющих некоторые риски по числовой шкале R^1 . При этом предполагается, что эти показатели риска являются показателями вида “чем больше, тем выше риск”, т.е. увеличение значений y_i совпадает с увеличением оцениваемого риска для исследуемых проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. При этом задано некоторое эталонное значение $y=y_-$ исходного эталонного значения риска y такое, что все значения, не превосходящие y_- являются одинаково пренебрежимо малыми. Предполагается одновременно заданным и другое эталонное значение $y=y_+$, $y_- < y_+$, такое, что все значения, большие или равные y_+ являются одинаково достаточно большими. В этих предположениях следует принять к использованию показатели риска кусочно-линейного вида

$$\tilde{r}(y) = \begin{cases} 0, & \text{при } y \leq y_- \\ \frac{y - y_-}{y_+ - y_-} & \text{при } y_- < y \leq y_+, \\ 1, & \text{при } y > y_+ \end{cases} \quad (4.1.43)$$

монотонно неубывающий при возрастании анализируемого вида риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Для такой формы частного показателя риска описанная нормализация традиционно считается нормальной.

Пусть теперь полярность оцениваемого показателя риска отрицательна, т.е. его увеличение по соответствующему показателю вызывает понижение уровня интегрального риска в целом (показатели вида “чем меньше, тем выше

риск”). Тогда можно считать, что задано некоторое эталонное значение $y=y_0$ показателя y такое, что все значения, не превосходящие y_0 являются одинаково достаточно малыми. Предполагается одновременно заданным и другое эталонное значение $y=y_+, y_<y_+$, такое, что все значения, большие или равные y_+ являются одинаково неприемлемо большими. В этих предположениях можно использовать простейший кусочно-линейный показатель вида

$$\tilde{r}(y) = \begin{cases} 1, & \text{при } y \leq y_-, \\ \frac{y_+ - y}{y_+ - y_-} & \text{при } y_- < y \leq y_+, \\ 0, & \text{при } y > y_+, \end{cases} \quad (4.1.44)$$

невозрастающий при возрастании значения значений по искомому показателю. Для учета характера выпуклости функции $\tilde{r} = \tilde{r}(y)$ формулы (4.1.43), (4.1.44) обобщаются и принимают следующий вид:

$$\tilde{r}(y) = \begin{cases} 0, & \text{при } y \leq y_-, \\ \left(\frac{y - y_-}{y_+ - y_-} \right)^\lambda & \text{при } y_- < y \leq y_+, \\ 1, & \text{при } y > y_+, \end{cases} \quad (4.1.43)$$

$$\tilde{r}(y) = \begin{cases} 1, & \text{при } y \leq y_-, \\ \left(\frac{y_+ - y}{y_+ - y_-} \right)^\lambda & \text{при } y_- < y \leq y_+, \\ 0, & \text{при } y > y_+, \end{cases} \quad (4.1.44)$$

где параметр λ определяет характер выпуклости соответствующих функций: при $\lambda > 1$ график функции $\tilde{r} = \tilde{r}(y)$ имеет выпуклость вниз, а при $\lambda < 1$ – выпуклость вверх; при $\lambda = 1$ функция $\tilde{r}(y)$ линейна на отрезке $[x_-, x_+]$. Далее используются нормирующие функции вида (4.1.43) и (4.1.44). Помимо ссылок на простоту применения таких функций, можно указать следующий аргумент в пользу их применения при оценке рисков. Рассматривая сужение функции $\tilde{r} = \tilde{r}(y)$, как строго возрастающей функции, на отрезок $[y_-, y_+]$, следует разделить этот отрезок на m одинаковых частей. Также делится область значений функции, отрезок $[0, 1]$, на n одинаковых частей. Получившаяся в результате числовая решетка содержит $(m+1) \times (n+1)$ точек, расположенных

внутри прямоугольника $[y_-, y_+] \times [0, 1]$. Тогда множество $J(m, n)$ всех дискретных монотонно неубывающих функций дискретного аргумента, графики которых проходят через узлы построенной числовой решетки и удовлетворяют граничным условиям $\tilde{r}(y_-) = 0$, $\tilde{r}(y_+) = 1$, является конечным. Неопределенность выбора конкретной нормирующей функции из класса $J(m, n)$ может моделироваться при помощи равномерного распределения соответствующих вероятностей, заданного на этом классе. Детально такой математико-вероятностный аппарат описан в [91].

Итоговым научно-исследовательским результатом выбора монотонных преобразований показателей в составе сводных показателей риска является переход от вектора $y = (y_1, \dots, y_m)$, $y_i \in R^l$, в котором все показатели измерены согласно сети G^* показателей оценки рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в различных шкалах, к вектору нормированных частных показателей $\tilde{r} = (\tilde{r}_1, \dots, \tilde{r}_m)$, $\tilde{r}_i \in [0, 1]$, где все показатели представлены в одной и той же шкале. Последнее обеспечивает корректность аппарата агрегирования частных показателей.

Выше приведенное описание путей приведения оценок рисков различной природы к едино-сравнимой форме показывает вариабельность выбора конкретных форм представления значений показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Разрешение частной задачи исследования по определению конкретных форм представления показателей риска объективно требует сужения множества имеемых альтернатив форм интегральной свертки в зависимости от специфики учета взаимовлияния показателей и принципов измерения значений элементарных показателей.

В силу непрерывного характера значений оценок элементарных показателей риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, конкретное численное представление $y_i(r_i)$ для каждого акта оценивания может значительно упростить форму интегральной свертки (4.1.34).

В этом выражении математическая форма свертки отражает факт того, что нет учета влажностного веса различных показателей риска - показатели не подвергаются упорядочиванию по уровню их влияния на интегральный показатель оценки рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Соответственно, для учета не только значений, но и веса показателей, агрегируемых в показатель более высокого уровня иерархии, на значение этого сводного показателя необходимо упорядочить агрегируемые показатели по их важностному весу. Итерационный многосложный процесс оценки и учета важностного веса значений оценок риска Y_i^m по сводным показателям на m -ом уровне декомпозиции интегрального показателя риска, через значения показателей более низкого уровня $m+1$ иерархии сети G^* , осуществляется в соответствии с формулой:

$$Y_i^m = f_i^m(y_1^{m+1}(r_1), \dots, y_{K_{i+1}}^{m+1}(r_K)) \quad (4.1.45)$$

Соответственно форма интегральной свертки вида (4.1.34) на основании (4.1.45), при представлении операторами, будет выглядеть следующим образом:

$$Y = \hat{F}^1, \dots, \hat{F}^i, \dots, \hat{F}^m(y_1(r_1), \dots, y_n(r_n)) . \quad (4.1.46)$$

При этом оператор понимается определенным как преобразование:

$$\hat{F}^m : y^{i+1} \rightarrow y^m. \quad (4.1.47)$$

Различие между исходной формой интегральной свертки (4.1.34), которая применима в самом широком круге задач построения интегральных показателей и критериев оценки, и разработанной формой её представления согласно (4.1.45) состоит в следующем: задание формы интегральной свертки в виде (4.1.34) ограничивает исходную информацию для оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники множеством оценок элементарных показателей риска и исключает возможность их многоуровневой композиционной свертки в отдельные сводные показатели, т.е. исключает группировку отдельных элементарных показателей в сводные показатели более высокого уровня общности. Другими словами, исключая возможность ввода и оценки сводных, промежуточных показателей

представление интегральной свертки в виде (4.1.34), исключает возможность анализа и учета смысла, и оценок всех промежуточных действий, и оценок экспертов, т.е. исключает возможность адекватного анализа деятельности экспертов, производящих оценку рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Формулировка интегральной свертки в виде (4.1.45) также базируется на использовании исходной информации, представленной множеством значений оценок элементарных показателей рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, но она не только не исключает, а, наоборот, предполагает многоуровневое сведение как исходных элементарных, так и производных от них сводных показателей. Отсюда следует, что обозначенная выше формулировка интегральной свертки в виде (4.1.45) обеспечивает адекватный учет и анализ всех тех промежуточных выводов и оценок, которые формулируют эксперты в процессе оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

В качестве логической основы для разработки математического аппарата оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники был принят тот факт, что эксперт, имеющий в своем сознании некоторую неопределенную модель эталона идеального функционирования разрабатываемой ИЭТР, способен сравнивать с этой идеальной моделью по отдельным показателям текущее функционирование реально наблюдаемого руководства, т.е. оценивать величину и направление отклонения оцениваемого варианта от идеальной модели по соответствующим и рассматриваемым показателям риска:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_0 \quad (4.1.48)$$

Формулировка оценок вида (4.1.48) в направлении от элементарных показателей риска к сводным показателям более высокого уровня иерархии сети показателей оценки риска в теории эффективности определяется как модель реализации принципа вложенности показателей снизу вверх. Таким

образом, если элементарные показатели рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники сформулированы по описанному выше принципу (4.1.48), то реализация процедур вида (4.1.45) снизу вверх по иерархии сети показателей оценки риска обеспечивает корректную интегральную свертку оценок риска в соответствии с (4.1.34).

Однако, возможности представления сводных и интегрального показателей рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в той или иной более конкретизированной и упрощенной форме определяется числом ограничений, накладываемых на агрегируемые показатели риска. Такие содержательные ограничения формулируются в виде условий, которым должны соответствовать агрегируемые показатели риска. Это, прежде всего, условия существования и непрерывности показателей риска, а также условия их независимости по приращению и по предпочтению. Так, в частности, если выполнены условия существования и непрерывности, то интегральная свертка показателей риска в сети G^* представима в нормальной форме

$$Y(R) = \sum_{i=1}^n y_i(r^{(i)}), \quad (4.1.49)$$

где $r^{(i)} = (r_1, \dots, r_i)$ — вектор, содержащий только первые i из общего числа n показателей риска r .

Для представления в мультиаддитивной форме набор частных показателей должен дополнительно к условиям существования и непрерывности удовлетворять условию независимости по приращению.

Условие независимости по приращению формулируется, с учетом ввода обозначения для вектора $r(i-) = (r_1, \dots, r_{i-1}, r_{i+1}, \dots, r_n)$, не содержащего i -ой компоненты: показатель риска r_i не зависит по приращению от остальных показателей риска, если отношения предпочтительности между приращениями этого показателя риска не зависят от того, на каком уровне зафиксированы значения компонент вектора $r(i-)$. Проверка выполнения этого условия может быть проведена путем установления отношения предпочтительности лицом

принимающим решения, между одним и тем же приращением Δr_i ; показателя риска r_i при различных значениях вектора $r(i-)$. Если отношение предпочтительности принятое лицом принимающим решения (в данном случае -экспертом) к приращению Δr_i показателя r_i сохраняется при любых значениях $r(i-)$, т.е. рост r_i равножелателен при любых значениях остальных частных показателей, то показатель r_i независим по приращению.

Выполнение условия независимости по приращению для всех элементарных и сводных показателей риска r_i ($i = \overline{1, n}$) определяет возможность эквивалентного представления интегральной свертки показателей риска в сети G^* в мультиаддитивной форме

$$Y(R) = \sum_{k=1}^n \prod_{i=1}^k \eta_i(y_i(r_i)) \quad (4.1.50)$$

где $r=(r_1, r_2, \dots, r_n)$ – вектор элементарных показателей; η – соответствующая комбинация $y_i(r_i)$. Мультиаддитивная форма интегральной свертки показателей риска представляет собой комбинацию из n функций одной переменной, находить которые, естественно гораздо проще, чем функции многих переменных. Дальнейшее упрощение формы интегрального показателя может быть достигнуто только за счет выполнения условия независимости по предпочтению.

Пара показателей риска (r_i, r_j) не зависит по предпочтению от остального набора показателей $r(i, j-)=(r_1, \dots, r_{i-1}, r_{i+1}, \dots, r_{j-1}, r_{j+1}, \dots, r_n)$, если отношение предпочтительности, установленное между векторами $r'=(r_i', r_j', r(i, j-))$ и $r''=(r_i'', r_j'', r(i, j-))$ не зависит от уровней, на которых зафиксированы значения показателей $r(i, j-)$. Считается, что, определив отношение предпочтительности с учетом только показателей r_i и r_j , можно распространить найденные отношения предпочтительности на все множество рассматриваемых показателей. Если условие независимости по предпочтительности выполняется, то интегральную свертку для расчета сводных показателей можно представлять в аддитивной форме

$$Y(r_n) = \sum_{i=1}^n y_i(r_i). \quad (4.1.51)$$

Факт того, что получаемые один из другого с помощью монотонных преобразований сводные показатели эквивалентны, аддитивной форме эквивалентно сопоставимы следующие формы представления интегральной свертки:

- мультипликативная форма, вида:

$$Y(r_n) = \prod_{i=1}^n y_i(r_i); \quad (4.1.52)$$

- нормированный аддитивный показатель:

$$Y(r_n) = \sum_{i=1}^n k_i y_i(r_i), \quad (4.1.53)$$

где $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ и $k_i \geq 0$ для всех $i = \overline{1, n}$. (4.1.54)

Выше, при обосновании вида функций $\tilde{r}_i = \tilde{r}(y_i)$, индуцированных монотонным преобразованием $\varphi: R^1 \rightarrow R^1$ и используемых для оценки отдельных сводных и элементарных показателей риска, было определено, что эти функции, а значит и отображаемые ими показатели риска удовлетворяют условиям существования и непрерывности. Это обеспечивает получение значений сводных и интегральных показателей риска в нормальной форме (4.1.53). Возможность представления этих показателей в других представленных выше формах, определяется выполнением условий независимости на множестве элементарных показателей риска. Проверка гипотезы о независимости элементарных показателей риска была произведена в рамках частного эксперимента, который сводился к проверке независимости каждой пары показателей $y_i(r_i), y_j(r_j)$ для $i, j = \overline{1, n}$ от остальной совокупности элементарных показателей риска. По итогам эксперимента установлен факт, что число n элементарных показателей для различных вариантов оценки проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники различно и находится в пределах $40 \div 70$. Из этого факта вытекает, что

общее число проверок V независимости всех элементов множества $\{r_n\}$ может быть найдено, как:

$$V = \binom{n}{2} = \frac{n!}{(n-2)! \cdot 2!} \quad (4.1.55)$$

где $\binom{n}{2}$ – количество сочетаний по 2 из n .

В соответствии с данными, получаемыми при анализе экспоненциального роста значения $V(n)$ согласно (4.1.55), осуществить необходимое число V проверок в рамках одного частного эксперимента не представляется возможным. Использование средств автоматизации при проведении частного эксперимента также не позволяет провести полную проверку независимости $\{r_n\}$ за реальный промежуток времени в силу экспертно-аналитического характера каждой из проверок в сочетании с экспоненциальным характером временной сложности общего алгоритма организации таких проверок, а как следствие, его неэффективности и большого объема трудозатрат.

Вследствие невозможности проверки независимости всех элементарных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники был установлен факт наличия независимости между несколькими элементарными показателями. Для нескольких, случайным образом выбранных элементарных показателей r_i и r_j определялось предпочтительность прироста из значения для различных уровней выбранных элементарных показателей риска r_i и r_j в рамках всего диапазона их возможных значений. Полученные результаты частного эксперимента позволили принять гипотезу о независимости элементарных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, при условии экспериментальной проверки этой независимости для конкретных реализаций процедур оценивания. В соответствии с приведенными выше положениями теории эффективности при установлении факта независимости на части показателей риска, выполнение условия независимости может быть распространено на все множество рассматриваемых показателей оценки рисков

проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Таким образом, при экспериментальном подтверждении независимости любых двух элементарных показателей r_i и r_j все сводные и интегральный показатели оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники могут быть получены как сверка нормированной аддитивной формы вида (4.1.53).

Традиционно для процедур экспертно-аналитической оценки, в силу того, что $y_i(r_i)$ является входной информацией и представляет собой конкретное число, принято интегральную свертку вида (4.1.53) рассматривать как один из частных видов аддитивной формы свертки - интегральную свертку линейной формы:

$$Y(R) = Y(r_{n_p}) = \sum_{i=1}^n k_i y_i \quad (4.1.55)$$

Определение весовых коэффициентов k_q для интегральной свертки вида (4.1.55) осуществляется в рамках построения и взвешивание сети показателей для оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, которая описана ранее. Указанные коэффициенты k_i в составе интегральной свертки, по существу представленного аппарата метода, являются весами w_i частных показателей риска в декомпозициях сводных показателей:

$$\{k_i\} \Leftrightarrow \{w_i\}. \quad (4.1.56)$$

Следовательно, математическая форма интегральной свертки показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники на базе соответствующей иерархической сети G^* имеет следующий итоговый вид:

$$Y(R) = \sum_{i=1}^n w_i r_i \quad (4.1.57)$$

Наличие строго обоснованной и определенной математической формы интегральной свертки показателей риска позволяет произвести

непосредственный расчет значений сводных и интегральных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Производство расчета значений сводных и интегральных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники на базе соответствующей иерархической сети G^* в соответствии с формулой интегральной свертки (4.1.57) осуществляется в следующем порядке:

1. Первоначально осуществляется синтез и взвешивание сети G^* показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в соответствии с научно-методическим аппаратом, описанным в пп.4.1.2. и 4.1.3. настоящего исследования. Также в результате реализации этого аппарата (процедуры) определяется состав элементарных показателей оценки рисков для текущих условий проведения оценки;

2. Далее осуществляется оценка элементарных показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в соответствии с процедурой, описанной в пп.4.1.4. настоящего исследования. Они оцениваются экспертно-аналитическим образом, но результаты представляются в виде нечетких чисел – значений (термов) соответствующей лингвистической переменной. Это позволяет учитывать оценки по элементарным показателям в расчете значений оценок рисков по сводным и интегральным показателям;

3. Проводится шкалирование сводных и интегральных показателей с использованием математического аппарата уровневых множеств при умножении и сложении нечетких чисел. Существо такого шкалирования показано в пп.4.1.5. настоящего исследования.

4. Производится конкретизированная экспертиза (опрос эксперта (-ов)) с целью определения лингвистических значений вероятностей неблагоприятных событий и возможного ущерба для элементарных показателей оценки рисков

для текущих условий проведения оценки. Выводятся нечеткие числа оценки элементарных рисков конкретного проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

5. Согласно интегральной свертки показателей оценки рисков (4.1.57) производится, с использованием математического аппарата уровневых множеств при умножении и сложении нечетких чисел, расчет всех сводных и интегральных показателей рисков текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. По соответствующим шкалам получается заключение об итоговом уровне рисков для достижения поставленных задач перед проектом по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, а также предметная интерпретация результатов оценки рисков для рассматриваемого проекта.

4.2. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

4.2.1. Основные этапы и мероприятия уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР

Управление рисками в современной литературе по риск-менеджменту [23-25, 45-50, 57,58,61,89] понимается как процесс выявления, оценки уровня рисков и выработки планов мероприятий по противодействию этим рискам (ослаблению рисков). Именно в таком контексте понимается термин «управление рисками» в рамках предлагаемого метода. Данный метод выступает логическим развитием (дополнением) к методу оценки рисков, описанного в п.4.1. текущей главы. Метод является описывает реализацию проведения оценки рисков проектов по разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в практических условиях, а также дополняет эту реализацию последовательностью шагов по выработке плана противодействия (уменьшения влияния) выявленным рискам. В своей совокупности выше обозначенные процессы оценки и планирования уменьшения реализуют управление рисками проектов по разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Метод традиционно понимается как совокупность шагов практического или теоретического освоения действительности, выполнения сложных операций, достижения результата и т.д. Строгого определения метода не существует. В свете указанного, для раскрытия существа метода уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники необходимо выделить логическую последовательность крупных (ёмких) этапов управления рисками таких проектов, детализация которых уже позволит описать детальный алгоритм управления рисками. Целью метода является реализация процесса оценки и уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники для получения заключения об их уровне рисков, а также

обоснованного плана их минимизации. Теоретической основой предлагаемой метода является математико-алгоритмический аппарат современного риск-менеджмента в софтверной индустрии, изложенный, например, в работах [57,58,61].

Опираясь на логику оценки рисков для проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, представленную в выше описанном методе в п.4.1., последовательность основных (т.е. обобщенных) этапов оценки и выработки плана противодействия рискам может быть показана так:

1. Уяснение и формализация задачи управления рисками;
2. Уточнение критериев оценки;
3. Уточнение шкал оценки;
4. Проведение оценки уровня рисков и тенденций их изменения;
5. Анализ результатов оценки, планирование уменьшения рисков.

На этапе уяснения и формализации задачи управления (т.е. последовательно-итеративных процессов оценки и уменьшения) рисками производится:

- предварительный анализ обстановки в рамках команды проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, который включает: анализ возможностей и компетенций членов участников) команды разработки, установление особенностей взаимодействия с источниками исходной контент-информации, прежде всего, специфики взаимодействия и системы связи с заказчиком разрабатываемого(- мых) ИЭТР;

- анализ требований к степени точности и глубины анализа рисков, который в себя включает: установление частных целей, задач, особенностей проведения риск-анализа; выявление основных показателей рисков для текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники; определение степени детализации и вложенности показателей рисков; требований к точности и форме представления результатов.

- определение схемы взаимодействия с экспертами и ведущим специалистами в боевом применении средств СОО ВМФ, которое в себя включает знакомство и установление рабочего контакта с каждым экспертом (ведущим специалистом), объяснение ему стоящих целей и задач взаимодействия, формирование обобщенного представления у эксперта о желаемом содержании и структуре сети показателей риска.

На этапе уточнения критериев первоначально устанавливается факт наличия сети показателей риска решения задач G^+ . Необходимость построения иерархической сети показателей риска возникает при первой оценке в процессе управления рисками конкретного проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. При последующих оценках необходимости строить сеть показателей нет, т.к. используется первоначальная. Однако могут производиться уточнения сети показателей рисков с учетом выполнения процедуры, описанной в п. 4.1.

На этапе уточнения шкал оценки производится обращение к процедурам представления элементарных рисков лингвистической переменной и шкалирования сводных, интегральных показателей риска. В основу математического аппарата этих процедур положены соответствующие процедуры метода оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, изложенные в п. 4.1. В соответствии с которыми, проводится адаптация сети рисков G^+ к условиям использования специальной лингвистической переменной.

На этапе проведения оценки уровня рисков и тенденций их изменения производится оценивание элементарных показателей риска, которое выполняется в терминах лингвистической переменной на шкалах потенциального ущерба и вероятности наступления неблагоприятных событий. Оценки по элементарным показателям риска учитываются непосредственно в процедуре расчета значений сводных и интегральных показателей риска. Эта расчетная схема задана математическим аппаратом

определения значений сводных и интегральных показателей риска проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

На этапе анализа результатов оценки, планирования уменьшения рисков производится содержательная интерпретация результатов анализа рисков путем выбора и уточнения предварительно разработанного плана уменьшения рисков. Именно последний этап определяет конструктивное отличие предлагаемого метода от ранее описанного метода оценки рисков. Детальное описание существа научно-методического аппарата, реализуемого на данном этапе метода дано ниже.

Приведенное описание последовательности основных (т.е. обобщенных) этапов оценки и выработки плана противодействия рискам реализации проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники не позволяет детально показать детальную логику проведения процедур управления рисками в связке с соответствующими процедурами оценки рисков и методическим аппаратом аналитического планирования. Этот факт определил необходимость разработки детализированного алгоритма метода уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, как соответствующего научно-методического инструментария управления рисками.

Обобщенная блок-схема алгоритма уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в нотации блок-схем представлена на рисунке 4.2.1. На нем показано соответствие основных этапов оценки и выработки плана противодействия рискам проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники разработанного метода основным блокам алгоритма. При этом предполагается, что блоки обозначенные процедурами предполагают возможность дальнейшей алгоритмической детализации, но на данном этапе графического представления метода такая детализация представляется излишней. Представленный на рисунке 4.2.1. алгоритм метода наглядно дает представление о сложности реализации управления рисками проектов по разработке ИЭТР для

эксплуатации и ремонта авиационной техники в реальных условиях обстановки на конкретизированном географическом театре. Эта высокая сложность ведет к необоснованному повышению объема трудозатрат при реализации разработанной метода, а, следовательно, снижению её практической применимости специалистами-квалиметристами, что предопределяет необходимость его автоматизации. Отсутствие единой и неизменной сети показателей рисков не позволяет осуществить полную и сквозную автоматизацию всех этапов метода. Однако возможна ее частичная автоматизация за счет покомпонентной программной реализации наиболее трудоемких процедур в рамках соответствующего программного комплекса управления рисками. Уяснив и проанализировав конкретизированную задачу на первом обобщенном этапе метода, специалист по управлению рисками текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, при необходимости, строит новую или корректирует имеющую сеть показателей оценки рисков. При этом могут использоваться соответствующие программные средства, автоматизирующие определенные блоки математического аппарата процедуры построения сети показателей. Необходимо отметить, что наличие отдельных программных средств не снижает актуальности разработки и создания интегрированной программной среды (ПС) автоматизации описываемого метода, т.к. ни одно из имеемых сегодня ПС не позволяют комплексно автоматизировать метод в ранее описанном объеме и в тесной интеграции с необходимым программным окружением, таким как: информационная система, сервер моделирования, сервер баз данных и пр. Это определяется новизной предлагаемых в методе расчетных моделей, приемов и способов управления рисками текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Таким образом, обоснованная разработка программных средств автоматизации предлагаемого метода позволяют, не смотря на сложность логико-математического аппарата управления рисками, снизить трудозатраты при реальном его использовании, а как следствие обеспечить его практическую применимость.

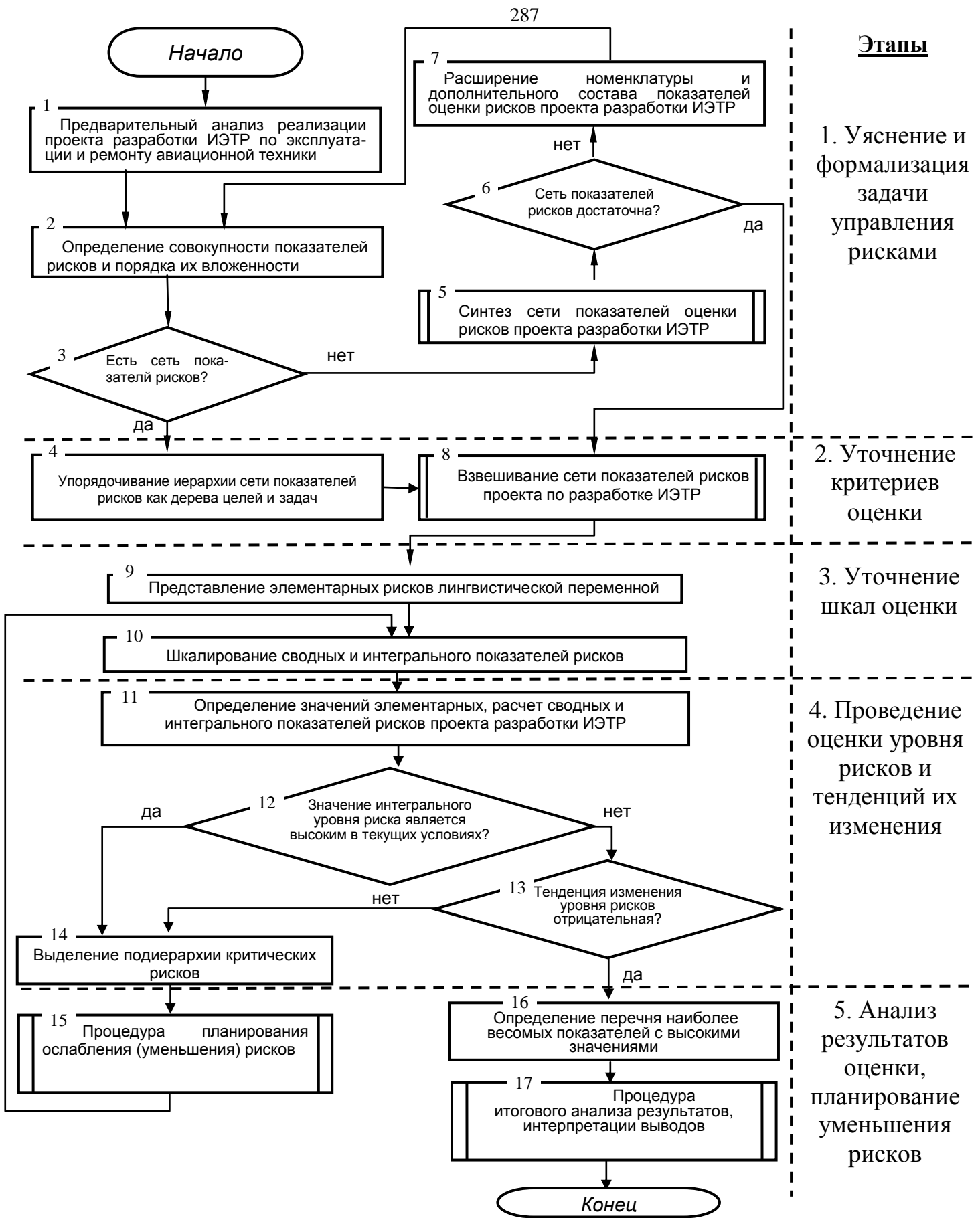


Рисунок 4.2.1 – Алгоритм управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

4.2.2. Планирование мероприятий по уменьшению рисков проектов по разработке ИЭТР

Под планом мероприятий по ослаблению рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники следует понимать такую совокупность системно-технологических схем применения технологических приемов разработки, программных расчетных и визуализационных моделей, приемов, используемых в процессе создания интерактивных электронных руководств указанной тематики, которая позволяет так изменить ход исполнения указанного проекта, что становится возможным значительно уменьшить риски его реализации, избежать аномалий ИЭТР, выявленных при предшествующей оценке рисков.

Базовый пул возможных предварительных (не конкретизированных) планов снижения рисков может разрабатываться заранее, пополняться по мере накопления экспертного и эмпирического опыта эксплуатации авиатехники, выработки специальных навыков применения вновь вводимых ИЭТР и средств информационно-логистической поддержки и пр. Очевидно, что для разных видов, классов авиационной техники (приборов, агрегатов и пр.), для различных вариантов комплектации ИЭТР периферийными средствами пользовательского интерфейса, базы возможных предварительных планов снижения рисков будут различными. В таблице 4.2.1. приведен пример-макет возможного перечня предварительных (не конкретизированных) планов снижения рисков, который позволяет наглядно представить существо этого понятия, а также соотнести его с понятиями организации разработки, применения ИЭТР, а также эксплуатации и ремонта соответствующих категорий авиационной техники. Различные предварительные планы снижения рисков позволяют преодолевать различные риски в функционировании и аномалии в развитии той или иной подсистемы ИЭТР. Именно, результаты оценки рисков функционирования при текущем состоянии проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, как

значения соответствующих элементарных и сводных показателей риска, определяют тот или иной наилучший (рациональный) предварительный план снижения рисков на данном этапе создания. Указанная рациональность заключается в том, что при рисках, выявляемых по тем или иным показателям, соответствующий план снижения рисков позволит скорейшим образом устранить (снизить, сгладить) такие риски. Необходимо указать, что логическая взаимосвязь предварительных (не конкретизированных) планов снижения рисков и комбинаций показателей соответствующих рисков не носит формы очевидного соответствия. Установление такой взаимосвязи во многом является следствием обобщения практического и эвристического экспертного опыта, результатом, носящим институциональный характер.

В идеальном случае план снижения рисков должен быть линейным, т.е. состоять из цепочки последовательно или где-то параллельно выполняемых действий (стадий, этапов), в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий. Если после получения результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одной из предыдущих стадий плана, он становится цикличным. То есть, линейность планов снижения рисков есть первое определяющее свойство таких планов. Планы снижения рисков всегда представляют собой комплексные директивные документы, разрабатываемые специалистами или экспертами, коллективными центрами компетенции. Этот факт задает необходимость объективизации самого процесса планирования. Объективизация процесса планирования есть второе определяющее свойство эффективного решения задачи снижения рисков, обеспечивающее возможность охвата всего многообразия проблем, которое выходит за пределы знаний и опыта одного специалиста-планировщика. Объективизация на практике, как правило, достигается за счет использования более широкого числа компетентных источников информации, институциональных баз данных и знаний, расширения круга привлекаемых экспертов и пр., т.е. путем «нивелирования очевидной экспертной субъективности».

Таблица 4.2.1 - Пример-макет возможного перечня предварительных планов снижения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

№ п/п	Идентификатор плана	Основные мероприятия, осуществляемые в рамках плана	Ожидаемая трудоемкость (Чел./мес.)	Реализаторы
I	Целевой	1. Переформулирование тезауруса основных понятий для класса описываемой авиационной техники;	172	Эксперты; Системотехник; Пригл. эксперты.
		2. Уточнение онтологии текущей версии ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;	56	Программист; Инж. баз данных;
		3. Расширение степени гранулярности представления предметного контента в рамках инфологической модели;	136	Инж. баз данных; Инж. по знаниям
		4. Совершенствование структуры алгоритма функционирования СУБД, расширение и дополнительное структурирование основной базы данных ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;	216	Инж. баз данных; Программист; Рук.проекта; Тестировщик.
		5. Насыщение ИЭТР мультимедиа приложениями и средствами высокоточной визуализации, повышение наглядности представления контента;	322	Инж. баз данных; Программист; Системотехник; Тестировщик.
		6. Включение в ИЭТР средств имитационного моделирования и реинжиниринга обслуживаемой авиационной техники.	398	Инж. баз данных; Программист; Инж. по знаниям Пригл. эксперты
II	Усиленный
III	Форсированный
IV	Экстремальный	1. Полная смена основного и группы приглашенных экспертов. Переформулирование и пересогласование тезауруса основных понятий для класса описываемой авиационной техники. При необходимости запрос дополнительных источников информации, средства вербального описания контента;	206	Эксперты; Системотехник; Пригл. Эксперты, Рук.проекта.
		2. Переформулирование и структурная адаптация онтологии текущей версии ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники; Проведение оперативной верификации и донстройки принятой структуры данных под основную инфологическую модель информационного контента;	229	Программист; Инж. баз данных; Системотехник; Эксперт.
		3. Обеспечение степени гранулярности представления предметного контента в рамках инфологической модели в максимальном масштабе; Задействование базы готовых программных компонент на всю полноту их возможного функционала; Оснащение ИЭТР средствами динамической наглядности;	318	Инж. баз данных; Инж. по знаниям Системотехник; Эксперт.
		4. Изменить каноническую структуру хранения и выдачи потребителю информации, расширить возможности инфологической модели, смена модели представления данных в БД и базовых алгоритмов функционирования СУБД на более совершенные, расширение и дополнительное структурирование основной базы данных ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники; Насыщение встраиваемой библиотеки прикладных программ в ИЭТР;	376	Программист; Инж. баз данных; Инж. по знаниям Системотехник; Эксперт; Рук.проекта.

	5. Перестройка всей системы наглядного представления предметного контента; Переход от текстового представления материала к наглядным динамически-изменяемым образам; Насыщение ИЭТР мультимедиа приложениями и средствами высокоточной визуализации, использование аудиоканала выдачи информации потребителю; Применение технологий виртуальной и дополненной реальности, биометрических технологий контроля психофизиологического состояния пользователя при работе с ИЭТР;	425	Сист.архитектор; Программист; Инж. баз данных; Инж. по знаниям Системотехник; Эксперт; Рук.проекта.
	6. Обеспечение возможности систематической актуализации контента ИЭТР; а также мероприятий тематического контроля точности по детализированным источникам информации. Полнофункциональная интеграция в ИЭТР средств имитационного моделирования и реинжиниринга обслуживаемой авиационной техники	420	Сист.архитектор; Программист; Эксперт
	7. Производство полнофункциональной стыковки возможностей программной среды ИЭТР и материалов предметного контента; Осуществление эргономически обоснованной процедуры экспонирования кадров контента пользователю.	212	Сист.архитектор; Программист; Эксперт
	8. Проведение пошагового верифицирования программного функционала ИЭТР, а также мероприятий покомпонентного и комплексного тестирования, итоговой отладки.	280	Сист.архитектор; Программист; Эксперт Рук.проекта

Третьим определяющим свойством организации планирования снижения рисков является возможность целенаправленного формирования мероприятий, т.е. формирования без экстенсивного перебора всего множества возможных альтернатив. Соответственно четвертое определяющее свойство организации планирования снижения рисков выражается как установление взаимного соответствия между формальной и неформальной сторонами процесса планирования мероприятий в рамках проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Наиболее полно перечисленные определяющие свойства выполняются в рамках методов аналитического планирования [83, 104, 105]. При этом в аналитическом планировании выделяют три основных методологии: формального (Предполагает, что осуществление плана естественно определяется логикой формирования самого плана), инкрементального (Ориентировано на то, что изначальная гибкость позволяет пользователям плана адаптировать и применять его в соответствии с целью планирования) и системного планирования.

Сравнительный анализ методологий аналитического планирования, проведенный в ходе данного диссертационного исследования, позволил установить:

- методы формального планирования не применимы для решения задач уменьшения рисков, так они не обеспечивают идентификацию и формализацию всех факторов, влияющих на процесс проектирования, разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- методы инкрементального планирования малоприменимы для решения вышеуказанных задач, так как получаемые на их базе математические модели не обеспечивают реальной сходимости процесса автоматизированного решения задач планирования к конечным результатам;
- системное планирование соответствует особенностям процесса планирования мероприятий снижения рисков разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в рамках соответствующего технологического процесса. При этом системное планирование разделяется на стратегическое и поэтапное. Именно методический аппарат системного стратегического планирования принят в данной работе в качестве основы для разработки процедур текущего плана снижения риска.

Необходимо отдельно пояснить, что использование взвешенной сети показателей рисков проектов разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники позволяет оперативно осуществлять поиск критических для текущей ситуации с рисками значений показателей, уменьшение рисков по которым, позволяет эффективным (самым быстрым) способом понизить риск по вышестоящим в иерархии показателям и добиться снижения интегрального риска. По сути, такой поиск представляет собой вырожденную процедуру планирования оперативных действий по снижению риска. Однако, учитывая взаимную зависимость различных показателей риска, предпочтительней использование системных процедур получения полноценных или полных планов снижения (ослабления, уменьшения) рисков разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Такой план, в отличие от

вырожденного, не предусматривает оперативного поиска прежде всего наиболее быстрого способа снижения риска: он заключается в комплексном анализе результатов оценки риски применительно к возможным мероприятиям по снижению рисков и возможностей реализаторов этих мероприятий. Таким образом, целью предлагаемого метода является определение по полученным результатам оценки плана ослабления или уменьшения выявленных рисков. При этом, предполагается, что вырожденный план будет детерминированным и будет задавать оперативные мероприятия «быстрого» снятия текущих рисков, а полный план снижения - вариативным и предусматривать многоэтапный процесс ослабления рисков в зависимости от текущих возможностей его реализаторов.

На примере из таблицы 4.2.1. не трудно увидеть, что системное планирование мероприятий по ослаблению рисков заключается в предварительном ранжировании и последующем выборе из конечного множества альтернативных вариантов наиболее рационального по эффективности, а по сути дела, оптимального, плана S^V или композиции наиболее рациональных планов:

$$S^V \in \left\{ S_{ji} \right\}_{\substack{j \in J^* \\ i \in I^*}}, \quad (4.2.1)$$

где: I^* - число итераций по снижению или ослаблению рисков разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники; J^* - число альтернативных вариантов в возможном перечне предварительных планов снижения рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на текущей итерации. Таким образом, возможна постановка определенной оптимизационной задачи: цель планирования – назначение плана, который при воплощении в жизнь приводит к минимизации рисков проекта разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники при имеемых функциональных возможностях реализаторов этого плана и при существующих (т.е. определенных) ресурсных ограничениях. Тогда постановка задачи оптимизации планирования снижения или ослабления

рисков проекта разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники сведется к следующим ниже приведенным базисным логико-математическим положениям.

Так если на множестве альтернативных вариантов плана $\{S_j\}$ следует определить оптимальный план - S^V , по интегральному показателю риска R то, такая постановка оптимизационной задачи может быть формализована так:

$$R_{S_{j_i}} = f(\bar{b}_{S_{j_i}}, \bar{d}_{S_{j_i}}, \bar{r}_{S_{j_i}}), \quad (4.2.2)$$

где: b_S - глобальный вес влияния воплощения в жизнь плана S_j на значения риска в вершинах сети показателей риска (графа критических рисков на основе которого определяется S_j); d_S - оценка возможностей реализаторов воплотить в жизнь текущий план S_j в заданном составе; r_S - оценка ресурсоемкости (временных и человеческих затрат, цены потерь и пр.) выполнения плана S_j .
Цель оптимизации состоит в нахождении:

$$R^* = \min(R_{S_{ou}}(\bar{b}_{S_{j_i}}, \bar{d}_{S_{j_i}}, \bar{r}_{S_{j_i}})), \quad (4.2.3)$$

таким образом, R^* есть минимальное значение $R_S(d, b, r)$ получаемое на множестве альтернативных вариантов плана $\{S_j\}$. Форма аналитического представления (4.2.2) и численные ограничения на отдельные параметры определяются условиями соответствующего конкретизированного случая планирования. Устойчиво выделяются 3 базовых варианта оптимизации:

1) при ограниченных возможностях (необходимость соответствующей квалификации, отработанность слаженности действий, исполнительность и пр.) реализаторов плана

$$\left(\bar{b}_{S_{j_i}}, \bar{d}_{S_{j_i}}\right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (4.2.4)$$

$$\bar{r}_{S_{ij}} \in r^\Sigma, \quad (4.2.5)$$

где r^Σ - предельное множество оценок возможностей реализаторов соответствующего плана;

2) при ограниченных ресурсах (силы и средства, время, материальные запасы и пр.) для реализации плана

$$\left(\overline{b_{S_{j_i}}}, \overline{r_{S_{j_i}}}\right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (4.2.6)$$

$$\overline{d_{S_{ij}}} \in D, \quad (4.2.7)$$

где: D - предельное значение возможных объемов ресурсных выделений на реализацию того или иного плана снижения рисков.

3) при ограниченных ресурсах для реализации плана и ограниченных возможностях реализаторов

$$\left(\overline{b_{S_{j_i}}}\right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (4.2.8)$$

$$\overline{r_{S_{ij}}} \in r^\Sigma, \quad (4.2.9)$$

$$\overline{d_{S_{ij}}} \in D. \quad (4.2.10)$$

Вариант 3) в наибольшей степени соответствует реалиям современного состояния базовых технологий разработки ИЭТР: любой план минимизации рисков характеризуется своей стоимостью и временем реализации, а возможности (способности) специалистов-реализаторов, традиционно решающих задачи совершенствования качества, могут быть ограничены. Так как число возможных вариантов плана S_j , образующих множество $\{S_j\}$, невелико, то величина $R_s(d, b, r)$ на основании оценок экспертов выявляется для каждого из них. На основании сравнения полученных значений определяется оптимальный вариант плана, для которых $R_s(d, b, r)$ достигает минимума R^* . Такая концептуально описанная оптимизация проводится при системном планировании мероприятий снижения рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

В разработанном методе предусмотрено совместное применение двух направлений планирования в соответствии с [83]: прямого и обратного. (Прямое направление: от текущего состояния рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники к желаемому, обратное направление: от желаемого состояния указанных рисков к текущему). Процедура планирования мероприятий по уменьшению (ослаблению) рисков в своей логической основе есть сходящаяся последовательность итераций

прямого и обратного планирования, что показано на схеме этой последовательности на рисунке 4.2.2.

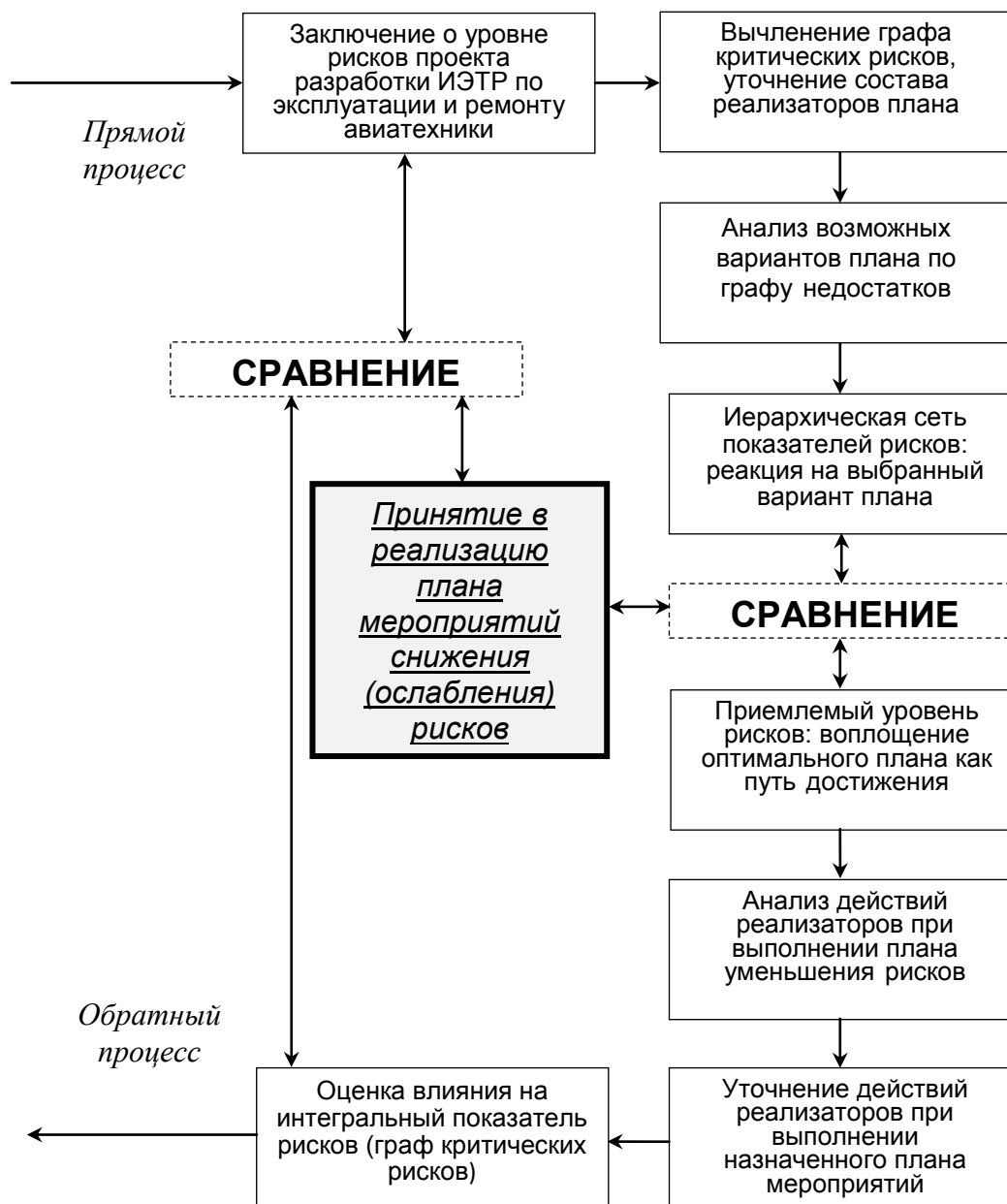


Рисунок 4.2.2 - Логическая структура планирования мероприятий по уменьшению рисков разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиатехники

Значения оценок рисков по соответствующим показателям в сети G^+ отражают критичность того или иного риска для реализации проекта ИЭТР. Следовательно: показатели риска, по которым значения стали критически высокими, являются показателями, определяющими рост рисков для ИЭТР в целом. Такие показатели выявляются по итогам оценки рисков на начальных

этапах разработанного метода и служат логической базой для прямого планирования мероприятий по снижению рисков. Прямое планирование совокупности мероприятий снижения рисков осуществляется путем применения логико-математического аппарата аналитического планирования [83].

Выработка текущего плана снижения риска осуществляется только по показателям r_i , по которым значения критически высоки, и составляющих лишь подмножество всего семейства показателей R_ρ , а следовательно - нет необходимости проводить анализ вариантов плана мероприятий $\{S_j\}$ на базе всей сети показателей G^+ . Соответственно на сети показателей G^+ определяется иерархический граф критически высоких рисков G^- , включающий в себя множество показателей $\{\bar{r}_i\}$, по результатам оценивания рисков высокие значения, и множество $\{\bar{u}_i\}$ связей между ними (с характеризующими значениями весовых коэффициентов w), что показано на рисунке 4.2.3.

Таким образом, иерархический граф G^- задается как граф критически высоких рисков – подграф сети G^+ показателей оценки рисков проектов разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники:

$$G^- = \langle \bar{q}, \bar{u} \rangle. \quad (4.2.11)$$

Анализ вариантов плана мероприятий по снижению рисков и выбор наилучшего из них- S^V на базе графа критически высоких рисков G^- позволяет снизить вычислительную сложность этой частной задачи в сравнении с аналогичной процедурой на базе всей сети G^+ показателей рисков проектов разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Определение графа G^- позволяет реализовать далее его гомеоморфное преобразование с целью избавления от вырожденных декомпозиций сводных показателей рисков. Это позволяет произвести повторное взвешивание дуг графа критически высоких рисков G^- , получаемых в результате этого преобразования:

$$w_{j_i j_m} = \prod_{s=i}^{m-1} w_{j_s} w_{j_{s+1}}, \quad (4.2.12)$$

где: $w_{j_i j_m}$ - локальный вес показателя риска q_{j_i} в показателе q_{j_m} для графа гомеоморфного к G^- ; $w_{j_s}, w_{j_{s+1}}$ - локальные веса, соответствующие индексам показателей, стоящих в вершинах графа критически высоких рисков G^- ; i, m - уровни иерархии сети показателей рисков G^+ , между которыми определен гомеоморфный граф критически высоких рисков G^- .

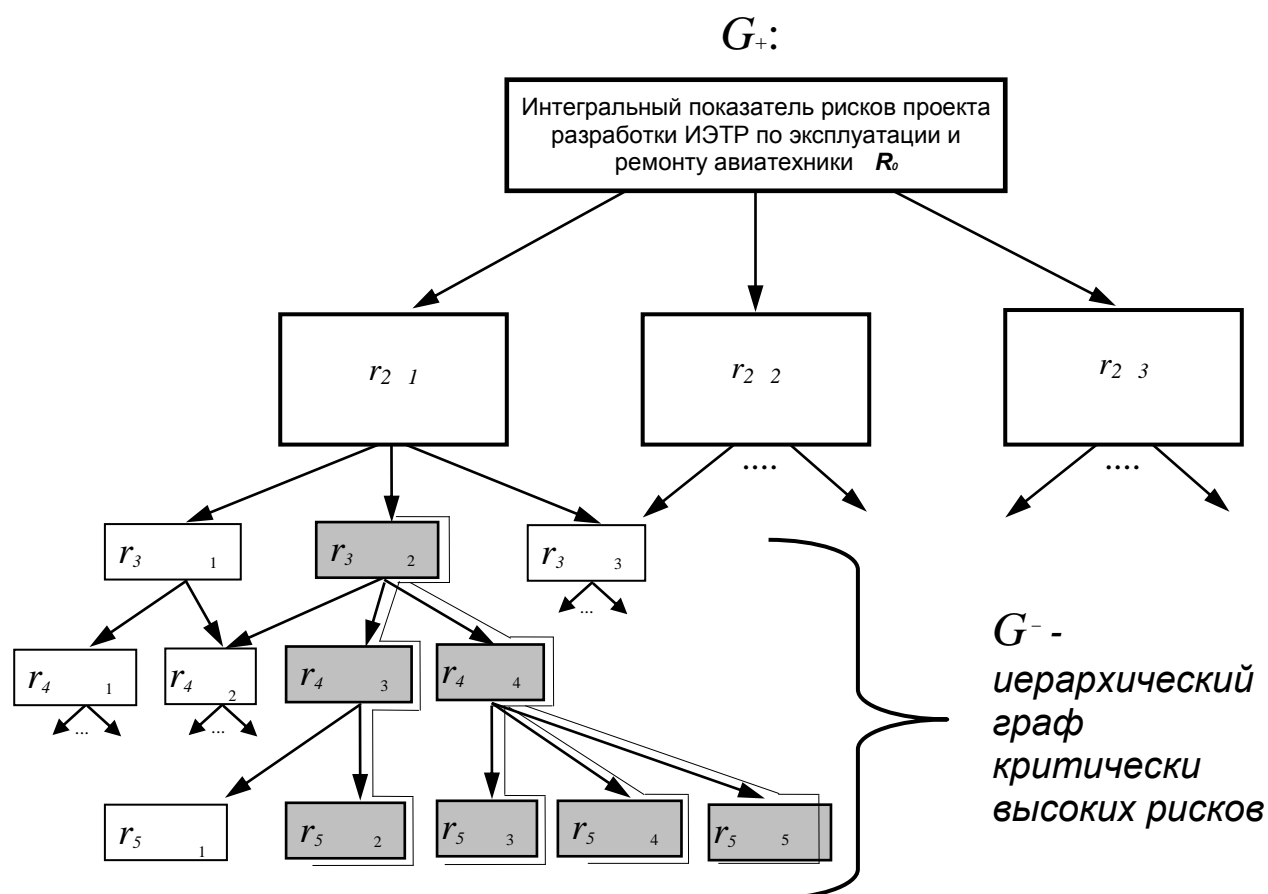


Рисунок 4.2.3 – Определение иерархического графа критически высоких рисков G^- на основе сети G^+ показателей рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

После гомеоморфного преобразования графа критически высоких рисков G^- соответствующие веса более простых показателей в составе декомпозиции более сводных нормализуются согласно формуле:

$$\ddot{w}_{j_i, j_m} = \frac{w_{j_i, j_m}}{\sum_{t=1}^T w_{j_i, j_m}^t}, \quad (4.2.13)$$

где \ddot{w}_{j_i, j_m} - значение локального веса j_i показателя риска в j_m показателе применительно к графу критически высоких рисков G^- ; w_{j_i, j_m} - значение локального веса j_i показателя в j_m показателе применительно к сети показателей рисков G^+ ; T - число показателей в декомпозиции текущего сводного показателя рисков. Таким образом, полученный граф критически высоких рисков G^- позволяет анализировать предпочтительность того или иного варианта плана мероприятий S_j из перечня альтернативных вариантов $\{S_j\}$ путем логического приращения к нему двух нижних уровней в виде: 1) основных мероприятий $\{E_q^K\}$, осуществляемых для снижения рисков по соответствующим показателям r ; 2) альтернативных предварительных планов снижения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Такое приращение, по сути, формирует т.н. иерархию прямого планирования, структурно показанную на рисунке 4.2.4.

На базе такой иерархии прямого планирования осуществляется определение наилучшего варианта плана снижения (ослабления) рисков. Такое определение заключается в выявлении для анализируемого множества предварительных вариантов плана $\{S_j\}$ вектора глобальных приоритетов B влияния реализации соответствующих планов (с учетом имеемых ресурсных ограничений и возможностей реализаторов) на интегральный показатель R^1 иерархии графа критически высоких рисков G^- (или, в предельном случае, интегрального показателя рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники R_0 сети показателей рисков G^+). При этом берется приоритетным вариант плана с максимальным значением глобального веса b_j влияния его реализации на значение интегрального показателя R^1 графа критически высоких рисков G^- . Если веса $\{b_j\}$ отличаются

для нескольких вариантов плана менее чем на 0,1, то такое отличие признается незначимым из-за того, что оно находится в пределах погрешности математического аппарата метода. В этом случае необходимо комбинировать мероприятия нескольких вариантов предварительных планов в составе обобщенного плана снижения рисков, при непротиворечивости таких мероприятий.

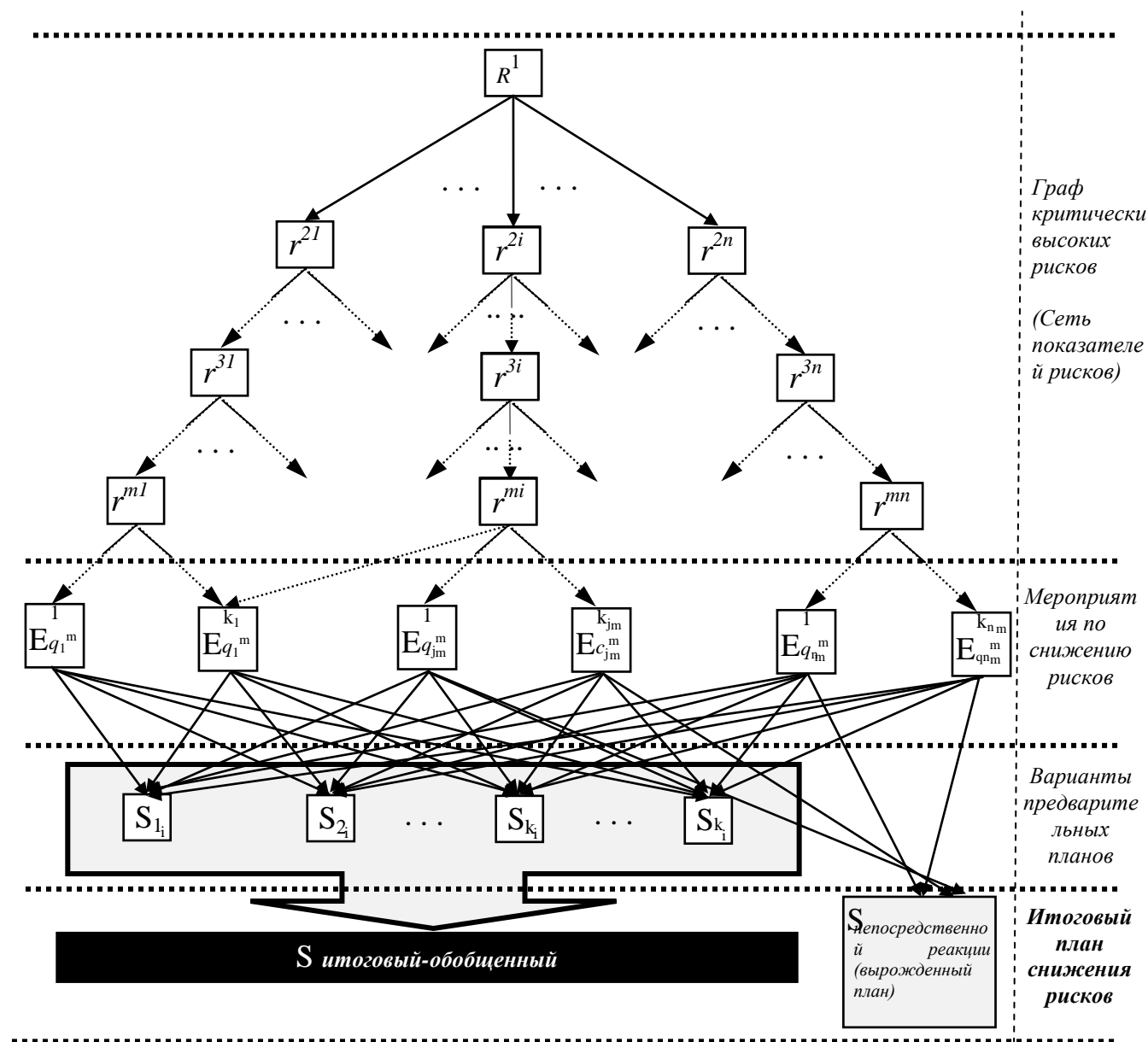


Рисунок 4.2.4 – Представление процесса прямого планирования варианта S^V мероприятий по снижению рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

Относительно небольшое число предварительных планов позволяет путем практического апробирования и частичного перебора найти оптимальный вариант плана (комбинированную совокупность мероприятий) по снижению-ослаблению рисков.

Далее, определенный выше указанным способом, вариант плана S^V или композиция не противоречащих мероприятий по снижению (ослаблению) рисков проверяется на предмет реализуемости при текущих возможностях привлекаемых сил и средств реализаторов, имеемых ресурсах текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Эта проверка проводится в рамках обратного планирования. Так для проведения обратного планирования формируется граф обратного планирования A^- , структура которого, в виде частного примера, показана на рисунке 4.2.5.

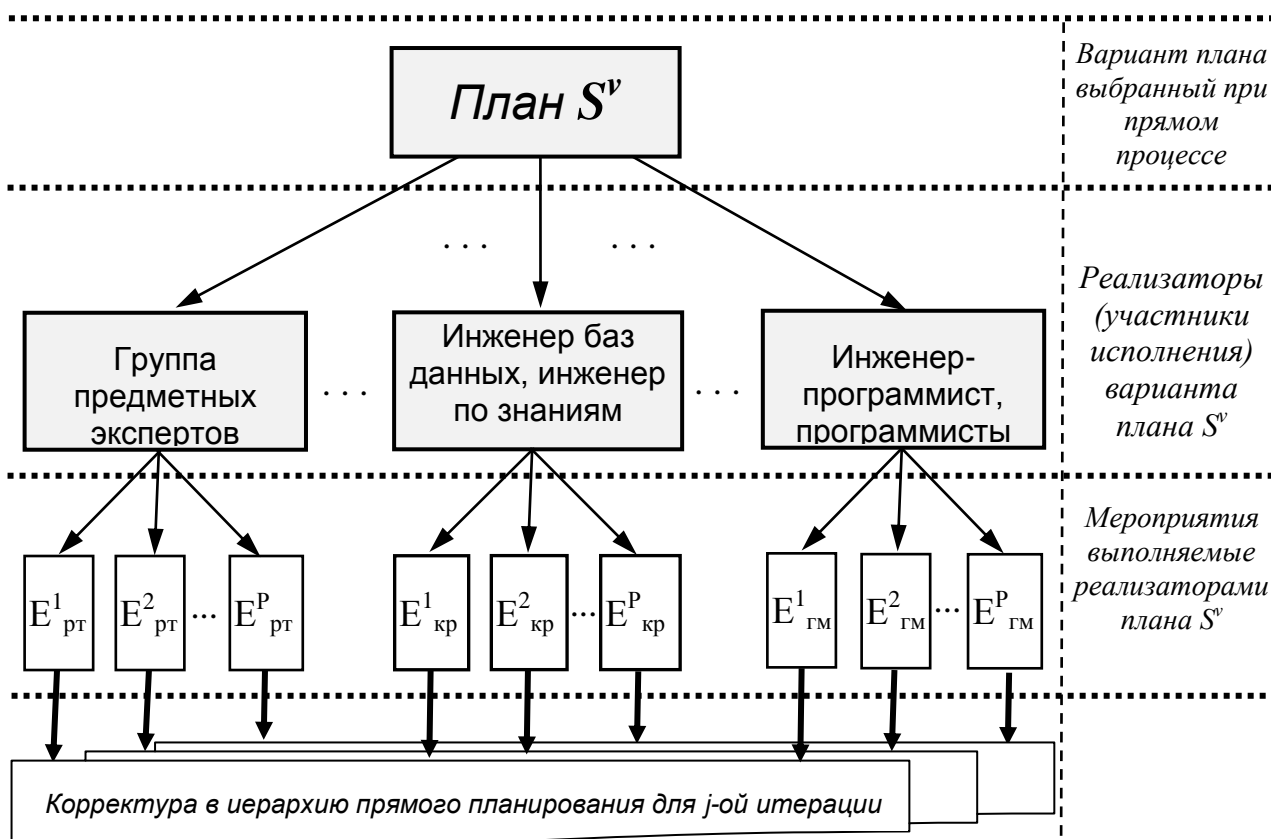


Рисунок 4.2.5 - Представление процесса обратного планирования варианта S^V мероприятий по снижению рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

Корневая вершина графа обратного планирования A^- есть определенный по итогам прямого планирования вариант плана снижения рисков S^V . На втором уровне иерархического графа обратного планирования размещаются идентификаторы реализаторов, т.е. участников исполнения плана S^V . На третьем уровне размещаются идентификаторы мероприятий по снижению рисков, которые могут осуществляться в рамках плана S^V . При этом множество основных мероприятий снижения рисков, которые могут осуществляться $\{E^P\}$ реализаторами плана S^V , отображаемое на графе обратного планирования A^- , включает в себя множество мероприятий, направленных на снижение рисков по каждому из элементарных показателей риска $\{E^K_c\}$, внесенных при прямом планировании в граф критически высоких рисков G^- , то есть:

$$\{E^K_q\} \subseteq \{E^P\}. \quad (4.2.14)$$

Далее производится взвешивание связей графа обратного планирования A^- , с использованием математического аппарата, представленного в п.4.1.; рассчитывают глобальные веса влияния каждого действия E^P на реализацию варианта плана S^V . Рассчитав глобальные веса мероприятий по снижению рисков E^P при обратном планировании варианта S^V мероприятий по снижению рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, выбираются мероприятия с наибольшим глобальным весом и присоединяются к мероприятиям снижения рисков $\{E^K_c\}$ во второй итерации прямого планирования, дабы оценить их значимость в отношении к рискам текущего состояния проекта ИЭТР. По итогам обратного планирования проводится вторая итерация прямого планирования по откорректированному в соответствии с результатами обратного планирования графе критических рисков с приданными уровнями мероприятий и планов снижения (ослабления) рисков. Введенные в состав иерархии прямого планирования дополнительные мероприятия снижения рисков E^P связываются дугами U со всеми элементарными показателями рисков $\{\tilde{r}_i\}$. Если глобальный вес для ранее

выбранного варианта плана S^V в результате второй итерации прямого планирования увеличился, то планирование следует считать сходящимся и принять вариант плана S^V как наилучший для воплощения в жизнь. В противном случае следует проводить вторую итерацию обратного планирования, переформулировать состав мероприятий по снижению рисков на третьем уровне графа обратного планирования A^- и далее повторить итерацию прямого планирования, как указано выше. Следовательно, за конечное число итераций прямого и обратного планирования становится возможным определить такой вариант плана снижения рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники S^V или комбинацию мероприятий (планов), которые позволяют наилучшим (т.е. в минимальные сроки, с учетом ресурсных и возможностных ограничений) снизить (ослабить) указанные риски, констатированные на начальных этапах предлагаемого метода.

Таким образом, метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники является неотъемлемой частью методологического аппарата управления указанными рисками и позволяет за конечное число итераций оценки и планирования соответствующих мероприятий добиться снижения рисков при создании интерактивных электронных технических руководств рассматриваемого класса и категорий использования.

4.3. Общая организация управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

Организация управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники как совокупности реализаций соответствующих методов оценки и уменьшения рисков требует соответствующего организационного и методического обеспечения. В частности, итеративный характер оценивания и планирования уменьшения (ослабления) рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники естественно усложняет проведение процедур последовательной оценки рисков и планирования. Это диктует необходимость частной методики планирования уменьшения (ослабления) рисков с применением соответствующих программных средств, автоматизирующих представленные выше математические процедуры методов оценки и планирования. Такая частная методика является обобщающей надметодикой для предлагаемых методов оценки и уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Она характеризуется следующей последовательностью этапов:

1. Проведя уяснение и предварительный анализ текущей ситуации в разработке текущего проекта ИЭТР, строится новая или корректируется имеемая сеть показателей оценки риска проектов по разработке интерактивных электронных технических руководств для эксплуатации и ремонта авиационной техники в соответствии с методом их оценки;

2. Иерархическая сеть показателей риска проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники организовывается программно как html-файл, что позволяет вносить изменения и корректуры в сеть показателей риска, изменять значения композиционных весов показателей. Тогда, входная информация для метода уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники включает:

- сеть показателей риска G^+ в формализованном виде;

- множество оценок элементарных показателей риска в форме лингвистической переменной $\{ y_i^{\wedge}(q_i) \}$;
- множество двумерных семейств парных сравнений для взвешивания сети показателей риска и иерархии прямого планирования.

3. При инициации программного средства расчета сводных и интегральных показателей риска происходит обращение к html-файлу с формальным описанием сети показателей рисков, происходит обращение к подпрограмме, автоматизирующей процедуры оценки, интерпретируется значение, получаемое от эксперта, по запрашиваемому элементарному показателю риска. После установления значений оценок всех элементарных показателей риска оцениваемой ситуации с текущим состоянием ИЭТР и ввода их в программную среду производится расчет значений всех сводных и интегральных показателей риска. Выходными данными процедуры расчета являются названия и значения показателей риска в различных вариантах сочетаний и комбинаций: от отдельных конкретизированных показателей до комбинаций показателей отдельных подсетей или уровней сети. Т.о. осуществляется оценка текущих рисков проекта разрабатываемой ИЭТР.

4. Различные режимы вывода результатов дают возможность получать необходимую информацию для анализа рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники, планирования мероприятий по их уменьшению (ослаблению). При инициации в соответствующей программной среде аналитического планирования CHOIS процедуры планирования мероприятий снижения рисков выделяется из сети показателей риска граф критически высоких рисков. После этого выводится перечень предварительных планов снижения рисков проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники; дополняется граф критически высоких рисков двумя нижними уровнями. При этом имеется возможность корректировать связи, устанавливаемые между уровнем элементарных показателей рисков и уровнем мероприятий по снижению рисков в иерархии прямого планирования.

5. Получение иерархии прямого планирования позволяет инженеру по качеству (инженеру-программисту, специалисту по качеству и пр.) оценить композиционный вес влияния мероприятий по снижению рисков на элементарные показатели оценки этих рисков, степень реализуемости каждого из рассматриваемых вариантов плана снижения (ослабления) рисков. Такая оценка есть совокупность соответствующих парных сравнений в соответствии со шкалой 0-9 и их обработка согласно методу [83]. После ввода указанных данных в программное средство производится расчет вектора глобальных весов для анализируемого множества предварительных планов снижения рисков текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

6. На следующем шаге производится синтез графа обратного планирования. При этом указываются участники реализации планов снижения рисков, уточняются проводимые ими в жизнь мероприятия в рамках варианта плана с наибольшим глобальным весом по итогам первой итерации прямого планирования. Далее проводится анализ графа обратного планирования, определяются значения веса мероприятий снижения рисков для соответствующих реализаторов. Уточненный перечень мероприятий снижения рисков вносится в иерархию прямого планирования и проводится следующая итерация прямого планирования с целью определения сходимости планирования к тому или иному варианту плана снижения рисков текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Тогда выходное множество данных для метода уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники состоит из:

- интегральной оценки рисков реализации текущего проекта ИЭТР в числовой форме Y_p , и в лингвистической форме Y^{\wedge}_p ;
- оценок рисков реализации текущего проекта ИЭТР по сводным показателям r_i как в числовой $y(r_i)$, так и в лингвистической форме $y^{\wedge}(r_i)$;
- идентификатора наилучшего варианта плана снижения (ослабления) рисков;

- вектора глобальных весов для всего множества предварительных планов снижения рисков.

7. Производится итоговая идентификация и предметная интерпретация выбранного плана снижения (ослабления) рисков решения текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники применительно к реально существующим условиям обстановки в проекте, уточненным данным по ресурсным, временным, пространственным и точностным ограничениям, а также по реальным возможностям исполнителей мероприятий, внесенных в выбранный план. Завершение указанных идентификации и интерпретации означают возможность утверждения выбранного варианта плана как основного и перехода к его практической реализации.

Таким образом, строгая организационная регламентация проведения планирования и применения специализированных программных средств позволяют существенно снизить трудозатраты по управлению рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в конкретных условиях их создания. Автоматизация предлагаемых методов оценки и уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники значительно нивелирует на практике сложность и многоэтапность их логико-математического аппарата.

4.4. Выводы по четвертой главе

1. Объективной особенностью развития базовой технологии по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники является постоянное совершенствование и качественное усложнение. Этот факт определяет стремительный рост сложности реализации функциональных задач основного предназначения этих программно-информационных продуктов, необходимость использования все более совершенных программно-информационных технологий, методов и моделей оценки, контроля и управления рисками решения указанных задач. Управление рисками разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники есть взаимоувязанный процесс итеративной оценки указанных рисков и определения обоснованных планов мероприятий по их эффективному снижению (ослаблению). Целью создания методологического инструментария управления указанными рисками является реализация процесса оценки и уменьшения рисков проектов разработки ИЭТР для получения заключения об их уровне, а также обоснованного плана их минимизации.

2. Учитывая качественный характер многих первичных оценок (не приборных измерений) в процессе оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники переход к количественным методам анализа рисков может быть осуществлен благодаря аппарату шкалирования, т.е. взаимного преобразования шкал качественного представления оценки рисков к количественному, нормированному представлению с определением меры без конкретизированной физической интерпретации.

3. Основной конструктив предлагаемого метода оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники заключается в обоснованном совмещении традиционных качественно-категорийных методов оценки рисков с многоуровневым представлением

иерархии формирования и учета сложных (сводных) рисков разработки интерактивных электронных технических руководств за счет использования математического аппарата нечетких чисел и мягких вычислений.

4. Синтез сети показателей оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники реализует процедуру построения и упорядочения соответствующего дерева целей, и задач оценки рисков, с определением элементарных, сводных и интегральных показателей такой оценки. При этом под элементарным показателем оценки рисков понимаются недекомпозируемые далее, при данном уровне детализации, показатели рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Элементарные показатели оцениваются непосредственно экспертами, а сводные и интегральный рассчитываются путем свертки значений рисков по элементарным показателям.

5. Оценка рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники по элементарным показателям представлена как процесс определения терм-значения соответствующей лингвистической переменной. Такое представление позволяет, используя алгебры т.н. мягких вычислений, перейти от качественно-категорийного понимания риска решения функциональных задач к количественному.

6. При оценке рисков разработки ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники исходной информацией оценивания, в современных условиях, являются не столько данные объективных (инструментальных) измерений, сколько экспертные (субъективные) оценки, характеризующиеся нечеткостью, неточностью и ориентировочным характером. Именно эта специфика реальной исходной информации используемой при оценке рисков определила необходимость обоснования соответствующей (адекватной) математической формы критерия оценки и математического аппарата свертки отдельных (элементарных) показателей в сводные и в интегральный.

7. Использование математического аппарата лингвистических переменных и мягких вычислений при линейной форме целевой функции оценки рисков

обеспечивает гармоничное сочетание возможностей шкалирования сводных показателей оценки различной природы и универсального аппарата их интегральной свертки, соответствующего точности указанной системы шкалирования. Этот конструктив позволяет применять разработанный метод оценки рисков в условиях высокой гетерогенности (разнотиповости, разноплановости и пр.) исходной информации. Допустимые (сохраняющие отношения между градациями отдельных показателей рисков) преобразования отдельных показателей рисков являются допустимыми и по отношению к сводному показателю рисков, сохраняя отношение нестрогого порядка между градациями риска, измеряемого этим сводным показателем. Иными словами, используемые сводные показатели рисков, удовлетворяющие условию монотонности, являются адекватными относительно монотонных преобразований значений отдельных показателей рисков.

8. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в своей логической основе, с точки зрения теории аналитического планирования, есть сходящаяся последовательность итераций прямого и обратного планирования. Она позволяет за конечное число итераций прямого и обратного планирования определить такой вариант плана снижения рисков проекта по разработке ИЭТР или комбинацию мероприятий (планов), которые позволяют наилучшим (т.е. в минимальные сроки, с учетом ресурсных и возможностных ограничений) снизить (ослабить) риски, выявленные при оценке на начальных этапах предлагаемого метода. При этом план мероприятий по снижению (ослаблению) указанных рисков есть такая совокупность системно-технологических схем синтеза, программных и информационных моделей, технических приемов, используемых в процессе создания ИЭТР, которая позволяет так изменить ход разработки этих программно-информационных изделий, что становится возможным значительно уменьшить риски проекта их реализации, избежать аномалий, выявленных при предшествующей оценке рисков.

Глава 5. Совершенствование качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР. Оценка эффективности результатов исследования

5.1. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР

5.1.1. Взаимосвязь качества обслуживания авиационной техники и применяемых ИЭТР

Обеспечение высокого качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники не является самоцелью. Высокое качество ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, как указывалось выше, в современных условиях является определяющим фактором эффективного технического обслуживания (в т.ч. ремонта) авиатехники и аэродромного обслуживания летательных аппаратов. В конечном итоге, высокое качество указанных ИЭТР становится фактором, влияющим на качество обслуживания авиационной техники, а значит и элементом обеспечения эксплуатационной безопасности полетов.

Взаимосвязь качества обслуживания авиационной техники и качества ИЭТР соответствующего класса и категорий использования, при всей своей логической очевидности, трудно формализуема и не представима в виде строго математического функционала. Однако, аппарат современной математики, а именно теория игр в исследовании операций, позволяют предложить варианты синтеза сводных логико-математических моделей, позволяющих оценить совокупную степень влияния качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на качество её обслуживания. Такие модели нельзя в полной мере считать моделями количественной оценки и предъявлять к ним требования точности и статистической надежности получаемых заключений. По своей математической сущности такие модели являются качественно-количественными моделями, т.е. они позволяют перейти к качественному выводу о наличии и значимости той или иной функциональной связи, при

обеспечении математически оцененного уровня доверия к такому выводу. Как правило, источником входной информации для таких математических моделей, вероятностно-статистического (в т.ч. игрового) характера являются результаты экспертизы (процедур экспертно-статистического опроса).

Указанные игровые модели носят фундаментально-теоретический характер, т.к. являются обобщением для определенного класса образцов авиационной техники или аппаратуры (авиационных приборов), однако практический эффект от их применения может быть достигнут за счет оснащения их соответствующими методиками практического применения в конкретизированных условиях реализации мероприятий информационно-логистической поддержки процессов эксплуатации и ремонта авиатехники. В своей комбинаторной совокупности такие модели и методики образуют соответствующие методы, позволяющие реализовать принципы системного подхода и проследить влияние качества исследуемых объектов, явлений и процессов, как некоторых подсистем, на более общие объекты, явления или процессы, как надсистемы. Именно к таким методам системно-квалиметрического характера относится и разработанный в рамках данного диссертационного исследования метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР. Он предусматривает реализацию возможности количественного выражения степени влияния предлагаемых инструментов управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники на весь процесс технического обслуживания и поддержания готовности воздушных летательных аппаратов. В рамках всей гаммы методологического инструментария управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники, разработанного в данной диссертационной работе, этот метод реализует фундаментальный системологический принцип «обратной связи», т.е. он позволяет оценить результирующее влияние указанного управления с точки зрения целей, стоящих перед всей системой

логистической поддержки процессов эксплуатации, ремонта, технического обслуживания и поддержания готовности авиатехники.

Таким образом, метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР является системообразующим элементом всего разработанного в данном диссертационном исследовании инструментария управления качеством интерактивных электронных технических руководств оговоренных класса и категорий использования. Он позволяет проследить и оценить, с требуемым уровнем доверия, оцениваемого количественно, взаимосвязь качества обслуживания авиационной техники и качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту этой техники. Методологически он представляет собой совокупность соответствующей игровой модели оценки динамики качества обслуживания авиационной техники и методики проверки статистической значимости получаемых значений эффекта от использования ИЭТР.

5.1.2. Игровая модель оценки динамики качества обслуживания авиационной техники

Модель оценки динамики качества обслуживания авиационной техники синтезирована с использованием математического аппарата теории биматричных игр, т.е. неантагонистических «игр с природой» [86].

Современная теория игр, являясь совокупностью мат. моделей и мат. методов принятия наилучших (рациональных, реже оптимальных) решений при констатации конфликта между игроками, достаточно широко трактует область применимости «игр с природой». Расчетные модели теории игр, являясь в систематизированном и обобщенном виде самостоятельным направлением исследования операций, объективно могут быть расклассифицированы на 3 логически-обособленных группы: детерминированные, стохастические и промежуточные (смешанные) – в соответствии с релевантностью исходной информации, используемой субъектами для принятия решений. Именно такая

постановка, позволяет рассматривать сам акт принятия решения в условиях неопределенности в качестве объективно существующего, но по-разному проявляющегося, конфликта субъекта, принимающего решение, с «природой», то есть в виде игры. Именно такой математико-логический подход положен в основу моделирования динамики качества обслуживания авиационной техники с использованием такого средства информационно-логистической поддержки, как ИЭТР по эксплуатации и ремонту техники, указанного вида. Необходимо отметить, что указанный подход может быть реализован и на базе многокритериальных задач, но такой аппарат более сложен и трудоемок в использовании, весьма ограничена область его практической применимости [73-75].

Процесс обслуживания авиационной техники и ремонта, с целью предотвращения возникающих неисправностей и отказов, рассматривался как неантагонистическая игра (т.н. «игры с природой» в классификации направлений Исследования операций). Участники игры: Игрок 1 – Технический эксплуатант авиационной техники (инженер по текущему ремонту авиационной техники, техник аэродромного обслуживания и пр.), реализующий мероприятия технического обслуживания и ремонта конкретных образцов авиатехники или ЛА (Например, инженер-настройщик бортовой навигационной радиолокационной станции самолетов ряда Боинг-737) и Игрок 2 («природа») – образец авиационной техники заданного типа и конструктивного вида реализации (Например, бортовая радиолокационная станция AN/APY-2-2214/S4, устанавливаемая на самолетах Боинг-767 и Боинг-767-300). Стратегиями Игрока 1 являются последовательности осмотра, проверки и освоения узлов или агрегатов обслуживаемой техники (По существу, частные методики проведения технического обслуживания, текущего ремонта при выявлении определенных признаков неисправности), из которых он выбирает к реализации такие, которые позволяют добиться устранения возможной неисправности (или убедиться в её отсутствии) наилучшим образом (т.е. гарантировано и с наименьшими ресурсо- и трудозатратами). Стратегиями

Игрока 2 являются спонтанно, т.е. случайно и незакономерно, возникающие неисправности (отказы, сбои, признаки неработоспособности и пр.), на предупреждение и устранение которых направлены мероприятия технического обслуживания и планового ремонта.

Противоречие предложенной в эксперименте игровой модели выражается в противопоставлении стремления технического эксплуатанта обеспечить гарантированную работоспособность авиатехники при минимальных затратах времени, материальных ресурсов и трудоемкости к случайному, иррациональному характеру возникновения неисправностей с обслуживаемой технике. Неантагонистический характер такого противоречия заключен в неоднозначном характере противопоставления целей эксплуатанта случайности возникновения неисправностей в конкретном образце авиатехники («в природе»), неочевидности прямого урона сторон при затягивании или не рациональности процесса устранения неисправности в ходе технического обслуживания (ремонта).

Ценой игры v_{ij} является значение комплексного показателя, не имеющего меры с физическим выражением, который оценивает совокупно качество обслуживания авиационной техники

$$v_{ij} = \omega_1 S_i - \omega_2 W_j, \quad (5.1.1)$$

где ω_1 , ω_2 - весовые коэффициенты, варьировавшиеся в ходе эксперимента согласно подмножеств в комбинациях множества:

$$\left\{ (0.8; 0.2); (0.5; 0.5); (0.2; 0.8) \right\}; \quad (5.1.2)$$

S_i - оценка уровня качества технического обслуживания и текущего ремонта авиационной техники, т.е. качества процесса выявления, устранения или предупреждения неисправности (или отказа) прибора авиационной техники т.е.:

$$S_i = y(q_{\text{важн.неиспр.}}); \quad (5.1.3)$$

W_j - оценка ресурсоемкости, включая трудоемкость, выявления и устранения неисправности (или отказа) прибора авиационной техники, приведенная к шкале (0,100), в процентном представлении.

В выражении (5.1.1) также возможно использование предметно-обусловленных весовых коэффициентов b_i , учитывающих кратность в соотношении важности возникающих неисправностей и объемов трудозатрат, и ресурсов, необходимых для их устранения. Однако, т.н. осторожный подход в работе с данными, получаемыми в ходе прямой экспертной оценки, предполагает использование приведенных весовых коэффициентов:

$$b'_i = 1/(1-b_i). \quad (5.1.4)$$

где, b' - значение приведенного коэффициента, учитывающего кратность важности неисправности i -го типа по отношению к ресурсоемкости её устранения. В виду очевидности сути реализации идеи учета кратности в соотношении важности возникающих неисправностей и объемов трудозатрат и ресурсов, необходимых для их устранения, далее в изложении оценки S_i и W_j приняты равноважными.

Необходимо отдельно оговорить, что указанные оценки S_i и W_j определяются путем проведения статистически значимой экспертизы или опроса одного эксперта (в случае уникальности рассматриваемого образца авиационной техники и невозможности обеспечить статистически значимое исходное множество для экспертного опроса).

Решение задачи определения конкретных форм представления этих показателей S_i и W_j требует сужения множества имеемых альтернативных шкал измерения. В рамках предлагаемого метода принято, что показатели важности выявления, устранения или предупреждения неисправности (или отказа) прибора авиационной техники и ресурсоемкости выявления, и устранения неисправности (или отказа) прибора авиационной техники измеряются на шкале

$$(0,100) \in \mathfrak{R}, \quad (5.1.5)$$

где \mathfrak{R} - множество вещественных чисел, т.е.:

- 0 – полное несоответствие желаемому уровню важности / ничтожность затрачиваемых ресурсов;
- 50 – промежуточное, срединное значение оценки;
- 100 – абсолютная важность, определяющая безопасность эксплуатации авиатехники/ максимально возможный обоснованный объем затрачиваемых ресурсов.

Определение оценок S_i и W_j на отрезке $(0,10)$ вещественной оси позволяет сделать вывод о их непрерывном характере.

Значения S_i и W_j получаются на основании данных из таких источников как [9,10,17,19,53], путем экспертного анализа вербального описания различных приемов и способов поиска и устранения неисправностей различных видов авиатехники, приемов рационализации технического обслуживания и ремонта и пр. Например, для комплекса вариантов проведения технического обслуживания и текущего ремонта при поддержании летной годности системы электропитания (СЭП) бортовой радиолокационной станции ЛА и значений $\omega_1 = \omega_2 = 0,5$ игровая матрица будет иметь вид, представленный в таблице 5.1.1. (применительно к ниже рассмотренному сквозному примеру реализации данного метода, который был апробирован в ходе диссертационного эксперимента). В рамках этого эксперимента для других вариантов ω из (5.1.2) были получены аналогичные игровые матрицы. В соответствии с определением из [20] рассматриваемая игра является игрой с полной информацией. В теории игр доказано, что каждая игра с полной информацией имеет седловую точку. Тогда, зная, что оптимальной простой стратегией для Игрока 1 является такая последовательности осмотра, проверки и обслуживания узлов или агрегатов СЭП БРЛС (способ проведения технического обслуживания, текущего ремонта при выявлении каких-то признаков неисправности), для которого (в условиях минимаксного подхода к принятию решения в условиях неопределенности) нижняя граница цены игры

$$V_{И1} = \min_j \max_i v_{ij}, \quad (5.1.6)$$

а для Игрока 2 - случайно и незакономерно, возникающая неисправность (отказ, сбой, признак неработоспособности и пр.), для которого верхняя граница цены игры

$$v_{И2} = \max_i \min_j v_{ij} \quad (5.1.7)$$

следует принять, что найденное в седловой точке значение цены игры v_{ij} определяет оптимальный набор стратегий игроков в условиях полной неопределенности о действиях противоположной стороны.

Для рассматриваемого в Таблице 5.1.1 примера этот вариант соответствует:

$$v_{И1} = v_{И2} = 58,4. \quad (5.1.8)$$

Если Игрок 1 не вооружен такими методическими средствами информационно-логистической поддержки проводимых мероприятий технического обслуживания и ремонта авиационной техники, как ИЭТР, то его стратегия поведения в игре определяется фактом неопределенности в понимании действий «природы», которая выступает его противником и, по существу, его выбор носит случайный характер. В худшем случае это ведет к тому, что Игрок 1 выбирает в игре стратегию поведения для которой

$$v_{И1} = \min_i \min_j v_{ij}, \quad (5.1.9)$$

а Игрок 2 "сумеет" выбрать стратегию в игре, для которой

$$v_{И2} = \max_j \max_i v_{ij}. \quad (5.1.10)$$

Физический смысл такой ситуации (в терминах рассматриваемого примера) заключается в том, что технический эксплуатант авиационной техники (инженер по текущему ремонту авиационной техники, техник аэродромного обслуживания и пр.) будет реализовывать малоэффективный, трудозатратный и ресурсоемкий план технического обслуживания и ремонта СЭП БРЛС при том, что предупреждаемая (диагностируемая) неисправность могла быть устранена значительно более быстрым и дешевым способом с максимальной эффективностью (т.е. в кратчайший срок, с минимальным расходом средств, с наименьшим привлечением сил специалистов, с высокой степенью достоверности полученной диагностической информации).

Таблица 5.1.1 - Пример игровой матрицы оценки динамики качества обслуживания авиационной техники (СЭП БРЛС)

Неисправности, предупреждаемые на мероприятиях ТО и текущего ремонта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Отказ агрегата повышенной частоты	Отказ пускатля пускорегулирующей аппаратуры	Уход параметров трансформатора ВЧ	Уход параметров выпрямителя стабилизированного	Износ подшипника агрегата повыш. чистоты	Неисправность в схеме выпрямителя УПЧ	Нет заряда автономных источников тока	Отказ реле распредел. напряжения	Износ щеток генератора агрегата повыш. частоты	Износ щеток двигателя агрегата повыш. частоты	Отказ предохранителя в блоке предохранителей	Отказ предварительного усилителя промежуточной частоты	Уход параметров тиристоров ПУПЧ
1	Последовательный перебор	21,4	10,2	94,9	34,0	36,1	43,2	26,1	55,1	34,1	11,2	47,5	43,5	37,4
2	Эвристический выбор последовательности ТО	34,1	22,7	24,1	53,2	67,3	3,1	47,1	31,3	41,5	21,2	99,7	31,8	48,3
3	Консилиум специалистов	34,3	18,1	18,41	72,6	56,1	98,9	21,8	91,4	14,5	34,4	72,5	4,2	51,2
4	Диагностирование признаков	72,5	91,2	99,0	33,2	84,3	73,1	51,0	1,8	12,0	56,2	22,1	43,7	1,4
5	Агрегатная замена блоков	37,4	42,1	76,8	38,4	42,2	27,3	29,6	86,1	45,4	42,3	42,0	31,4	28,9
6	Задействование сил и средств стендовой диагностики	92,7	73,2	62,0	81,2	51,5	99,7	47,1	39,7	9,7	99,3	24,1	37,5	29,7
7	Реализация логических последовательностей проверки	67,4	98,5	89,0	85,7	71,8	73,8	58,4	92,1	91,5	87,7	86,6	66,1	67,5
8	Полная замена аппаратуры	96,2	97,4	95,7	24,1	65,3	89,2	31,5	97,4	51,1	36,0	47,1	74,0	58,6
9	Крупноблочная замена	17,4	35,2	72,3	42,1	30,2	81,8	42,3	99,4	90,1	98,6	32,7	67,5	68,7
10	Метод средин. точки в диагн.	36,7	92,5	71,7	91,7	25,5	39,9	39,0	93,1	94,1	71,6	92,5	58,5	96,4
11	Бинарный поиск неисправности	1,1	75,9	0,8	31,3	41,5	51,4	12,2	90,5	95,1	97,3	12,1	32,4	28,7
12	Имитация режимов работы	31,8	42,2	37,3	29,3	81,2	94,5	41,8	82,6	67,2	84,2	97,4	61,3	38,6
13	Диагностика по логической структуре схем прибора РЛС	11,3	10,4	18,4	57,1	57,2	52,7	31,2	12,7	20,4	23,1	17,2	56,1	56,7
14	Имитация отказов блоков пр.	11,7	12,4	12,9	3,8	16,2	17,1	33,1	10,4	19,4	19,3	18,2	18,9	12,9
15	Шунтирование базовых схем	10,4	59,1	16,5	8,7	8,3	12,4	24,14	5,9	13,4	21,8	17,3	16,9	15,8
16	Анализ параметров эл. схем	11,3	58,7	19,2	18,1	17,9	17,9	24,93	12,1	15,4	18,2	16,2	12,2	13,4
17	Комплексный план ТО и гарантийного ремонта РЛС	17,0	14,3	20,6	19,1	16,1	16,2	15,4	16,3	20,7	20,3	19,1	17,9	17,3
18	План среднего ремонта РЛС с профилактическими заменами	24,4	20,0	18,4	77,2	17,1	19,1	16,1	19,0	21,4	20,1	29,5	31,7	69,1

Учитывая равную вероятность выбора Игроком 1 различных стратегий игры при отсутствии соответствующих средств информационно-логистической поддержки проводимых мероприятий технического обслуживания и ремонта авиационной техники, как ИЭТР, определяется средний выигрыш для этого игрока при принятии решений, как

$$\bar{v}_{И1} = \frac{1}{nm} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n v_{ij}. \quad (5.1.11)$$

Выше приведенные рассуждения позволяют рассмотреть эффект Δ_v от использования таких средств информационно-логистической поддержки проводимых мероприятий технического обслуживания и ремонта авиационной техники, как ИЭТР, и определить его в виде соотношения

$$\Delta_v = v_{И1} - \bar{v}_{И2}, \quad (5.1.12)$$

т.е. это разница в цене рассматриваемого процесса обеспечения качества обслуживания авиационной техники как игры с использованием ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и без него.

Так, для приведенного примера

$$\bar{v}_{И1} \approx 49,2, \quad (5.1.13)$$

$$\Delta_v = 58,4 - 49,2 = 9,2. \quad (5.1.14)$$

Аналогичные значения Δ_v получены для остальных пар соотношений варьируемых параметров цены игры из (5.1.2). Существо этих результатов можно показать в виде гистограмм, которые даны на рисунке 5.1.1. Приводимая последовательность гистограмм, по существу, позволяет представить суть учета динамики качества обслуживания авиационной техники, что пояснено отдельно в пп. 5.1.3. Наличие и знак указанного значения Δ_v для каждого из ИЭТР, осредненного по ряду эксплуатационных ситуаций и конкретных пользователей, число которых может быть определено в соответствии с методиками из [5], характеризует эффект от его использования в обеспечении качества обслуживания авиационной техники.

Однако, само значение Δ_v нуждается в проверки статистической значимости получаемого его модуля.

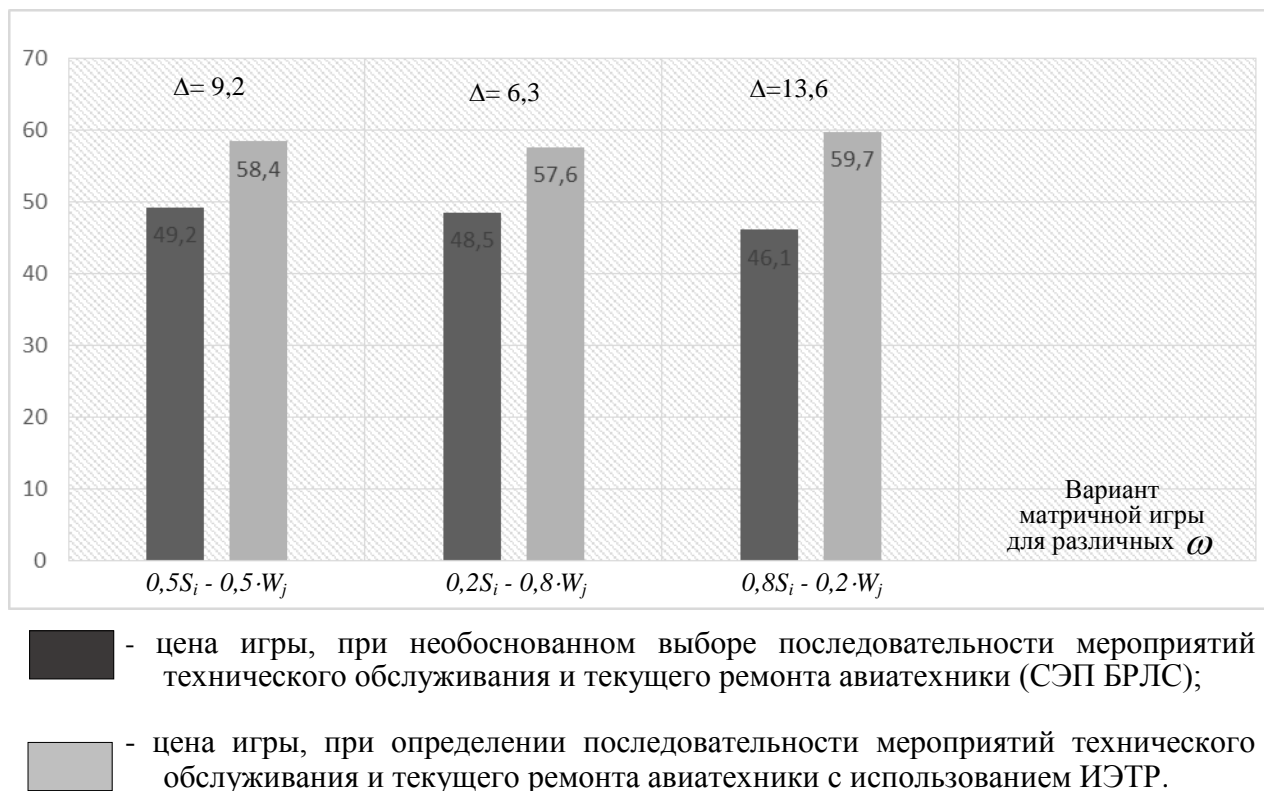


Рисунок 5.1.1. – Результаты оценки динамики качества обслуживания авиационной техники в виде гистограмм

5.1.3. Методика проверки статистической значимости значений эффекта

Проверка статистической значимости эффекта Δ_v необходимо в силу того факта, что значение разницы в цене рассматриваемого процесса обеспечения качества обслуживания авиационной техники как игры с использованием ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и без него, может оказаться сравнимо (меньше), чем погрешность математического аппарата расчета указанной разницы. Очевидно, что в таком случае необходимо добиваться повышения числа измерений (испытаний) Δ_v для обеспечения статистической устойчивости получаемого заключения об эффективности применения ИЭТР, относительно погрешности математического аппарата игровой модели оценки динамики качества обслуживания авиационной техники.

Предлагаемая методика проверки статистической значимости значений эффекта Δ_v в изменении качества обслуживания авиационной техники и получаемого заключения об эффективности применения ИЭТР базируется на математическом аппарате статистических сравнений, изложенным в [3,5,75].

Анализ значимости проводится за 8 шагов. Так для приведенного примера игры $0,5S_i - 0,5W_j$, при анализе значимости по представленной в таблице 5.1.1. игровой матрице получены следующие результаты.

1). Сформулировано 2 гипотезы:

$$\begin{aligned} H_0 : \Delta = 0 \\ H_1 : \Delta > 0 \end{aligned} \quad (5.1.15)$$

где: H_0 - гипотеза, что полученное Δ_v статистически не значимо (эффекта по модулю от внедрения ИЭТР в процесс технологического обслуживания СЭП БРЛС ЛА нет); H_1 - гипотеза, что полученное Δ_v статистически значимо (эффект по модулю от внедрения ИЭТР есть).

2). Пусть результаты Δ_j получены по 15 условным эксплуатационным эпизодам для СЭП БРЛС NSPQ-2214/S4, устанавливаемой на таких ЛА как самолет Боинг-737-300, тогда число испытаний принимается как

$$n = 15. \quad (5.1.16)$$

3). Исходя из принятых в статистике малых выборок [5] подходов, принимается уровень значимости равным

$$\alpha = 0,05. \quad (5.1.17)$$

4). В качестве тестовой статистики для проверки значимости Δ_v принимается величина

$$t = \frac{\bar{\Delta} - 0}{S / \sqrt{n}}, \quad (5.1.18)$$

которая имеет t -распределение Стьюдента с $(n - 1)$ степенями свободы.

Значение S стандартного отклонения совокупности $\{\Delta_j\}$ от осредненного Δ получается из соотношения

$$S'^2 = \frac{\sum_{j=1}^{13} (\Delta_j - \bar{\Delta})^2}{n} . \quad (5.1.19)$$

Так, значение стандартного отклонения S' для рассматриваемого сквозного примера с техническим обслуживанием СЭП БРЛС составило

$$S' = 8,22. \quad (5.1.20)$$

5). Далее осуществляется определение области принятия гипотезы. Критическое значение t_{np} при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 95% доверительному уровню, иными словами доверительная вероятность принимается на уровне:

$$\gamma = 1 - \alpha = 0,95. \quad (5.1.21)$$

Для $n-1=14$ степеней свободы оно составляет $t_{np}=2,23$. Тогда область принятия гипотезы представляет собой все множество от $-\infty$ до 2,23.

6). На основании выше указанного преобразования правило проверки гипотезы по тестовой статистике принимает вид:

$$\begin{aligned} H_0 : t &\leq 2,23; \\ H_1 : t &> 2,23. \end{aligned} \quad (5.1.22)$$

7). Выполнение проверки, путем реализации математического аппарата статистических сравнений [5] для конкретных измеренных значений (В данном случае, из рассматриваемого сквозного примера):

$$\sum_{j=1}^{15} \Delta_j = 75,8; \quad (5.1.23)$$

$$\sum_{j=1}^{15} \Delta_j^2 = 459; \quad (5.1.24)$$

$$\Delta = \frac{\sum_{j=1}^{15} \Delta_j}{15} = 5,05; \quad (5.1.25)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^{15} \Delta_j - n\bar{\Delta}^2}{n-1} = 0,31; \quad (5.1.26)$$

$$t = \frac{\bar{\Delta} - 0}{S / \sqrt{n}} = 4,28. \quad (5.1.27)$$

8). Интерпретация результатов в терминах предметной области и формулирование частного вывода: т.к. $4,28 > 2,23$ то согласно (5.1.22) значение $\Delta = 9,2$ следует считать значимым, а применение соответствующего разработанного ИЭТР эффективным и существенным по модулю в изменении качества обслуживания авиационной техники при 5%-ном уровне значимости.

Предметно-содержательная интерпретация результатов оценки динамики качества обслуживания авиационной техники позволяет перейти к заключению, что использование предлагаемого методического аппарата позволяет за счет игрового представления процессов эксплуатации добиться результативного анализа эффекта от применения ИЭТР по введенному комплексному показателю эффективности в рамках выше описанной модели.

5.1.3. Специфика учета влияния ИЭТР на динамику качества обслуживания авиационной техники

Специфика учета динамики влияния ИЭТР на качество обслуживания авиационной техники определяется тем фактом, что именно динамика (наличие изменений) в качестве обслуживания авиационной техники выявляется в рамках предлагаемого метода, в игровой модели оценки динамики качества обслуживания авиационной техники, путем статистического накопления выявляемых разниц в указанной цене игры, как некоторых одномоментных «срезов» в длительном технологическом процессе технического обслуживания и текущего ремонта того или иного вида авиационной техники (авиационных приборов). В частности, предполагается, что сам технологический процесс указанных обслуживания и ремонта является организационно и технически зрелым, отвечающим современным требованиям менеджмента качества. При этом, средства информационно-логистической поддержки, такие как ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиатехники, являются одной из его логических

частей, органично вписанных в производственный цикл, как это показано на рисунке 5.1.2.

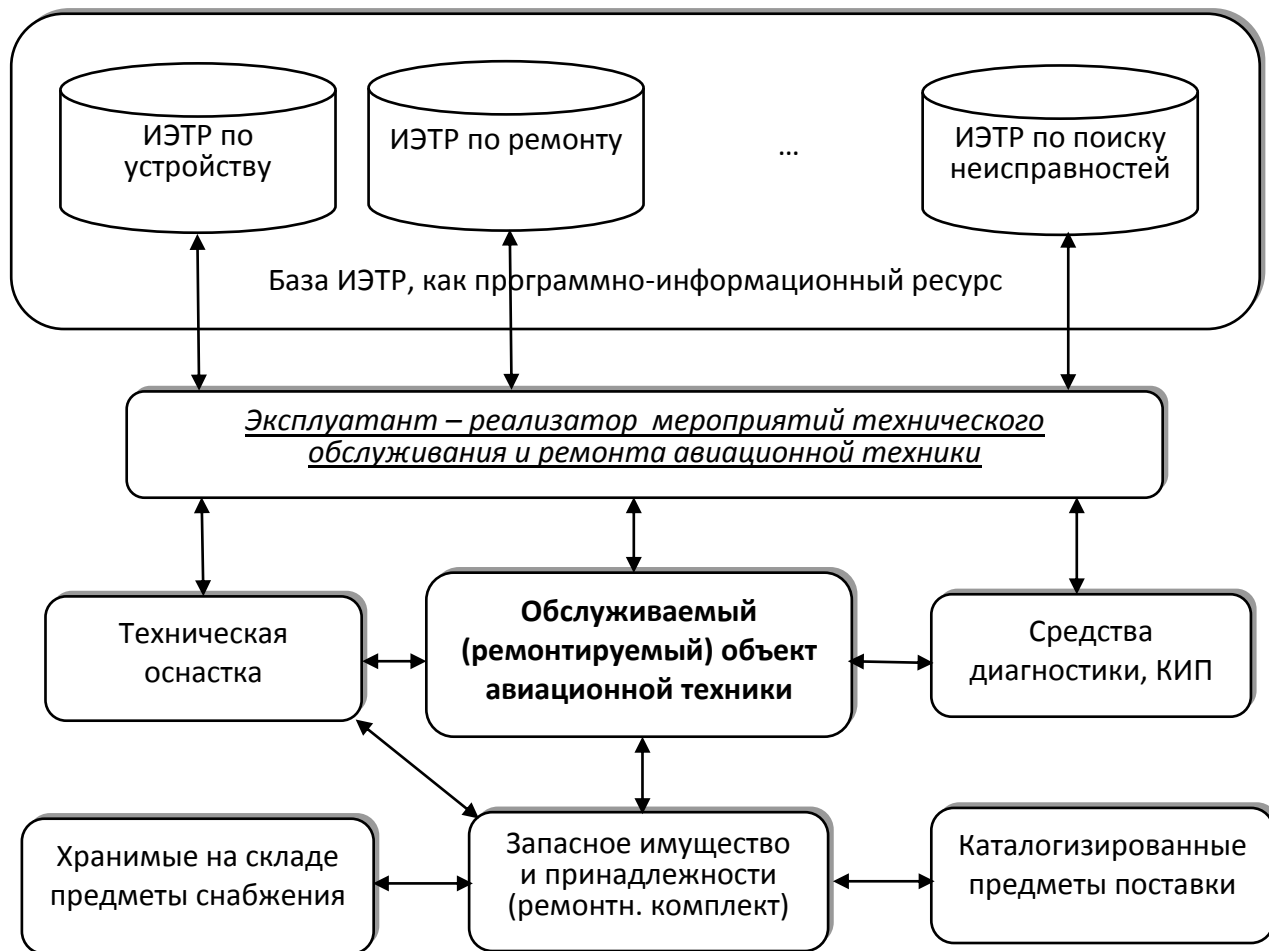


Рисунок 5.1.2 – Роль ИЭТР в обеспечении качества технического обслуживания авиационной техники при современной организации

В свою очередь, указанное статистическое накопление и анализ динамики качества обслуживания авиационной техники в технологическом процессе, использующем ИЭТР по эксплуатации и ремонту как средства информационно-логистической поддержки, является базой для постоянной выработки корректирующих и управляющих воздействий на всю систему качества обслуживания авиатехники (её конкретных образцов или приборов). Логическая схема выработки решений по управлению (корректирующему воздействию) качеством обслуживания и текущего ремонта авиационной техники (авиаприборов), опирающихся на использование ИЭТР

соответствующей тематической направленности, а также применение предлагаемого метода, показана на рисунке 5.1.3.

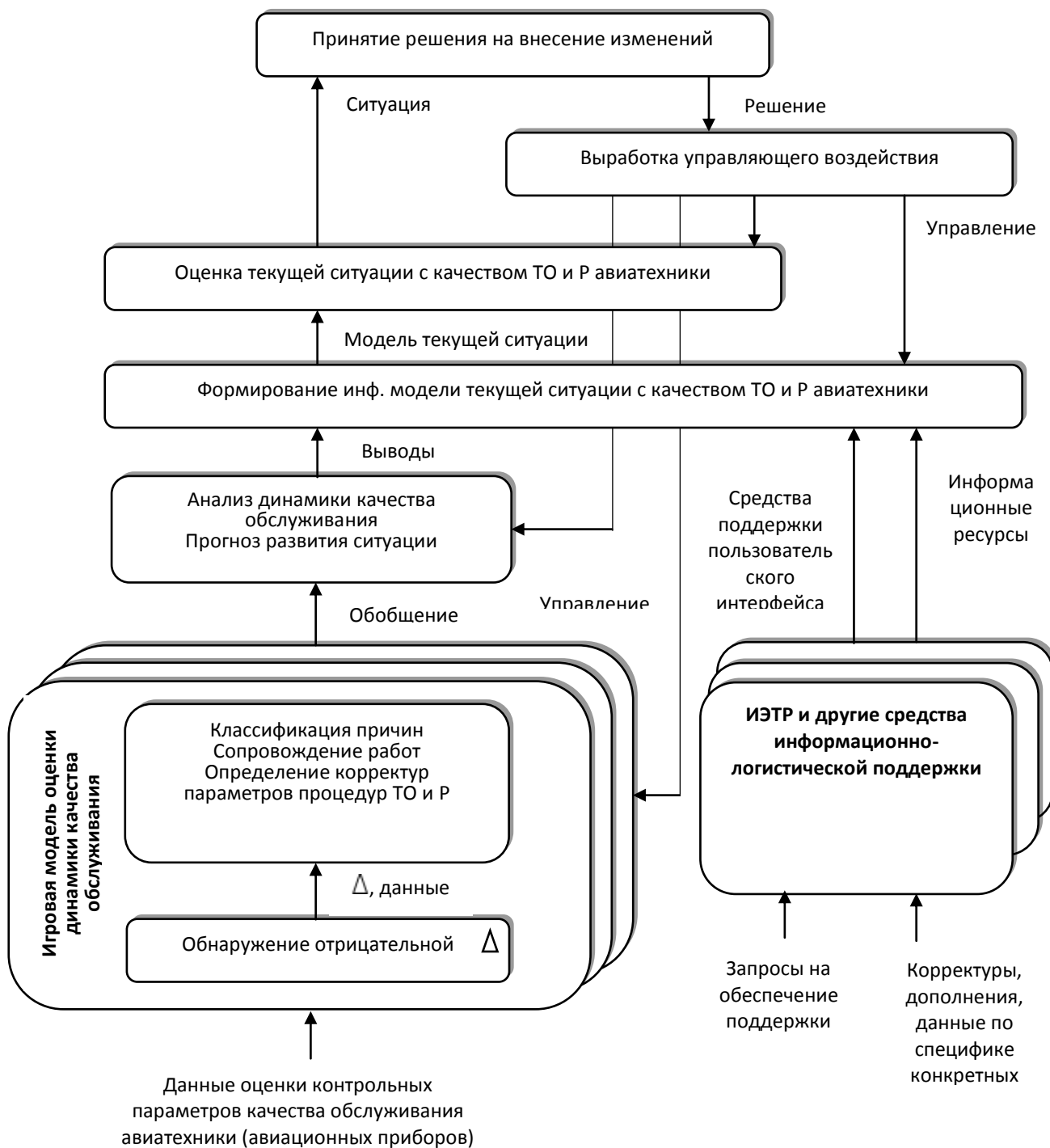


Рисунок 5.1.3 - Схема принятия решений по управлению качеством обслуживания и ремонта авиационной техники с использованием ИЭТР

Детализация представленных схем для условий конкретных технологических процессов и видов авиационной техники составляет существо учета указанной специфики учета влияния ИЭТР на динамику рассматриваемого качества.

5.2. Диссертационный эксперимент и оценка эффективности разработанного методологического аппарата

5.2.1. Основной эксперимент диссертационного исследования

Результаты основного эксперимента диссертационного исследования явились базой для проведения оценки эффективности разработанного в диссертации методологического аппарата. Целью основного эксперимента диссертационного исследования ставилось выявление и численное определение прироста качества некоторого класса ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Сводным показателем качества, по которому регистрировались изменения в ходе эксперимента была «результативность применения ИЭТР», а частными, её декомпозирующими, показателями стали составляющие, согласно интерпретации ГОСТ Р ИСО 9000 -2015. Существо указанной интерпретации в терминах предметной области эксплуатации авиатехники показателей результативности ИЭТР для оценки эффективности разработанных научных результатов наглядно показано в таблице 5.2.1.

Эксперимент проведен по организационной схеме, включающей в себя следующие логические этапы:

1) выявление особенностей разработки современных ИЭТР, интегрированных в процессы технического обслуживания и ремонта, учет этих особенностей в имитационном моделировании процессов технического обслуживания и текущего ремонта такого сложного авиационного прибора как бортовая радиолокационная станция (РЛС) по двух альтернативным вариантам: первый – на основе традиционных форм информационно-логистической поддержки (т.е. с использованием традиционных форм эксплуатационной документации или ИЭТР 1 класса), вторая – на базе подходов к информационно-логистической поддержке процессов технического обслуживания и текущего ремонта авиатехники, реализуемого в рамках разработанного методологического аппарата;

2) выявление изменений контролируемых параметров результативности применения ИЭТР в технологическом процессе технического обслуживания и текущего ремонта рассматриваемого образца авиационной техники;

3) анализ результатов применения и сравнение итогов для разработанного методологического аппарата и традиционных подходов к информационно-логистической поддержке процессов технического обслуживания, текущего ремонта авиатехники.

Таблица 5.2.1 – Конкретизация (уточнение) показателей результативности ИЭТР для оценки эффективности разработанных научных результатов

№ п/п	Показатели качества, декомпозирующие результативность применения ИЭТР, в нотации ГОСТ Р ИСО 9000-2015.	Интерпретация показателей терминологии технического обслуживания по ГОСТ Р 53863-2010 в интересах эксперимента	Методологический прием оценивания и сравнения альтернативных вариантов в ходе эксперимента, уточненный показатель эффективности
1.	Экономичность	Экономичность технического обслуживания авиационной техники (авиаприборов)	Сокращение среднего времени технического обслуживания (в частности, среднего времени поиска неисправностей) и текущего ремонта, для определенного уровня сложности образцов техники и задач ремонта.
2.	Прибыльность	Прирост компетентностного уровня	Понижение вероятности пропуска (не выявления) неисправности.
3.	Производительность	Объем операций обслуживания (ремонта) в единицу времени	Возрастание количества реализуемых операций технического обслуживания (текущего ремонта) в единицу времени.
4.	Действенность	Скорость диагностики неисправных состояний (отказов)	Понижение вероятности диагностической ошибки при поиске неисправности
5.	Условия трудовой деятельности	Институциональность; Эргономичность; Наглядность	Сложносводный показатель, оценивается экспертно на качественном уровне
6.	Нововведения	Инновационность; Интуитивная понятность интерфейса	Сложносводный показатель, оценивается экспертно на качественном уровне

В ходе разработки схемы проведения эксперимента и соответствующей имитационной модели был обобщен опыт разработки, внедрения и применения ИЭТР, который был получен лично автором в процессе создания соответствующих средств информационно-логистической поддержки процессов эксплуатации сложных образцов техники в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), так и опыт аналогичных разработок Лаборатории компьютерной графики, виртуальной и дополненной реальности при Кафедре вычислительных систем и сетей в ГУАП.

В ходе эксперимента, в соответствии с принятой схемой, была проанализирована разработка интегрированных ИЭТР для поддержки технического обслуживания, диагностики и поиска неисправностей в бортовой РЛС типа «Гроза -154М2» (Носитель – Ту-154). Типовая экранная форма, характерная при детализации блоков и узлов такой ИЭТР показана на рисунке 5.2.1.



Рисунок 5.2.1 – Типовая экранная форма ИЭТР поддержки технического обслуживания и поиска неисправностей в бортовой РЛС типа «Гроза-154»

Структура интегрированного ИЭТР предполагает возможность логической декомпозиции визуальных моделей обслуживаемых блоков и узлов до неделимых элементов, частей, деталей, как это показано на рисунке 5.2.2.



Рисунок 5.2.2 – Пример декомпозиции визуального образа блока (узла) до уровня неделимой детали (элемента)

Учет специфики разработки и применения выше описанных ИЭТР позволил на базе языка и среды имитационного моделирования GPSS World, используемых для имитационного воспроизведения (реинжиниринга) технических, организационных, биологических и пр. систем, построить имитационную модель процесса технического обслуживания и текущего ремонта РЛС указанного типа. Результаты имитационного моделирования аналитически обрабатывались и интерпретировались в прикладной программной среде MathCAD 2000 Professional. При этом сама бортовая РЛС типа «Гроза – 154» была рассмотрена как система из $n = 100$ блоков, каждый из которых имеет свою вероятность возникновения неисправности и(или) отказа. В ходе эксперимента установление факта «исправен / неисправен» для каждого из блоков РЛС рассмотрено как разовое испытание по бинарной схеме Бернулли в варианте 2-х исходов. Соответственно, в рамках указанного

рассмотрения для всего прибора (РЛС) случайная величина обнаружения r неисправностей в блоках РЛС при k проверках (мероприятиях технического обслуживания и ремонта) распределена по биномиальному закону:

$$F(r, k, p_{ij}) = \binom{K}{r} p_{ij}^r (p_{ji} + p)^{k-r}, \quad (5.2.1)$$

где $F(r, k, p_{ij})$ — вероятность того, что из k проверок блока РЛС r окажутся результативными по обнаружению неисправности с вероятностью возникновения неисправности в каждом блоке p_{ij} ; $\binom{K}{r}$ — комбинаторное число сочетаний из k по r .

В виду того, что неисправность каждого из блоков не зависит в рамках эксперимента от исправности остальных блоков, связи между блоками приняты всегда исправными и разовое испытание проводится в 1 прием, то биномиальное распределение $F(r, k, p_{ij})$ в аппроксимируемо законом Пуассона. Полученное распределение $F(r, k, p_{ij})$ при пуассоновском приближении для биномиального распределения примет следующий функциональный вид

$$F(r, K, p_{ij}) \approx (\mu K / r!) \exp(-\mu) \quad (5.2.2)$$

при

$$\mu = K p_{ij} \quad (5.2.3)$$

В свою очередь, дальнейшая аппроксимация дискретного распределения вида (5.2.2) непрерывной огибающей представляется нормальным законом:

$$F^*(r, K, q_{ij}) \approx (1/\sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^K \exp(-r^2/2) dr \quad (5.2.4)$$

с плотностью, задаваемой функционалом

$$f(r, K, q_{ij}) \approx (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-r^2/2). \quad (5.2.5)$$

Выше обоснованное принятие закона распределения $F(r, K, q_{ij})$ нормальным дало возможность в рамках диссертационного эксперимента использовать стандартизированный де-факто матаппарат проверки вероятностных выводов для испытаний дуального выбора по схеме Бернулли,

статистически реализуемый с использованием метода Монте-Карло. Данный аппарат детально описан в [3,5,20]. При этом число элементарных испытаний на каждом блоке были определены согласно закона больших чисел для доверительной вероятности $q_{доп.} = 0,95$ и соответственно вероятности риска $\alpha = 0,05$. Тогда, исследовательская имитационная модель процесса технического обслуживания и текущего ремонта бортовой РЛС приобрела вид матрицы f_t , описывающей текущее состояние станции в виде разыгранных (апостериорных) вероятностей неисправности, что показано на рисунке 5.2.3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$1.169 \cdot 10^{-4}$	$1.403 \cdot 10^{-4}$	0.011	0.013	$5.471 \cdot 10^{-3}$	0.039	$6.64 \cdot 10^{-3}$	0.023	$2.993 \cdot 10^{-3}$	0.031
2	$2.338 \cdot 10^{-4}$	$5.378 \cdot 10^{-4}$	$7.95 \cdot 10^{-4}$	0.015	0.023	$4.302 \cdot 10^{-3}$	0.039	0.036	$2.806 \cdot 10^{-4}$	$7.015 \cdot 10^{-4}$
3	$5.612 \cdot 10^{-4}$	$3.133 \cdot 10^{-3}$	$8.067 \cdot 10^{-3}$	0.018	$2.97 \cdot 10^{-3}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$	0.023	$3.694 \cdot 10^{-3}$	0.01	$4.676 \cdot 10^{-4}$
4	$5.612 \cdot 10^{-4}$	$1.052 \cdot 10^{-3}$	$1.099 \cdot 10^{-3}$	$2.946 \cdot 10^{-3}$	0.02	$2.97 \cdot 10^{-3}$	0.018	0.042	$8.324 \cdot 10^{-3}$	0.023
5	$2.806 \cdot 10^{-3}$	$7.95 \cdot 10^{-3}$	0.011	$3.04 \cdot 10^{-4}$	$3.344 \cdot 10^{-3}$	$8.277 \cdot 10^{-3}$	0.023	$3.18 \cdot 10^{-3}$	0.011	$5.378 \cdot 10^{-3}$
6	0.013	$4.115 \cdot 10^{-3}$	$8.23 \cdot 10^{-3}$	0.03	0.029	$2.338 \cdot 10^{-4}$	$2.338 \cdot 10^{-4}$	$8.067 \cdot 10^{-3}$	$2.291 \cdot 10^{-3}$	$7.95 \cdot 10^{-4}$
7	$7.95 \cdot 10^{-4}$	0.011	$2.338 \cdot 10^{-4}$	$2.338 \cdot 10^{-4}$	$1.052 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$8.067 \cdot 10^{-3}$	0.031	0.023	$5.471 \cdot 10^{-3}$
8	$1.309 \cdot 10^{-3}$	0.015	0.017	$1.824 \cdot 10^{-3}$	$4.676 \cdot 10^{-4}$	0.016	$4.676 \cdot 10^{-4}$	0.013	0.022	0.017
9	0.018	$7.015 \cdot 10^{-4}$	$2.338 \cdot 10^{-4}$	0.016	$7.015 \cdot 10^{-4}$	$1.824 \cdot 10^{-3}$	0.044	0.013	0.018	$5.565 \cdot 10^{-3}$
10	$1.052 \cdot 10^{-3}$	$7.015 \cdot 10^{-4}$	$7.015 \cdot 10^{-4}$	0.011	0.02	$7.95 \cdot 10^{-4}$	$4.676 \cdot 10^{-3}$	$4.676 \cdot 10^{-4}$	0.032	$5.495 \cdot 10^{-3}$

Рисунок 5.2.3 - Пример матрицы, описывающей состояние РЛС в рамках разового испытания в имитационной модели процесса технического обслуживания и текущего ремонта

На основании матрицы формируются карта состояния РЛС при техническом обслуживании и гистограмма распределения вероятности наличия неисправности, путем принятия решений о неисправности по итогам разового испытания при превышении разыгранной по схеме Монте-Карло вероятности некоторого порогового значения. Существо этой схемы показано на рисунке 5.2.4. слева, а пример графика распределения вероятности наличия неисправности по блокам РЛС на рисунке 5.2.4. справа.

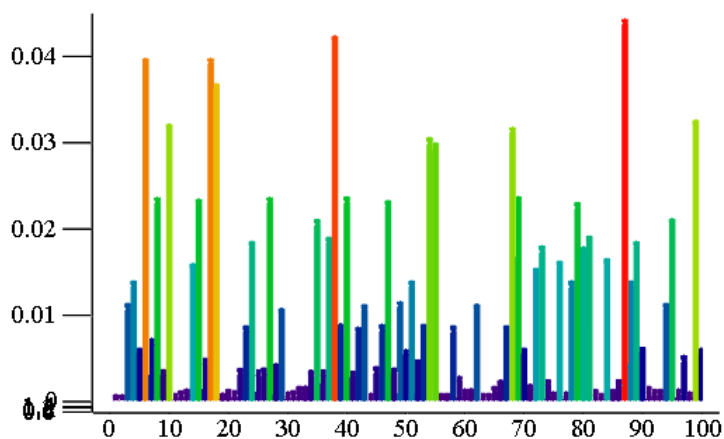
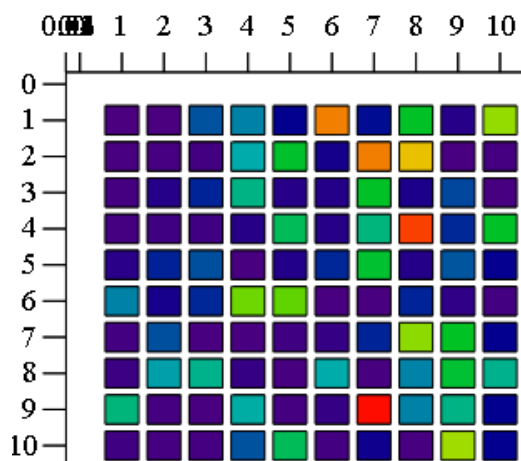


Рисунок 5.2.4 – Пример карты состояний РЛС и гистограммы распределения вероятности наличия неисправности по её блокам при разовом испытании

Предложенная схема испытаний вычислительного эксперимента в рамках имитационной модели процесса технического обслуживания и текущего ремонта бортовой РЛС предполагает статистическое накопление общего числа испытаний, каждое из которых соответствует проведению одного полного комплекса технического обслуживания и текущего ремонта указанной станции в рамках её повседневной эксплуатации. Нормализация результатов такого накопления позволяет получать статистически устойчивые заключения о характере изменений состояния РЛС и распределении вероятности наличия неисправности по её блокам, что наглядно видно на рисунке 5.2.5.

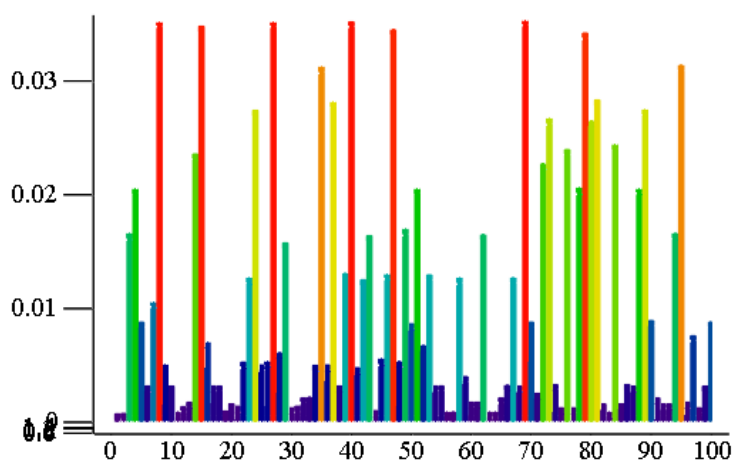
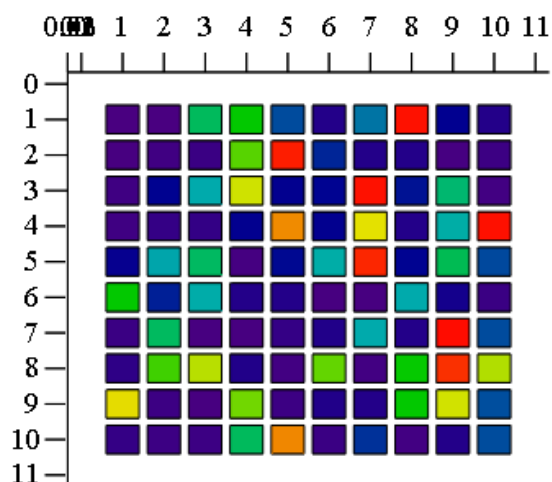


Рисунок 5.2.5 – Пример карты состояний РЛС и гистограммы распределения вероятности наличия неисправности по её блокам при числе испытаний $n = 10\ 000$

С использованием выше описанной имитационной модели был проведен вычислительный эксперимент по оценке эффективности предложенных в данной работе методологических инструментов. Логико-математическое существо диссертационного эксперимента свелось к последовательным турам моделирования процессов обслуживания РЛС в выше описанной имитационной модели по ранее приведенным альтернативным вариантам и актам анализа различий в итогах такого моделирования по параметрам, приведенным в таблице 5.2.1.

В ходе диссертационного эксперимента были решены следующие задачи:

1. Произведено математико-статистическое по 12 туров (актов по 10 000 разовых испытаний в модели) моделирования выше указанных контрастных альтернатив с использованием описанной вычислительной модели процесса технического обслуживания и текущего ремонта РЛС типа «Гроза -154».

2. Осуществлено аналитическое сравнение и оценка результативности альтернатив по динамике качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР, по влиянию обеспечиваемого качества ИЭТР на весь процесс повседневной эксплуатации приборов летательных аппаратов.

3. Проведена оценка и предметно-ориентированная интерпретация эффекта от внедрения разработанного методологического аппарата, что позволило сформулировать обобщающие выводы по результатам оценки эффективности.

Таким образом, оценка эффективности разработанного методологического аппарата управления качеством ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники проводилось на количественном уровне с качественной интерпретацией полученных эффектов по соответствующим показателям результативности применения указанных средств информационно-логистической поддержки.

5.2.2. Результаты оценки эффективности предлагаемого методологического аппарата

В таблице 5.2.1 приведены варианты интерпретации составляющих компонент результативности ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники в виде частных, измеримых в рамках вычислительного эксперимента, показателей, которые были непосредственно оценены как показатели улучшения качества рассматриваемых средств информационно-логистической поддержки. В рамках такого интерпретационного представления составляющих компонент результативности применения ИЭТР по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники, а также на основании полученных результатов вычислительного эксперимента по выше описанной имитационной модели получены следующие результаты сравнения контрастных альтернатив в процессе оценки эффективности результатов диссертационного исследования:

1. Сокращение среднего времени технического обслуживания и текущего ремонта, для определенного уровня сложности образцов авиатехники и задач ремонта было промоделировано как сокращение времени наиболее емкой операции - среднего времени поиска неисправностей. При этом моделировался определенный алгоритм поиска неисправности, который может реализовываться как без использования средств информационно-логистической поддержки, так и с использованием традиционной документации и ИЭТР 1-го класса, а также с использованием интегрированных ИЭТР, реализующих возможности разработанного методологического аппарата управления их качеством.

Моделируемый алгоритм поиска неисправности детально обоснован в классических трудах по диагностике сложных технических систем С.П.Ксенза, а также рассмотрен в слабоструктурированном виде в работах [118-121]. Этот алгоритм реализует методику поиска неисправностей, основанную на тезисе, что увеличение вероятности обнаружения неисправности приложенным

количеством усилий по её поиску в любом блоке (узле, схеме и пр.) должно быть пропорционально величине плотности распределения неисправности в этом блоке. Тогда наилучшее распределение усилий по поиску может быть реализовано последовательностью действий, логико-вероятностный смысл которых отражен на рисунках 5.2.6. – 5.2.8.

На первичном этапе указанного алгоритма определяется блок прибора (в рамках вычислительного эксперимента – бортовой РЛС) вероятность возникновения неисправности в котором максимально (на рисунке 5.2.6. это блок с номером 3). По мере приложения к блоку усилий по поиску неисправности (отказа элемента) вероятность обнаружения неисправности в ней будет постепенно уменьшаться.

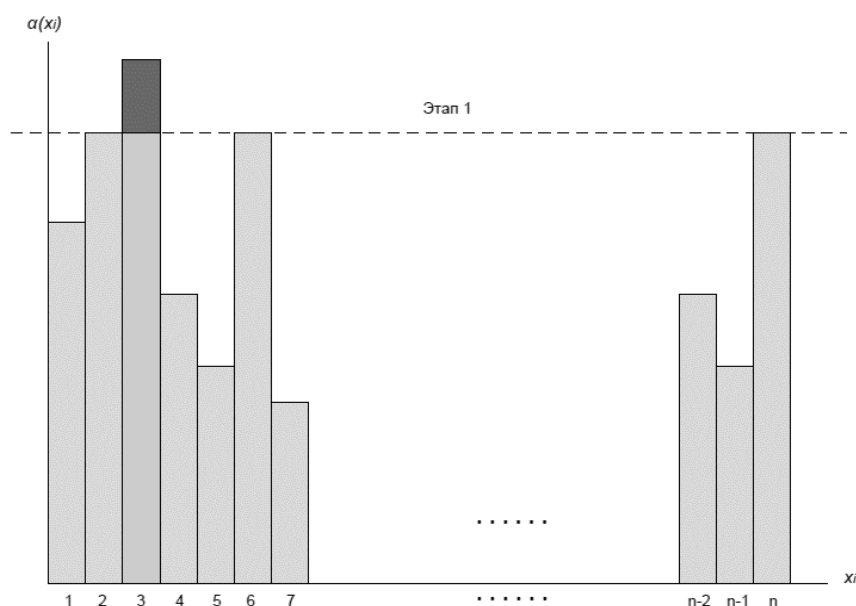


Рисунок 5.2.6 – Гистограмма иллюстрирующая логико-вероятностный смысл моделируемого алгоритма поиска неисправности: первый этап

Соответственно вероятность обнаружения неисправности в оставшихся блоках будет расти. Тогда, если поиск далее является безуспешным, по мере ведения поиска с учетом всех блоков РЛС, наступит такой момент, когда расчетная вероятность обнаружения неисправности в текущем блоке станет равна вероятности обнаружения неисправности в каком-либо другом, или нескольких других блоках прибора (Эта ситуация на рисунке 5.2.7. соответствует столбцам

гистограммы 2, 6 и n). В этом варианте, с т. з. эффективности распределения усилий по поиску неисправности, эти блоки ничем не отличаются от текущего блока №3, что показано на рисунке 5.2.7.

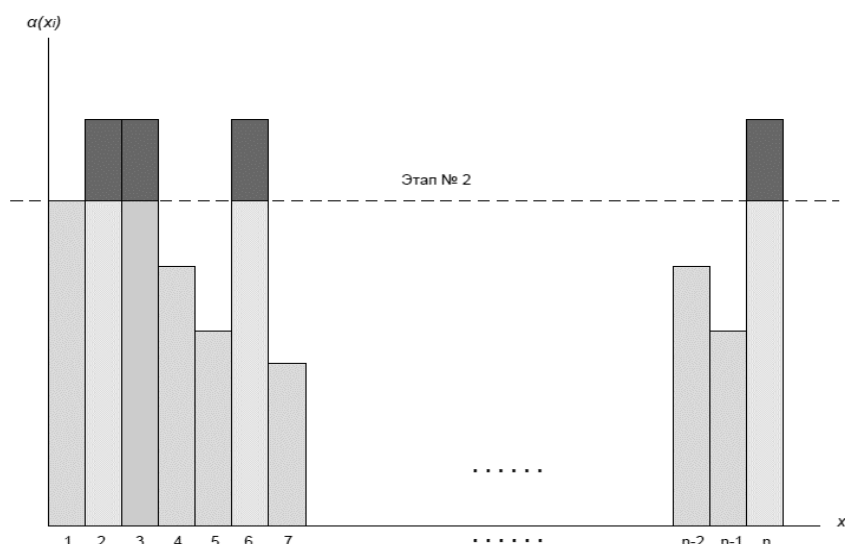


Рисунок 5.2.7 – Гистограмма иллюстрирующая логико-вероятностный смысл моделируемого алгоритма поиска неисправности: второй этап

Таким образом, на втором этапе поиска неисправности усилия эксплуатанта должны прикладываться прежде всего к блокам 2, 3, 6 и n . Если поиск неисправности в указанных блоках РЛС оказался неуспешным, вероятность нахождения неисправности в каждом из них определяется выражением вероятности обнаружения при дискретном поиске с возрастающей интенсивностью из [120]. Соответственно, для тех блоков РЛС, где поиск неисправности еще не производился, количество усилий по поиску равно 0. Следовательно, вероятность обнаружения неисправности, при экспоненциальном характере закона обнаружения, в таких блоках будет стремиться к значению вероятности обнаружения неисправности в блоке № 1.

Аналогично выполнение поиска неисправности согласно описанного алгоритма продолжается до тех пор, пока либо не произойдет обнаружение неисправности в одном из блоков РЛС, либо за n этапов не будут истрачены все поисковые ресурсы (рабочее время эксплуатанта, в данном случае), что показано на рисунке 5.2.8.

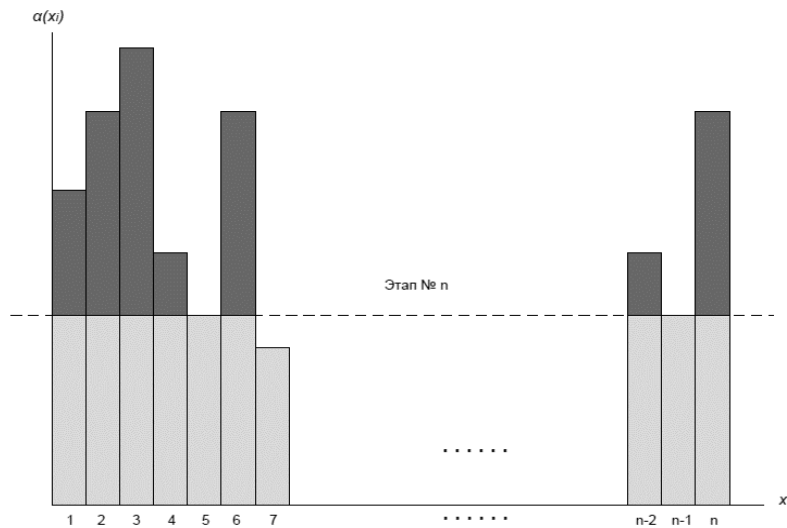


Рисунок 5.2.8 – Гистограмма иллюстрирующая логико-вероятностный смысл моделируемого алгоритма поиска неисправности: этап n

В качестве обоснования причины использования именно этого алгоритма поиска неисправности в вычислительном эксперименте диссертационного исследования следует привести следующие данные: в [125] описанный алгоритм охарактеризован как «равномерно оптимальный поисковый план»; а в [119,121], хоть данный алгоритм назван «близорукий», т.к. он не учитывает возможности того, что по мере хода процесса поиска неисправности может возникнуть необходимость повторного обследования блоков, уже обследованных ранее, все же утверждается, что «близорукий» алгоритм является оптимальным для предметной области поиска неисправностей и технической диагностики.

Интерпретация обобщённых результатов вычислительного эксперимента по моделированию процессов поиска неисправностей в бортовой РЛС позволили получить следующие характеристики изменений среднего времени технического обслуживания и текущего ремонта, представленные на рисунке 5.2.9. В частности, сплошная линия типа 1 интерполирует временные затраты эксплуатанта на поиск неисправности в бортовых авиаприборах в зависимости от числа блоков (узлов, неделимых схем, типовых элементов замены и пр.) при использовании традиционных (на бумажных носителях средств информационно-логистической поддержки, а точечная линия типа 2 – временные затраты на поиск неисправности в бортовых авиаприборах без

использования каких-либо средств информационно-логистической поддержки. Соответственно, пунктирная линия типа 3 - затраты эксплуатанта на поиск неисправности в бортовых авиаприборах с использованием интегрированных ИЭТР, реализуемых без использования предлагаемого методологического инструментария, а штрихпунктирная типа 4 – с использованием ИЭТР, реализующих предлагаемые методологические средства проектирования и разработки. При этом: Ось абсцисс – число блоков прибора, моделируемых в рамках вычислительного эксперимента, ось ординат – временные затраты эксплуатанта в минутах. Из графиков, сведенных на рисунке 5.2.9, можно заключить, что применение упрощенных традиционных средств информационно-логистической поддержки (эксплуатационной документации на бумажных носителях или ИЭТР 1 класса, представляющих собой простую оцифровку той же документации) фактически не дает значимого эффекта. Интегрированные современные ИЭТР 4-го класса дают значимый эффект в сокращении времени поиска неисправности авиатехники, в частности, и среднего времени, затрачиваемого на техническое обслуживание и ремонт образца авиатехники, в целом. Однако, применение разработанного в этом диссертационном исследовании методологического аппарата позволяет получить еще более значимый эффект в сокращении времени поиска неисправности в авиатехнике.

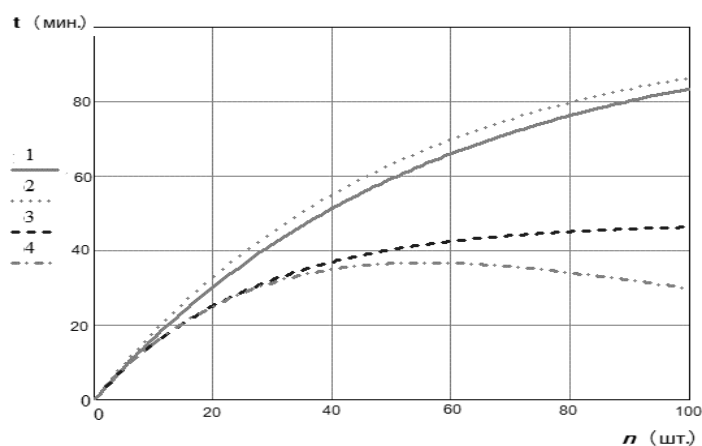


Рисунок 5.2.9 – Результаты сравнительного анализа среднего времени поиска неисправностей в бортовой РЛС по результатам моделирования

Особенно значимым этот эффект становится по мере роста сложности образца обслуживаемой авиатехники, т.е. увеличения числа учитываемых (моделируемых) блоков в образце бортовой аппаратуры.

2. Понижение вероятности пропуска (не выявления) неисправности. Итоги сравнительного анализа и интерпретации результатов вычислительного эксперимента по данному показателю результативности применения ИЭТР показаны на рисунке 5.2.10. Так, сплошная линия описывает интерполированную вероятность пропуска (не выявления) неисправности при моделировании наличия одной неисправности в приборе, принятом за базовый в рамках вычислительно-имитационного эксперимента, а пунктирная – для случая моделировании наличия случайного числа независимых неисправностей (но не более 3 одновременно) в бортовой РЛС из 100 блоков. Ось абсцисс – время проведения поиска неисправностей в процессе технического обслуживания и текущего ремонта бортовой РЛС в часах, ось ординат – значение вероятности пропуска (не выявления) неисправности. Результирующий эффект от применения предлагаемого методологического аппарата наглядно виден при сравнении кривых а) и б) на рисунке 5.2.10.

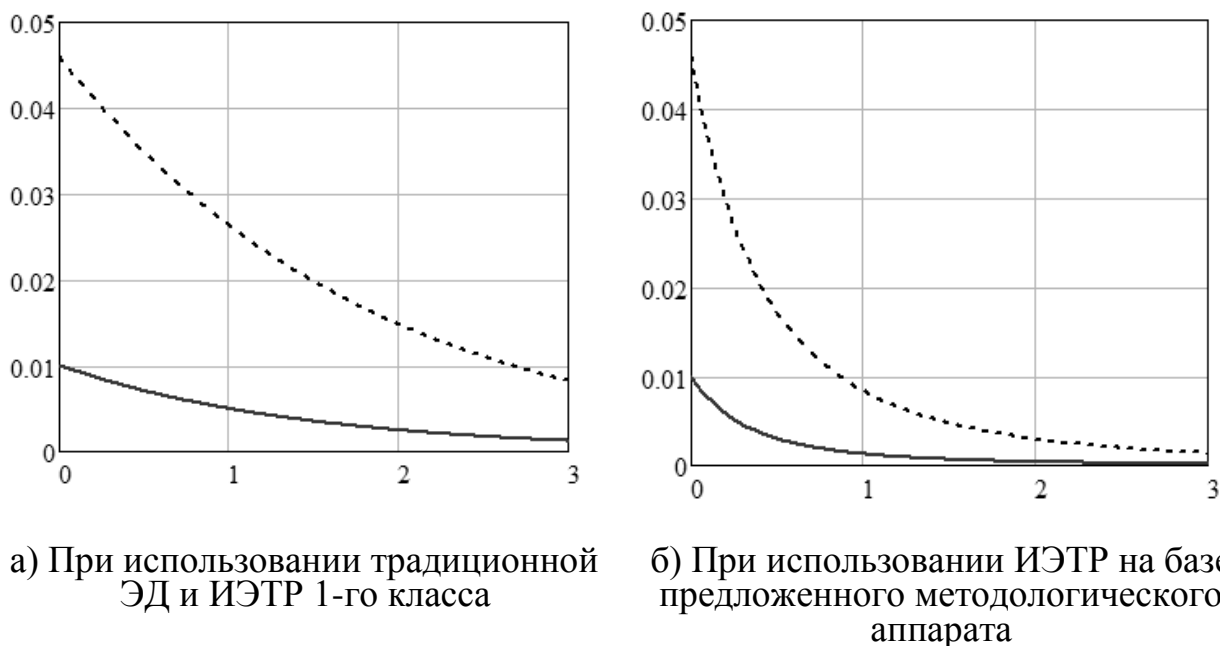
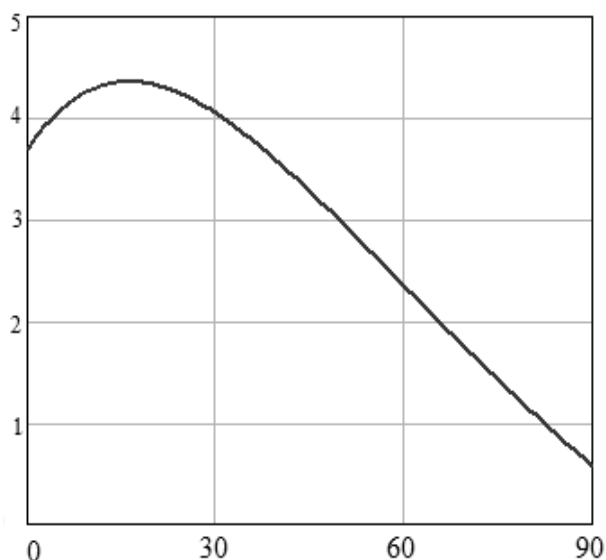
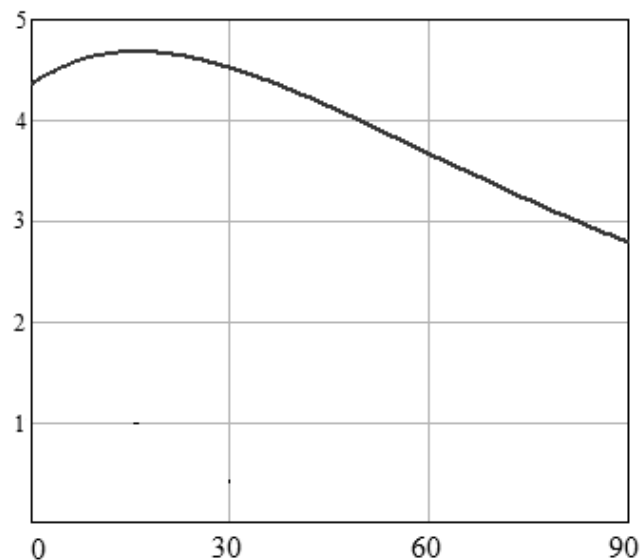


Рисунок 5.2.10 – Результаты сравнительного анализа вероятности пропуска (не выявления) неисправности при техническом обслуживании и ремонте

3. Возрастание количества реализуемых операций технического обслуживания (текущего ремонта) в единицу времени. Результаты сравнительного анализа по итогам моделирования в рамках вычислительного эксперимента показаны на рисунке 5.2.11. Представленная кривая показывает зависимость осредненного количества реализуемых операций технического обслуживания, в т.ч. текущего ремонта, в один час рабочего времени от сложности обслуживаемого прибора авиационной техники. При этом подразумевается, что рассматриваются не чисто механические действия эксплуатанта (таких как: открутить запорную гайку, снять кожух и пр.), а операции, требующие анализа ситуации и интеллектуального определения порядка действий (таких как: анализ накопленных данных в системе встроенной диагностики, проверка износа щеток генератора, поверка параметров предварительного усилителя промежуточной частоты и пр.). Ось абсцисс – количество число блоков прибора, моделируемых в рамках вычислительного эксперимента, ось ординат – приведенное количество реализуемых операций технического обслуживания в час. В результате вычислительного эксперимента установлено, что при малом числе блоков прибора, имитируемых в модели (т.е. при обслуживании относительного более простого прибора авиационной техники) количества реализуемых операций технического обслуживания (текущего ремонта) в единицу времени практически не зависит от качества применяемых средств информационно-логистической поддержки (ИЭТР). Однако, по мере роста числа блоков прибора, моделируемых в рамках вычислительного эксперимента (т.е. роста сложности обслуживаемого прибора авиационной техники) преимущество использования ИЭТР разработанных и созданных на базе предложенного методологического аппарата становится очевидным, что видно из сравнения рисунков а) и б) 5.2.11.



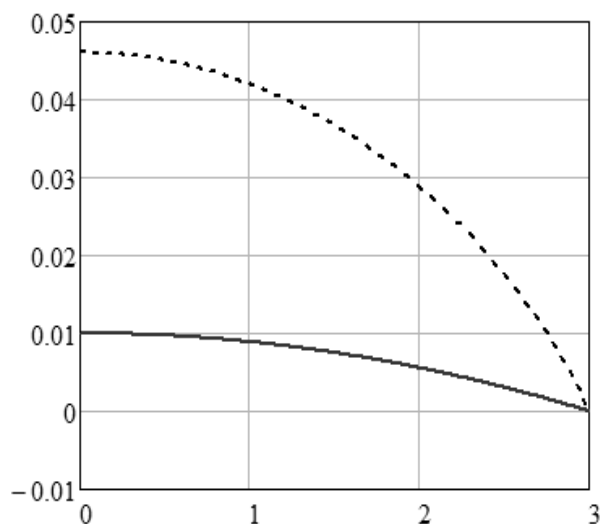
а) При использовании традиционной ЭД и ИЭТР 1-го класса



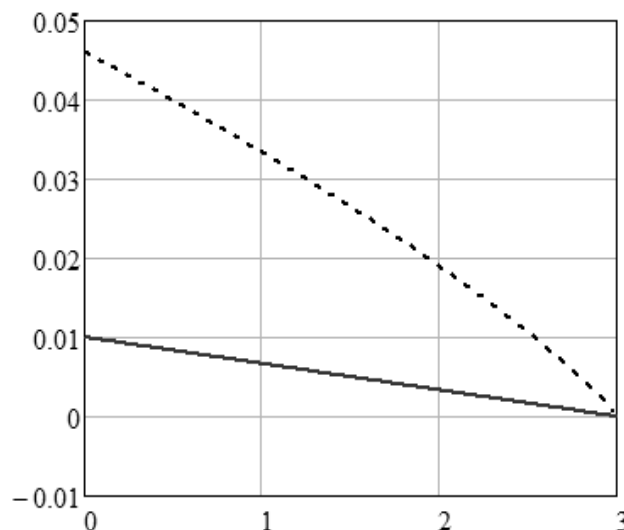
б) При использовании ИЭТР на базе предложенного методологического аппарата

Рисунок 5.2.11 – Результаты сравнительного анализа количества реализуемых операций технического обслуживания (текущего ремонта) в единицу времени

4. Понижение вероятности диагностической ошибки при поиске неисправности. Результаты сравнительного анализа по итогам моделирования в рамках вычислительного эксперимента показаны на рисунке 5.2.12. Сплошная линия описывает интерполированную вероятность диагностической ошибки при поиске неисправности при моделировании наличия одной неисправности в приборе, принятом за базовый в рамках вычислительно-имитационного эксперимента, а пунктирная – для случая моделировании наличия случайного числа независимых неисправностей (но не более 3 одновременно) в бортовой РЛС из 100 блоков. Ось абсцисс – время проведения диагностирования в процессе технического обслуживания и текущего ремонта бортовой РЛС в часах, ось ординат – значение вероятности диагностической ошибки при поиске неисправности. Эффект от использования разработанного методологического аппарата виден из результатов сравнения кривых а) и б) на рисунке 5.2.12.



а) При использовании традиционной ЭД и ИЭТР 1-го класса



б) При использовании ИЭТР на базе предложенного методологического аппарата

Рисунок 5.2.12 – Результаты сравнительного анализа вероятности диагностической ошибки при поиске неисправности

5. Обеспечение условий трудовой деятельности эксплуатанта, реализующего мероприятия технического обслуживания и текущего ремонта приборов авиационной техники. Является сложным качественным показателем, который составляется и оценивается путем экспертизы. В ходе описываемого эксперимента эффект по этому показателю результативности применения ИЭТР представлен рядом свойств (характеристик) разработанного методологического аппарата, которые выгодно отличают его от известных, традиционных методов и подходов. К таковым свойствам отнесены:

5.1. Реализация комплексного подхода к информационно-логистической поддержке деятельности эксплуатантов сложных приборов авиационной техники с т.з. организации процессов технического обслуживания и текущего ремонта, а также к функции совершенствования компетентностной институциональности указанных процессов.

5.2. Обеспечение принципиально более высокого уровня управления качеством ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, за счет внедрения новейших концепций логической схематизации предметного контента, а также моделей и методов современного риск-менеджмента в проекты по созданию выше указанных средств информационно-логистической поддержки.

5.3. Формирование базиса для внедрения в технологические процессы технического обслуживания и текущего ремонта авиационной техники информационных технологий имитационного моделирования, методов оценки влияния деятельности отдельных эксплуатантов на техническую готовность авиационной техники и сравнительного анализа эффективности реализуемых технических и организационно-технических схем её обслуживания.

6. Нововведения. Является сложным качественным показателем, который составляется и оценивается путем экспертизы аналогично приведенному ранее показателю эффективности. Эффективность нововведений представлена рядом параметров разработанного методологического инструментария, которые выгодно отличают его от известных, традиционных методов и подходов. Так, к таковым отнесены:

6.1. Гибкость в учете структурной сложности системы показателей качества ИЭТР по эксплуатации, техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, вложенности простых показателей в состав сводных (в т.ч. интегрального показателя качества).

6.2. Возможность получения адекватной оценки текущего качества ИЭТР по эксплуатации, техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, не как итогового предписания о достигнутом уровне степени удовлетворения потребностей потенциального пользователя, а как управляющей информации для корректирующего воздействия на ход разработки и создания этих средств информационно-логистической поддержки.

6.3. Применимость разработанного методологического аппарата на всех этапах разработки программного и информационного обеспечения для ИЭТР по

эксплуатации, техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники; логическая реализация именно системы управления качеством ИЭТР в рамках их жизненного цикла.

6.4. Снижение итеративности хода проектирования и разработки ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, повышение уровня функциональной сложности и контент-безошибочности реализуемых задач информационно-логистической поддержки, а как следствие улучшение качества эксплуатации летательных аппаратов, в целом.

Таким образом, обобщение результатов оценки эффективности разработанного методологического аппарата позволяет заключить, что его практическое внедрение дает возможность добиться улучшения качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, за счет повышения результативности их применения.

5.3. Выводы по пятой главе

1. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР является системообразующим элементом всего разработанного в данном диссертационном исследовании инструментария управления качеством интерактивных электронных технических руководств оговоренных класса и категорий использования. Он позволяет проследить и оценить, с требуемым уровнем доверия, оцениваемого количественно, взаимосвязь качества обслуживания авиационной техники и качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту этой техники. Методологически он представляет собой совокупность соответствующей игровой модели оценки динамики качества обслуживания авиационной техники и методики проверки статистической значимости получаемых значений эффекта от использования ИЭТР.

2. Процесс обслуживания авиационной техники и ремонта, с целью предотвращения возникающих неисправностей и отказов, может быть рассмотрен как неантагонистическая игра (т.н. «игры с природой» в классификации направлений Исследования операций) - именно такой математико-логический подход положен в основу моделирования динамики качества обслуживания авиационной техники с использованием средств информационно-логистической поддержки, а именно ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

3. Результаты основного эксперимента диссертационного исследования явились базой для проведения оценки эффективности разработанного в диссертации методологического аппарата. Целью основного эксперимента диссертационного исследования ставилось выявление и численное определение прироста качества некоторого класса ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Сводным показателем качества, по которому регистрировались изменения в ходе эксперимента была «результативность применения ИЭТР», а частными, её декомпозирующими, показателями стали составляющие, согласно интерпретации ГОСТ Р ИСО 9000 -2015. Оценка

эффективности разработанного методологического аппарата управления качеством ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники проводилось на количественном уровне с качественной интерпретацией полученных эффектов по соответствующим показателям результативности применения указанных средств информационно-логистической поддержки

4. Обобщение результатов оценки эффективности разработанного методологического аппарата на качественно-количественном уровне позволило прийти к выводу, что его практическое внедрение дает возможность добиться улучшения качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, за счет повышения результативности их применения.

Заключение

Выше представленные и ранее обоснованные выводы по основным научным результатам позволяют завершить это диссертационное исследование сводным обобщением этих частных выводов. Выполненное диссертационное исследование позволяет сформулировать такие общие выводы и практические рекомендации:

1. Множество полученных в данном исследовании научных положений, выносимых на защиту (результатов), составляет научный базис улучшения качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники (Прежде всего, приборного состава летательных аппаратов).

2. Предложенная в данной диссертации совокупность научных положений, выносимых на защиту, обеспечивает решение научно-технической проблемы улучшения качества интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники, за счет преодоления эмпирического характера их разработки, путем последовательно-итеративного квалиметрического оценивания, анализа рисков развития и совершенствования.

3. Улучшение качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники может быть гарантировано, если в технологические процессы создания средств информационно-логистической поддержки эксплуатации авиатехники будут внедрены:

- Научно-методическая концепция менеджмента качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
- Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;

- Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
- Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
- Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

4. Прогнозируемый потенциал предлагаемых положений, выносимых на защиту, определяется следующим:

1) возможностью логистической, информационной и логико-функциональной поддержки деятельности эксплуатантов авиационной техники при техническом обслуживании и текущем ремонте приборов и других образцов авиационной техники;

2) обеспечением заданного уровня пользовательского качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, а также других аналогичных средств информационно-логистической поддержки;

3) объективизацией оценки качества и возможных рисков проектов разработки ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники.

5. Полученные в диссертационном исследовании научные положения, выносимые на защиту, а также выводы и рекомендации носят сводно-обобщающий характер, что позволяет их применять для:

– разработки руководящих документов, образующих базу стандартов технического регулирования, регламентирующих процесс создания и применения ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники на всех этапах их жизненного цикла;

– организации новых НИОКР для целей адаптации ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники к

предметным областям перспективных образцов летательных аппаратов и соответствующих приборов бортовой авионики;

– для разработки соответствующих программно-информационных систем обеспечивающего характера.

6. С учетом указанного выше вынесенные на защиту научные результаты являются новыми, достоверными, теоретически и практически значимыми. Они могут быть квалифицированы как совокупность технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Таким образом, в диссертационной работе получено семь научных результатов (положений выносимых на защиту). Эти результаты соответствуют формуле специальности 05.02.23 – «Стандартизация и управление качеством продукции» и основным областям исследования этой специальности.

Перспективными направлениями дальнейших исследований в области улучшения качества ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники, являются:

1. Интеграция в состав специализированных систем диагностики и поиска неисправностей аппаратуры перспективных самолетов и вертолетов.

2. Стандартизация способов и приемов информационно-логистической поддержки процессов эксплуатации и аэродромного обслуживания летательных аппаратов.

3. Синтез методов комплексной интеллектуализации ИЭТР по техническому обслуживанию и текущему ремонту авиационной техники.

Обозначенные выше направления дальнейших исследований призваны обеспечить улучшение качества информационно-логистической поддержки процессов эксплуатации авиатехники, а в конечном итоге, рост результативности и безаварийности отечественной авиации.

Список сокращений и условных обозначений

АРМ	— автоматизированное рабочее место
АТ	— авиационная техника
АО	— аэродромное обслуживание
АСУ	— автоматизированная система управления
БД	— база данных
БРЛС	— бортовая радиолокационная станция
ВТ	— вычислительная техника
ГОСТ	— государственный стандарт
ГУАП	— Государств университет аэрокосмического приборостроения
ИО	— информационное обеспечение
ИС	— индекс согласованности
ИТ	— информационная технология
ИЭТР	— интерактивное электронное техническое руководство
ЛА	— летательный аппарат
ЛСПК	— логическая схема предметного контента
МО	— математическое ожидание
ОКР	— опытная конструкторская работа
ООП	— объектно-ориентированный подход
ОС	— отношение согласованности
ОСТ	— отраслевой стандарт
ПАК	— программно-аппаратный комплекс
ПК	— программный комплекс
ПО	— программное обеспечение
ППО	— прикладное программное обеспечение
РД	— ремонтная документация
РЛС	— радиолокационная станция
СВ	— случайная величина
СКО	— среднее квадратическое отклонение
СОИ	— средство отображения информации
СППР	— система поддержки принятия решений
СУБД	— система управления базами данных
СЭ	— система эксплуатации
СЭП	— система электропитания
ТС	— техническая система
ЧФ	— человеческий фактор
ЭД	— эксплуатационная документация
ЭК	— электронный контент

Словарь терминов

1. **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА**, информационная система, в которой какая-то часть информационных процессов выполняется без непосредственного участия человека.

2. **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС**, информация, зафиксированная на носителе в машиночитаемом виде и приспособленная для использования в автоматизированных информационных системах.

3. **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МЕРОПРИЯТИЕ**, мероприятие, проводимое с использованием средств автоматизации деятельности.

4. **АВТОНОМНЫЙ РЕЖИМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**, условия функционирования без взаимодействия с другими средствами управления.

5. **АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОМ**, процесс автоматического изменения управляющих воздействий на состояние моделируемого объекта на основе текущей информации с целью достижения определенного (оптимального) решения задачи при изменяющихся условиях обстановки.

6. **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС**, составная часть автоматизированной системы, представляющая собой совокупность средств вычислительной техники, их программного и информационного обеспечения, реализующая функции моделирующего устройства и предназначенная для моделирования среды, деятельности, процессов функционирования технических средств, организации совместного функционирования и обмена информацией между автоматизированными комплексами и пр.

7. **ДОКУМЕНТ**, материальный носитель документированной информации.

8. **ДОКУМЕНТИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИЯ**, зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими ее идентифицировать.

9. **ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ**, деятельность, направленная на предотвращение утечки защищаемой информации, а также несанкционированных и непреднамеренных воздействий на нее.

10. **ЗАЩИЩЕННОСТЬ ИНФОРМАЦИИ**, это состояние, в котором безопасность обеспечивается путем проведения комплекса мероприятий по обеспечению сохранности информации, возможности ее обработки и использования по назначению, а также по предотвращению несанкционированного доступа и использования этой информации. Защищенность информации — одно из главных и решающих условий

обеспечения безопасности информации и достигается путем предотвращения угроз информационной безопасности

11. **ЗНАНИЕ**, проверенный практикой результат постижения действительности. В масштабе человечества – совокупность информации о различных областях реальности; когнитивная основа человеческой деятельности. Знание социально обусловлено; обладает различной степенью достоверности.

12. **ИЗОМОРФИЗМ**, (от "изо..." и греческого слова *morphe*-форма), понятие современной математики, уточняющее понятие аналогии модели, соответствие (отношение) между объектами, выражающее тождество их структуры (строения).

13. **ИЗОМОРФИЗМ ГРАФОВ**, отношение эквивалентности на множестве графов. Изоморфным отображением одного графа на другой называется взаимно однозначное отображение вершин и рёбер одного графа соответственно на вершины и рёбра другого графа, при котором сохраняется отношение инцидентности. Два графа называются изоморфными, если существует изоморфное отображение одного из этих графов на другой.

14. **ИМИТАТОР**, техническое, программное или аппаратно-программное средство, реализующее динамическую модель процесса (совокупности процессов), отдельного свойства или функциональной части объекта.

15. **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**, имитация внешних проявлений поведения объекта (процесса) посредством имитационных моделей.

16. **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ**, математическая модель и реализующее её программное обеспечение, описывающие поведение сложной системы во времени, как функцию от её текущего состояния, управляющих воздействий и помех.

17. **ИМИТАЦИОННАЯ СИСТЕМА**, система, реализующая процесс имитационного моделирования.

18. **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС**, интерфейс, обеспечивающий взаимодействие пользователя с ЭВМ на естественном языке. И.и., как правило, включает диалоговый процессор, интерпретирующий профессиональный язык пользователя, и планировщик, преобразующий описание задачи в программу её решения на основе информации, хранящейся в базе знаний.

19. **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА**, подготовка специалиста к выполнению своих функциональных обязанностей, за исключением привития сенсорно-моторных навыков.

20. **ИНТЕРАКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**, структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием авиационной техники.

21. **ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**, совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие пользователя с аппаратно-программными средствами.

22. **ИНФОРМАТИЗАЦИЯ**, организационный социально-экономический и научно-технический процесс, в основе которого лежит массовое применение информационных и телекоммуникационных средств, и технологий во всех сферах деятельности для кардинального улучшения условий труда и качества жизни населения, значительного повышения эффективности всех видов деятельности.

23. **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**, это:

- состояние объекта, когда путем воздействия на его информационную сферу (инфосферу) ему невозможно нанести существенный ущерб или вред;
- свойство объекта, характеризующее его способность не наносить существенного ущерба какому-либо объекту путем воздействия на инфосферу этого объекта.

24. **ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**, производство информационного продукта и оказание информационных услуг. Виды информационной деятельности:

- производство информации,
- распределение и распространение информации,
- хранение информации,
- потребление информации (восприятие информации),
- оказание информационных услуг (посреднические услуги).

25. **ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**, часть структуры информационного пространства, которая обеспечивает создание и циркуляцию информационных потоков в пространстве. Основные характеристики информационной инфраструктуры:

- качественный и количественный состав элементов инфраструктуры,

- расположение элементов в пространстве и их взаимосвязь, информационная производительность и пропускная способность элементов и всей информационной инфраструктуры в целом.

Основные элементы информационной инфраструктуры:

- телекоммуникации,
- информационные сети,
- информационные ресурсы,
- системы информационного обслуживания.

Дополнительный (вспомогательный) элемент информационной инфраструктуры — системы обеспечения развития и функционирования информационной инфраструктуры.

26. **ИНФОРМАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА**, совокупность информационных средств, технологий и ресурсов, а также способов, навыков, умений, человеческих сил и способностей создавать и использовать в своей деятельности информационные средства, технологии и ресурсы. *Информационная культура* — это культура деятельности человека в инфосфере, и, в первую очередь, культура обращения с информационным фондом.

27. **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОТРЕБНОСТЬ**, потребность какого-либо лица в информации для осуществления своей деятельности.

28. **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА**, система, предназначенная для осуществления каких-либо информационных процессов.

29. **ИНФОРМАЦИОННАЯ СФЕРА (ИНФОСФЕРА)**, это:

- сфера деятельности, связанная с реализацией информационных процессов;
- сфера общечеловеческой деятельности, связанная с получением, переработкой, распределением и использованием информации;
- первая фаза ноосферы (сферы разума) с единым высоко-развитым информационным пространством человечества, в котором функционирует «коллективный разум».

30. **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**, совокупность способов и приемов реализации информационных процессов в различных областях человеческой деятельности при производстве информационного продукта.

31. **ИНФОРМАЦИОННАЯ УСЛУГА**, предоставление информационного продукта в пользование какому-либо лицу.

32. **ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**, совокупность территориально распределенных государственных и корпоративных информационных систем, линий связи, сетей и каналов

передачи данных, средств коммутации и управления информационными потоками, а также организационных структур, правовых и нормативных механизмов, обеспечивающих их эффективное функционирование.

33. **ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ**, взаимодействие материальных объектов, при котором генерируются и осваиваются идеальные категории (смысл, значения, образы, эмоции). При *информационном взаимодействии* знания изменяются хотя бы у одного из взаимодействующих объектов.

34. **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО**, это такое общество, в котором производство и потребление информации — важнейший вид деятельности, информацию признают наиболее значимым ресурсом, новые информационные и телекоммуникационные технологии и техника становятся базовыми, а информационная среда наряду с социальной и экологической становится новой средой обитания человека.

35. **ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО**, это пространство, в котором циркулируют информационные потоки. Размер и другие топологические свойства информационного пространства задаются информационной инфраструктурой.

36. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**, способность производить информацию и оказывать информационные услуги.

37. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТОК**, перемещаемая в пространстве и времени информация.

38. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ**, информация, представляющая собой результат деятельности какого-либо лица, либо продукт, обеспечивающий информационную деятельность. *Информационный продукт*, включает в себя:

- информацию (данные, знания);
- носители информации;
- информационные средства и технику;
- прочий продукт, обеспечивающий информационную деятельность.

39. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС**, поиск, сбор, накопление, хранение, обработка, распределение, распространение, представление, восприятие, защита и использование информации.

40. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС**, информация, пригодная для удовлетворения информационных потребностей какого-либо лица и доступная этому лицу.

41. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ФОНД**, накопленная и хранимая информация, к которой можно обеспечить доступ какому-либо лицу.

42. **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБМЕН**, это взаимодействие двух и более субъектов данного обмена при передаче и получении объектов этого обмена, конечная цель и основное содержание которого — изменить имеющуюся информацию у каждого из субъектов информационного обмена. Основные объекты *информационного обмена* — информационные услуги и информационный продукт. К основным субъектам *информационного обмена* относятся:

- физические и юридические лица,
- общественные организации и объединения,
- органы государственной власти и местного самоуправления,
- административно-территориальные образования,
- государства и их объединения.

43. **ИНФОРМАЦИЯ**, пригодные для обеспечения активных действий результаты отражения, протекающего при любом взаимодействии любых объектов, а также сведения о ком-нибудь (о чем-нибудь).

44. **ИНФОРМИРОВАННОСТЬ СУБЪЕКТА**, сложное свойство, характеризующее способность субъекта, используя имеющуюся у него информацию, сведения и знания, формировать правильные суждения и вырабатывать на их основе правильные решения в процессе своей деятельности.

45. **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ**, модель объекта или процесса, представленная в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы объекта и позволяющая путем подачи на модель информации об изменениях входных величин моделировать возможные состояния объекта.

46. **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**, совокупность методов, способов, приемов, средства обработки информации и регламентированного порядка их применения, используемых для реализации деятельности.

47. **ИНЦИДЕНТНОСТЬ**, геометрический термин, употребляемый для обозначения отношения принадлежности (связи, соединения) между основными объектами геометрии (точками, прямыми, плоскостями и т.д.)

48. **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРА**, совокупность представлений о целях и задачах деятельности, состояниях объекта воздействия и системы «человек-машина», а также способах воздействия на них.

49. **МАКЕТ**, физическая модель объекта, соответствующая реальному образцу по внешнему виду и предназначенная для изучения его устройства и (или) размещения органов управления и отображения информации.

50. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**, совокупность математических моделей (методов) и алгоритмов, применяемых в ЭВМ.

51. **МОДЕЛИРОВАНИЕ**, метод исследований или практической деятельности, заключающийся в использовании вместо некоторого фрагмента предметной области (оригинала) замещающей его модели.

52. **МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛОГОВОЕ**, один из важнейших видов моделирования, основанный на аналогии (в более точных терминах — изоморфизме) явлений, имеющих различную физическую природу, но описываемых одинаковыми математическими (дифференциальными, алгебраическими или какими-либо другими) уравнениями.

53. **МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ**, метод исследования объектов, процессов и явлений, имеющих различное физическое содержание, но описываемых математическими соотношениями.

54. **МОДЕЛИРОВАНИЕ НАТУРНОЕ (физическое)**, вид моделирования, который состоит в замене изучения некоторого объекта или явления экспериментальным исследованием его модели, имеющей ту же физическую природу.

55. **МОДЕЛИРОВАНИЯ СКОРОСТЬ**, отношение астрономического времени к времени моделирования автоматизированной системы моделирования событий.

56. **МОДЕЛИРОВАНИЯ ШАГ**, дискретное изменение модельного времени с заданным приращением — временным шагом моделирования. На каждом шаге моделирования пересчитываются параметры, характеризующие моделируемые объекты и процессы моделирования. Моменты начала и выполнения (свершения) всех имитируемых действий и событий должны быть кратны шагу моделирования.

57. **МОДЕЛЬ**, условный образ исследуемого явления (объекта, процесса), воспроизводящий в символической форме его основные типические черты. Модели могут быть: натурными (физическими), вербальными (описательными), математическими.

58. **МОДЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКАЯ**, математическая модель, основанная на использовании аналитических зависимостей конечных выходных параметров процесса (параметров состояния объекта) от входных параметров и не учитывающая динамику изменения состояния процесса (объекта) во времени.

59. **МОДЕЛЬ ВЕРБАЛЬНАЯ** (описательная), словесное описание исследуемого явления (объекта, процесса).

60. **МОДЕЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**, система математических зависимостей и логических правил, позволяющих определить необходимые характеристики исследуемого (воспроизводимого) явления (процесса). М.м. могут основываться на различных методах вычисления, например: аналитические, вероятностные (статистические), имитационные модели.

61. **МОДЕЛЬ НАТУРНАЯ** (физическая), макет, рельефное изображение объекта (образа) с характерными (присущими ему) элементами и предметами.

62. **МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТНАЯ**, математическая модель, основанная на методах теории вероятности и математической статистики.

63. **МОДЕЛЬ ИМИТАЦИОННАЯ**, математическая модель, основанная на расчете параметров процесса (состояния объекта) с учетом его логической структуры и последовательности протекания (по времени).

64. **НАВЫК**, действие, сформированное путем повторения, характеризующееся высокой степенью освоения и отсутствием поэлементной сознательной регуляции и контроля. Различают Н. перцептивные, интеллектуальные, двигательные (моторные), исходно автоматизированные (в смысле: доведенные до автоматизма), формирующиеся без осознания их компонентов, а также вторично автоматизированные, которые формируются с предварительным осознанием компонентов действия и при необходимости легче становятся сознательно контролируемыми, быстрее совершенствуются и перестраиваются.

65. **НАВЫК ДВИГАТЕЛЬНЫЙ** (моторный), автоматизированное (в смысле: доведенное до автоматизма) воздействие на внешний объект с помощью движений в целях его преобразования, неоднократно осуществлявшееся ранее. Н.д. включают в себя перцептивные и интеллектуальные Н. и регулируются ими на основе автоматизированного отражения предмета, условий и порядка осуществления актов действия, направленного на преобразование реальных объектов.

66. **НАВЫК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ**, автоматизированный (в смысле: доведенный до автоматизма) прием, способ решения встречавшейся ранее задачи.

67. **НАВЫК ПЕРЦЕПТИВНЫЙ**, автоматизированное (в смысле: доведенное до автоматизма) чувственное отражение свойств и характеристик хорошо знакомого, неоднократно воспринимавшегося ранее предмета.

68. **НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**, см. «Моделирование натурное».

69. **ОПЕРАТИВНОЕ ВРЕМЯ**, условное время, в котором отрабатываются определенные мероприятия. Оно может быть, как предшествующим, так и прошедшим по отношению к астрономическому времени или совпадать с ним.

70. **ПОДГОТОВКА**, 1. Предварительные действия по организации какого-либо мероприятия (процесса). Примеры: Подготовка материала для работы. Подготовка аппарата к использованию. 2. Обучение чему-либо, комплекс мероприятий, обеспечивающих своевременную готовность к выполнению функциональных обязанностей. Примеры: Подготовка к аттестации. Подготовка обслуживающего персонала воздушного судна.

71. **ПОЛУНАТУРНАЯ МОДЕЛЬ**, совокупность взаимосвязанных по целям применения и согласованных по интерфейсам и процессам функционирования реальных (физических, натуральных) и абстрактных (имитируемых, модельных) компонентов, адекватно отображающих исследуемую систему в интересах решаемой задачи.

72. **ПУЛЬТ ОПЕРАТОРА**, рабочее место, с которого осуществляется контроль и управление функционированием технической системы.

73. **ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ**, то же, что и пульт оператора.

74. **СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ**, система имитации визуальной обстановки, комплекс программных и аппаратных средств для моделирования объектов и явлений, которые могут наблюдаться визуально в реальных условиях, и представления моделируемой информации в реальном масштабе времени и в форме, удобной для зрительного восприятия.

75. **СИСТЕМА ИМИТАЦИИ ВИЗУАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ**, см. «Система визуализации».

76. **СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ (СОИ КП)**, совокупность средств вычислительной техники, программного обеспечения и технических средств отображения информации, обеспечивающая одновременное предъявление ее неограниченному кругу лиц при проведении соответствующих мероприятий.

77. **СПЕЦИАЛЬНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (СМО)**, часть математического обеспечения, совокупность математических моделей (методов) и алгоритмов специального программного обеспечения.

78. **СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (СПО)**, часть программного обеспечения системы, представляющая собой совокупность программ, разработанных при создании данной системы и реализующих ее функциональное предназначение.

79. **СТЕНД (ТЕХНИЧЕСКИЙ)**, специальная установка (устройство) для узловой и общей сборки объектов (изделий), проведения исследований,

отработки, контрольных, специальных и приёмочных испытаний объектов в целом или их отдельных элементов и узлов.

80. **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**, специальная аппаратура, позволяющая воспроизводить зрительную (визуальную), звуковую (аудио) и аудиовизуальную информацию.

81. **УМЕНИЕ**, освоенный субъектом способ выполнения действия, обеспечиваемый совокупностью приобретенных знаний и навыков. У. формируется путем упражнений и создает возможность выполнения действия не только в привычных, но и в изменившихся условиях.

82. **ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТЕНТ**, информационный ресурс интерактивных электронных технических руководств представленный в наглядной форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них.

Список литературы

1. Азгальдов, Р.И. Методы оценки качества продукции [Текст] / Р.И. Азгальдов, О.С. Райхман. – М.: Энергоатомиздат, 1992. - 264 с.
2. Андреев, М.Н. Численные методы [Текст] / М.Н.Андреев. – Л.: Издательство Ленинградского государственного университета, 1989.- 402 с.
3. Айвозян, С.А. Прикладная статистика: исследование зависимостей [Текст] / С.А. Айвозян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985.- 487 с.
4. Александров, А.В. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных [Текст] / А.В. Александров, Н.Д. Горский. – Л.: Наука, 1993.- 207 с.
5. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974. -159 с.
6. Бойцов, Б.В. Методология расследования причин сбоев электронной аппаратуры, эксплуатируемой на технически сложном объекте в условиях воздействия электромагнитных помех [Текст] / Б.В.Бойцов, Д.Л.Головин, О.В.Сарылов // Качество и жизнь. – 2016. № 4(12) – С.386 -389.
7. Бойцов, Б.В. Применение метода анализа иерархий в расследованиях причин сбоев электронной аппаратуры, эксплуатируемой на технически сложном объекте [Текст] / Б.В.Бойцов, Д.Л.Головин, О.В.Сарылов // Качество и жизнь. – 2016. № 4(12) – С.390 -395.
8. Бойцов, Б.В. Внедренческий подход в концепции качества управления. Теоретико-методологические аспекты [Текст] / Б.В.Бойцов, Ю.В.Крянев // Качество и жизнь. – 2016. № 4(12) – С.7-13.
9. Бойцов, Б.В. Изменение качества поверхностно упроченных авиационных деталей при эксплуатации [Текст] / Б.В.Бойцов, Г.Н.Кравченко, Ю.В.Петухов// Авиационная промышленность. – 2015. № 2 – С.55-59.

10. Бойцов, Б.В. Наилучшие доступные технологии обеспечения комплексной безопасности транспорта [Текст] / Б.В.Бойцов, В.Л.Балановский, Д.Л.Головин, С.П.Габур // Качество и жизнь. – 2015. № 3(7) – С.47 -50.
11. Большая российская энциклопедия, [Электронный ресурс] – [\(http://slovari.yandex.ru/\)](http://slovari.yandex.ru/).
12. Большой советский энциклопедический словарь. [Текст] - М., Издательство «Большая советская энциклопедия», 1989г. – 1024с.
13. Борисов, А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования [Текст] / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П.Федоров – Рига: Зинатне, 1990.-223 с.
14. Боэм, Б.У. Характеристики качества программного обеспечения [Текст] / Б.У. Боэм, [и др.] – М.: Мир, 1981. -312 с.
15. Боэм, Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения [Текст]: пер. с англ. /Б.У. Боэм. – М.: Радио и связь, 1985. -252 с.
16. Брукс, Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы [Текст] / Фредерик Брукс, Хилл Чапел. Издание второе. – СПб.: Символ, 2010. -304 с.
17. Васильев, А.С. Направленное формирование эксплуатационных свойств деталей в технологических средах [Текст] / А.С.Васильев // Вестник Южно-Уральского гос. Университета. Серия: Машиностроение. – 2017. Т.17. № 1 – С.33 -40.
18. Васильев, А.С. Актуальная научная проблематика технологии машиностроения [Текст] / А.С.Васильев // Справочник. Инженерный журнал с приложением – 2016. № 1 (226) – С.54 -64.
19. Васильев, А.С. Технологическое наследование параметров качества материала и поверхности детали [Текст] / М.Л.Хейфец, А.С.Васильев, С.А.Клименко, Т.Любодраг // Инновации в машиностроении (ИнМаш-2015). Сборник трудов 7 международной научно-практической конференции. – 2015. – С.307 -312.

20. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. -208 с.
21. Веретихин, В.В. Информационная технология. Проектирование базы данных технической документации в виде ИЭТР [Текст] / С.В.Веретихина, В.В.Веретихин // Монография. – М.: Эколит, 2015. -124 с.
22. Вершинин, Н.Н. Системный и синергетический подход к анализу риска [Текст] /В.В.Смогунов, Н.Н.Вершинин, Л.А.Авдоница. – Пенза, Труды международного семинара «Надежность и качество», 2014. – с.127-128.
23. Горбова Т.М. Управление без ошибок. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2003. – 348 с.
24. Онищенко, В.Я. Классификация и сравнительная оценка факторов риска [Текст] / В.Я.Онищенко. – Безопасность труда в промышленности, 2008, № 7(54). –с. 28 -37 с.
25. Круи, М. Основы риск-менеджмента [Текст] /М.Круи, Д.Галэй, Р.Марк.// Перевод Н.Сологуб – М.: «Юрайт», 2011г.- 400с.
26. Гаврилова, Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы [Текст]/ Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. - 2-е издан. - СПб, Издательство «Высшая школа менеджмента»; Издат. Дом Санкт-Петербур. Гос. университета, 2012. – 488 с.
27. ГОСТ Р 50.1.029-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2001. – 154с.
28. ГОСТ 2.601-2006. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2006. – 46с.
29. ГОСТ Р 50.1.030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных [Текст] - М.: Стандартинформ, 2001. – 32с.

30. ГОСТ Р 54088 – 2010. Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. Основные положения и общие требования [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 25с.
31. ГОСТ Р 53393 – 2017. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения [Текст] - М.: Стандартинформ, 2017. – 36с.
32. ГОСТ Р 53394 – 2017. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения [Текст] - М.: Стандартинформ, 2017. – 19с.
33. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 36с.
34. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы стадии создания. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 84с.
35. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2015. – 42с.
36. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2015. – 57 с.
37. ГОСТ Р ЕН 9100-2011. Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2011. – 32 с.
38. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 174с.
39. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 36с.

40. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002. Информационная технология. Процесс создания программного средства пользователя. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 98с.
41. ГОСТ 15971-90. Системы обработки данных. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1992.
42. ГОСТ 28806—90. Качество программных средств. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 1999. – 114с.
43. ГОСТ Р ИСО 25 010 -2015. Качество информационных продуктов. Основные процедуры определения.[Текст] - М.: Стандартинформ, 2015.–76 с.
44. ГОСТ Р ИСО 27000 -2015. Качество программных средств. Основные процедуры определения. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2015. – 36с.
45. ГОСТ Р 57193 -2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2016. – 57с.
46. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 – 2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 26с.
47. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2012. – 70с.
48. ГОСТ Р 51 901.2 – 2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2005. – 74с.
49. ГОСТ Р 51 901.3 – 2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту риска. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2007. – 104с.
50. ГОСТ Р 51 901.5 – 2005. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2007. – 92с.
51. ГОСТ Р 51 901.4 – 2005. Менеджмент риска проекта. Руководство по применению при проектировании. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2005. – 65с.
52. ГОСТ Р 51 901.1 – 2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2003. – 38с.
53. Городецкий, В.И. Многоагентный подход к реализации программного обеспечения [Текст] /В.И. Городецкий // Труды VIII международной

- конференции «Региональная информатика-2010»: сб. –СПбСПОИСУ,2010.-с.112-126.
54. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. -222 с.
55. Губинский, А.И. Эргономическое проектирование судовых систем управления [Текст] /А.И. Губинский, В.Г. Евграфов. - Л.: Судостроение,1987-224 с.
56. Дайитбегов, Д.М. Программное обеспечение статистической обработки данных [Текст] / Д.М. Дайитбегов, О.В. Калмыков, А.И. Черепанов. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 211 с.
57. ДеМарко, Т. Вальсируя с медведями. Управление рисками в проектах по разработке программного обеспечения[Текст] / Том ДеМарко, Тимоти Листер. – М., Издательский дом ДН, 2005. - 196с.
58. ДеМарко, Т. Deadline. Роман об управлении проектами [Текст] / Том ДеМарко. – М., Издательство «Манн-Иванов-Фербер», 2016. - 352с.
59. Динер, И.Я. Исследование операций [Текст] / И.Я.Динер - Л.: Военно-морская академия, 1969. - 606 с.
60. Джонс, Дж. К. Методы проектирования [Текст] / К. Дж. Джонс. пер. с англ. Т. Г. Бурмистровой, И. В. Фриденберга; под ред. В. Ф. Венды, В. М. Мунипова. - 2-е изд., доп. - М.: Мир, 1996. - 326 с.
61. Дюваль, П.М. Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска [Текст] Поль М.Дюваль, Стивен Матиас, Эндрю Гловер – СПб.: Символ, 2016г – 240с.
62. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания [Текст]: справочник / под общ. ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 527 с.
- 63.Зыков А.А. Основы теории графов. - М: Вузовская книга, 2004. - 664 с.
64. Ивакин, Я.А. Применение ГИС-инструментария геохронологического трекинга для сетевого анализа данных [Текст] / Я.А. Ивакин, С.Н.Потапычев// Информация и космос. - 2017. - №1 – С. 132-138.

65. Ивакин, Я.А. Автоматизированные системы ситуационного управления и диспетчеризации пространственных процессов на авиатранспорте [Текст] / С.В. Мичурин, Я.А. Ивакин, М.С. Смирнова // Радиопромышленность. Вып.4 – М.: АО «ЦНИИ «Электроника», 2015 – 24-36с.
66. Караванова Ю.Н. Возможности интерактивных электронных технических руководств в рамках создания виртуального предприятия для пользователей PDM /PLM систем // Научное сообщество XXI столетия. [Эл. ресурс] Технические науки: сб. ст. по мат. XXXIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6(32). URL: [http://sibac.info/archive/technic/6\(32\).pdf](http://sibac.info/archive/technic/6(32).pdf)
67. Коллинз, Г. Структурные методы разработки систем: от стратегического планирования до тестирования [Текст]: пер. с англ. / Г. Коллинз, Дж. Блей. – М.: Финансы и статистика, 1996. -156 с.
68. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст]: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. - М.: Центр непрерывного математического образования, 2002.
69. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст]- СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.: ил.
70. Липаев, В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты [Текст] / В.В. Липаев.– М.: МГТУ «Станкин», 2002.-302 с.
71. Макаров, А.Г. Методологические основы проектирования и разработки электронного контента для подготовки специалистов высокотехнологичной сферы. [Текст] / А.Г.Макаров, Я.А.Ивакин, М.С.Смирнова // Под редакцией Е.Г.Семеновой. – СПб.: Политехника, 2016. – 177с.
72. Марденский, Е.А. Модели оценки риска решения предметных задач в система мониторинга и контроля морской обстановки на базе ГИС / Е.А.Марденский, А.В.Суслин// Материалы XV Юбилейной Международной научной конференции «Региональная информатика-2016», Санкт-Петербург — 2016. — стр.316-317.
73. Математическая энциклопедия [Текст]: т. 3 -М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1984. -1215 с.

74. Математическая энциклопедия [Текст]: т. 5 -М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1985. -1270 с.
75. Математическая энциклопедия [Текст]: т. 6 -М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1985. -1235 с.
76. Матерон, Ж. Основы прикладной статистики [Текст] / Ж. Матерон. – М.: Мир, 1999. – 452с.
77. Мичурин, С.В. Агрегирование показателей безаварийности пространственных процессов // Вопросы радиоэлектроники, АО «ЦНИИ «Электроника» -М., 2016. №9
78. Мусаев, А.А. Интеграция автоматизированных систем управления крупных промышленных предприятий: принципы, проблемы, решения [Текст] / А.А. Мусаев, Ю.М. Шерстюк // Автоматизация в промышленности. – 2013. № 10. – С. 40-45.
79. Нечепуренко М. И., Попков В. К., Майнагашев С. М., Кауль С. Б., Проскуряков В. А., Кохов В. А., Грызунов А. Б. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. — 515 с.
80. Попович, В.В. Геоинформационная система для комплексов мониторинга [Текст] / В.В. Попович [и др.]. - СПб.: Наука, 2013. - 480 с.
81. Пospelов, Д.А. Ситуационное управление [Текст]/ Пospelов Д.А.- М: Наука, 1989. -194с.
82. Проскуряков, Н.В. Принципы формирования интерактивных электронных технических руководств на корабельные системы и комплексы [Текст] / Н.В.Проскуряков, А.А.Можаев, В.В.Кочнев, О.И.Пыжов // Программные продукты и системы- 2003г., №1 – С. 26-28.
83. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1995. - 212 с.
- 84.СНДА. 50610-01 91 01. Руководящие указания по конструированию составной части ОКР «Контрабас КОП2». [Текст] / Н.Г. Ковалевский, Я.А.Ивакин, С.А.Кох и др. – СПб, СПИИРАН-НТБВТ, 2012г. – 64с.

85. Справочник проектировщика АСУ [Текст] / Г.Л. Смилянский [и др.]; под ред. Г.Л. Смилянского. - М.: Машиностроение, 1998. – 527с.
86. Суздаль, В.И. Теория игр [Текст] / В.И. Суздаль. – М.: Воениздат, 1997. – 320с.
87. Теория поиска и обнаружения подвижных объектов [Текст] / Под общ. ред. д-ра техн. наук В.В. Поповича – СПб.: Наука, 2016. – 424с.
88. Тернер, Д. Вероятность, статистика и исследование операций [Текст] / Д. Тернер. – М. Статистика, 1989. - 431с.
89. Финансовый риск менеджмент. Энциклопедия [Текст] / Под общей редакцией А.А.Лобанова, В.А.Чугунова – М.: Альпина Паблишер, 2009. - 936с.
90. Хованов, Н.В. Метод рандомизированных сводных показателей [Текст] / Н.В.Хованов – СПб.: Издательство СПбГУ, 1999г.-86с.
91. Хованов, Н.В. Оценка сложных финансово-экономических объектов с использованием системы поддержки принятия решений АСПИД-3W [Текст] / Д.Н.Колесов, М.В.Михайлов, Н.В.Хованов – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2004г.-63с.
92. Фролова, Е.А. Формальное представление показателей качества управления пространственными процессами [Текст] / С.В.Мичурин, Е.Г.Семенова, Е.А.Фролова // Conditions alternative to the development of modern economic systems management, innovation. Proceedings of the International scientific and practical conference – 2016. – С. 182 - 192.
93. Фролова, Е.А. Новые технологии геокодирования радиолокационных изображений [Текст] / Е.А.Фролова, Д.А.Жуков // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Сборник докладов. Санкт-Петербургский университет аэрокосмического приборостроения – 2016. – С. 34-39.
94. Фролова, Е.А. Картирование потоков создания ценности на этапах жизненного цикла продукции [Текст] / В.С.Чмыхин, Е.А.Фролова,

- А.С.Коновалов, С.В.Мичурин // Вопросы радиоэлектроники – 2016, №1– С. 73-77.
95. Фролова, Е.А. Специализированные модели системы хранения данных на базе избыточных дисковых массивов [Текст] / П.А.Рахман, Е.А.Фролова // Reliability models in engineering and technical science-2015. Proceedings of the International scientific and practical conference – 2015, – С. 77-86.
96. Фунтов, В.Н. Основы управления проектами[Текст] / В.Н.Фунтов – СПб.: Питер, 2008. -320с.: ил.
97. Цаленко, М.Ш. Основы теории категорий [Текст] / М.Ш. Цаленко, Е.Г. Шульгейфер. – М.: Наука, 1998г. -256с.
98. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем [Текст] / Р. Шеннон. - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978. – 418с.
99. Юсупов, Р.М. Концептуальные и научно-методологические основы информатизации [Текст] / Р.М.Юсупов, В.П.Заболотский. - СПб.: Наука, 2009.-542с.,80 ил.
100. Богоявленский, С.Б. Управление риском в социально-экономических системах [Текст] / С.Б.Богоявленский. - СПб: Издательство СПбГЭУ, 2010.
101. Boehm, V.W. Software engineering economics [Text] / V.W. Boehm. - 1991 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA -767 p.
102. Horton, R. A Foundation for Computer Science [Text] / R. Horton // Computer Sci. Am. J. – 2009. - v.53. – pp. 669-679.
103. Hovanov, N.V. Decision support system ASPID-3W (Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency) [Text] / N.V. Hovanov, K.N. Hovanov // Certificate of the computer program official registration: Russian Federal Agency for legal safeguard of computer programs and databases.
104. Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process [Text] / What it Is and How it is Used. - Mathematical Modeling, 9, 1997. - pp.161-176.
105. Saaty, T.L., How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. [Text] / European Journal of Operation Research, 48(1), 1990. pp.9-26.

106. Smirnova, M.S., Michurin, S.V. Primary reorganization of server park in computer network on application of virtual machine technology // Advances in virtualization technologies: Proceedings of the International scientific and practical conference (Tbilisi, Georgian, September, 2015) / – Tbilisi: Anticrisis Center of Security Problems, 2015. – pp. 23-31.
107. Valet G. Mauris. A statistical overview of Resent Literature in Information Fusion [Text] / Valet G. Mauris. -Fusion 2008, IEEE AES. - March 2009.
108. Katia Sycara. Spatial Reasoning Context for High Level Information Fusion.// In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems, St.Petersburg, Russia, September 25-27, 2005. – Pp.13-14.
109. Manfred Schrenk. Planning in a rapidly changing world – challenges and thoughts on «Dynamic Planning». // In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems, St.Petersburg, Russia, September 25-27, 2005. – Pp.6-12.
110. Smirnova, M.S., Michurin, S.V. Primary reorganization of server park in computer network on application of virtual machine technology // Advances in virtualization technologies: Proceedings of the International scientific and practical conference (Tbilisi, Georgian, September, 2015) / – Tbilisi: Anticrisis Center of Security Problems, 2015. – pp. 23-31.
111. Vasily Popovich. Concept of Systems for Information Fusion.// In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems, St.Petersburg, Russia, September 17-20, 2003. – Pp.83-97.
112. Holger, Knublauch, An AI tool for the real world [Text] / Holger Knublauch. Knowledge modeling with Protégé, JavaWorld.com, 06/2010/03
113. Nadler, G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. -1967.-V.13.-№.10.
114. Jean-Claude Thill. Is Spatial Really That Special? A Tale of Spaces. // In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems: Towards the Digital Ocean, Brest, France, May 10-11, 2011. pp 3-12.

115. Watson, D.F. *Conturing: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data* [Text] / D.F. Watson. - Oxford Pergamum Press, 2012. – 321 p.
116. White, F.E. *A Model for Data Fusion* [Text] / F.E. White // 1st National Symposium on Sensor Fusion: Proc. – 2008.
117. Ermolaev V. Modeling of search actions under the conditions of at environment properties' variability. Proceedings of the 6th International Workshop on Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS'2017), 12-15 May 2017.
118. Richardson H.R., Corwin T.L. An Overview of Computer-Assisted Search Information Processing. K.B. Haley et al. (eds.), *Search Theory and Applications*, New York: Plenum, Vol. 8 (2012): 25-43.
119. Stone L.D. *Theory of Optimal Search*. New York: Academic Press, 2013.260 p.
120. Stone L.D. *Theory of Optimal Search*. 2nd ed. Baltimore: Operations Research Society of America, 2014, 288 p.
121. Stone L.D. The Process of Search Planning: Current Approaches and Continuing Problems. *Operations Research*, No.31 (March-April, 1983): 207-233p.

Приложение А

Характеристика способов верификации ИЭТР для испытания их программного качества

Качество ИЭТР, как программно-информационных продуктов, проверяется и достоверно устанавливается в ходе соответствующих испытаний. При этом предусматривается возможность предварительной верификации содержания и программной реализации ИЭТР. Верификация предметного содержания ИЭТР для авиационной техники – это всегда процесс творческий, много сложный и зачастую неоднозначный. А вот верификация программной реализации ИЭТР является процедурой методологически разработанной, представленной множеством практических способов. Далее верификация программной реализации ИЭТР определено как «техническая верификация».

Техническая верификация ИЭТР для испытания их программного качества – это есть установление соответствия между реализованным и проектным функционалом их программного обеспечения. Процесс технической верификации ИЭТР позволяет продемонстрировать комбинации входных данных и ситуации функционирования, при которых поведение его программного обеспечения является неправильным. Техническая верификация программного обеспечения, вообще, и ИЭТР для авиационной техники, в частности, в зависимости от различных признаков, можно разделить на множество видов. Так весь класс проверок функционала, применимых для технической верификации ИЭТР, как программного продукта, условно можно разделить на следующие группы: функциональные и нефункциональные проверки. Помимо этого, вся гамма видов технической верификации для программного обеспечения ИЭТР может различаться по уровню процедуры технической верификации, в частности на: покомпонентную или модульную, системную, интеграционную верификации.

Функциональная техническая верификация рассматривает спроектированное поведение программного обеспечения и основывается на

анализе спецификации функциональных возможностей компонента или ИЭТР в целом. Функциональные проверки базируются на функциях, выполняемых ИЭТР, и могут быть представлены на всех уровнях технической верификации: компонентном или модульном, интеграционном и системном. Как правило, эти функции описываются в требованиях, функциональных спецификациях или в виде случаев использования ИЭТР. Техническая верификация использует спецификацию функциональных требований к ИЭТР как основу для проверки т.н. функциональных случаев. В этом варианте предполагается создание списка того, что будет проверяться из функционала, а также осуществляется расстановка приоритетов требований на основе анализа рисков для проекта реализации ИЭТР с последующей приоритезацией факторов риска. Такой подход дает возможность не пропустить при проверке функционала наиболее важный функционал. Преимущества и недостатки данного вида технической верификации приведены в таблице П1.1.

Таблица П1.1 - Преимущества и недостатки функциональной технической верификации ПО ИЭТР

Преимущества	Недостатки
1. Имитирует фактическое использование ИЭТР, как программной системы	1. Возможность упущения логических ошибок в ПО ИЭТР 2. Вероятность избыточного технической верификации

Традиционной является автоматизация функциональной технической верификации: процесс автоматизации представляет собой процесс валидации программного обеспечения ИЭТР, при котором основные проверки и их шаги выполняются автоматически при помощи инструментов для автоматизированной технической верификации. Автоматизация функциональной технической верификации направлена на проверку функциональных требований и особенностей архитектуры программного построения ИЭТР. При этом понятие проверки функционала рассматривается

как некий артефакт, описывающий совокупность шагов, конкретных условий и параметров, необходимых для проверки реализации той или иной функции, или её части. Проверки функционала по ожидаемому результату разделяются на положительные и отрицательные:

- Положительные – используются только корректные данные. Данный случай проверяет, что приложение ИЭТР правильно выполнило вызываемую функцию.

- Отрицательные – используются как корректные, так и некорректные данные. Данный вариант технической верификации проверяет, что вызываемая приложением функция ИЭТР не выполняется.

В свою очередь, нефункциональная техническая верификация задает проверки функционала, необходимые для определения количественных характеристик программного обеспечения ИЭТР. Традиционно процедуру нефункциональной технической верификации ассоциируют с оценкой производительности. Техническая верификация производительности – это вид автоматизированной технической верификации, имитирующий работу заданного числа конечных пользователей на каком-либо общем вычислительном ресурсе. Основные типы нефункциональных проверок приведены в таблице П1.2.

Регрессионная техническая верификация направлена на проверку изменений, которые были сделаны в приложениях ИЭТР или окружающей вычислительной среде. Данный вид проверки применяется с целью подтверждения того факта, что существующая ранее функциональность работает, как и прежде. Регрессионными могут быть как функциональные, так и нефункциональные проверки функционала. Как правило, для регрессионной технической верификации используются проверки по фактам случаев, описанных на ранних стадиях разработки и технической верификации. Это дает гарантию того, что изменения в новой версии ИЭТР не повредили уже существующую функциональность. Как в случае с функциональными проверками, подлежат автоматизации и регрессионные проверки в целях

ускорения последующего процесса технической верификации и обнаружения дефектов на ранних стадиях разработки ПО ИЭТР.

Таблица П1.2 - Типы нефункциональных проверок ПО ИЭТР

Тип нефункциональной технической верификации	Предназначение
Техническая верификация производительности	Определяет масштабируемость приложения под нагрузкой.
Стрессовая техническая верификация	Определяет работоспособность приложения и ИЭТР в целом в условиях критических нагрузок и оценивает способность системы к регенерации (возвращению к нормальному состоянию после прекращения воздействия нагрузки). Стрессом в данном контексте может быть повышение интенсивности выполнения операций до очень высоких значений или аварийное изменение конфигурации сервера.
Объемная техническая верификация	Оценивает производительность при увеличении объемов данных в базе данных ИЭТР.
Техническая верификация стабильности или надежности	Определяет работоспособность ИЭТР при длительной (многочасовой) проверке работоспособности со средним уровнем нагрузки.

Компактное сравнение преимуществ и недостатков регрессионной технической верификации представлено в таблице П1.3.

Покомпонентная или модульная техническая верификация позволяет проанализировать работоспособность функциональности и ищет дефекты в частях приложений ИЭТР, которые доступны и могут быть проверены по отдельности (встраиваемые процедуры, утилиты, базы программных функций и компонент и т.д.). Компонентом в данном случае понимается наименьший элемент ПО ИЭТР, который может быть проверен отдельно. Обычно покомпонентная техническая верификация проводится, на базе компиляции кода, который необходимо проверить и при поддержке сред разработки, таких как: фреймворки для модульной технической верификации или интегральные инструменты для отладки.

Таблица П1.3 - Сравнение преимуществ и недостатков регрессионной технической верификации

Преимущества	Недостатки
<p>1. Успешное прохождение модифицированной версией ИЭТР всех проверок функционала обеспечивает уверенность в том, что изменения, внесенные в его программное обеспечение, не повлияли на существующий функционал.</p>	<p>1. Дает лишние накладные расходы в случае гибкого процесса управлениями проектами, где жизненный цикл разработки программного обеспечения очень короткий.</p> <p>2. Имеются трудности в автоматизированной проверке приложений баз данных ИЭТР, что предполагает ручное осуществление проверок работоспособности.</p>

Один из наиболее эффективных подходов к покомпонентной проверке функционал есть автоматизированная проверка до начала основной разработки программного обеспечения для ИЭТР. При этом подходе пишутся или кодируются небольшие участки рабочего кода, в соответствии с которыми запускаются частные проверки функционала, написанные до начала кодирования. Разработка ведется до тех пор, пока все проверки не будут успешно пройдены. По существу, покомпонентная и модульная техническая верификация представляют одно и то же, разница лишь в том, что в покомпонентной проверке функционала в качестве параметров функций используют реальные объекты и драйверы, а при модульной проверке функционала – конкретизированные значения входных параметров.

Аналогично, основной задачей системной технической верификации является проверка как функциональных, так и не функциональных требований в ИЭТР в целом. При этом выявляются аномалии, такие как некорректное использование ресурсов системы, недопустимые комбинации входных данных, несовместимость с базами данных, непредусмотренное применение, отсутствующая функциональность, неудобство применения и т.д. Для минимизации рисков, связанных с особенностями ИЭТР, во время технической

верификации принято использовать окружение максимально приближенное к тому, на которое будет установлен итоговое программное изделие после выдачи в практическую эксплуатацию.

Интеграционная техническая верификация предназначена для анализа и валидации работоспособности связи между составными частями программного обеспечения ИЭТР, а также взаимодействия с различными компонентами вычислительной среды. Уровни интеграционной технической верификации для ИЭТР показаны в таблице П1.4.

Таблица П1.4 - Виды уровней интеграционной технической верификации для ИЭТР

Уровень интеграционной технической верификации	Предназначение
Компонентный интеграционный уровень	Контролируется взаимодействие между компонентами системы после проведения внутрикомпонентной технической верификации.
Системный интеграционный уровень	Контролируется взаимодействие между разными системами ПО после проведения внутрисистемной технической верификации.

При этом реализуются следующие типовые подходы к интеграционной проверке функционала ИЭТР, как программных средств:

- Вверх направленный, когда все низкоуровневые единицы программного кода собираются воедино и затем верифицируются. После чего собирается следующий уровень единиц программного кода для проведения интеграционной технической верификации. Данный подход считается рациональным при высокой степени разработанности всех единиц программного кода. Также данный подход дает возможность установить уровень готовности программных приложений в составе ИЭТР по результатам технической верификации.

- Вниз направленный, когда первоначально верифицируются все высокоуровневые составные части ПО ИЭТР, и далее последовательно добавляются низкоуровневые. Все единицы кода низкого уровня симулируются заглушками с аналогичной функциональностью, затем по мере готовности они заменяются реальными активными компонентами.

- Всеобъемлющий, когда все разработанные составные части ПО ИЭТР комплексируются в виде законченной программной системы и подвергаются интеграционной технической верификации. Такой вариант рационален для экономии времени технической верификации. Однако если контрольные примеры верификации описаны недостаточно верно, то процесс интеграции значительно усложнится, что станет проблемой для достижения цели интеграционной технической верификации.

Ручная техническая верификация позволяет проверить выполнение индивидуальных проверок функционала, которые недоступны в случае автоматизированной процедуры. Ручные проверки функционала осуществляются специалистом и направлены на моделирование действий потенциального пользователя ИЭТР. В роли указанных специалистов верификации могут быть представлены и разработчики, и обычные пользователи, сообщая разработчикам о найденных ошибках. Основные методы ручной технической верификации предназначены для периода разработки, когда программное обеспечение ИЭТР закодировано, но активный этап технической верификации еще не начался. Аналогичные подходы могут быть использованы также на ранних этапах технологического процесса синтеза программного обеспечения ИЭТР или при завершении каждого этапа указанного синтеза.

Приложение Б

Практические рекомендации для рациональной организации использования ресурсов разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Решение проблемы рационального использования ресурсов разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники носит сложный и многоплановый характер. Прежде всего следует определить, что является ресурсами разработки электронного контента ИЭТР и что считается рациональным и эффективным их использованием. К ресурсам разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники следует отнести прежде всего: ресурс затрачиваемого рабочего времени разработки, исходных электронных данных (цифрового текста, аудио и видео материала и пр.), а также объемов исходного описательно-технического контента. Главным и основным ресурсом разработки электронного контента является время, затрачиваемое разработчиком на его создание. Здесь важно анализировать время в связи с содержанием и результатами деятельности эксплуатанта. Кроме того, необходимо учитывать то обстоятельство, что люди существенно отличаются друг от друга по тому, как они воспринимают одни и те же промежутки времени. Не много в окружающем нас мире существует вещей и явлений, по отношению к которым разработчики электронного контента находятся в столь же равноправном положении как во времени. Объективно существует проблема дефицита времени – это одна из проблем, которые больше всего тревожат руководителей и организаторов разного ранга, для которых временной фактор играет важнейшую роль. Выполнение определенных задач и достижение намеченных целей всегда связаны с лимитом времени.

От других ресурсных факторов время отличается прежде всего тем, что его нельзя запасти впрок. Время расходуется непрерывно, оно – категория необратимая. Благодаря этому существуют совершенно точные предпосылки для планирования использования времени. Если не планировать время, то это

может привести к тому, что все дела вырвутся из-под контроля. Каждый член коллектива разработчиков электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники обязан планировать использование своего времени, поскольку отдельные операции становятся зависимыми друг от друга. Общий успех коллектива разработчиков электронного контента ИЭТР все больше зависит от усилий и вклада каждого его члена.

При этом можно выделить следующие наиболее часто встречающиеся проблемы, связанные с использованием времени:

- Постоянная спешка. Постоянно спешащий человек не может сосредоточиться, остановиться и глубоко вникнуть в стоящую перед ним задачу. Ему кажется, что он все время должен спешить, стремительно идти вперед.

- Переутомление. При достаточно долгом влиянии на человека спешка вызывает умственное переутомление. Отметим, что люди переносят стрессовые состояния по-разному. Читается, что известная доза стресса вовсе не представляет опасности, наоборот, даже приносит пользу. Однако при длительной работе в условиях спешки может возникнуть опасность умственного переутомления со всеми негативными последствиями.

- Нагромождение работ. Всегда, когда неизвестно, как правильно распределить свое рабочее время, происходит завал или срыв сроков выполнения работы. Практика показывает, что многие разработчики ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники живут в этих условиях постоянно. При этом качество электронного контента ИЭТР зачастую страдает, а некоторые важные работы могут вообще оказаться невыполненными в срок. Это в свою очередь может привести к тому, что руководитель группы разработчиков ИЭТР начнет постепенно заниматься не своими делами, очередность выполнения работ будет определяться спешкой, а не целесообразностью. Замечено, что людям, которые в течении длительного времени работали аврально, очень трудно остановиться и заняться разработкой и анализом ключевых, перспективных вопросов.

- Суетливость. Неумение правильно использовать время часто приводит к суетливости, последствия которой могут быть весьма неприятными. Если суетлив руководитель группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, то он может внести сумятицу в работу всей группы. В таком случае руководитель – плохой пример для подчиненных. Беспланово работающим подразделением руководит обычно нервный, неорганизованный человек. Его порывистые действия нарушают ритмичность функционирования всей организации.

- Бесплановость работы. Плохое планирование работы группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники часто сводит на нет имеющиеся предпосылки эффективного использования времени. Негативное влияние на работу оказывает и неясное, ошибочное и не всеми принимаемое разделение труда. Рациональное использование рабочего времени и разделение труда нужно согласовывать между собой, в противном случае неминуемо нагромождение работ на одних участках и простои на других.

- Слабая мотивированность труда. Плохая мотивация труда разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и низкая производительность как ее следствие порождает нехватку времени. Улучшение мотивированности выполняемой работы самым благотворным образом влияет на повышение производительности труда, которую в таком случае можно повысить в 2 – 3 раза. Это в свою очередь снимает и вопрос дефицита времени. Здесь возникает проблема использования рабочего времени, которую нельзя решать только путем изменения норм выработки. Следует обращать внимание также на использование индивидуальных качеств разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, на мотивацию труда и организацию работ.

- Начните сначала. Определите стоящие перед разработчиками ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники проблемы использования времени, других ресурсов и наметьте предварительные меры их решения.

Начните с определения проблем использования времени. Этот анализ можно провести в следующем порядке:

1. Выделите для себя несколько минут спокойного времени, чтобы, находясь наедине с собой или с группой, определить те проблемы, которые мешают нормально работать. Конечно, эту работу не обязательно проводить в один присест. К вопросу придется, может быть, возвращаться и два и три раза. Всего же на нее потребуется не менее 1 – 2 часов.

2. Зафиксируйте свои проблемы использования времени и других ресурсов разработки ИЭТР. Запишите на бумаге все выявленные проблемы, связанные с использованием ресурсов. Выясните, каким образом они влияют на эффективность работы. Попытайтесь также выявить причины каждой из проблем. При этом старайтесь быть объективным и честным. Ведь причины выясняются не для того, чтобы найти виноватого, а с целью поиска правильных путей совершенствования использования ресурсов, опираясь на надежные факторы. Для пользы дела хорошо было бы обсудить результаты предварительно проведенной работы в коллективе, в рабочей группе разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

3. Расположите проблемы в порядке важности. В этом вопросе очень полезно прислушаться к мнению членов рабочей группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники и коллег.

4. Наметьте меры для решения этих проблем. Постарайтесь как можно детальнее разработать меры для совершенствования использования своего времени и других ресурсов разработки. Используйте свою фантазию, а также по возможности опыт решения аналогичных проблем других членов рабочей группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, их советы.

5. Составьте план совершенствования использования своего времени и других ресурсов. Соберите воедино все разработанные меры по усовершенствованию использования ресурсов разработки и точно обозначьте даты их выполнения.

Хорошо известно, что дефицит времени – это главная болезнь каждой организационно-технической системы со сложной структурой решаемых задач. Необходимо различать дефицит истинный и мнимый.

Первый возникает как объективная закономерность постоянного усложнения реализуемых процессов. Второй – это нехватка времени, которая возникает в результате низкой организации подсистемы управления. Если говорить о плане личной работы руководителя группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, то мнимая нехватка времени – это следствие неумения рационально организовать личную работу, и в первую очередь распланировать фонд и бюджет рабочего времени. При этом под фондом рабочего времени будем понимать всю продолжительность рабочего дня, недели, месяца, года. Бюджет рабочего времени представляет собой фонд, распланированный для выполнения всего комплекса обязанностей и работ по разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Он предусматривает и необходимые резервы, за счет которых решаются внезапно возникающие задачи.

Прежде чем приступить к делу, следует уяснить несколько моментов, которые позволят привести в порядок бюджет рабочего времени и других ресурсов группы разработчиков ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники:

1. Используйте время и имеемые ресурсы исключительно на решение проблем представляющих наибольший интерес.

2. Распределяйте ресурсы таким образом, чтобы его хватило и на решение непредвиденных проблем.

3. Не нужно подгонять время. Не пытайтесь выжать из отрезка времени больше, чем это необходимо.

4. Если для решения какой-то задачи располагаете достаточно большим количеством ресурсов, то решать ее тем не менее следует как можно быстрее и экономнее. Используйте с возможно большей пользой сэкономленное время или другие ресурсы.

5. Избегайте людей, отнимающих ресурсы разработки, прежде всего время, или стремящихся выиграть их за ваш счет.

6. Старайтесь как можно более упростить менее важные обыденные дела, чтобы высвободить побольше времени.

7. Делайте для себя через определенные промежутки времени отчет о использовании изначально выделенных ресурсов.

8. Берегите малые и даже самые маленькие промежутки времени.

9. Не откладывайте работу на потом, а принимайтесь за дело немедленно.

10. Излишний педантизм мешает делу. Люди, утверждающие, что делают все без исключения скрупулезно и основательно, оправдывают тем самым порой свою медлительность.

11. Никогда не говорите, что не стоит чего-то начинать, если времени мало. Начать всегда стоит, т.к. нужно использовать самые небольшие отрезки времени.

12. Творческие паузы просто необходимы, в то время как бесцельное времяпровождение равносильно краже времени.

Определение используемого рабочего времени и других ресурсов дает прочную основу для анализа и дальнейшего совершенствования их использования. Процесс совершенствования использования рабочих ресурсов содержит несколько определенных этапов.

С чего надо начинать определение используемых рабочих ресурсов и рабочего времени разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники? В зависимости от желаемой точности и надежности результатов можно предположить несколько разных способов. Самым простым из них является восстановление использованных рабочих ресурсов и времени по памяти. Результаты такого восстановления в памяти целесообразно записать, в противном случае Вы не сможете провести систематического анализа использованных рабочих ресурсов и времени (Таблица П2.1).

Таблица П2.1 - Схема ведения записи расхода рабочих ресурсов разработки электронного контента

Выполненная работа		Примечание
По дням	Первая половина дня	
	Вторая половина дня	
По неделям	Понедельник	
	Вторник	
	Среда	
	Четверг	
	Пятница	
По месяцам	Первая неделя	
	Вторая неделя	
	Третья неделя	
	Четвертая неделя	

В такую форму записывают задачи или группы задач, которые в известный период разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники выполнялись в прошлом. После этого выполнение этих же задач можно отмечать в соответствующей графе. Здесь же можно отмечать и затраченные на выполнение указанных задач ресурсы времени, технических средств и пр. Однако практика показывает, что такой способ восстановления деятельности по памяти является весьма несовершенным и явно недостаточным для того, чтобы только на его основе проводить совершенствование использования рабочих ресурсов разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

О собственно исследовании использования рабочих ресурсов может идти речь только тогда, когда сознательно фиксируется затрачиваемое время и ресурсы на задачи, осуществляемые в данный момент. Рекомендуется проводить такие записи использования материальных ресурсов и времени в течении двух-трех недель подряд, при необходимости в разное время года, от одного до трех раз в год. Записи можно делать на специально составленных бланках. Такой метод называется автохронометражем. Фиксирование затрачиваемого времени и ресурсов можно проводить специальным регистрирующим устройством, позволяющим проводить исследование в постоянном режиме или с определенными интервалами времени. Этим путем можно собирать данные для самых различных целей. Записи об

использованном времени и другие сведения производятся вручную на специально разработанных бланках. Форма этих бланков зависит от того, какую конкретную цель в данном случае преследует исследование. Таким образом, автохронометраж вовсе не подразумевает того, что записи всегда носят один и тот же характер.

Его содержание может меняться в зависимости от цели и предназначения исследования. Это означает, что разработчик ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники сам выбирает данные для выработки мер по совершенствованию использования своего рабочего времени и вообще рабочих ресурсов работы. Кроме того, он проводит анализ использования им времени и других рабочих ресурсов при возможном участии своих коллег или с помощью специалиста.

Практические способы осуществления автохронометража: существуют два способа. Для обоих является характерным то, что исследуемый сам проводит наблюдения и сам записывает их на специально подготовленных для этого бланках-анкетах. Один из способов предусматривает непрерывное рапортование о выполняемой работе и затрачиваемых на нее рабочих ресурсах, времени, другой – рапортование о наблюдениях через определенный промежуток времени, например, через каждые 15 минут. В ходе анализа целесообразно накапливать некоторые статические данные о рабочих ресурсах, времени, затрачиваемых на выполнение тех или иных периодически повторяющихся работ, операций.

К «поглотителям» рабочего времени, как главного ресурса разработки электронного контента ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники, принято относить наиболее типичные задержки и потери, которые приводят к перерасходу временных показателей в ходе рабочего дня. Ниже приводится список, состоящий из 30 самых существенных «поглотителей», или «ловушек» времени.

1. Нечеткая постановка цели.
2. Отсутствие приоритетов в делах.

3. Попытка слишком много сделать за один раз.
4. Отсутствие полного представления о предстоящих задачах и путях их решения.
5. Плохое планирование трудового дня.
6. Личная неорганизованность.
7. Чрезмерное чтение.
8. Нерациональное ведение документооборота.
9. Недостаток мотивации (индифферентное отношение к работе).
10. Поиски постоянно нужной, т.е. актуальной информации.
11. Недостатки кооперации или разделения труда.
12. Отрывающие от дел телефонные звонки.
13. Незапланированные посетители.
14. Неспособность сказать «нет».
15. Неполная запоздалая информация.
16. Отсутствие самодисциплины.
17. Неумение довести дело до конца.
18. Отвлечение (шум).
19. Затяжные совещания.
20. Недостаточная подготовка к беседам и обсуждениям.
21. Отсутствие связи (коммуникации) или неточная обратная связь.
22. Разговоры на частные темы.
23. Излишняя коммуникабельность.
24. Чрезмерность деловых записей.
25. Синдром «откладывания».
26. Желание знать все факты.
27. Длительность ожидания (например, условленной встречи).
28. Спешка, нетерпение.
29. Слишком редкое делегирование (перепоручение) дел.
30. Недостаточный контроль за перепоручением дел.

Для того, чтобы борьба с «поглотителями» времени была осмысленной, необходимо выяснить их причины и определить возможные решения по их устранению. Наиболее типовые ситуации сведены в таблице П2.2.

Таблица П2.. – Типовые причины потерь рабочего времени при разработке ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

№ п/п	Причины	Возможные решения
1.	Потребность быть всем и всегда нужным, во все вмешиваться	Ограничивайте себя. Кто хочет успеть все, не успевает ничего
2.	Привычка действовать без предварительного обдумывания	Помните, тот, кто знает, что делать, выигрывает единожды, а тот, кто знает «зачем» - всегда
3.	Недостаток времени на планирования дня	Планирование дня отнимает много времени только на первых порах, а при образовании прочного навыка занимает считанные минуты
4.	Плохое «чувство времени»	Помните, как правило, любое дело требует больше времени, чем первоначально кажется
5.	Потребность постоянно быть чем-то занятым	Лучше сделать меньше, да лучше, чем много, но плохо
6.	Привычка обещать всем и всегда свою помощь	Если вы всегда говорите «да», то окружающие воспринимают ваши услуги как должное и легко начинают злоупотреблять вашим временем
7.	Неумение говорить «нет»	Проявите настойчивость в овладении этим умением
8.	Неуважение к вашему времени со стороны окружающих	Определите для себя и поставьте в известность окружающих о вашем распорядке дня, о тех часах, когда вас ни в коем случае нельзя отвлекать
9.	Неумение уделять беседе ровно столько времени, сколько требует предмет	Последите за собой, постарайтесь отделить содержательный разговор от пустой болтовни
10.	Неспособность заканчивать дела	Последите за тем, чтобы не оставлять за собой неоконченных дел
11.	Склонность к раздуванию мелких проблем до масштабов «трагедии»	Игнорируйте мелкие проблемы! Ищите крупных дел
12.	Отсутствие направленности в работе, загруженность делами	Откажитесь от незначительных и малозначительных дел. Отделяйте главное от второстепенного и ненужного в своей жизнедеятельности

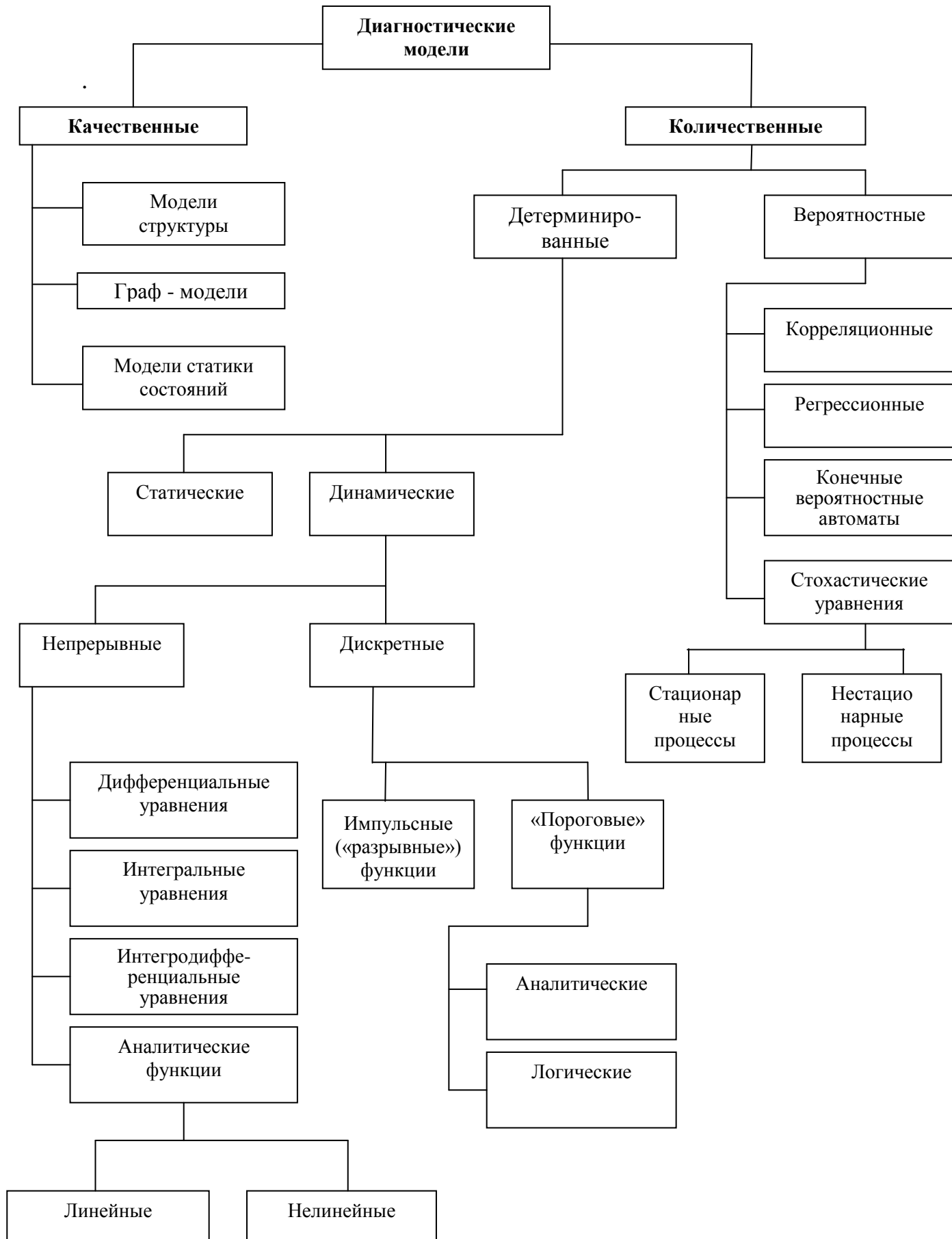


Рисунок ПЗ.1 – Классификация диагностических моделей, применяемых в ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники

Приложение Г

Сравнительные возможности информационных технологий при поддержке решения частных задач эксплуатации

("+"-решает данную задачу более успешно, чем другие методы этой группы, «+»- в основном решает данную задачу, "-" решает данную задачу менее успешно, чем другие методы этой группы)

Частный задачи эксплуатации	Способы представления информации			Мультимедиа технологии визуализации и наглядного моделирования									Темп освоения	
	Текстовые описания	Рисунк (графическое представление)	Точный чертеж	Аудио сопровождение	Компьютерная анимация	Динамическое выделение (подсветка)	Видеоролик	Гипертекстовая интерактивность	Масштабируемые чертежи и схемы	Декомпилируемые 3D-схемы конструкций	Виртуальные тренировки	Поддержка полунатурного тренажа		
<i>Ознакомление</i>														Быстрый
1.Техн. схемы	+	+	--	--	+	--	--	+	+	+	+	+	+	Средний
2.Чертежи	--	+	+	+	--	+	+	--	+	+	+	+	+	Средний
3.Аксонометрии	--	+	+	+	--	+	+	--	+	+	+	+	+	Средний
<i>Освоение</i>														Быстрый
1.Алгоритмы	+	+	+	+	+	--	+	+	+	+	+	+	+	Медленный
2.Правила работ	+	+	--	+	--	+	+	+	+	+	+	+	+	Медленный
<i>Изучение</i>														Быстрый
1.Организация проведения работ в расчетах	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Средний
2.Меры безопасности при проведении работ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Средний
<i>Поддержка решен.</i>														Медленный
1.Имитационный реинжиниринг	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Медленный
2.Экспертная консультация (видеоконф.связь)	+	+	--	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Медленный
<i>Контроль</i>														Средний
1.Контроль корректн. процесса	+	+	--	+	--	+	+	+	+	+	+	+	+	Средний
2.Тестовый контроль	+	+	--	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Средний
3.Самоконтроль	--	--	+	--	--	+	--	--	+	+	+	+	+	Медленный

Приложение Д

Пример применения специализированной эргономико-биометрической аппаратуры для индивидуализации процессов использования ИЭТР по ремонту и эксплуатации авиационной техники

Наиболее популярным видом специализированной эргономико-биометрической аппаратуры (аппаратной периферии), нашедшей широкое применение для управления работой (представлением) ИЭТР по ремонту и эксплуатации авиационной техникой являются устройства отслеживания движения глаз (ай-трекеры). Они позволяют оператору (пользователю), выполняющему работы на образце авиационной техники, сверяться с контентом ИЭТР фактически управляя режимом демонстрации кадров движением глаз. Также сегодня представлены на рынке образцы, совмещающие в себе ай-трекеры и проекционные очки, шлемы виртуальной реальности и пр. Устройства отслеживания движения глаз (ай-трекеры) предлагается использовать в качестве аппаратуры диагностики стрессоустойчивости для замера индивидуальных биометрических параметров при обеспечении информационно-логистической поддержки в условиях экстремального характера.

Традиционно ай-трекер представляет собой программно-аппаратный комплекс, который может являться встроенной подсистемой для систем различного целевого назначения. В его состав входят:

- две миниатюрных видео камеры, для непосредственного снятия биометрических параметров и внешней сцены (ситуации);
- элемент инфракрасной подсветки;
- модульная эргономичная оправа, позволяющая учесть соматические параметры обучающегося;
- блок цифровой обработки информации;
- комплект соединительных проводов;

– программный комплекс, реализующий функциональность замера (оценки) соответствующих биометрических параметров.

Достаточного парка моделей программно-аппаратного комплекса ай-трекера, ориентированного именно на поддержку прикладного применения ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники в настоящий момент не представлено на коммерческом рынке как России, так и в мировом масштабе. Единственный научно-исследовательский лабораторный проект в данной отрасли проводится в университете Кайзерслаутерна (Германия), под названием Hypermind, однако проект направлен в большей степени на адаптацию иноязычного текста (перевод в режиме онлайн при фокусировке индивида на незнакомом слове) и постепенной подаче графического контента к определенной строке текста, без контроля усвояемости материала пользователем.

На текущий момент существует несколько видов носимых ай-трекинговых систем, позволяющих производить оценку изменения положения зрачка, параметров его расширения и динамики показателей радужной оболочки глаза. Данные устройства используются для сбора аналитики по фокусировке зрения индивида с целью составления маршрутов движения (треков) и тепловых карт концентрации внимания в процессе деятельности. Эти данные используются как управляющая информация для процессов экспонирования и предъявления содержательной информации. Технологии и методики анализа полученных данных разнятся в зависимости от целей применения аппаратных комплексов, однако в целом аналитика направлена на выработку рекомендаций по совершенствованию организации и качества самой активности. Аппаратные комплексы применяются для сбора статистики, после чего на ее основе вручную задаются рекомендации по совершенствованию той или иной активности. На рынке представлен ряд достаточно дорогостоящих ай-трекеров, осуществляющих эти функции, которые представлены в Таблице П4.1.

Таблица П4.1 - Основные характеристики носимых ай-трекеров

№	Виды ай-трекеров (фирма разработчик)	Точн. изм. (град.)	Частота сканир. (Гц)	Вес (г)	Допустимое расстояние (см)	Ориент. Цена (\$)
1	Mobile eye tracking Tobii Glasses (Tobii)	0.5	30	75	60-250	19500
2	SMI Eye Tracking Glasses (SMI)	0,5	60	68	Более 40	38000
3	Eye Mark Recorder EMR-9 (NAC)	0.1	60/120/240	75/ 150	–	42000
4	Mobile Eye-XG Eye Tracking Glasses (ASL)	0.5	30	78	–	–
5	EyeTechMobile (Pertech)	0.5	25/50	70	–	–
6	H6 Head Mounted Optics (ASL)	0.5	60	340	–	40000
7	H6-HS High Speed Head Mounted Option (ASL)	0.5	120/240/360	–	–	–
8	Binocular High Speed Head Mounted Eyetracker (ASL)	0.5	120/240/360	–	–	–
9	Eyelink II (SR Research)	0.5	500	–	–	40000

Из приведенной Таблицы П4.1. видно, что точность измерений движений глаз у всех моделей ай-трекеров 0.5° (за исключением очень высокого значения 0.1° у Eye Mark Recorder EMR-9) фактически одинакова. Даже минимальные значения частоты сканирования у них (25-30 Гц) достаточны для большинства целей юзабилити-тестирования. При этом следует учитывать, что ай-трекеры ориентированные на применение в системах информационно-логистической поддержки с ИЭТР всегда ориентированы на учет следующих ограничений:

- любой ай-трекер разрабатывается и создается для нормального офтальмологического и физиологического состояния глаз пользователя

(испытуемого), т.е. учет физиологических, офтальмологических патологий и патологических психосоматических состояний не предусматривается;

- трекер и базовая станция для трекера (-ов) из состава систем информационно-логистической поддержки являются изделиями, согласованными по технологическим и техническим решениям, форматам программного и информационно-логического взаимодействия.

Все носимые ай-трекинговые системы и комплексы, приведенные в Таблице П4.1, по назначению ориентированы на обеспечение динамической оценки изменений положения зрачка, параметров его расширения, и динамики показателей радужной оболочки глаза. Основным отличием устройства отслеживания движения глаз (ай-трекера) в составе аппаратуры поддержки ИЭТР является направленность на замер индивидуальных биометрических параметров испытуемого в целях диагностики его стрессоустойчивости.

Состав номенклатуры ай-трекеров, представленных на рынке цифровой аппаратной периферии, отражает ориентацию на эксплуатацию в виде самостоятельных и автономных изделий, с возможностью индивидуального, комплексного и группового снятия первичных данных с испытуемых. Указанные изделия имеют много общих составляющих. Их состав, независимо от производителя, является практически типовым. В каждой из моделей существуют, как указывалось выше, две специализированных видеокамеры, инфракрасная подсветка глаза, корсетная оправа. Изделия отличаются количеством исполнений, определяемых потребностями пользователей. Аппаратное обеспечение основывается на использовании комплектующих массового производства, позволяющей реализовать работу ай-трекера в требуемых режимах.

Характеристики используемых средств обработки видеопотока, промежуточных данных и другой информации, а также операционных систем для каждого типа ай-трекеров отражают уровень развития вычислительной техники и общесистемного программного обеспечения на момент разработки каждого изделия. Неотъемлемой составляющей каждой из моделей ай-трекеров

является комплекс программ прикладной функциональности. Именно этот комплекс программ определяет ориентацию изделия на конкретного конечного пользователя. .

Из Таблицы П4.1. нетрудно установить, что точность измерений движений глаз у представленных моделей ай-трекеров одинакова, значения частоты сканирования 25-30 Гц достаточны для большинства целей применения ай-трекеров. Сравнимы и примерно одинаковы весовые характеристики разных ай-трекеров, которые в целом составляют 70 -80г, а более сложные и тяжелые варианты устройств являются специализированными для особого класса задач. Также одним из определяющих факторов выбора ай-трекеров является цена. В Таблице П4.2. представлены результаты сравнительной оценки существующих ай-трекинговых систем и комплексов с техническими параметрами оптимального варианта модели, которая была бы ориентирована на применение при использовании ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Её отличительными особенностями являются:

- реализация функциональности замера индивидуальных биометрических параметров индивидов (испытуемых) для диагностики стрессоустойчивости;
- приоритет по технико-стоимостным характеристикам;
- реализация программного анализа накапливаемых статистических данных;
- реализация возможности выбора метаданных индивидуума (испытуемого) по заданным критериям ай-трекера;
- реализация возможность анализа полученной статистики по критерию информационной восприимчивости.

Приложение Е

**КОНТРАКТНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО И
РАЗРАБОТКА
ЭЛЕКТРОНИКИ**



Тел./Ф.: +7 (812) 740-7199, 740-7198
Тел./Ф.: +7 (495) 229-31-43
E-mail: pantes@pantes.ru
www.pantes.ru; www.pantes-group.ru
СПб, Ириновский пр., 2, офис 309

ИНН 5406562761 КПП 780601001

Юридический адрес: 195248, Санкт-Петербург г, Ириновский пр-кт, дом № 2 литер А

Почтовый адрес для финансовых документов: 195248, Санкт-Петербург, а/я 57

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «ПАНТЕС групп»

докт. техн. наук, профессор

Игорь Геннадьевич Коршунов
«05» / 2016 г.
Ф.И. Коршунов

АКТ

**о внедрении результатов диссертационной работы
кандидата технических наук, доцента
ФРОЛОВОЙ Елены Александровны, представленной на соискание ученой
степени доктора технических наук
по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством
продукции**

Комиссия в составе:

Председатель – Коршунов Игорь Геннадьевич, к.т.н., главный конструктор;

Члены комиссии:

- Брусенцов Кирилл Аркадьевич, к.т.н., начальник производственного отдела;

- Пестова Анна Александровна, инженер по качеству,

назначенная приказом Генерального директора от 27 мая 2016 года № 94, настоящим актом подтверждает, что научные результаты, сформулированные в диссертационной работе Фроловой Е.А.:

- научно-методическая концепция менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

- метод многоуровневой оценки качества интерактивных электронных технических руководств для авиационной техники;

использованы в ООО «ПАНТЕС групп» при проведении прикладных научных исследований и опытно-конструкторских работ по договору № 9-13-13 с ОАО «ОКБ МЭИ» от 06.02.2013 «Узел цифрового передатчика», по договору № 32-14 с ОАО «Электросила» от 01.12.2014 «Блоки электронные».

При использовании указанных научных результатов:

- процессы создания электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту узлов и блоков бортовой радиоэлектронной аппаратуры, процедур их

**КОНТРАКТНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО И
РАЗРАБОТКА
ЭЛЕКТРОНИКИ**



Тел./Ф.: +7 (812) 740-7199, 740-7198
Тел./Ф.: +7 (495) 229-31-43
E-mail: pantes@pantes.ru
www.pantes.ru; www.pantes-group.ru
СПб, Ириновский пр., 2, офис 309

ИНН 5406562761 КПП 780601001

Юридический адрес: 195248, Санкт-Петербург г, Ириновский пр-кт, дом № 2 литер А

Почтовый адрес для финансовых документов: 195248, Санкт-Петербург, а/я 57

совершенствования были обеспечены корректным инструментарием управления их качеством;

- разработана и внедрена нормативно-техническая документация по организации процедур создания электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту узлов и блоков бортовой радиоэлектронной аппаратуры: ЛКЖС.687,293.030 ЭД, ЛКЖС.687,293.001 ЭД;
- обеспечено развитие базовых средств квалиметрического анализа электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту узлов и блоков бортовой радиоэлектронной аппаратуры;
- сокращено среднее время разработки и отладки информационного модуля реализации типовой эксплуатационной (ремонтной) функции узлов и блоков бортовой радиоэлектронной аппаратуры на 17 -19%.

Члены комиссии:

Председатель – Коршунов Игорь Геннадьевич

Члены комиссии:

- Брусенцов Кирилл Аркадьевич

- Пестова Анна Александровна

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Санкт-Петербургский институт
информатики и автоматизации
Российской академии наук
(СПИИРАН)

199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39
Телефон: (812)328-33-11
Факс: (812)328-44-50
E-mail: spiiran@iias.spb.su
<http://www.spiiras.nw.ru>
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411
ИНН/КПП 7801003920/780101001

28.12.2017 № 1164/8/12-318

УТВЕРЖДАЮ

Директор СПИИРАН

член корреспондент РАН

Р.М.Юсупов

2017 г.



АКТ

О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

доцента кафедры Инноватики и интегрированных систем качества
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
кандидата технических наук, доцента
Фроловой Елены Александровны

Комиссия в составе:

Председатель – Заведующий лабораторией Информационных технологий на транспорте СПИИРАН, доктор технических наук, профессор
Искандеров Юрий Марсович;

Члены комиссии:

- Ученый секретарь СПИИРАН,
кандидат военных наук, доцент Силла Евгений Петрович;
- старший научный сотрудник СПИИРАН,
кандидат технических наук Потапычев Сергей Николаевич;

составила настоящий акт в том, что в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) при разработке базовых программных решений по созданию интерактивных электронных технических руководств, и проведении:

ОКР «Создание программно-аппаратного комплекса управления системой освещения обстановки в заданном районе географического пространства», Шифр: «Алеврит», выполненной в рамках Гособоронзаказа по Государственному контракту № 21521300000026112/ 71346;

ОКР «Создание оперативно-тактического тренажерного комплекса», Шифр: «Автоматизм», выполненной в рамках Гособоронзаказа по Государственному контракту ГОЗ № 217245000000567811/ 72312;

использованы следующие результаты научной работы доцента кафедры Инноватики и интегрированных систем качества Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кандидата технических наук, доцента Фроловой Елены Александровны:

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
5. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
6. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
7. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

Внедрение указанных результатов позволило добиться сокращения затрат на проектирование и разработку интерактивных электронных технических руководств на 12-15%, сократить время формирования соответствующих систем эксплуатации и ремонта создаваемых образцов военной техники на 18-20% в среднем, а так же добиться сокращения времени тестирования и отладки одного типового ИЭТР для указанных образцов в среднем в 1,5-2 раза.


Заведующий лабораторией
Информационных технологий на
транспорте СПИИРАН


Искандеров Ю.М.
«28» 12 2017 г.

Ученый секретарь СПИИРАН


Силла Е.П.
«28» 12 2017 г.

Старший научный сотрудник СПИИРАН


Потапычев С.Н.
«28» 12 2017 г.



ЛЕНИНЕЦ
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ

Россия, 196066, С.-Петербург, Московский пр., 212
Тел.: (812) 378-32-19 Факс: (812) 373-22-13
(812) 379-90-41

Эл. почта leninetz-holding@mail.ru

08.06.2018. № 400-63-409/ХК

LENINETZ
HOLDING COMPANY

212 Moskovskiy pr., St.-Petersburg, 196066, Russia
Phone: (812) 378-32-19 Fax: (812) 373-22-13
(812) 379-90-41

E-mail leninetz-holding@mail.ru

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Президент – Генеральный конструктор,
доктор экон. наук, профессор



А.А. Турчак

АКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

результатов диссертационной работы Фроловой Елены Александровны «Методы управления качеством интерактивных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Настоящий акт составлен в том, что новые научные результаты, сформулированные Фроловой Еленой Александровной в диссертационной работе «Методы управления качеством интерактивных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники»,:

- Научно-методическая концепция менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
- Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
- Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

использованы в программно-методическом обеспечении семейства тренажерных комплексов «Тестер РВ полет», имитирующих приборную базу кабины пилота летательного аппарата и визуализирующих динамику полета аппарата. Тренажеры «Тестер РВ полет», использующие предложенные Фроловой Е.А. методы, процедуры и алгоритмы, обеспечили высокое качество, сокращение материальных и трудовых затрат при подготовке пилотов авиационной техники для режимов маловысотного полета, полета группой и ряда других режимов.

Предложенные Фроловой Е.А. методы, методики и алгоритмы использованы при подготовке электронных эксплуатационных документов пилотажно-навигационных комплексов для современной и перспективной авиационной техники, а также в составе программного обеспечения для автоматизированного рабочего места подготовки полетных данных и их загрузки на запоминающие устройства летательного аппарата.

Начальник научно-исследовательского отделения,
докт.техн.наук, доцент



В.Б. Поляков



Акционерное общество
«ОКЕНИТ»
196084, Санкт-Петербург, Лиговский пр-т., д 254,
литер. В, оф.401
т/ф (812) 363-01-34
E-mail: info@okenit.ru
http://www.okenit.ru
ОГРН 1157847290985
ИНН/КПП 7811227439/781001001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО «ОКЕНИТ»



П.А.Бурак

2018 г.

«*ав*» *августа* 2018г. № *100*

АКТ

О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

доцента кафедры Инноватики и интегрированных систем качества
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения
кандидата технических наук, доцента
Фроловой Елены Александровны

Комиссия в составе:

Председатель – Руководитель группы отдела №1 (разработки и проектирования) Васькина Наталия Анатольевна;

Члены комиссии:

- Инженер-конструктор 1 категории Петрова Ольга Николаевна,
- Инженер-конструктор 1 категории Жукова Ангелина Андреевна,

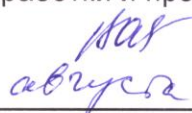
составила настоящий акт в том, что в Акционерном обществе «ОКЕНИТ» (АО «ОКЕНИТ») в рамках системы менеджмента качества предприятия внедрена линейка типовых стандартов организации СТО-ПАНЕ.047-2017 «Организация управления качеством интерактивных электронных технических руководств», СТО-ПАНЕ.052-2018 «Процедуры улучшения качества интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по вопросам эксплуатации (ремонта) авиационной техники», которые реализуют следующие результаты научной работы доцента кафедры Инноватики и интегрированных систем качества Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет

аэрокосмического приборостроения, кандидата технических наук, доцента Фроловой Елены Александровны:

1. Научно-методическая концепция менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
2. Метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
3. Метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
4. Метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
5. Метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
6. Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники;
7. Метод оценки динамики качества обслуживания авиационной техники за счет использования ИЭТР.

Внедрение указанных стандартов организации позволило добиться сокращения среднего времени разработки типового ИЭТР на 15-20% и повысить безошибочность реализаций ИЭТР для сложных технических систем на 5-10%.

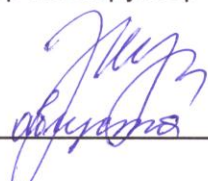
Руководитель группы отдела №1
(разработки и проектирования)

« 8 » августа 2018 г.  Васькина Н.А.

Инженер-конструктор 1 категории
 Петрова О.Н.

« 8 » августа 2018 г.

Инженер-конструктор 1 категории

« 8 » августа 2018г.  Жукова А.А.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
(ГУАП)

ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, Санкт-Петербург, 190000, Тел. (812) 710-6510, факс (812) 494-7057,
E-mail: common@aanet.ru ОГРН 1027810232680, ИНН/КПП 7812003110/783801001

№ _____

На № _____



АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы
Фроловой Елены Александровны

«Методы управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники»

Комиссия в составе:

Председатель – заместитель директора института ФПТИ А.Ю. Гулевитский

Члены комиссии: заместитель заведующего кафедрой инноватики и

интегрированных систем качества М.С. Смирнова

профессор кафедры инноватики и интегрированных систем качества В.А. Грановский

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Методы управления качеством интерактивных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук:

- метод многоуровневой оценки качества интерактивных электронных технических руководств для авиационной техники;
 - метод выявления аномалий качества интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
 - метод оценки рисков проектов по разработке интерактивных электронных технических руководств для эксплуатации и ремонта авиационной техники,
- использованы в деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Материалы диссертационной работы Фроловой Елены Александровны были использованы в учебном процессе в дисциплинах «Ситуационное управление качеством сложных систем», «Средства и

методы управления качеством», «Основы проектирования продукции», «Методы исследования и оценки рисков», «Промышленные технологии и инновации», «Технические средства в среде контроля и диагностики», читаемых на кафедре №5 Инноватики и интегрированных систем качества для студентов направлений «Управление качеством», «Инноватика», «Стандартизация и метрология» уровня бакалавриата и магистратуры.

Председатель комиссии
зам. директора института ФПТИ,
канд. техн. наук, доцент

А.Ю. Гулевитский

Члены комиссии:
зам. заведующего кафедрой
инноватики и интегрированных систем качества
канд. техн. наук, доцент

М.С. Смирнова

профессор кафедры
инноватики и интегрированных систем качества
докт. техн. наук, профессор

В.А. Грановский

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор – проректор по
учебной работе,

доктор технических наук, профессор



Н.Н. Сухих

11
2018 г.

АКТ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

материалов диссертационной работы Фроловой Елены Александровны «Методы управления качеством интерактивных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Настоящим актом подтверждаем, что результаты диссертационной работы Фроловой Елены Александровны:

- научно-методическая концепция менеджмента качества интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- метод логических схем предметного контента для обеспечения качества разрабатываемых ИЭТР;
- метод многоуровневой оценки качества ИЭТР для авиационной техники;
- метод выявления аномалий качества ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;
- метод оценки рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

использованы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» при разработке концепции профессиональной подготовки и переподготовки специалистов по эксплуатации беспилотных авиационных систем на базе ФГОС СПО 25.02.08 «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», утвержденного приказом №1549 Минобрнауки России от 09.12.2016 года.

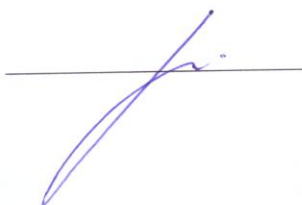
Указанные материалы являются учебно-методическим дополнением к образовательным средствам, предусмотренным образовательной программой по специальности 25.02.08 «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», зарегистрированной в государственном реестре примерных образовательных программ (рег.№ 25.02.08-170908 от 08.09.2017).

Разработанные программы профессиональной подготовки и переподготовки специалистов прошли широкое научно-общественное обсуждение в 2016-2017 годах и получили положительную оценку в рамках Международного Санкт-Петербургского научно-образовательного салона.

Декан факультета аэропортов
и инженерно-технического обеспечения полетов,
д.т.н., с.н.с.


С.А. Кудряков

Доцент кафедры радиоэлектронных систем
к.т.н.


Е.А. Рубцов