

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова)

На правах рукописи



РУСИНА АЛЕНА АНДРЕЕВНА

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ВНЕДРЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность: 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Балашов Виктор Михайлович

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	11
1.1 Информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения ..	11
1.2 Состояние и перспективы развития информационного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения	17
1.3 Основные подходы к организации аэрогеофизических исследований.....	25
1.4 Выбор и обоснование автономных авиационных платформ для аэрогеофизических съемочных работ	26
1.5 Выводы по Главе 1	35
2 РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	37
2.1 Итеративный характер оценивания рисков модернизации информационно-методического обеспечения ИИС АН.....	37
2.2 Разработка модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения	41
2.3 Представление и оценка рисков на базе мягких вычислений	48
2.4 Выводы по Главе 2	61
3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	64
3.1 Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения	64
3.2 Разработка алгоритма локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения	73
3.3 Разработка алгоритмов хеджирования рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН	94

3.4 Оценка эффективности результатов исследования	98
3.5. Выводы по главе 3.....	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ А	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ В	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	140

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современный этап развития экономики России характеризуется особой актуальностью решения задач импортозамещения, технологического лидерства за счет использования ресурсосберегающих технологий, информационно-измерительных и управляющих систем, средств автоматизации, автономных технологий и беспилотных транспортных платформ.

С 1 января 2024 года запущен национальный проект «Беспилотные авиационные системы» для формирования в Российской Федерации перспективной самостоятельной отрасли экономики, связанной с созданием и использованием гражданских беспилотных летательных аппаратов (БАС). В структуру национального проекта входят федеральные проекты по перспективным технологиям для беспилотных авиационных систем, кадрам для БАС, разработке, стандартизации и серийном производстве БАС и комплектующих, в показателях фигурируют объемы российского рынка БАС с учетом потребности в рамках услуг, достигнутый уровень технологической независимости отрасли БАС.

В Указе Президента Российской Федерации от 18 июня 2024 г. № 529 в перечень приоритетных направлений научно-технологического развития России включены «Интеллектуальные транспортные и телекоммуникационные системы, включая автономные транспортные средства» и указаны важнейшие наукоемких технологий, в частности, критические технологии: транспортные технологии для различных сфер применения (море, земля, воздух), в том числе беспилотные и автономные системы, а также мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и изменения климата (в том числе районов Мирового океана, морей России, Арктики и Антарктики), технологии предупреждения и снижения рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, негативных социально-экономических последствий.

При организации исследований в части экологического мониторинга, поиска полезных ископаемых в связи с интенсивным развитием беспилотных воздушных судов нарастающее использование получают информационно-измерительные

системы аэрогеофизического назначения, позволяющие оперативно, комплексно и без ущерба для экологии исследовать большие площади, в том числе в регионах со сложными природно-климатическими условиями и в отсутствие развитой инфраструктуры.

Информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения включают в свой состав автономную транспортную платформу (беспилотный авиационный носитель вертолетного или самолетного типов), реконфигурируемый (в соответствии с задачами мониторинга) комплект приборной продукции, программно-аппаратный комплекс управления авиационным носителем, программные средства обработки поступающей информации, аппаратуру приема/передачи телеметрической и сигнальной информации и ряд дополнительных устройств, обеспечивающих в своей совокупности эффективные решения поставленных задач.

Областями применения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения являются магниторазведка, гравиразведка, различные модификации электроразведочных методов, гамма-спектрометрия, геохимические методы (газовые и аэрозольные съемки), тепловая съемка и некоторые другие задачи.

Для повышения эффективности съемочных работ приоритетное значение приобретает модернизация алгоритмического и программного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения на основе внедрения электронного контента, включающего справочные материалы, инструкции по эксплуатации приборной продукции, нормативные материалы по проведению исследований и обработке полученных результатов и многое другое.

Расширение функциональных возможностей информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет внедрения указанного электронного контента предъявляет новые требования к уровню и качеству подготовки операторов таких систем.

Однако, внедрение электронного контента в алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического

назначения объективно несет риски снижения качества съемочных работ.

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью учета рисков снижения качества аэрогеофизических исследований за счет внедрения электронного контента в состав алгоритмического и программного обеспечения информационно-измерительных аэрогеофизических систем и эмпирическим характером указанного внедрения в настоящий момент.

Предлагаемые в работе методики и алгоритмы рассматриваются как совокупность модели оценки вышеприведенных рисков и алгоритмов непосредственного управления ими.

Степень разработанности темы диссертационной работы определяется результатами следующих исследований:

– направление развития совокупности логико-математических и алгоритмических моделей управления жизненным циклом пространственно-распределенных и мобильных систем, разработанных в трудах Б. Боэма, К. Кернса, Г.В. Анцева, В.А. Липатникова, Н.В. Хованова, П.В. Филиппова, Р.М. Юсупова, А.Л. Ронжина, и др. Методы и основные принципы этого направления дали возможность обосновать унифицированную меру оценки рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение аэрогеофизических информационно-измерительных систем;

– методики анализа и развития соответствующих сложных программных и информационных систем, изложенные в результатах исследований Ф. Брукса, А.Н. Печникова, А.П. Блинова, А.Я. Подколызина, С.П. Ксенза и др., и позволившие выработать интегральный подход к рассмотрению процессов оценки и локализации рисков внедрения электронного контента в программно-технические и информационные средства аэрогеофизических систем;

– методы управления рисками, предложенные в работах Т. ДеМарко, М. Круи, К. Кернса, В.Я. Онищенко, В.Н. Фунтова, Н.Н. Вершинина и др., составившие теоретическую основу методик повышения качества информационного обеспечения аэрогеофизических работ.

Цель работы – расширение функциональных возможностей информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Научная задача – разработка метода управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения для расширения их функциональных возможностей.

Объект исследования – информационно-измерительная система аэрогеофизического назначения.

Предмет исследования – алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Задачи исследования:

1. Анализ принципов автоматизации информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;
2. Разработка модели оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
3. Обоснование и разработка алгоритмов прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
4. Оценка эффективности предложенных и разработанных научно-технических решений в рамках диссертационного эксперимента.

Научные результаты, выносимые на защиту:

1. Модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения.
2. Алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения.
3. Алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент.

Указанные научные результаты в своей совокупности образуют новый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-

измерительные системы аэрогеофизического назначения.

Методы исследований: при проведении диссертационного исследования использованы методы системного анализа, риск-менеджмента, квалиметрии, аналитического планирования, а также научно-методический аппарат оценки процессов подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

1. Модель итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения обеспечила развитие научно-методического аппарата проектирования, создания и совершенствования указанных систем за счет иерархического структурирования, что, в конечном итоге, повысило результативность выявления значимости и контроля каждого из рисков.

2. Алгоритм сокращения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения позволил, в отличие от известных методов, распространить базовые методы риск-менеджмента на предметную область применения интерактивных электронных технических руководств за счет дополнения технологии их интеграции приемами аналитического планирования.

3. Алгоритм локализации рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения обеспечил рост достоверности принимаемых решений по созданию средств подготовки специалистов, за счет применения систематизированных баз ранее разработанных визуальных программных компонент.

Обоснованность и достоверность научных результатов определяется:

- тем, что учет итеративности оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения осуществляется без искажений и упрощений современной методологии оценки рисков и риск-менеджмента;

- отсутствием противоречий с базовыми способами и процедурами хеджирования рисков интеграции в различных технических и организационно-технических системах;

- базированием на общих методах локализации рисков разработки программных и информационных средств поддержки процессов обучения и подготовки.

Значимость результатов исследования для науки (научная значимость) состоит в:

- упрощении процедур оценки рисков интеграции сложных программно-информационных систем;

- улучшении качества и расширении возможностей актуализации более полного знания о хеджировании рисков при разработке информационного обеспечения;

- расширении возможностей по локализации рисков разработки информационных систем подготовки специалистов, исключении цикличности выработки соответствующих проектных решений.

Практическая значимость заключается в:

- развитии научно-методического аппарата оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;

- дополнением процедур контроля и анализа рисков снижения качества информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения соответствующим инструментарием сокращения таких рисков;

- исключения необоснованной цикличности процесса разработки информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения на базе современных интерактивных электронных технических руководств;

- поддержании цифровизации отечественного инженерного образования на качественно новом этапе его развития;

- снижении затрат на развитие средств информационной поддержки операторов информационно-измерительные системы аэрогеофизического

назначения.

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке модели итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения. Автором самостоятельно разработаны алгоритмы локализации и сокращения соответствующих рисков. Все научные результаты, выносимые на защиту, получены лично автором. Автор самостоятельно реализовала апробацию и публикацию научных результатов исследования.

Реализация работы. Научные результаты диссертационного исследования использованы при создании информационно-измерительных систем и программно-аппаратных комплексов в АО «Концерн «Моринформсистема–Агат» (г. Москва), АО «Радиоавионика» (г. Санкт-Петербург), АО «НПФ «Диполь» (г. Санкт-Петербург), что подтверждается актами внедрения. Научные результаты также внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (г. Санкт-Петербург). Также результаты диссертационной работы нашли применение при выполнении научно-исследовательской работы НИР О7-4218 «Разработка программно-информационного обеспечения оценки рисков в сложных производственно-технологических комплексах».

Апробация. Научные результаты работы обсуждались на 2 Международных, 3 Всероссийских научно-практических конференциях и семинарах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них: 7 статей в рецензируемых научных журналах, в том числе 2 – без соавторов.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 108 наименований, и 5 приложений.

Основной текст диссертации представлен на 121 странице, включая 8 таблиц и 26 рисунков.

Общий объем диссертационной работы с учетом приложений составляет 145 страниц.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения

Совершенствование аэрогеофизических технологий в последнее десятилетие привело к значительному росту объемов работ с их применением при поиске и разведке различных полезных ископаемых в России и за рубежом [1].

Аэрогеофизические технологии сегодня переживают поистине революционный этап своего развития, начавшийся на рубеже 20 – 21 веков. В числе главных факторов, обусловивших резкий рост эффективности аэрогеофизических работ, следует отметить [2, 3]:

- внедрение последних достижений электроники, высокоточной механики, лазерной и микропроцессорной техники в геофизическом приборостроении, что обеспечило возможность цифровой регистрации и обработки сигналов и позволило существенно увеличить помехозащищенность, чувствительность и разрешающую способность измерительных каналов [4];

- развитие спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, используемых для привязки результатов измерений, позволило увеличить более чем на порядок точность плановой и высотной привязки результатов измерений [5];

- расширение комплекса аэрогеофизических методов с включением в него таких технологий как аэрогравиметрия, новые модификации ЭМ-съемки, тепловая ИК, газовая и аэрозольная съемки, а также некоторые другие;

- разработку и внедрение принципиально новых систем обработки и интерпретации геофизических данных, базирующихся на использовании современной высокопроизводительной вычислительной техники.

Произошедший технологический прорыв привел к тому, что информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения стали успешно конкурировать с наземными аналогами по точности и пространственному разрешению, существенно превосходя их по производительности, экономической эффективности и другим параметрам, в том числе благодаря традиционным преимуществам аэрогеофизических методов исследований [4, 5]:

- высокая производительность – возможность в короткое время покрывать значительные площади работ, в том числе и в труднодоступных территориях с неразвитой инфраструктурой;

- объемный характер получаемой информации, связанный с возможностью выполнения съемок на разных высотных уровнях и совместной интерпретации аэро- и наземных данных [6,7];

- возможность комплексирования методов при незначительном увеличении себестоимости работ (не более чем на 10–15% на каждый дополнительный канал);

- минимальные техногенные нагрузки на природную среду в процессе выполнения работ.

Целью исследования является снижение рисков подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет интеграции в их состав электронного контента.

К настоящему времени накоплен значительный опыт проведения мониторинга земной поверхности с использованием информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения (ИИС АН) [8]. Требования, предъявляемые к ИИС АН, существенно различаются в зависимости от применяемых технологий и условий съемки. Крайне затруднительно подобрать носитель, оптимальным образом удовлетворяющий требованиям различных аппаратно-методических комплексов.

При традиционной аэросъемке большое внимание уделяется комплексности работ, что связано с высокой стоимостью услуг авиации. При использовании в качестве ИИС АН это требование не столь критично. Предполагается, что при

широком применении ИИС АН стоимость их услуг будет вносить существенно меньший вклад в общую стоимость аэрогеофизических работ [9], поэтому варианты последовательного применения разного вида съемок, как это принято при наземных геофизических исследованиях, могут оказаться вполне конкурентоспособными.

Главными характеристиками автономных авиационных платформ (ААП), подлежащими рассмотрению в данном контексте, являются: грузоподъемность, пределы изменения скорости и высоты полета, продолжительность автономного полета, максимальное удаление от пункта управления, ЭМ-помехи, создаваемые для измерительных каналов, и некоторые другие.

Специфические требования к информационно-измерительным системам аэрогеофизического назначения выдвигают традиционные технологии авиационного мониторинга земной поверхности.

Магниторазведка. Является одним из самых нетребовательных к характеристикам носителя видов геофизической съемки. Вес и габариты современных магнитометрических датчиков позволяют устанавливать их на самые легкие авиационные носители любого типа, с грузоподъемностью в единицы килограмм, даже при использовании многодатчиковых (градиентометрических) схем измерений [10].

Частота опроса у квантовых датчиков не менее 10 отсчетов в секунду, что при скорости 100 км/ч соответствует 2,8 метра пройденного пути, то есть существенно меньше, чем шаг измерений при детальных наземных съемках масштабов 1:10 000 – 1:5 000 (5 – 10 м). Высота полета также не слишком принципиальна для магнитной съемки и может составлять от первых метров до десятков – первых сотен метров.

Особое влияние на качество выполнения аэрогеофизических съемок, в том числе и аэромагнитометрии, оказало внедрение спутниковых навигационных систем. Современные навигационные системы основаны на использовании приемников совмещенного созвездия GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия). Это позволяет добиться точности определения координат точек наблюдений в

реальном времени в 10 – 20 м, а с использованием дифференциальной коррекции навигационных данных в режиме постобработки – менее 1 метра, что, помимо прочего, позволяет свести к минимуму искажения формы измеряемых аномалий, обусловленные ошибками в определении координат.

Единственное специфическое требование заключается в необходимости удаления (с помощью штанг или трос-кабеля) датчиков от носителя, как источника магнитных помех при выполнении прецизионных съемок, где принципиальным является картирование магнитных аномалий амплитудой в десятые доли – первые единицы нанотесла [11]. В качестве носителя при выполнении аэромагнитометрической съемки с жестким креплением датчиков к фюзеляжу применимы все типы авиационных носителей. В этом случае, как правило, необходимо применение программно-математических методов компенсации магнитных помех носителя.

Гравиразведка. Все современные отечественные и зарубежные аэрогравиметрические комплексы, используемые в настоящее время, имеют значительные масса-габаритные характеристики (свыше 100 кг) и не пригодны к установке на авиационные носители легкого типа [12].

Вопрос о снижении массы аппаратных комплексов для ААП уже давно назрел в связи с необходимостью перехода при проведении аэроработ на более легкие носители (как пилотируемые, так и беспилотные) для повышения экономической эффективности съемок [13,14].

В настоящее время для создания малогабаритных аэрогравиметров и гравитационных градиентометров предлагается технологии инерционной и/или спутниковой навигации INS/GNSS (ИНС/СНС). Данная технология уже тестируется в полевых условиях с использованием ААП с грузоподъемностью около 10 кг [15,16]. Носитель для гравитационного комплекса должен обладать возможностью выполнения съемки на небольшой скорости, иметь при полете минимальные рыскания по курсу и высот.

Электроразведка. В отличие от магниторазведки и гравиразведки электроразведочный метод реализуется в виде множества модификаций,

различающихся способами возбуждения и регистрации электромагнитного поля, а также измеряемыми параметрами [17]. Как правило, аппаратные комплексы, используемые в электроразведке, характеризуются значительными размерами и массой, снижение которых приводит к резкому уменьшению регистрируемого сигнала и глубинности исследований.

В настоящее время активно ведется разработка электроразведочных комплексов, ориентированный на использование ААП. Наиболее перспективными рассматриваются технологии, использующие в качестве источника естественные ЭМ-поля [17].

Низкочастотные методы измерения естественных ЭМ-полей находятся в стадии разработки. Осложняющими факторами для переноса этих технологий на ААП является значительный вес приемных устройств и необходимость существенного удаления их от носителя, являющегося источником ЭМ-помех.

Наиболее перспективны при работах на нефть и газ комбинированные методы, при которых источник возбуждения (линейный кабель или петля) расположена на поверхности земли, а приемное устройство – на ААП [17]. При такой схеме измерений достигается необходимая глубина исследований при существенном повышении производительности съемки.

Очевидно, что при реализации такой схемы измерений носитель должен обладать маневренностью, иметь возможность работать на небольшой высоте, с низкой скоростью, и использованием подвесных устройств.

Гамма-спектрометрия. Современные аэрогамма-спектрометры – это громоздкие и тяжелые аппаратные комплексы. Значительная масса и габариты аппаратуры обусловлены в первую очередь большим объемом и весом детекторов-сцинтилляторов (обычно около 50 л, не менее 200 кг), регистрирующих спектр излучения природных и техногенных радионуклидов [18].

Наиболее распространенными детекторами в настоящее время являются сцинтилляционные кристаллы NaI(Tl), реже CsI(Tl). Известны, кроме них различные типы органических и неорганических сцинтилляторов, а также полупроводниковые детекторы. Перспективными для применения в

малогабаритных спектрометрах являются полупроводниковые детекторы из особо чистого германия (ОЧГ) и кадмий–цинк–теллурида (CdZnTe), а также неорганические кристаллы ВГО (ортогерманата висмута $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) [18].

Для технологии гамма-спектрометрической съемки с ААП принципиально важно выполнение работ на малой высоте и с низкой скоростью.

Геохимическая съемка. Современные трассовые газоанализаторы и анализаторы аэрозолей имеют небольшие габариты и могут быть размещены на легких ААП. Ореолы рассеяния в атмосферном воздухе элементов индикаторов залежей углеводородов имеют очень низкую контрастность, измерения следует проводить на предельно малых высотах и при низкой скорости носителя.

Перспективным представляется также метод дистанционного оптического газового анализа с помощью лидара для регистрация предельно малых концентраций тяжелых углеводородов. Имеющиеся опытные образцы подобной аппаратуры, опробованные на пилотируемых носителях, имеют вес около 60 кг.

Геоморфологические исследования. Имеющаяся на рынке аппаратура для пассивных видов геоморфологических исследований не предъявляет жестких специфических требований к ААП. Аппаратура достаточно компактна и с успехом может применяться на скоростных носителях и на разных высотах. В последнее время для съемки местности начали активно применяться лидары, которые также имеют небольшие массогабаритные характеристики и могут использоваться с любыми типами носителей.

Перечисленные выше специфические особенности программно-аппаратных комплексов определяют выбор типа и параметров ААП при реализации аэрогеофизических технологий.

Для интерпретации материалов аэрогеофизических съемок на основании анализа практического опыта обработки космической, геолого-геофизической и геохимической информации используются оригинальные алгоритмы и пакеты программных средств, среди которых достаточно широкое применение получил пакет программ СИГМА-3Д [18], включающий шесть модулей:

- ROMGAS – оценка морфологии субгоризонтальных границ раздела;

- REIST – автоматизированное моделирование гравитационного и магнитного полей;
- DVOP – вычисление объемного распределения эффективных параметров (плотности и намагниченности);
- CLASS 2 – интерактивная классификация двухпараметрических пространственно распределенных данных;
- OPRES – распознавание аномалий заданной формы, в т.ч. комплексных;
- QUA SI – количественная интерпретация магнитных аномалий методом подбора квазиэквивалентного решения.

Пакет программ используется при интерпретации комплексных геофизических данных для решения широкого круга геологических задач, решаемых при поисковых работах на углеводородное сырье.

Базовым направлением совершенствования технологий геофизических исследований с помощью средств авиаробототехники является снижение массогабаритных характеристик используемой приборной продукции, что позволит последовательно снижать требования, предъявляемые к авианосителям.

1.2 Состояние и перспективы развития информационного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения

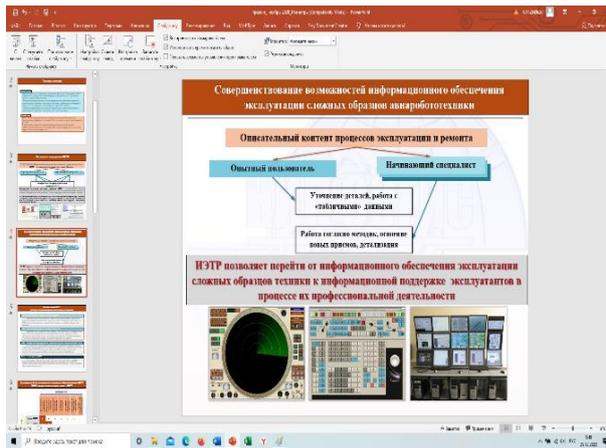
Одной из задач диссертационного исследования является оценка состояния и перспектив совершенствования информационного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения [8-12], [19, 20].

Эффективность применения ИИС АН определяется, прежде всего, состоянием технической готовности использованных программно-аппаратных комплексов, авиационного носителя и профессиональной подготовленностью операторов, управляющих этими информационно-измерительными системами.

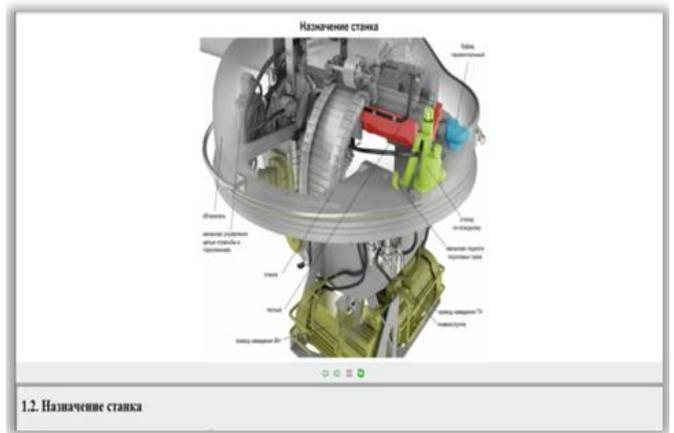
Процесс подготовки как операторов объектов роботизированной авиации, так и инженерного состава аэродромного, технического обслуживания средних и тяжелых ААП базируется на первичном теоретическом освоении знаний и умений

с дальнейшим практическим освоением навыков на материальной части. В современных условиях подготовки указанных категорий специалистов этот процесс основывается на широком использовании компьютерных систем автоматизации обучения и подготовки. Эти системы ориентированы на различные формы электронного представления предметного контента (компьютерные обучающие программы, интерактивные электронные учебники, компьютерные системы обучения и электронного тренажа, наборы лекционных презентаций и т.п.), далее по тексту понимаемые в своей совокупности, как «информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН»

Примеры форм реализации информационного обеспечения систем подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, нашедших широкое применение в учебных центрах дополнительного профессионального образования промышленных предприятий и учреждений высшего и дополнительного профессионального образования приведены на рисунке 1.1.



а



б



в



г

Рисунок 1.1 – Примеры форм реализации информационного обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН

- а) тематические презентации; б) компьютерные обучающие программы;
- в) комплексы интеллектуального тренажа; г) комплексы предтренажерной подготовки

Рост объемов требуемого высокотехнологичного информационного обеспечения подтвержден проводимыми по инициативе Министерства промышленности и торговли Российской Федерации с 2019 года ежегодными конкурсами «Кадры для цифровой промышленности. Законченные проектно-конструкторские решения по направлению «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», реализацией программ повышения квалификации и переподготовки в рамках федерального проекта «Кадры для БАС». В рамках указанных проектов в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, как и в других образовательных учреждениях, разработаны образовательные модули и программы обучения для оперативного удовлетворения потребностей в средствах

информационного обеспечения подготовки операторов беспилотной авиаробототехники через широкую интеграцию электронного контента (ЭК) в соответствующие образцы информационного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. Именно этот методологический путь решения задачи быстрого и эффективного методического обеспечения подготовки операторов ИИС АН позволил обеспечить массированное получение электронного контента для учебных мероприятий в сочетании с оперативным учетом развития конструктивных и программных решений авиаробототехники.

Согласно нормативно-технической базы [21, 22] все множество электронного контента, входящего в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, обобщенно классифицируют на пять основных классов. Основаниями для такой классификации служат: соответствующая базовая функциональность и связанная с этим цена программного исполнения. Выделяют следующие классы, в порядке возрастания их функциональных возможностей:

1. Индексированные цифровые изображения страниц технической и эксплуатационной документации (Класс №1).

ЭК 1 класса представляет собой набор изображений, полученных сканированием страниц технической и эксплуатационной документации.

Страницы индексированы 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 ЭК сохраняет ориентированность страниц и может быть выведен на печать без предварительной обработки.

Преимущества ЭК 1 класса: большие объемы бумажной документации заменяет компактный электронный носитель.

Недостатки ЭК 1 класса: не добавляет никаких новых функций по сравнению с бумажными руководствами.

2. Линейно-структурированные электронные документы (Класс №2).

ЭК 2 класса представляет собой совокупность текстов в формате SGML. Оглавление ЭК содержит ссылки на соответствующие разделы технического руководства, технической и эксплуатационной документации. ЭК может содержать перекрестные ссылки, таблицы, иллюстрации, ссылки на аудио- и видеоданные, предусматривается функция поиска данных. ЭК 2 класса может быть просмотрен на экране и распечатан без предварительной обработки.

Преимущества ЭК 2 класса: возможность использования аудио- и видеотрегментов, графических изображений и возможность осуществлять поиск по тексту документа.

Недостатки ЭК 2 класса: ограниченные возможности обработки информации.

3. Иерархически-структурированные электронные документы и интерактивные базы данных (Класс №3).

В ЭК 3 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 ЭК 3 класса организованы иерархически, документация не может быть распечатана без предварительной обработки.

Преимущества ЭК 3 класса: возможность представления информации в различном виде при использовании многокритериальных выборок и поиска.

Недостатки ЭК 3 класса: при создании руководств к сложным промышленным изделиям появляются проблемы управления большим объемом информации.

4. Интегрированный ЭК (Класс №4).

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

Преимущества ЭК 4 класса: возможность проведения диагностики изделия.

Недостатки ЭК 4 класса: очень высокая стоимость создания.

5. Интеллектуальный ЭК (Класс №5).

В добавление к функциям ЭК класса 3 и 4, ЭК 5-го класса обеспечивает интеллектуально-компетентностную поддержку пользователя-эксплуатанта, а также интеллектуальный, индивидуализированный интерфейс пользователя. ЭК класса 5 позволяет наиболее эффективно проводить системную эксплуатацию высокосложных технических изделий и комплексов, предупреждать отказы и неисправности. Они включают в себя средства накопления полученных в процессе эксплуатации технических данных, их анализа и формирования рекомендаций пользователям ЭК о предпочтительном порядке обслуживания информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, диагностики неисправностей с использованием технологий искусственного интеллекта.

Преимущества ЭК 5 класса: возможность упреждающей диагностики и недопущение неисправностей (отказов) элементов изделия, высокая технологичность.

Недостатки ЭК 5 класса: сверхвысокая стоимость создания, необходимость формирования отдельной технической подсистемы контроля в составе изделия для обеспечения функционирования ЭК [21, 22]

Примечание: ЭК 5 класса выделяет из общей массы программно-информационных продуктов этого вида только ГОСТ Р 54088 – 2010 [21] , в отличии от ГОСТ Р 50.1.030-2001 [22], что не противоречит общей концепции классификации и вызвано исключительно фактами некоторого объективного устаревания нормативно-технических документов по информационным технологиям поддержки жизненного цикла продукции. При этом применение программно-информационных технологий искусственного интеллекта и, в частности, программных технологий виртуальной и дополненной реальности в различных системах подготовки операторов ИИС АН предъявляет принципиально более сложные требования к информационному обеспечению, к представлению контента предметной области в цифровом виде. Обобщенная классификация

вариантов-моделей такого применения, с раскрытием существа требований по представлению контента предметной области, показана в Приложении А.

Перспективность применения электронного контента для ускоренного синтеза средств информационного обеспечения подготовки операторов ИИС АН определяется в не меньшей степени и необходимостью выполнения требований по обеспечению информационной безопасности вновь создаваемых электронных данных. для информационных массивов, используемых при решении задач и содержащих сведения о реальной или перспективной обстановке.

Сегодня интеграция ЭК в информационное обеспечение систем подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения носит, в целом, эмпирический характер. Практически не учитывается факт того, что структура и содержание ЭК отражают систему требований нормативно-технических документов (ГОСТы, регламенты и пр.) к технической и эксплуатационной документации на ИИС АН, но никак не учитывают дидактический аспект усвоения материала. ЭК изначально ориентирован на технически-грамотного и подготовленного потребителя, не учитывает необходимость междисциплинарного характера базовой подготовки операторов и т.д.

Анализ ряда работ [23–25] по вопросам гармонизации, интеграции и слияния информации, фундаментальных разработок в области проектирования и создания программно-информационного обеспечения процессов подготовки специалистов [26–28], а также проведенного специализированного исследования [29] наглядно показывают, что изначально ЭК не реализуют всю совокупность требований, предъявляемых к средствам ИО систем подготовки операторов ИИС АН [30]. Так, ЭК в формате интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) [28] не учитывает дидактических, интерфейсно-интерактивных и логико-эдукологических групп требований, не в полной мере учитывают специфические эргономические и контекстно-смысловые требования (рисунок 1.2).

Соответствие требованиям ИИС АН

Шкала стоимости		Представление текстовой информации	Интерактивно-контекстная навигация	Представление видео/аудио материалов	Анимация и 3D-графика	Интеграция «визуальных» имитаторов	Ориентация на процесс подготовки	Оценка (самооценка) уровня освоения знаний
	1 класс ЭК	+	-	-	-	-	-	-
	2 класс ЭК	+	+	-	-	-	-	-
	3 класс ЭК	+	+	+	+	-	-	-
	КОПы, КСОИТы, комплексы предтренажной подготовки	+	+	+	+	+	+	+
	4,5 классы ЭК	+	+	+	+	+	-	-

Рисунок 1.2 – Результаты сравнения возможностей ЭК и средств информационного обеспечения ИИС АН

Таким образом, при всех очевидных достоинствах решения задачи быстрого и всестороннего обеспечения процесса подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения качественными средствами информационного обеспечения для формирования соответствующих знаний и первичных умений, навыков, за счет эффективного использования ранее разработанного контента для указанных изделий существуют объективные риски неэффективности такого решения. Это риски снижения качества информационного обеспечения ИИС АН от интеграции в их состав ЭК, в силу изначальной не ориентированности его на специфику процесса подготовки операторов. Однако такие риски могут быть выявлены, оценены, а также локализованы и хеджированы.

1.3 Основные подходы к организации аэрогеофизических исследований

При формировании программно-аппаратного комплекса ИИС АН определяющими являются объем и назначенные сроки выполнения геологических задач с учетом требований к полноте информации об объекте исследования, возможностях используемой приборной продукции и используемого программно-информационного обеспечения [1].

Рациональный АК ИИС (Р АК) представляет собой геологически и экономически обоснованное сочетание геофизических методов исследований с целью эффективного решения поставленной поисковой задачи.

Р АК создается на основе типового комплекса при наличии достаточного объема априорной информации, позволяющей оценить информативность отдельных методов и их различных сочетаний, и направлен на решение конкретных геологических задач.

Масштаб аэрогеофизической съемки (АФС) имеет важнейшее значение для решения задач программно-аппаратного обеспечения съемочных работ.

АФС масштаба 1:50 000 целесообразна при исследовании малоизученных, слабоосвоенных и труднодоступных территорий.

Результаты АФС масштаба 1:50 000 используются для создания геофизической основы среднемасштабного (1:200 000) картирования и направлены на решение конкретных геологических задач.

Контур площади аэрогеофизических работ определяется географическими координатами углов проектируемого участка исследований.

АФС выполняется по сети прямолинейных встречно-параллельных маршрутов, равномерно расположенных на всей площади участка, с генеральным обтеканием рельефа местности. Причем первый и последний маршруты, должны проходить по границам участка.

Основным требованием к расположению маршрутов АФС является равномерное распределение их по всей площади исследуемого участка с

соблюдением межмаршрутного расстояния и огибанием рельефа на высоте 60-100 м [7].

Для повышения полевой точности гамма-спектрометрической и электроразведочной съемки используются повторные маршруты, протяженность которых составляет до 5% от длины рядовых маршрутов.

Для сопряжения магнитометрических маршрутов применяют ряд опорных маршрутов ортогональных рядовым. Такая опорная сеть обеспечивает увязку гамма-спектрометрических и электроразведочных маршрутов.

Тип воздушного судна для выполнения АФС выбирается, исходя из вида работ, масштаба, типа и состава съёмочной аппаратуры, физико-географических условий района работ, наличия аэродромной сети и др.

В следующем параграфе приведены типы авиационных носителей, которые в настоящее время широко используются при проведении аэрогеофизических съемок

1.4 Выбор и обоснование автономных авиационных платформ для аэрогеофизических съемочных работ

Автономные авиационные платформы являются весьма перспективными и активно развивающимися направлениями научно-производственной сферы.

Фактически революционным стало стремительное освоение автономных технологий и беспилотных транспортных систем отечественными промышленными предприятиями и научными организациями.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р утверждены:

- Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года;
- План мероприятий по реализации Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года.

В Перечень приоритетных направлений научно-технологического развития России, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 18.06.2024 г. № 529 включены «Интеллектуальные транспортные и телекоммуникационные системы, включая автономные транспортные средства. В вышеуказанном Указе уточнен Перечень важнейших наукоемких технологий, в котором выделены следующие направления:

- транспортные технологии для различных сфер применения (море, земля, воздух), в том числе беспилотные и автономные системы
- мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и изменения климата (в том числе ключевых районов Мирового океана, морей России, Арктики и Антарктики), технологии предупреждения и снижения рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, негативных социально-экономических последствий.

В качестве профильных технологий для средств авиационной робототехники установлены:

- Технологии зондирования и комплексной обработки информации для беспилотных воздушных судов (в том числе технического зрения);
- Технологии и средства связи, включая меры защиты информации.

Применение беспилотных носителей для решения геологических задач стало в настоящее время приоритетным направлением развития аэрогеофизических технологий. Очевидно, что возможности реализации существующих аэрогеофизических технологий с использованием ААП напрямую связаны с тактико-техническими характеристиками современных и перспективных авиационных носителей. В данном подразделе приведен краткий обзор состояния рынка ААП [4]. Кроме того, рассмотрены требования, предъявляемые к носителям при размещении на них аппаратных комплексов и соответствие этим требованиям ААП, имеющимся в настоящее время на рынке данной продукции.

Основной акцент при рассмотрении рынка беспилотных носителей сделан на его российском секторе, так как в импорт высокотехнологичной продукции связан с большими трудностями, а подчас и невозможен. В России ААП отнесены к

продуктам двойного назначения, поэтому существуют таможенные ограничения на импорт и экспорт данных аппаратов.

Основная цель применения ААП в производственных процессах – это повышение их эффективности за счет сокращения временных и материальных затрат, автоматизации процесса, дистанционного сбора данных и передачи их в режиме реального времени [18].

В настоящее время беспилотные носители используются для решения части задач, ранее выполняемых с помощью пилотируемой авиации. И хотя в ближайшее время ААП не смогут по многим позициям заменить пилотируемую авиацию из-за недостаточной грузоподъемности и продолжительности автономного полета, ограничений по высоте и ветровым нагрузкам, спектр решаемых ими задач постоянно расширяется.

О состоянии рынка ААП и услуг, предоставляемых с их применением, свидетельствуют следующие данные: рынок ААП в России составляет около 2% от мирового или 9,5 млрд. руб. по данным аналитического агентства J'son & Partners Consulting. В объемах продаж в России 85% приходится на гражданские ААП, 15% – на специальные. При этом, доля отечественных разработок составляет 10%.

Сегодняшний рынок услуг с применением автономных авиационных платформ в России составляет:

- ДЗЗ (дистанционное зондирование Земли) – 75-80%, 7,5–8 млрд. рублей;
- разработка, продажа ААП, комплектующих и ПО – 20-25%.

Рынок оказания услуг (аэрофотосъемка, мониторинг объектов) является высококонкурентным. ААП привлекают к себе все больше внимания нефтегазовых компаний. Так, начиная с 2017 г. компания Zala Aero, дочка концерна «Калашников», входящего в ГК Ростех, обеспечила мониторинг трубопроводов для Роснефти, Газпром нефти, Газпрома, ЛУКОЙЛа, Татнефти и Транснефти.

В марте 2019 г. эта же компания успешно испытала беспилотник ZALA 421-16E5 с газоанализатором, выявляющим утечки метана на газопроводах Газпрома [9].

Классификация беспилотных носителей пока еще окончательно не устоялась на отечественном рынке. ААП подразделяются по области применения (специального и гражданского назначения), по типу летательного аппарата (самолеты, мультикоптеры, вертолеты, конвертопланы), по грузоподъемности (тяжелые, средние, легкие).

Основными разработчиками и изготовителями ААП на зарубежном рынке являются следующие компании:

- Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd. (China),
- Lockheed Martin Corporation (U.S.),
- AeroVironment, Inc. (U.S.),
- Parrot SA (France),
- SenseFly SA (U.S.),
- 3D Robotics, Inc. (U.S.),
- Aeryon Labs Inc. (Canada).

Китайская компания DJI является абсолютным лидером в производстве ААП (доля рынка составляет около 75%). DJI имеет обширный портфель беспилотников любой категории и функциональности.

В России коммерческие беспилотники производят не менее 60 компаний. Лидерами в производстве являются компании Zala Aero (ГК Калашников), ООО «Беспилотные системы», ГК Геоскан. Некоторые другие производители ААП приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Российские компании, разрабатывающие ААП

Компания	Тип БВС	Статус	Заказчик, применение
1	2	3	4
ZALA Aero Group (также ЦСТ), Ижевск	Самолеты, мультикоптеры	Серийное	МЧС, МО, гражданские заказчики ТЭК
ООО "Беспилотные системы", Ижевск	Самолеты	Серийное	Аэрофотосъемка

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
ГК «Геоскан», Санкт-Петербург	Самолеты, мультикоптеры	Серийное	Аэрофотосъемка
ООО «Птеро», Москва	Самолеты	Серийное	Аэрофотосъемка
ООО «Плаз»	Самолеты		Для топографических съемок
ОАО «Горизонт»	Вертолет по лицензии Schiebel	Серийное	ПСБ
ВР-Технологии (Вертолеты России), Россия	Вертолет, октакоптер, конвертоплан	Разработка	Для нужд Арктики, МО
Вертолеты России	Вертолет «Катран»	Разработка	МО
ООО Ижмаш, Россия	Самолеты	Серийное	МО
ГК Кронштадт (до 2015 года - Транзас)	Самолет большой, конвертоплан	Эксперимента льные образцы	МО
ЗАО НПЦ Нелк, Россия	Мультикоптер на водородных элементах	Эксперимента льные образцы	Для гражданских заказчиков
ООО "Специальный технологический центр" (СТЦ)	Самолеты	Серийное	МО, ААНИИ
ООО «Тайбер»	Вертолет	Эксперимента льные образцы	Для гражданских заказчиков
ЗАО ЭНИКС	Самолеты	Серийное	МО
АО «НПП «Радар ммс»	Вертолеты	Эксперимента льные образцы	Для гражданских задач: геологоразведка, магнитометрия, доставка груза, мониторинг

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
ООО "Агродронгрупп"	Мультикоптеры	Разработки ПО, производство комплексов, оказание услуг	Для сельскохозяйственных работ
ОСКБЭС вертолеты МАИ	Вертолеты	Разработки	
НПП «Стрела»	Вертолеты	Разработки	
Аэрокон, Казань	Самолеты	Экспериментальные образцы	
Аэроб	Самолет большой продолжительности полета	Разработки	
Аэроксо (Аерохо)	Конвертоплан	Разработки - стартап	

Беспилотные носители относятся к различным типам: самолетам, вертолетам, мультикоптерам, конвертопланам (рисунок 1.3).



а



б



в



г

Рисунок 1.3 – Типы ААП гражданского назначения
а – самолет, б – вертолет, в – мультикоптер, г – конвертоплан

Преимущества и недостатки каждого типа приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Преимущества и недостатки разных типов ААП

Тип БВС	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Самолет	Большой радиус действия	Маломаневренный по сравнению вертикальным взлетом (VTOL)
	Большая продолжительность полета	Горизонтальный старт (взлет)
Конвертоплан	Сочетание фиксированного крыла и VTOL	Технологически сложный
		Дорогостоящий

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
Вертолет	Схема вертикального взлёта и посадки (VTOL)	Дорогостоящий
	Хорошая маневренность	Высокие требования к обслуживанию
	Большая грузоподъемность перевозимой полезной нагрузки	
Мультикоптер	Схема вертикального взлёта и посадки (VTOL)	Ограниченная полезная нагрузка по весу
	Низкая стоимость	Низкая сопротивляемость ветру
	Легкость запуска	
	Малый вес	
	Малый радиус действия	

Наиболее широко на рынке ААП представлены различные модели коптеров и самолетов, выбор вертолетов значительно меньше, в связи с их более сложной конструкцией, а конвертопланы относятся к разряду перспективных разработок и пока выбор их ограничен.

Авиапарк БАС по грузоподъемности включает 4 категории:

- тяжелые (от 500 до 5 тыс. кг),
- средние (от 50 до 100 кг),
- легкие (от 10 до 20 кг),
- легчайшие (от 1 до 3 кг).

Предполагается, что с развитием новых аэродинамических схем с коммерческого рынка могут уйти тяжелые самолеты (ТС), требующие соответствующей инфраструктуры.

В тяжелой категории, учитывая особенности географии Российской Федерации и сложившуюся практику доставки грузов, основная ставка делается на разрабатываемые сейчас пилотируемые и беспилотные самолеты (ТС), рассчитанные на максимальную полезную нагрузку до 5 тонн и дальность полета более 2 тыс. км.

В средней весовой категории более удобными для применения могут быть вертолеты и конвертопланы. В этой категории готового самолета нет, поэтому эту задачу могут выполнить вертолеты. Предполагается, что с заданной задачей может справиться беспилотный комплекс VRT300 Arctic Supervision (КБ "ВР-Технологии" из холдинга «Вертолеты России»).

В легкой и легчайшей весовых категориях для БТС наиболее перспективны машины с вертикальным взлетом.

Их компактность и малый вес допускают эксплуатацию в лесной местности, что особенно актуально для регионов Дальнего Востока и Сибири, а последствия их потери и поломки будут менее затратными в связи с их малой стоимостью.

Совершенствование ААП проводится в первую очередь в области создания новых аэродинамических схем. Основная цель этих разработок – совмещение преимуществ самолетной схемы и схемы, использующей аппараты вертикального взлета, а именно: достижение высокой скорости, увеличение продолжительности полета, экономный расход энергии, взлет/посадка с неподготовленных площадок, наличие режима зависания. В частности, на зарубежном рынке проявляется значительный интерес к дисковым формам беспилотных летательных аппаратов.

Развитию отрасли беспилотной авиации способствует снижение стоимости оборудования и развитие сопутствующих технологий. Для снижения затрат в разработке ААП делается упор на применение аддитивных технологий. Появляются модульные конструкции ААП, которые собираются в разных конфигурациях (под конкретные задачи) из типовых модулей.

Важным направлением развития технологий с применением беспилотников является совершенствование сенсоров и датчиков информационно-измерительных систем. Применение малоразмерных легких датчиков с высоким разрешением, надежностью, высокой чувствительностью, таких как визуальные камеры, инфракрасные детекторы, мультиспектральные и гиперспектральные датчики, лидары, инерциальные приборы, гироскопы, акселерометры и многие другие существенно расширяют области применения технологий с ИИС АН, и повышают спрос на них.

Улучшенное управление энергией увеличивает время полета, а более эффективная тяга обеспечивает большую полезную нагрузку. Работа над совершенствованием этих параметров ведется с использованием инновационных технологий на основе солнечных панелей, водородных топливных элементов, лазеров прямой видимости, передающих энергию по беспроводной связи, нанотрубок и аэрогелевые батарей, существенно превосходящих по своим характеристикам литий-ионные батареи, используемые в настоящее время.

Для облегчения веса авиационного носителя используются современные материалы: армированные углеродом полимеры, в сочетании с передовыми технологиями производства, такими как моделирование методом наплавки и лазерное спекание.

Производители ААП работают над созданием автономных систем уклонения, которые на основании показаний датчиков, позволяют избежать столкновений или предусмотреть автоматический взлет и посадку. Эта технология в настоящее время уже используется в последних моделях беспилотников и продолжает постоянно совершенствоваться.

Разнообразие представленных на рынке ААП и их постоянное совершенствование позволяет рассчитывать на то, что требования, предъявляемые к беспилотникам при использовании их при аэрогеофизических работах, будут со временем удовлетворяться все в большей мере.

1.5 Выводы по Главе 1

1. Нарастающее использование информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения предъявляет принципиально более высокие требования к количеству и качеству подготовки специалистов по управлению автономными авиационными платформами и целевой нагрузкой.

2. Подготовка специалистов такого профиля немыслима без использования таких эффективных средств электронного контента как автоматизированные обучающие системы, компьютерные обучающие программы и автоматизированные учебные курсы, комплексы интеллектуального зрения.

3. Интегрируемый в информационное обеспечение ИИС АН электронный контент отражает систему требований нормативно-технической документации (ГОСТы, регламенты и пр.) к технической и эксплуатационной документации как на авиационный носитель, так и приборную продукцию, но не учитывают дидактический аспект усвоения материала.

4. Актуальность исследования заключается в разрешении объективного противоречия между существующей потребностью в учете и сокращении рисков снижения качества информационного обеспечения ИИС АН за счет массовой интеграции в их состав ЭК, как средства оперативного учета развития их конструктивных и программных решений, и эмпирическим характером указанной интеграции в настоящий момент.

5. Предлагаемый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения включает:

- Логико-математическую модель итеративной оценки рисков;
- Алгоритм снижения рисков;
- Алгоритм прогнозирования и локализации рисков, которые образуют новые научные положения, выносимые на защиту.

2 РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

2.1 Итеративный характер оценивания рисков модернизации информационно-методического обеспечения ИИС АН

Комплексы информационно-методического обеспечения подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения представляют собой сложный класс средств поддержки специалистов по применению средств полезной нагрузки автономных транспортных платформ.

Известны примеры различных технологий разработки информационного обеспечения для систем подготовки операторов ИИС АН, к которому относятся структурированные массивы специализированных данных с гетерогенной формой представления [30-33]. Именно гетерогенность форм представления таких данных (т.е. использование различных форм представления информации – текстовой, аудио-, видео-, мультимедиа- и пр., различных форматов электронного доступа и хранения данных, различных способов структурирования и подачи информации и т.д., и т.п.) несет в себе риски для процесса создания информационно-методического обеспечения указанного вида подготовки.

Такие риски характеризуются итеративно-многократным характером процесса выявления, снижения и локализации при разработке функционала описанного вида обеспечения подготовки операторов ИИС АН с требуемым уровнем качества. В терминологии работ [34-35] все указанные виды и подвиды рисков разработки средств рассматриваемого информационного обеспечения предусматривают возможность их оценки и локализации в рамках «спиральной модели разработки».

Инструменты оценки и учета рисков при создании средств информационного обеспечения подготовки операторов ИИС АН ориентированы не на получение

заклучения о достигнутом уровне рисков недостижения целей создания, в т.ч. от некорректного внедрения материалов электронного контента, а на получение заключения о тенденции в изменениях уровня такого риска при переходе к следующей итерации процесса разработки; на выявление отдельных аномалий в качестве создаваемого программно-информационного изделия, определяющих указанные риски.

Существо взаимосвязи рисков неэффективности средств ИО подготовки операторов беспилотных транспортных средств, являющихся носителями ИИС АН, от интеграции в их состав электронного контента и потребительского качества указанных средств показано на рисунке 2.1.

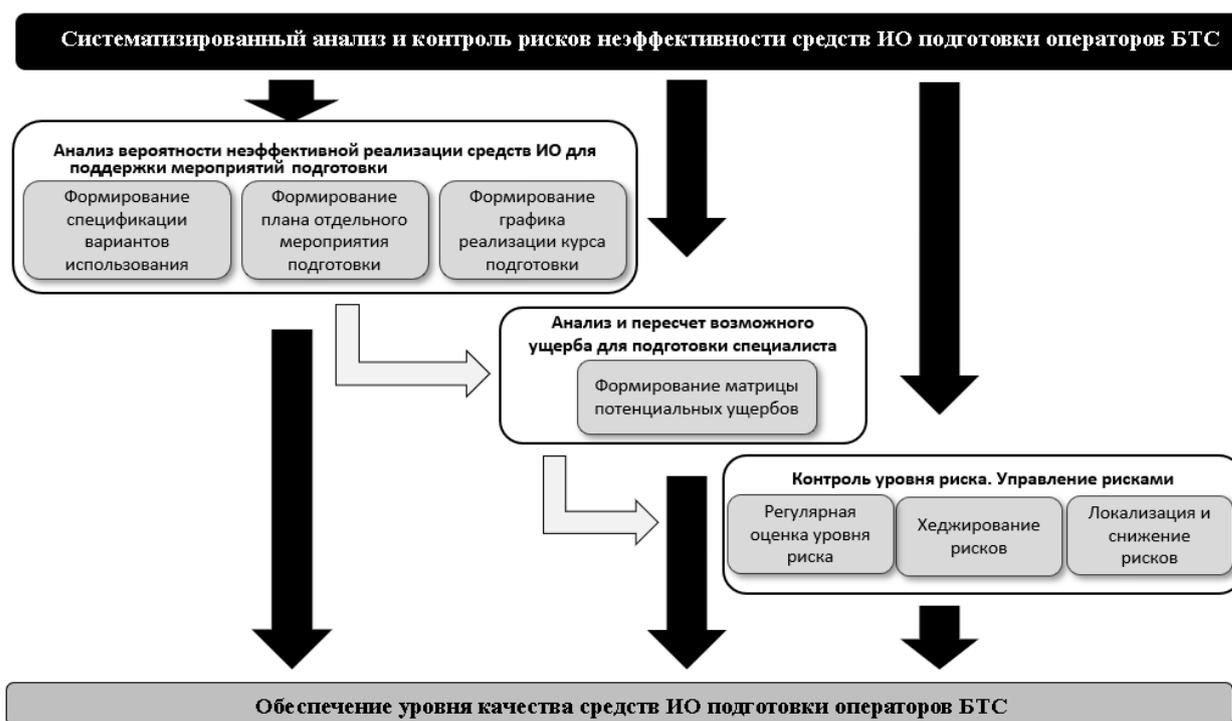


Рисунок 2.1 – Существо взаимосвязи управления рисками неэффективности с качеством средств информационного обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН

Вышеуказанную ориентированную направленность будем называть «итеративной», описывающей итеративно-рекурсивный характер технологии разработки и формирования требуемого качества средств информационно-методического обеспечения подготовки операторов ИИС АН. Именно в учете

итеративности анализа рисков, их изменений заключается конструктивное существо предлагаемой модели оценки рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН.

Наглядно существо рекурсивной итеративности предлагаемой модели оценки, как инструментария хеджирования рисков интеграции учебного электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН видно из схемы реализации технологического процесса разработки средств указанного обеспечения (рисунок 2.2).

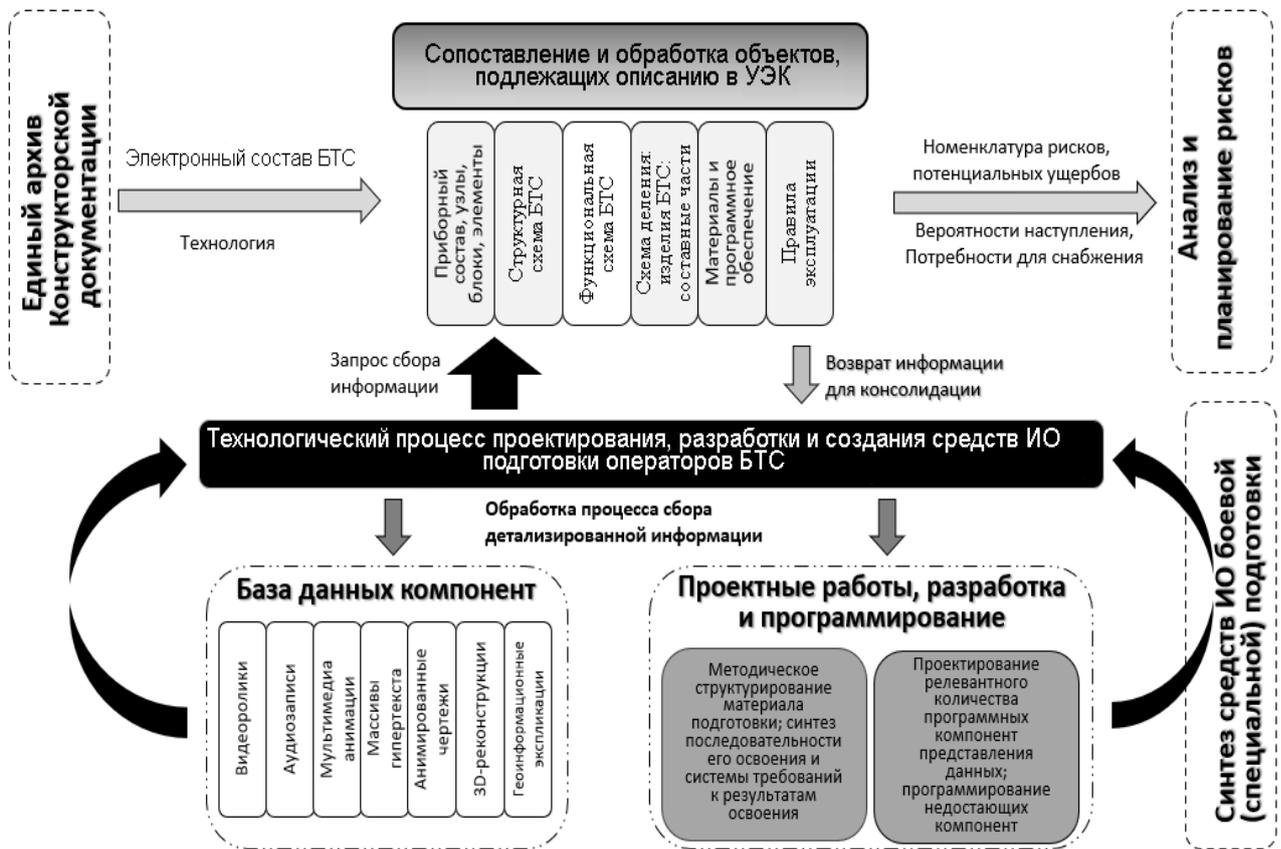


Рисунок 2.2 – Обобщенная схема процесса разработки средств информационного обеспечения ИИС АН

Очевидно, что основным смысловым элементом реализации процесса разработки, определяющим возможности как по последовательному выявлению, так и по локализации рисков низкой эффективности, является логический блок

проведения проектных работ, разработки и программирования при синтезе средств информационного обеспечения подготовки операторов.

Существо подпроцессов и логических взаимосвязей в данном логическом блоке, определяющее возникновение и локализацию рисков неэффективности, уточнено на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Детализация блока проектных работ, разработки и программирования средств информационного обеспечения ИИС АН

Современные методологические инструменты оценки рисков разработки средств информационно обеспечения подготовки (ИО) операторов ориентированы на динамичное применение итеративных (т.е. рекурсивно-инкрементальных, пошаговых) методик, моделей в рамках доминирующей спиральной модели разработки программно-информационных средств [34-36].

Совокупность частных требований направлена на обеспечение эффективного формирования навыков управления, технического обслуживания информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. Приблизительно-рамочный характер риск-анализа компенсируется многократностью проведения процедур оценки качества ИО подготовки операторов ИИС АН.

Таким образом, модель оценки рисков интеграции учебного электронного контента в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН должна разрабатываться как модель итеративной оценки, а значит, с ориентацией на её использование в базовой технологии разработки средств указанного обеспечения, основанной на спиральной схеме разработки программно-информационного обеспечения систем подготовки операторов.

2.2 Разработка модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения

Модель итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения представляема как математико-алгоритмический и логический процесс преобразования входной информации в выходную, структура которого представлена на рисунке 2.4.

Структурно модель вбирает в себя 5 функционально выделенных логических блоков, реализующих соответствующие процедуры итеративной оценки.

Входными данными для модели являются:

$\{\{d_k\}\}$ – совокупность матриц d оценок k экспертов о доминантном агрегировании более простых риск-показателей в более сложные показатели риска;

$\{r_1, \dots, r_n\}$ – множество анализируемых рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН;

k – общее число привлеченных экспертов к формированию иерархической системы агрегирования простых риск-показателей в более сложные показатели [19,20];

n – общее число рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН, учитываемое при их итеративной оценке;

$\{\{m_{ij}\}\}_l$ – множество матриц доминантного агрегирования простых риск-показателей в сложные показатели риска (определение важности в каждом акте

агрегирования), определяемых для каждого из l узлов иерархической системы оценки рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН.

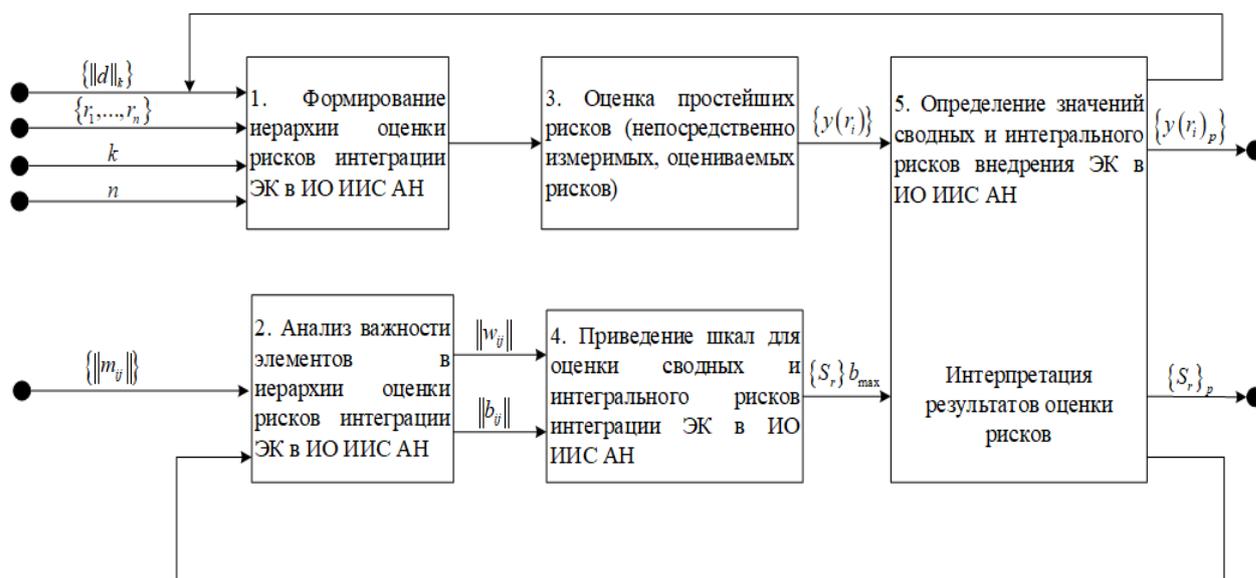


Рисунок 2.4 – Блоки модели оценки рисков и информационно-логические связи между ними

Промежуточными данными, передаваемыми между логическими блоками модели, являются:

z_{ij} – матрица доминирования, описывающая структуру иерархической системы доминантного агрегирования риск-показателей;

w_{ij} – числовой вектор коэффициентов важности в каждом акте агрегирования простых риск-показателей в более сложные, согласованный с матрицей z_{ij} ;

b_{ij} – числовой вектор глобальных коэффициентов доминантности при агрегировании простых показателей рисков в составе интегрального значения риска;

$\{y(r_i)_p\}$ – семейство текущих оценок значений простейших и сводных показателей рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН;

$\{S_r\}_{b_{max}}$ – множество линий агрегирования в иерархической системе рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН $\{r_{ij}\}$ с максимальными значениями глобальных коэффициентов доминантности при

агрегировании простых показателей рисков в составе интегрального значения риска.

Выходными данными модели оценки рисков являются:

$\{y(r_i)_p\}$ – подмножество семейства $\{y(r_i)\}$, включающее значения оценок рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН $\{r_i\}$ с текущими высокими значениями;

$\{S_r\}_p$ – множество линий агрегирования в иерархической системе рисков интеграции.

Конструктивом предлагаемой модели итеративной оценки является ее ориентированность на многократно повторяющийся характер разработки ИО для систем подготовки операторов ИИС АН.

Предложенная модель итеративной оценки рисков интеграции ЭК в программно-информационное обеспечение ИИС АН является инструментарием оперативного анализа причин высокого уровня интегрального риска и выявления текущих аномалий разрабатываемого программно-информационного обеспечения ИИС АН.

Иерархическую систему показателей для оценки рисков интеграции электронного контента в программно-информационное обеспечение ИИС АН представим как древовидно-сетевую структуру вложенности показателей оценки рисков \tilde{D} , в которой определяется понятие риска снижения качества ИО систем подготовки операторов ИИС АН x_i .

Совокупность показателей риск-оценки X состоит из группы показателей $\{x_i\}$, формируемых из сводных показателей риска, и совокупности простейших риск-показателей.

Начальная совокупность показателей риск-оценки снижения качества ИО ИИС АН за счет интеграции в их структуру ЭК $\{x_i\}$ в предлагаемой модели формируется путем синтеза на базе имеемых данных стратифицированной древовидной иерархии целей и задач.

В составе стратифицированной древовидной иерархии показателей риск-оценки значимость частных показателей r_i для расчета значения интегрального риск-показателя R_0 будет разной. Для численного представления показателей r_i используем коэффициенты доминантного агрегирования.

Коэффициенты доминантного агрегирования определяются в двух видах:

$w_{m,n}$ – локальные коэффициенты доминантности при агрегировании более простых показателей риска в более сложные. При этом

$$\sum_m w_{m,n} = 1, \quad (2.1)$$

b_m^* – глобальные коэффициенты доминантности при агрегировании простых риск-показателей в группу агрегации интегрального риска.

На основании анализа ряда способов синтеза сводных показателей из [36,37] обосновано использование процедуры расчета собственного взвешенного вектора матрицы попарных сравнений показателей в каждом узле агрегирования рассматриваемой иерархии оценки риска.

Для определения важности риск-показателей разработан алгоритм:

I. Для любого сводного риск-показателя (РП) выявляется матрица V попарных сравнений веса простых РП в агрегации сводного риск-показателя:

$$V = \left\| \begin{array}{cccc} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & \cdot & v_{ij} & \cdot \\ v_{n1} & \cdot & \cdot & v_{nn} \end{array} \right\|. \quad (2.2)$$

Где V_{ij} – экспертная оценка попарной важности включения i -го РП перед j -м. Диагональная матрица $\|V\|$ имеет размерность $n \times n$ (где n – количество РП).

II. Для определения коэффициента значимости простых РП выполняется расчет собственного численного вектора W матрицы V :

$$VW = DW, \quad (2.3)$$

где D – есть собственное число матрицы V .

В свою очередь, компоненты собственного вектора W :

$$W = \langle w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rangle, \quad (2.4)$$

есть локальные коэффициенты доминантного агрегирования. Для оценки вектора W' как вектора весов W сводных риск-показателей справедливо [14]:

$$W' = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}} \right)}, \quad (2.5)$$

где n – размерность матрицы попарных сравнений вида (2.2).

Основные процедуры определения индексов локальных коэффициентов доминантности при агрегировании более простых риск-показателей в композиционно более сложные показатели риска показаны на Рисунке 2.5.

В случае идеального согласования матрицы попарных сравнений:

$$D_{\max} = n. \quad (2.6)$$

Упомянутые пределы вводятся при расчете индекса согласованности – ИС и отношении согласованности – ОС [14]:

$$D_{\max} \approx \sum_{j=1}^n \left(\left(\sum_{i=1}^n v_{ij} \right) w_i \right), \quad (2.7)$$

$$ИС = (D_{\max} - n) / (n - 1). \quad (2.8)$$

При этом:

$$D_{\max} \geq n, \quad (2.9)$$

$$ОС = \frac{ИС}{\bar{\eta}} * 100, \% \quad (2.10)$$

где $\bar{\eta}$ – случайная согласованность для матрицы $\|V_{ij}\|$. Если ОС превышает пределы в 10-20% следует провести новое согласование попарных сравнений в матрице $\|V\|$ посредством нового экспертного опроса.

III. Семейство локальных коэффициентов доминантности реализует расчет глобальных коэффициентов при агрегировании b_i для любого риск-показателя. Глобальный коэффициент доминантности при агрегировании b_i это произведение локальных коэффициентов :

$$b_i = \prod_{t=1}^T w_{it} \quad (2.11)$$

где T – число уровней стратифицированной иерархии показателей между i -ым и интегральным риск-показателем снижения качества ИО.

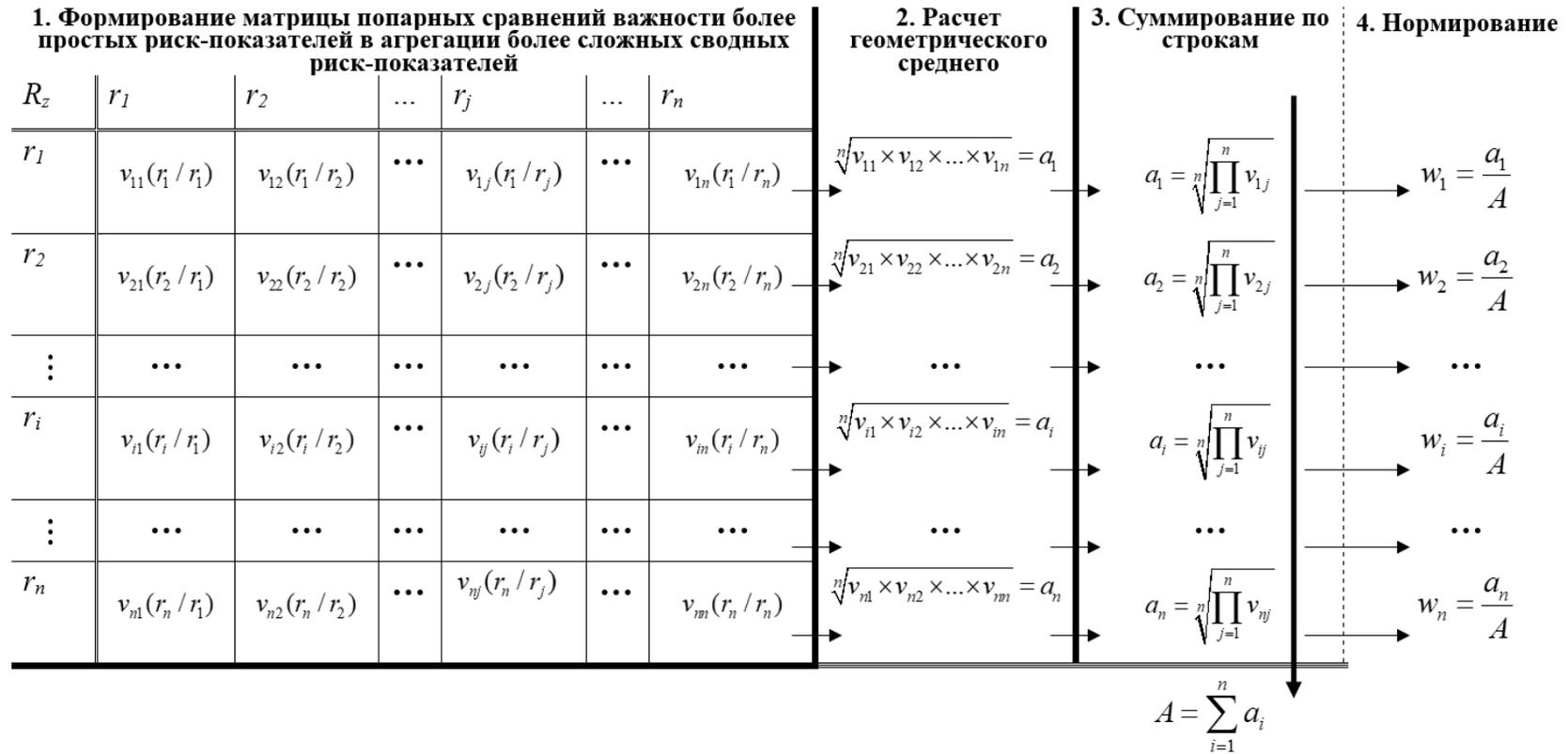


Рисунок 2.5 – Основные этапы и вычислительные процедуры расчетной схемы определения локальных коэффициентов доминантности при агрегировании простых риск-показателей в сложные

IV. При числе риск-показателей $n > 3$ каждый из них получает глобальный коэффициент доминантности меньше, чем риск-показателей в группе агрегирования показателя с меньшим коэффициентом доминантности.

Для преодоления этой расчетно-алгоритмической аномалии аппарата определения глобальных коэффициентов доминантности b_i совокупность этих коэффициентов преобразуется в соответствующую совокупность глобальных приведенных коэффициентов доминантности b_i^* .

Приведенный глобальный коэффициент доминантности b_i^* рассчитывается посредством умножения значения b_i каждого риск-показателя на число более простых риск-показателей (n_i^*/p), с нижестоящего уровня стратифицированной древовидной иерархии показателей:

$$b''_i = \frac{b_i \times n_i^*}{p} \quad (2.12)$$

$$b^*_i = \frac{b''_i}{\sum_i b''_i} \quad (2.13)$$

V. Для обязательной в рамках предложенной модели

$$OC \leq 10 - 20\% \quad (2.14)$$

выделяются риск-показатели, для которых:

$$b''_i \leq |w_i - w'_i|. \quad (2.15)$$

Риск-показателями, для которых выполняется условие (2.15), риск-оценки, можно пренебречь. При этом выражение (2.3) преобразуется к виду:

$$(V - DE) W = 0 \quad (2.16)$$

где E – единичная матрица [38].

Для идеального согласования мнений экспертов в исходной матрице (2.2) попарных сравнений риск-показателей необходимо считать верным:

$$(V - n E) W = 0. \quad (2.17)$$

С учетом этого обстоятельства риск-показатели с важностью ниже критического значения удаляются, а далее осуществляется повторная нормализация глобальных коэффициентов доминантности b''_i .

Иерархия показателей риск-оценки интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН в различных формах логико-математического представления приведена на Рисунке 2.6.

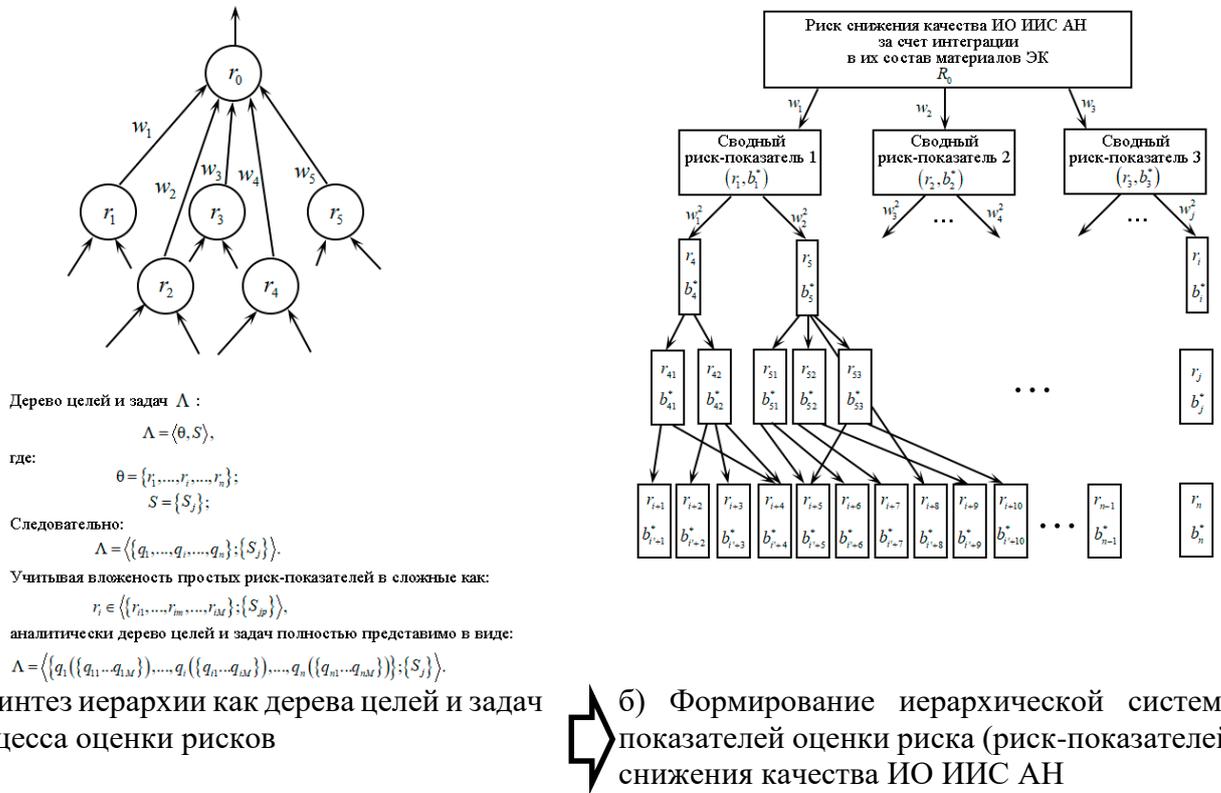


Рисунок 2.6 – Древоподобная иерархия риск-показателей различных форм ее логико-математического представления

На базе результатов формирования и анализа важности иерархической системы показателей оценки рисков использования данных ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН становится осуществимым получение численных значений важности простейших рисков, а также проведение линейной свертки значений оценок простейших рисков, как и значений более простых риск-показателей в композиционно более сложные показатели риска.

2.3 Представление и оценка рисков на базе мягких вычислений

Один из основных блоков модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в программно-информационное обеспечение ИИС АН включает оценку рисков на

базе мягких вычислений. Логико-алгоритмическая реализация блока опирается на нормативно-технические документы современного риск-менеджмента [39, 40].

Оценка любого риска r_k интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН, предполагает обоснованное построение матрицы оценки этого риска по форме, показанной в таблицах 2.1 - 2.3.

В предложенной модели оценки рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН приняты следующие шкалы градуирования составляющих рисков:

- вероятности p_{ij} возникновения снижения качества контента ИО систем подготовки операторов ИИС АН из-за интеграции в их состав материалов ЭК – таблица 2;

- потенциальной величины возможного ущерба y_{ij} при возникновении факта снижения качества ИО систем подготовки операторов ИИС АН – таблица 2.2.

Эти шкалы измерений являются шкалами порядка или качественными шкалами.

Указанные составляющие рисков сводятся к следующему выражению:

$$r_k(u_{ij}) = p_{ij} \times y_{ij} . \quad (2.18)$$

Используя результаты исследований из [33, 34, 35] в предложенной модели реализована пятиуровневая шкала градуирования уровней риска с цветовой идентификацией по интенсивности серого цвета: от черного (наибольший риск) к белому (наименьший риск) (таблица 2.3).

Таблица 2.1 – Шкала уровней вероятности снижения качества ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК

№	Название уровней и их идентификационное обозначение	Описание отличительного существа, соответствующих граничных признаков	Общие пояснения
1.	Непременно p_{ij} : « НЕПРЕМЕННО »	Очевидно, что качество ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК будет низким	Наибольшая вероятность наступления
2.	Скорее всего p_{ij} : « ОЧ.ВЕРОЯТНО »	Очень возможно, что качество средства ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК будет снижено	
3.	Вполне возможно p_{ij} : « ОЖИДАЕМО »	Есть основания полагать, что качество средства ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК будет низким	
4.	Мало допустимо, p_{ij} : « МАЛОВЕРОЯТНО »	Отдельные проявления и свойства используемого контента могут приводить к снижению качества ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК	
5.	Изредка встречающееся, крайне редкое проявление p_{ij} : « КР. РЕДКО »	Нет оснований полагать (ожидать), что качество ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК будет снижено	Наименьшая вероятность наступления

Необходимость математической свертки значений простейших рисков в значения u_{ij} сводных r_k и интегрального R_0 риск-показателей оценки интеграции ЭК в ИО ИИС АН в соответствии со структурой древовидной иерархии, показанной на Рисунке 2.2.3, определяет потребность в количественном выражении указанных градаций составляющих риска p_{ij} и u_{ij} на основе применения математического аппарата мягких вычислений: алгебры лингвистических переменных, использующей теорию нечетких множеств [36–38].

Таблица 2.2 – Шкала уровней величины ущерба от снижения качества ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК

№	Название уровней и их идентификационное обозначение	Описание отличительного существа, соответствующих граничных признаков		
1	2	3	4	5
		<i>Признаки снижения эффективности подготовки операторов ИИС АН с использованием автоматизированных средств, электронного контента</i>		
		<i>Мотивационные, психолого-организационные</i>	<i>Временных и других материальных потерь</i>	<i>Программно-технологических, структурно-семантических недостатков</i>
I.	Неважный, пренебрегаемо малый, сверхмалый <i>у_{ij}: «СВЕРХМАЛЫЙ»</i>	Не констатируется снижения мотивации подготавливаемых специалистов, есть отдельные, не системные факты снижения мотивации	Незначительные, сравнимые с погрешностью метода измерений	Возможно устранение недостатков применения средств ИО силами организаторов процесса подготовки операторов ИИС АН
II.	Заметный, небольшой, видимый <i>у_{ij}: «ВИДИМЫЙ»</i>	Констатируется фрагментарное снижение мотивации подготавливаемых специалистов при работе с применением средств автоматизации подготовки, электронным контентом	Средние, заметно значимые, требующие интенсификации подготовки	Возможно устранение недостатков применения средств ИО силами специализированных подразделений обеспечения, с привлечением дополнительных источников данных

Продолжение таблицы 2.2

III.	<p>Ощутимый, умеренно-значимый, средний</p> <p>у_{ij}: «СРЕДНИЙ»</p>	<p>Констатируется системное снижение мотивации подготавливаемых специалистов к работе применением средств автоматизации подготовки, электронным контентом, в целом</p>	<p>Ощутимо важные, высокие, требующие компенсации за счет дополнительных временных и других ресурсов</p>	<p>Возможно устранение недостатков применения и функционирования средств ИО силами специализированных внешних организаций - представителей разработчика, с привлечением консультативно-компетентной поддержки внешних провайдеров</p>
IV.	<p>Существенно-значимый, большой, сильный</p> <p>у_{ij}: «СИЛЬНЫЙ»</p>	<p>Критическое снижение мотивации подготавливаемых специалистов к работе с применением отдельных средств автоматизации подготовки, так и с электронным контентом, в целом</p>	<p>Очень важные, крупные, требующие первоочередной и значительной компенсации за счет дополнительных временных и других ресурсов</p>	<p>Остаются незначительные шансы для устранения недостатков применения и функционирования средств ИО, но они возможны только с привлечением разработчика</p>

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
V.	Критический, катастрофически-сильный, невосполнимый <i>u_{ij}: «ОЧ.СИЛЬНЫЙ»</i>	Полная потеря мотивации подготавливаемых специалистов к работе с применением отдельных средств автоматизации подготовки, так и с электронным контентом, в целом	Невосполнимые в рамках текущего курса подготовки потери операторов ИИС АН	Выявленные программно-технологические недостатки, структурно-семантические ошибки в реализации ИО требуют полной переработки средства автоматизации подготовки, что нанесло ущерб курсу подготовки операторов ИИС АН

Таблица 2.3 – Шкала градуирования уровней риска снижения качества контента ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав ЭК

№	Название уровней риска и их идентификационное обозначение	Описание отличительного существа, соответствующих граничных признаков	Быстрая цветовая идентификация, условное штрих-обозначение термина лингвистической переменной
1	2	3	4
1.	Критически опасный, аварийный <i>r_k(u_{ij}): «АВАРИЙНЫЙ»</i>	Требует незамедлительных и массированно-решительных корректирующих воздействий с привлечением всех доступных ресурсов (от руководителей подготовки до разработчиков средства ИО систем подготовки операторов ИИС АН)	

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
2.	Опасный, требующий срочного реагирования $r_k(u_{ij})$: « ОПАСНЫЙ »	Требует срочных корректирующих воздействий с частичным и плановым привлечением внешних ресурсов, а также информирования разработчика средства ИО, для устранения выявленных недостатков	
3.	Контролируемый, управляемо-компенсируемый $r_k(u_{ij})$: « КОНТРОЛИРУЕМЫЙ »	Требует плановых корректирующих воздействий с частичным привлечением дополнительных ресурсов, а также проработки полноты реализации всех функциональных возможностей средства ИО систем подготовки операторов ИИС АН, заложенных в него разработчиком	
4.	Локализуемый, низкий $r_k(u_{ij})$: « НИЗКИЙ »	Хеджируется и/или локализуется в рамках типовых схем повседневного функционирования, ущерб предотвращается в объеме планово-обязательных процедур донастройки, индивидуализации подготовки	
5.	Незначимый, не влияющий $r_k(u_{ij})$: « НЕЗНАЧИМЫЙ »	Контролируется периодически с целью своевременного выявления фактов изменений, несоответствий и пр.	

Указанные в Таблицах 2.1 и 2.2 обозначения уровней составляющих простейших рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН рассмотрим как соответствующие термы следующих лингвистических переменных:

$$L_1 = \langle \text{вероятность снижения качества контента ИО} \rangle; \quad (2.18)$$

$$L_2 = \langle \text{ущерб от снижения качества контента ИО} \rangle. \quad (2.19)$$

Теоретический базис (основные понятия, соответствующие алгебры из теории нечетких множеств и пр.) работы с лингвистическими переменными (18) и (19) соответствует теории нечетких множеств [39–41]. В силу выше сказанного при

обосновании и синтезе представляемой модели оценки качества исследованы именно специфические аспекты научно-методического применения введенных лингвистических переменных L_1 и L_2 , (2.18) и (2.19), а аспекты построения их термножеств, назначения конкретных идентификаторов переменных и пр. отнесены в данной работе к общеизвестным. В целом, каждая из лингвистических переменных L_1 и L_2 задается как некоторое теоретико-множественное обобщение L^\wedge :

$$L^\wedge = \langle \beta, F^\wedge(\beta), X^\wedge, G^\wedge, N^\wedge \rangle, \quad (2.20)$$

где β – вербальный идентификатор, выступающий в роли имени лингвистической переменной;

$F^\wedge(\beta)$ – семейство значений (термов) лингвистической переменной β – т.н. термножество;

G^\wedge – правило синтаксиса, уточняющее значения α^\wedge нечетких переменных для термов переменной β ($\alpha^\wedge \in F^\wedge(\beta)$);

N^\wedge – правило семантики, определяющее соответствие каждой нечеткой переменной $\alpha^\wedge \in F^\wedge(\beta)$ соответствующему нечеткому подмножеству [39].

Основным источником данных о нечисловых «измерениях» простейших рисков и их составляющих выступает эксперт. У него существо такого «нечислового измерения» для значения того или иного риск-показателя заключается в неметрическом оценивании степени совпадения констатируемой им текущей картины возможного возникновения ущерба по рассматриваемому риск-показателю с некоторой эталонной моделью идеальной картины текущей ситуации. Именно степень такого совпадения с указанным идеалом в сознании эксперта выступает в качестве меры неинструментального измерения, разницы:

$$\Delta U_i = U_i - U_0, \quad (2.21)$$

где U_i – уровень проявления риска по i -му риск-показателю оценки;

U_0 – эталонный, идеальный проявления риска по i -му риск-показателю оценки, осознаваемый экспертом.

Для репрезентации составляющих риска p_{ij} и y_{ij} на основе применения математического аппарата мягких вычислений как лингвистических переменных

L_1 и L_2 , т.е. (2.18) и (2.19), математического вида L^\wedge в соответствии (2.20), с термножеством значений, определенным на шкалах, представленных в таблицах 2.1. и 2.2., установлено соответствие градаций шкал оценки указанных параметров как нечетких множеств, идентифицируемых в качестве термов указанных лингвистических переменных [39].

В предложенной модели, для синтеза функций принадлежности нечетких чисел – термов лингвистических переменных L_1 и L_2 , применен метод относительных частот [37].

Значения лингвистических переменных представляются как нечеткие числа в форме $(L-R)$ -функций, или как треугольные нечеткие числа (рисунок 2.4).

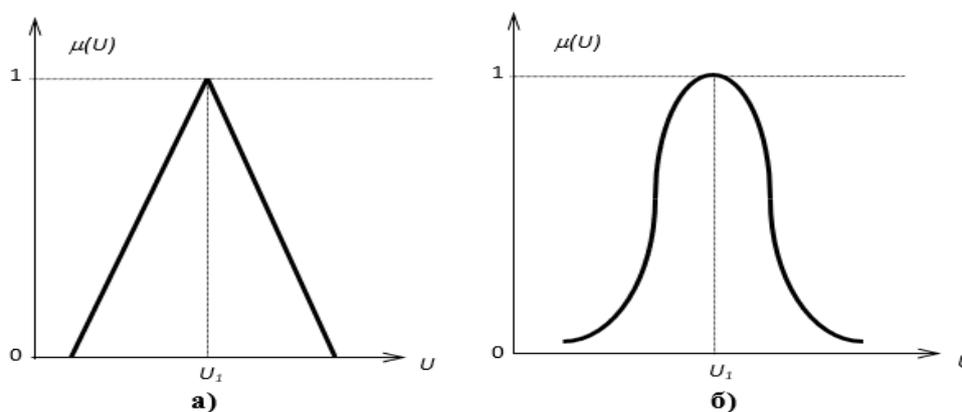


Рисунок 2.4 – Функции принадлежности в форме:
а) треугольных нечетких чисел – ТНЧ; б) $(L-R)$ -функций

На основе описаний шкал уровней вероятности сокращения потенциального ущерба от снижения качества контента для ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав материалов ЭК, показанных в таблицах 2.1. и 2.2, аналитически определяются функции принадлежности нечетких множеств $\mu(u)$, задающих термы-значения лингвистических переменных L_1 и L_2 . Для такого синтеза $\mu(u)$ применена стандартизированная математическая подмодель расчета функций принадлежности на базе данных экспертных оценок [40, 41]. Эта подмодель позволяет рассчитывать функции принадлежности μ_T^L термов переменных L_1 и L_2 как в форме $(L-R)$ -функций, так и в форме ТНЧ.

Предложенная модель оценки рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН обладает инвариантностью к расчету функций принадлежности μ_T^L термов-значений переменных L_1 и L_2 .

Применение μ_T^L с ГНЧ-формой характерно для ситуаций грубой, ускоренной оценки рисков, при более детальном и обоснованном анализе рисков снижения качества ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав материалов ЭК, в силу реализации «более осторожного» подхода к оцениванию рисков, следует применять μ_T^L в форме (L-R)-функций.

Расчет μ_T^L в форме (L-R)-функций, производится для каждой терма-градации лингвистических переменных L_1 и L_2 , из соотношения:

$$\mu_T^L(U) = \exp(-a(T-U)^2), \text{ где } a = 4Ln \frac{0,5}{b^{\wedge 2}}, \quad (2.22)$$

где T – срединное значение терма для μ_T^L равной единице, применительно к шкалам переменных L_1 и L_2 , показанным в Таблицах 2.1 и 2.2;

a – согласующий коэффициент;

b^{\wedge} – расстояние между точками перегиба: точками, в которых график функции μ_T^L согласно (2.22) принимает значение 0,5.

Основные параметры расчета терм-градаций лингвистических переменных L_1 и L_2 согласно (2.22) приведены в Таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Основные параметры расчета терм-градаций лингвистических переменных L_1 и L_2

№ п/п	Термы для L_1	Значение при $\mu_T^{L1}=1$	Термы для L_2	Значение при $\mu_T^{L2}=1$	Уточненный вид аналитического расчета функции принадлежности термов
1	Отсутствие вероятности	0	Отсутствие ущерба	0	$\mu_T^L(U) = 1-2U$
2	Крайне редко	1	Сверхмалый	1	$\mu_T^L(U) = e^{-13,1(1-U)^2}$
3	Маловероятно	3	Видимый	3	$\mu_T^L(U) = e^{-1,46(1-U)^2}$
4	Ожидаемо	5	Средний	5	$\mu_T^L(U) = e^{-0,35(1-U)^2}$

5	Очень вероятно	7	Сильный	7	$\mu_T^L(U) = e^{-0,27(1-U)^2}$
6	Непременно	9	Оч. сильный	9	$\mu_T^L(U) = e^{-0,16(1-U)^2}$

Итоги расчета функций принадлежности μ_T^L всех термов для всех уровней шкал лингвистических переменных L_1 и L_2 , (2.18) и (2.19) по формуле (2.22) дает возможность получить количественные шкалы оценки этих лингвистических переменных L_1 и L_2 . Эти количественные шкалы дают возможность осуществить переход от вербальных оценок экспертов к нечетким числовым их значениям с μ_T^L .

Функции принадлежности терм-градаций (значений) лингвистических переменных L_1 и L_2 в форме (L-R)-функций соответствовать следующим условиям:

$$[\mu_{T_1}^L(U_1) = 1; \mu_{T_5}^L(U_5) = 5]; \quad (2.23)$$

$$(\forall \beta^{\wedge} \in B^{\wedge} \setminus \{\beta^{\wedge}\}) \quad (0 < \sup_{u \in U} \mu_{T_i \cap T_{i+1}}^L(U) < 1); \quad (2.24)$$

$$(\forall \beta^{\wedge} \in B^{\wedge})(u \in U): (\mu_T^L(U) = 1); \quad (2.25)$$

$$(\forall B^{\wedge})(u_1 \in R_1)(u_2 \in R_2)((u \in U)(u_1 < u < u_2)). \quad (2.26)$$

Совокупность функций принадлежности нечетких чисел – термов (значений) лингвистической переменных L_1 и L_2 формируют в своей совокупности количественную шкалу проведения нечеткого оценивания соответствующих им составляющих простейших рисков РП [42, 43].

Обобщенный вид графического представления такой шкалы для простейшего риск-показателя дан на примере лингвистической переменной $L_1 = \langle \text{вероятность снижения качества контента ИО} \rangle$, на Рисунке 2.5.

Далее интерпретируются значения шкал простейших риск-показателей в иерархии оценки рисков снижения качества контента ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав материалов ЭК как произведение функций принадлежности μ_T^L нечетких чисел – термов-значений лингвистических переменных L_1 и L_2 для каждого из простейших РП.

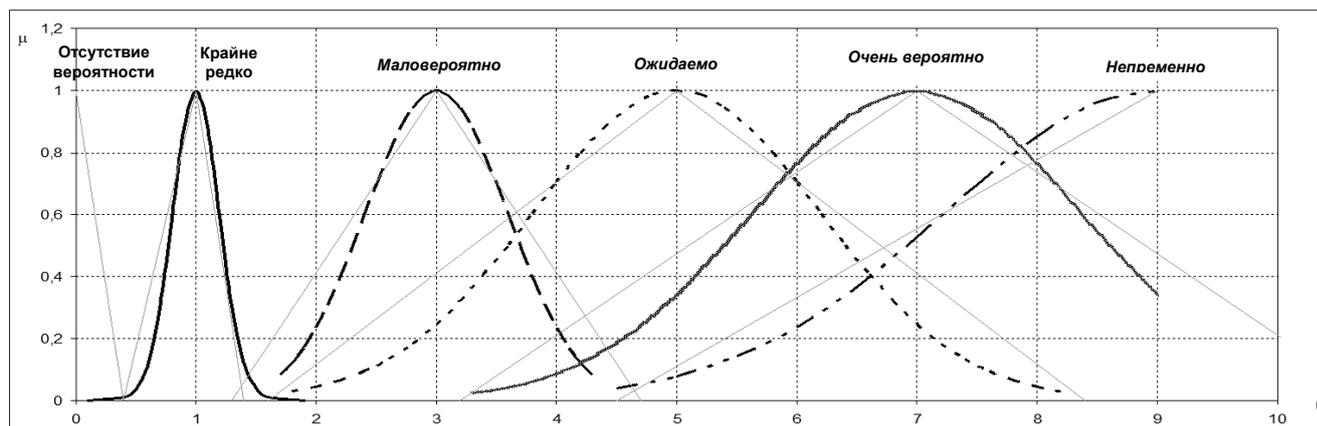


Рисунок 2.5 – Представление шкалы (Таблица 2.1) в виде тер-множества значений лингвистической переменной L_1

Оценка риска в методическом плане сводится к синтезу матрицы последствий и вероятностей. В этой матрице увязываются входные оценки вероятностей неблагоприятных событий и значения оценки потенциального ущерба с выходным интегральным заключением об уровне риска-опасности [44–46]. Ответное реагирование на значение риска в виде корректирующих, воздействующих комплексов мероприятий и есть существо управления рисками.

Таким образом, блок оценки простейших рисков на базе мягких вычислений разработанной модели риск-оценки, по сути, представляет собой процедуру специфического построения матриц последствий и вероятностей для отдельных риск-показателей оценки интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН. Данная процедура есть логическая основа для расчета сводных и интегральных значений риск-показателей оценки.

Соответственно для модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН блок оценки простейших рисков на базе мягких вычислений предложенной модели риск-оценки сворачивается в логико-математический аппарат обеспечения расчета значений риск-оценки по показателям в соответствии со структурой выше обоснованной иерархии оценки рисков [47, 48].

Традиционно-принятое градуирование уровней риска находит свое отражение в соответствующем дифференциально-цветовым представлении (рисунок 2.6)

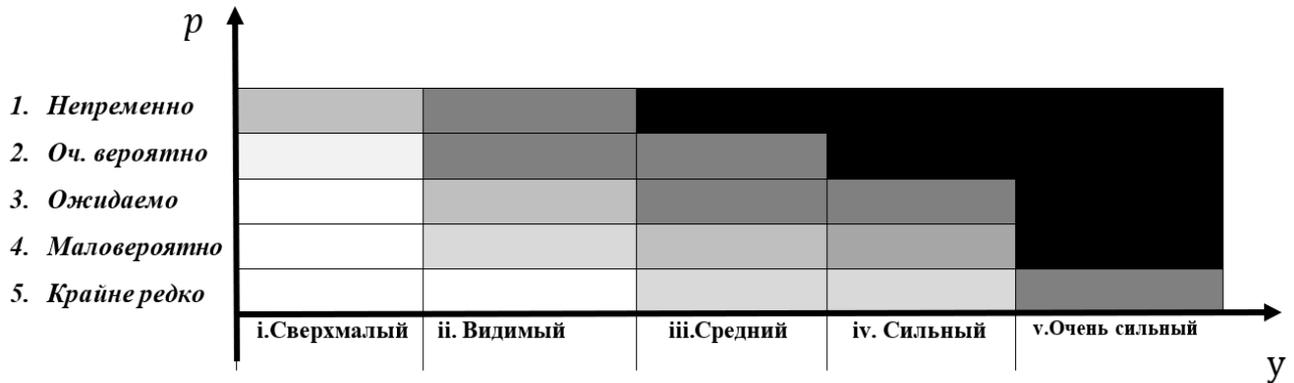


Рисунок 2.6 – Вариант матрицы последствий и вероятностей оценки рисков по одному из простейших показателей

Ранее приведенная интерпретация значения шкал простейших риск-показателей в иерархии оценки рисков снижения качества контента ИО ИИС АН из-за интеграции в их состав материалов ЭК как произведения функций принадлежности μ_T^L нечетких чисел – термов-значений лингвистических переменных L_1 и L_2 дает возможность рассматривать каждую из ячеек матрицы последствий и вероятностей оценки рисков по простейшему показателю как нечеткое число L_{ij}^* :

$$L_{ij}^* = \langle \text{значение оценки по данному риск показателю} \rangle; \quad (2.27)$$

где, применительно к простейшим риск-показателям верно, что указанное значение L_{ij}^* есть произведение нечетких чисел i -го терма от L_1 и j -го терма от L_2 :

$$L_{ij}^* = L_1^i \times L_2^j. \quad (2.28)$$

Для значений L_{ij}^* функции принадлежности $\mu_T^{L_{ij}^*}$ определяются через операции умножения нечетких чисел из алгебры мягких вычислений [19].

В результате, визуальному виду матрицы последствий и вероятностей оценки рисков по одному из простейших показателей, в которой работает эксперт-оценщик рисков, сопоставляется нечетко-числовое представление, которое выражает его оценивающее мнение количественно в категориях нечетких чисел.

Это дает возможность применять такие нечеткие числовые выражения оценок по простейшим показателям в ходе свертки этих оценок в сводные и интегральный риск-показатели оценки интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов ИИС АН, на базе алгебры мягких вычислений. Суть процесса риск-оценки показана на Рисунке 2.7. На основании (2.18) и (2.19) сами шкалы оценивания риска и оценки на базе этих шкал сводимы к одномерным нечетким шкалам и значениям оценок на них, как значение L_{ij}^* .

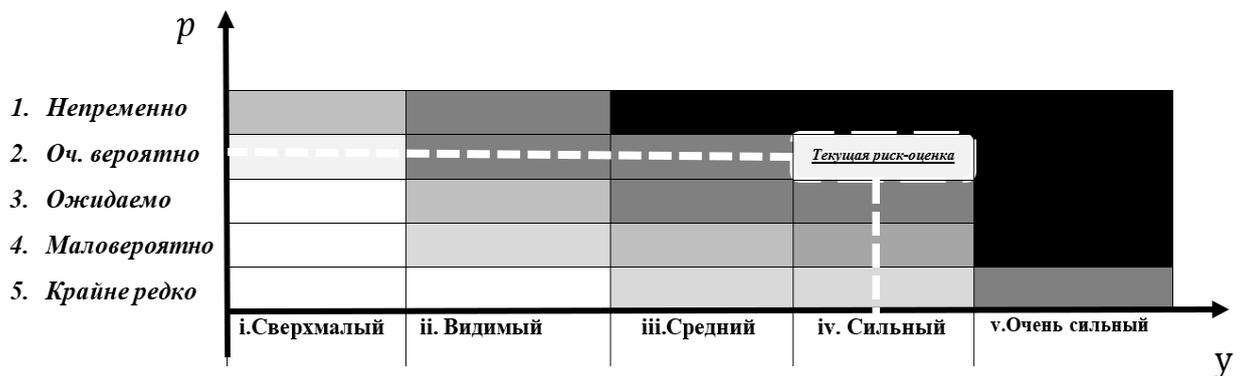


Рисунок 2.7 – Существо оценивания риска по простейшему показателю

Таким образом, предложенный блок оценки простейших (непосредственно измеряемых или оцениваемых) рисков в модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН и подход к установлению значения текущего риска по данному простейшему показателю дает возможность применять такие значения для расчета значений сводных и интегрального риск-показателей.

2.4 Выводы по Главе 2

1. Модель итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН структурно включает в себя пять последовательных блоков:

- формирование иерархии показателей оценки рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН;
- анализа агрегативной важности указанной иерархии показателей;
- оценки простейших рисков;

- приведения шкал для оценки сводных и интегрального рисков;
- расчета значений сводных и интегрального рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН.

2. Современные научно-методические инструменты оценки рисков разработки средств информационно-методического обеспечения подготовки операторов ИИС АН ориентированы на применение итеративных методик, моделей в рамках спиральной модели разработки программно-информационных средств. Приблизленно-рамочный характер риск-анализа в таком варианте оценки компенсируется многократностью процедур оценки этих рисков над одними и теми же компонентами кода ИИС АН, в процессе их проектирования, разработки, валидации и верификации. В силу указанного, модель оценки рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН разработана как модель итеративной оценки, т.е., с её ориентацией на использование в базовой технологии разработки средств указанного обеспечения, основанной на спиральной схеме разработки программно-информационного обеспечения систем подготовки.

3. Модель итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН образует инструментарий оперативного анализа причин высокого уровня интегрального риска и выявления текущих аномалий разрабатываемого программно-информационного обеспечения соответствующих мероприятий подготовки.

4. Конструктивной новацией разработанной модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН является совмещение традиционного качественно-категорийного подхода современного риск-менеджмента с многоуровневой репрезентацией иерархии агрегирования экспертно-оцениваемых рисков в составе сводных и интегрального рисков рассматриваемой интеграции путем применения аппарата мягких вычислений. Это подход позволил реализовать переход от качественно-понятийного представления риска рассматриваемой интеграции к количественному.

Данный конструктив обеспечивает возможность применения модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН при высокой неоднородности исходных экспертных данных риск-оценивания.

3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

3.1 Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения

Сверхинтенсивный рост применения БАС, вызвавший взрывной характер потребности в квалифицированных кадрах в областях непосредственного управления и технического обслуживания этих аппаратов, объективно сопровождается массовой разработкой программных компонент, промежуточно-технических баз данных, подключаемых функций и процедур, используемых для быстрого синтеза средств информационного обеспечения соответствующих мероприятий подготовки операторов.

Острота указанной потребности определила факт одновременного появления различных стандартов, форматов и протоколов, системных решений по интеграции данных и формализации данных в составе программных комплексов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. Пример последовательности действия по анализу возможности переноса данных электронного контента в среду разработки компьютерных обучающих программ для оснащения дополнительными мультимедийными материалами приведен в Приложении Б.

Указанные совокупности программных компонент после их полноценного внедрения в ИО ИИС АН, в том числе всего цикла верификации, валидации и испытаний, представляют собой базы отлаженных компонент программного (исходного и исполняемого) кода, который может быть повторно использован при разработке новых средств указанного информационного обеспечения.

В ходе диссертационного исследования проанализирован задел ряда научно-исследовательских лабораторий и внедренческих центров-разработчиков в части создания и накопления различных компонент повторного использования программного кода.

Результаты этого анализа позволили выявить следующие основные показатели для системного упорядочивания всей совокупности указанных компонент по:

- видам представления и демонстрации контента об осваиваемой предметной области, т.е. по видам представляемого контента;
- типам программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации;
- тематическим направлениям подготовки, освоения соответствующих предметных областей устройства, применения и эксплуатации информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, т.е. по предметным областям.

Указанное системное упорядочивание с математической точки зрения сводится к установлению отношений частичного порядка Q на множестве X рассматриваемых компонент. Применительно к каждому из обозначенных показателей установление отношений частичного порядка Q есть задание бинарных отношений, обладающих свойствами:

- Рефлексивности:

$$\forall x \in X: x R x; \quad (3.1)$$

- Антисимметричности:

$$\forall x_1, x_2 \in X: \text{если } x_1 R x_2 \text{ и } x_2 R x_1, \text{ то } x_1 = x_2; \quad (3.2)$$

- Транзитивности:

$$\forall x_1, x_2, x_3 \in X: \text{если } x_1 R x_2 \text{ и } x_2 R x_3, \text{ то } x_1 R x_3; \quad (3.3)$$

В свою очередь, учет факта невозможности логического пересечения подмножеств множества рассматриваемых логических компонент позволяет

говорить о задании строгих отношений частичного порядка, т.е. бинарных отношений, для которых не выполняется свойство рефлексивности (3.1), но выполняются свойства антисимметричности (3.2) и транзитивности (3.3).

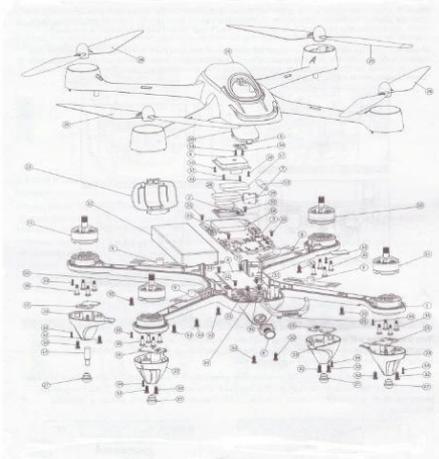
На практике задание указанных строгих отношений частичного порядка на множестве рассматриваемых компонент сводится к заданию некоторой «меры» для каждого из указанных показателей и градуированию этих показателей с учётом такой меры.

Существо логического градуирования каждого из указанных выше критериальных показателей необходимо обосновать отдельно. В частности, градуирование, иными словами, определение некоторого шага для установления отношений порядка, по видам представляемого контента исходит из того, что один и тот же объект из предметной области объекта в процессе его освоения, получения знаний о его устройстве и особенностях применения, обслуживания может требовать самых различных репрезентативных форм визуализации и наглядности, точности представления и глубины детализировки.

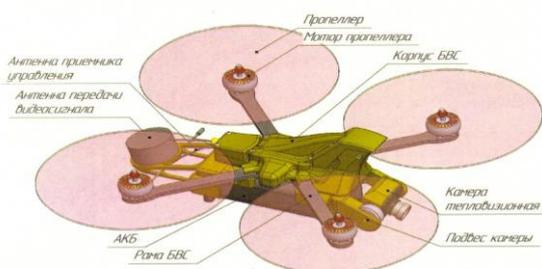
Наглядный пример представлен в Таблице 3.1, где представлен один и тот же конкретизированный вариант информационно-измерительных системы аэрогеофизического назначения в различных репрезентативных формах визуализации, систематизированных в порядке возрастания трудоемкости (соответственно, стоимости исполнения) их практической реализации. Очевидно, что простое графически-сканированное изображение обобщенного, двумерного вида того или иного конкретного прибора из состава ИИС АН для беспилотного авиационного комплекса по трудоемкости своей реализации в составе средств ИО подготовки соответствующих операторов значительно проще, экономичнее, чем изображение изометрического вида того же прибора, снабженное совокупностью гипертекстовых ссылок, адресующих к текстовым массивам технического описания. Пример сравнения трудоемкости на разработку указанных программно-информационных реализаций по одному и тому же объекту беспилотной авиаробототехники с их нормативной оценкой трудоемкости, согласно методикам, типа КАЕЛОС из [40, 49, 50], показан на рисунке 3.1, что наглядно показывает

основание для выбора меры для градуирования по видам представляемого контента.

Таблица 3.1 – Пример установления градаций по видам представляемого контента предметной области

№	Объект предметной области носителя АПП в различных формах представления контента	Наименование форм представления	Норм. труд-ти (чел/час)
1.		1.1. Текстовое описание; 1.2. Простой рисунок общего вида, схема.	0,5 за авт.л. 1-2
2.		2.1. Высокоточная фотография в различных ракурсах; 2.2. Видеоряд по последовательной демонстрации ракурсов и манипуляций с объектом; 2.3. Видеоряд с озвучанием по последовательной демонстрации манипуляций с объектом;	1-2 2-3 5-7
3.		3.1. Высокоточный чертеж с детализацией (статичное изображение); 3.2. Высокоточный чертеж с детализацией, связанной со спецификацией изделия; 3.3. Высокоточный чертеж с детализацией, раскрывающей последовательность сборки, устройства и функционирования изделия	30-40 45-50 75-85

Продолжение таблицы 3.1

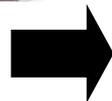
4.		4.1. Колоризированное изометрическое изображение чертежной точности, с гипертекстовыми пояснениями;	120-150
		4.2. Анимированное высокоточное изображение с возможностью интерактивного взаимодействия при отображении	200-240

Форма представления



Норматив трудоёмкости разработки

1-2 чел/час
(При разработке на основе соответствующих документов РКД, оформленных согласно ГОСТ ЕСКД)



220-240 чел/час
(При обеспечении интерактивной анимации и гипертекстового комментирования по введённым ссылкам)

Рисунок 3.1 – Пример сравнения трудоёмкости разработки различных программно-информационных реализаций однотипного предметного контента

Градуирование в рамках исследования потребовалось и по такому показателю как типы программных и программно-информационных решений, технологий исполнения и интеграции в более сложные программные системы, т.е. по программным технологиям реализации. Основанием такого градуирования выступили качественные возможности соответствующих базовых технологий т.н. «визуального» программирования, которое в своей основе широко опирается на применение баз компонент повторно используемого программного кода

(возобновляемого кода) и нашло самое широкое применение при быстрой и технологичной разработке информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Именно существенные возможности программных и программно-информационных решений, технологий исполнения средств ИО подготовки операторов ИИС АН определяют качество и оперативность проектов по созданию последних (а, соответственно, и их стоимость и практическую эффективность при подготовке операторов).

Для градуирования по данному показателю более детально можно обосновать на поясняющем примере имитации в средствах подготовки операторов ИИС АН сложных траекторий полёта указанных летательных аппаратов.

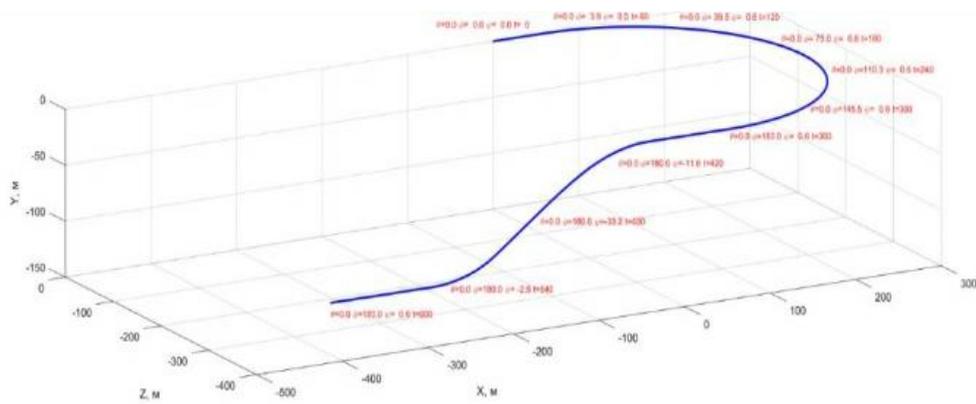
На рисунке 3.2а показана траектория захода и глиссада посадки БАС, которую необходимо моделировать по управляющим воздействиям подготавливаемого оператора с учетом аэродинамических характеристик фактического аппарата [51-53]. Из приведенных ниже графиков видно, что для адекватного моделирования полета БАС по траектории определяемой управлением подготавливаемого оператора программный комплекс моделирования полета должен по отдельным функциональным зависимостям (т.е. с использованием различных программных процедур-компонент) осуществлять учёт и расчет 8 пространственных, угловых и 4 скоростных параметров полёта.

Очевидно, что реализовывать такие комплексы моделирования значительно проще и быстрее с использованием уже отлаженных, верифицированных и валидированных компонент программного кода, ранее применявшихся в аналогичных комплексах. Указанные компоненты повторно используемого программного кода позволяют, в конечном итоге, реализовать принцип т.н. «быстрой крупноблочной» разработки программных систем, широко применяемым в парадигме визуального программирования [54–56].

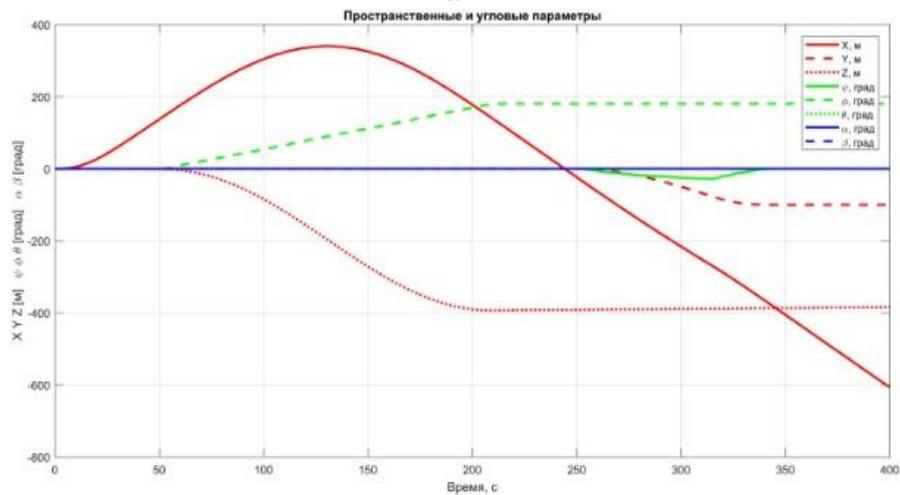
При этом под визуальным программированием, в контексте темы исследования, понимается такой способ создания компьютерной программы,

который представляет собой её синтез путем манипулирования графическими объектами в специализированной среде разработки, вместо написания её текста.

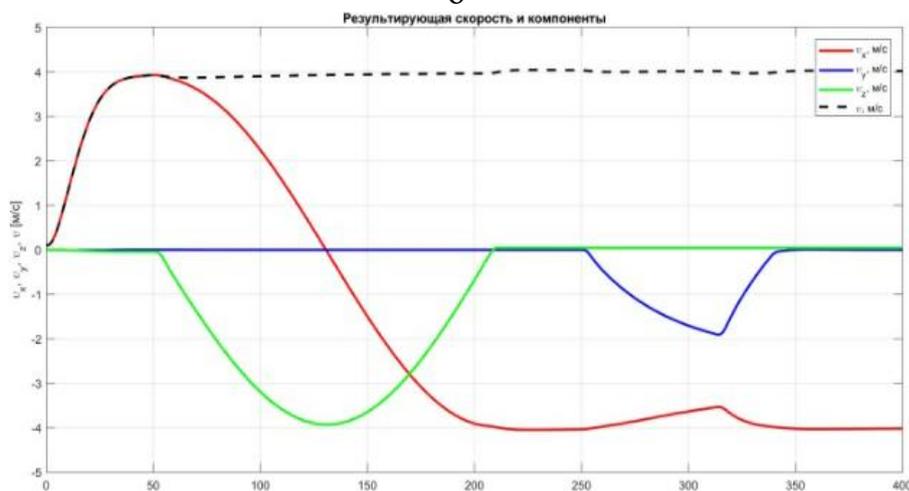
На базе специальных программных платформ для визуального программирования разработчик фактически «составляет, строит из готовых компонент» архитектуру создаваемого приложения, при этом он использует графические схемы для фиксации того, что будет происходить с данными на каждом шаге функционирования; далее программная платформа преобразует «сформированный графический образ» в готовый проект. Возможности визуального программирования определяются функционалом соответствующих программных платформ и не являются универсальными.



а



б



в

Рисунок 3.2 – Соответствие траектории БАС совокупности составляющих её параметров моделирования: а) вид участка траектории; б) графики пространственных и угловых параметров; в) графики скоростных параметров

Отечественными примерами специальных программных платформ для визуального программирования средств ИО подготовки различных категорий специалистов могут служить программные продукты «Медиатор»-разработчик АО

«Центрпрограммсистем» (г. Тверь); «Сиаматака» -разработчик АО «Си-проект» (г. Санкт-Петербург) и другие.

Соответственно, аналогично представлено множество программных компонент повторно используемого кода по тематическим направлениям подготовки, освоения соответствующих предметных областей устройства, применения и эксплуатации ИИС АН, т.е. по предметным областям [57-60]. Очевидно, что различные аспекты подготовки специалистов по управлению и эксплуатации информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения требуют различного контент-наполнения при освоении одной и той-же материальной части рассматриваемых аппаратов. Существо этого различия проиллюстрировано на примере элемента контента «Блок мониторинга натяжения строп катапульты БАС» применительно к различным тематическим направлениям его изучения: «Устройство» и «Эксплуатация» (необходимо представить вариант правильного крепления блока на катапульте) на рисунке 3.3.

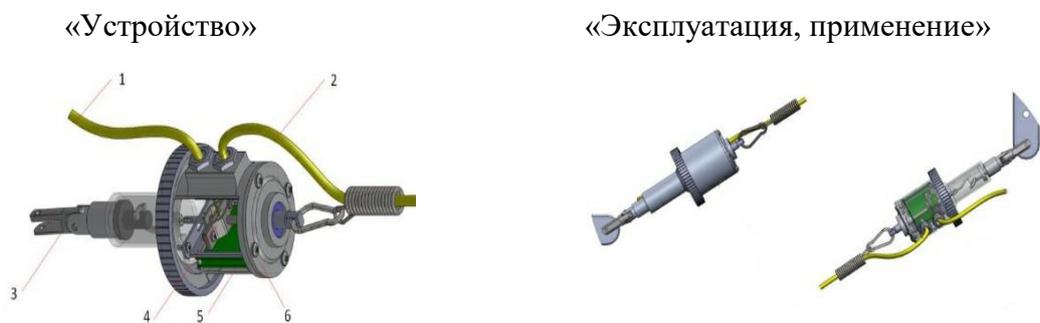


Рисунок 3.3 – Пример представления единого контента по различным тематическим направлениям

Все множество компонент повторно применяемого кода, которые разрабатываются (в т.ч. отлаживаются и верифицируются) в интересах создания информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения и могут выступить мощным средством локализации и практического снижения рисков интеграции электронного контента в состав указанных систем, не упорядочено и развивается не системно [61-63]. Эмпирический характер формирования множества компонент повторно применяемого кода не в полной мере обеспечивает

быстрый поиск нужных элементов для вновь создаваемых средств информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения и технологичность интеграции таких компонент в новый программный код. При соблюдении основ объектно-ориентированной разработки исследуемых средств современную картину накопления и использования баз компонент повторно применяемого кода в интересах локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН представим в виде схемы, приведенной на Рисунке 3.4.

Упорядочивание же, т.е. введение в рамках имеемых и создаваемых баз визуальных программных компонент отношения порядка, согласно (3.1) – (3.3), позволяет добиться поступательной систематизации указанных компонент по принципу «от простого к сложному», что позволит значительно упростить и интенсифицировать применение указанных компонент для локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН [64, 65]. Существо такой систематизации посредством упорядочивания сложности представления и программной реализации наглядно показано на Рисунке 3.5.

3.2 Разработка алгоритма локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения

В результате введения упорядочивания по всем трем выше выделенным основным критериальным показателям для системного упорядочивания всей совокупности визуальных программных компонент повторного использования кода фактически вводится единое технолого-информационное пространство таких компонент, в рамках которого и осуществляется быстрый и системный поиск элементов верифицированного кода для эффективной локализации рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН [66, 67, 68]. Логическое существо такого единого технолого-

информационного пространства визуальных программных компонент для локализации указанных рисков показано на рисунке 3.6.

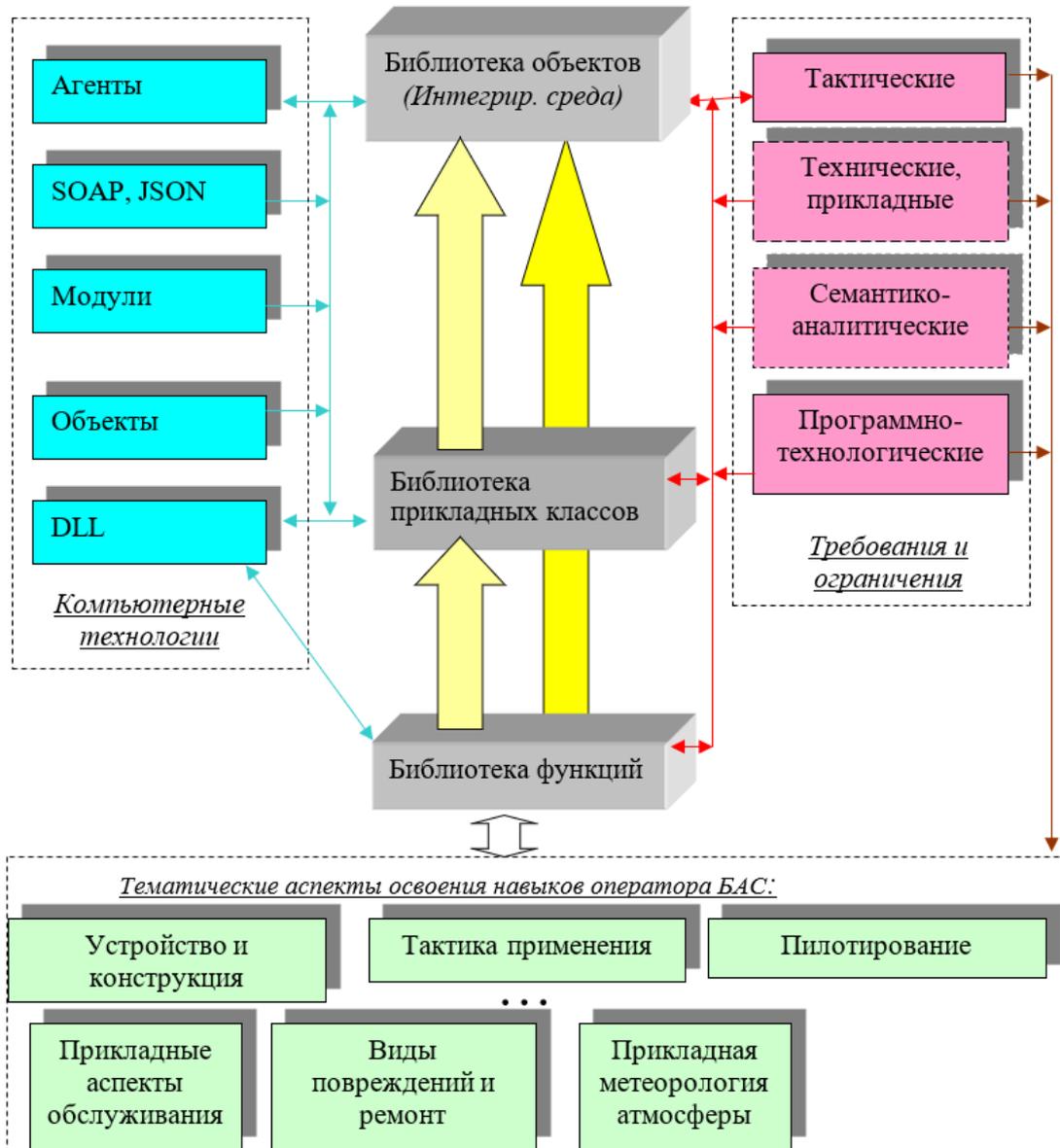


Рисунок 3.4 – Схема текущего формирования баз визуальных компонент

Дополнительным практическим эффектом от введения упорядочивания визуальных программных компонент для локализации рисков интеграции ЭК в рассматриваемое ИО, как следствие, является естественная систематизация и упорядочивание информационного взаимодействия интегрируемых компонент и модулей в составе вновь создаваемых программно-информационных средств. Существо такой систематизации представлено на рисунке 3.7, являющимся результатом упорядочивания интегрируемых компонент и модулей.

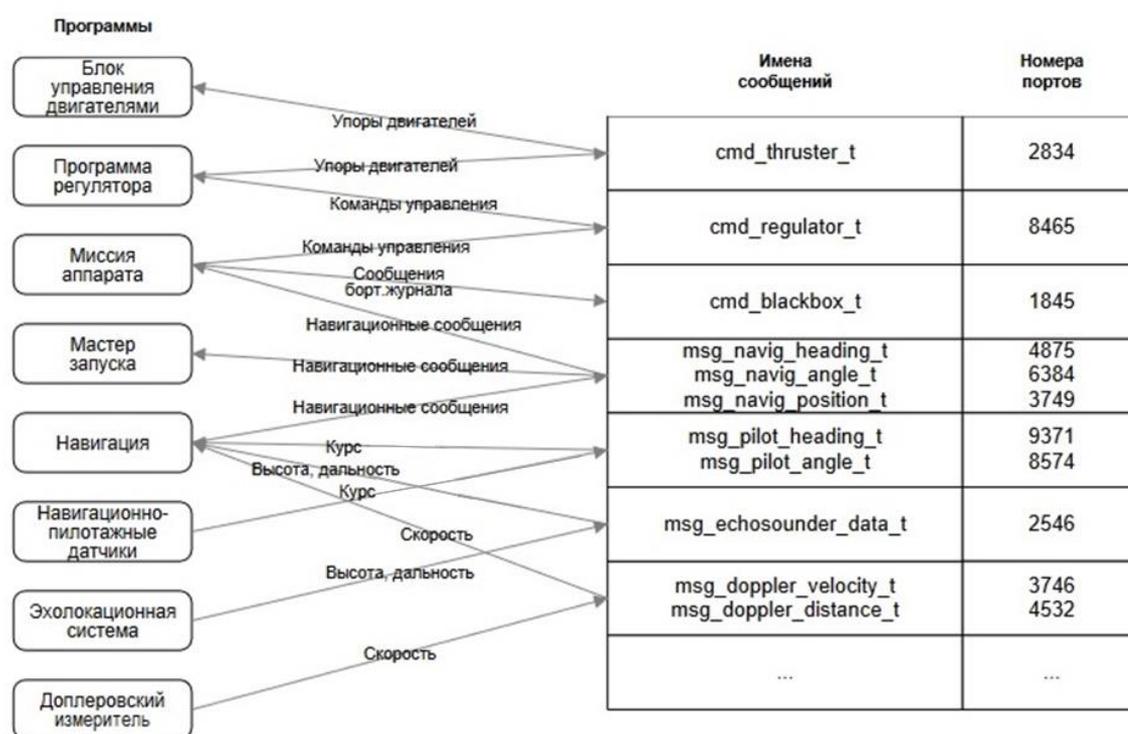


Рисунок 3.7 – Схема упорядочивания информационного взаимодействия интегрируемых компонент и модулей в составе вновь создаваемых программно-информационных средств ИИС АН

Этапы реализации алгоритма

Этап 1. Синтез исходных визуальных компонент, как формы для стандартизированного представления контента визуализации и дальнейшей реализации функционала.

Концептуально идея о необходимости разработки баз визуальных программных компонент (в т.ч. библиотек программных функций, классов,

исполняемых компонент и пр.) в интересах создания программно-информационного обеспечения подготовки операторов ИИС АН не вызывает альтернативных сомнений [69–75].

Указанные базы визуальных программных компонент есть наиболее доступный и логически-понятный инструмент повторного использования ранее разработанного кода, что в свою очередь, дает возможность повышать эффективность разработки новых изделий указанного программно-информационного обеспечения путем уменьшения затрат рабочего времени на кодирование, верификацию и отладку программных средств (комплексов). Кроме того, использование баз визуальных программных компонент (в т.ч. библиотек программных функций, классов, исполняемых компонент и пр.) ведёт к росту надежности вновь синтезируемого информационного обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН, что фактически и является реализацией на практике технологической политики локализации соответствующих рисков (в т.ч. для средств ИО подготовки операторов ИИС АН, формируемых на базе материалов, контента и функционала ЭК).

Бурное развитие методологических концепций и базовых технологий программирования ни в какой мере не уменьшает потребности разработчиков средств ИО подготовки операторов ИИС АН в базах визуальных программных компонент, как в основном способе повторного использования верифицированного и валидированного исполняемого кода – механизме локализации рисков разработки таких средств (в т.ч. интеграции соответствующего электронного контента) [65,69]. Такую потребность удовлетворяют специализированные среды разработки указанного обеспечения ИИС АН, включающие в свой состав часто применяемые компоненты. Например, такие как, базы графических образов, видео- и анимационных роликов, библиотеки расчетно-логических (исполняемых) функций, отдельные компоненты программной функциональности.

Следует указать отдельно, что первичные данные, исходные листинги, текст документации и ЭК не могут обеспечить требуемого качества интеграции соответствующего контента в информационное обеспечение информационно-

измерительных систем аэрогеофизического назначения. Требуется принципиально новая форма поддержки указанной интеграции за счет создания баз визуальных программных компонент с различным технологическим интерфейсом взаимодействия и смысловым контентом. Именно системное накопление и практическое применение таких баз позволит добиться локализации рисков интеграции материалов ЭК в состав информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Исходя из описанной концептуальной модели единого технолого-информационного пространства визуальных программных компонент для локализации исследуемых рисков, предложено в рамках алгоритма локализации рисков интеграции ЭК в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент применять единую программно-технологическую платформу визуализации и работы с указанными компонентами кода: модулями, отдельными процедурами, сводными библиотеками функций, базами классов, отдельных объектов визуализации и мульти-медиа-компонент.

Такая единая форма позволяет:

- наглядно отображать спецификацию всех размещенных в базе компонент модулей, функций, классов, отдельных объектов визуализации и мульти-медиакомпонент;
- представлять для каждого элемента библиотеки функций, классов, отдельных объектов визуализации и мультимедиакомпонент его контент-содержание, интерфейс доступа, список входных аргументов с их идентификаторами (способ вызова на отображение), размерности;
- непосредственно в программно-технологической оболочке позволять просмотр функционала каждого из реализованных в базе компонент;
- осуществлять адаптационную корректуру функциональности визуальных программных компонент в технологически предусмотренных пределах и возможностях;
- реализовывать формализованный быстрый синтез текстовых описаний

функций, классов, отдельных объектов визуализации и мультимедиакомпонент, каждый из которых должен содержать: идентификатор компоненты, формат интерфейса доступа, особенности программного кода реализации, примеры интеграции и т.д.;

– выдавать пользователю листинг в исходном программном коде для любой реализованной компоненты с необходимыми комментариями на установленных по выбору разработчика языках программирования.

Такое применение единой программно-технологической платформы визуализации и манипулирования с базой визуальных программных компонент способно эффективно удовлетворить потребности в локализации рисков интеграции ЭК в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения. При этом применение баз визуальных компонент способно радикально повысить надежность, вариабельность и темп разработки средств указанного информационного обеспечения.

Этап 2. Разработка визуализируемых библиотек встраиваемых программных функций на основе объектно-ориентированного подхода к анализу предметной области и проектированию программных систем.

Разработка визуализируемых библиотек встраиваемых программных функций на основе объектно-ориентированного подхода к проектированию программных систем подготовки операторов ИИС АН традиционно реализуется с использованием унифицированного языка моделирования UML [76-78]. В частности, достаточно длительный период времени при разработке программного обеспечения использовался ряд типовых сценариев анализа и синтеза, позволявшие разработчикам лучше понимать требования к создаваемой программно-информационной системе [79]. Такие сценарии, как правило, понимались очень нетехнологично: их часто применяют, но практически никогда не документируют. Сегодня сценарии, которые широко используются при разработке визуализируемых библиотек встраиваемых программных функций, называются вариантами использования. Им придана более высокая значимость и они превратились в один из базовых элементов анализа предметной области и

планирования проекта указанных библиотек. Т.е., вариант использования (Use Case) – это типизированное взаимодействие модели пользователя с компьютерной системой функционирования [80, 81].

На рисунке 3.8 представлены основные диаграммы UseCase- вариантов использования синтезируемой визуализируемой библиотеки встраиваемых программных функций, определяемыми в соответствии с предлагаемой методикой разработки. Диаграммы представлены в нотации UML.

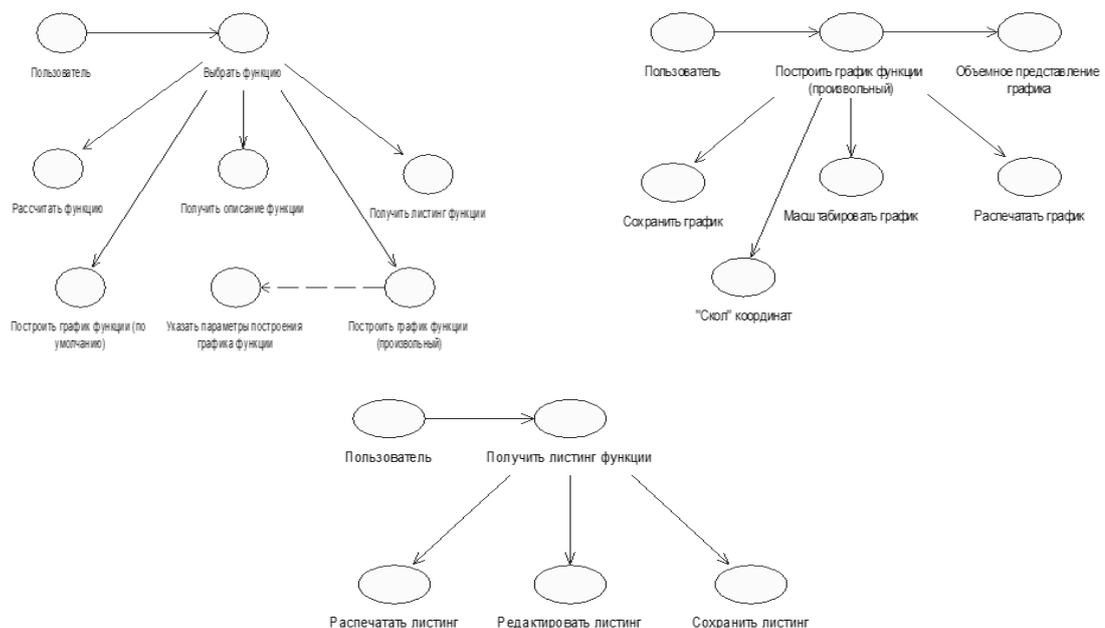


Рисунок 3.8 – Основные диаграммы UseCase-вариантов использования синтезируемой библиотеки встраиваемых программных функций

При построении диаграмм UseCase-вариантов использования синтезируемой библиотеки встраиваемых программных функций следует особое внимание обращать на презентацию в них задач операторов ИИС АН. Также следует учитывать, что представлять надо на таких диаграммах не сами задачи указанного разработчика ИО, а его системные взаимодействия, отражающие: порядок отработки системой пользовательских задач, как таковых. Каждый UseCase-вариант должен быть дополнен вербальным описанием, в рамках которого в стандартизированном формате описываются соответствующие события и взаимосвязь между ними, которые вызываются именно реализацией задачи такого разработчика.

Репрезентация требований к визуализируемым библиотекам встраиваемых программных функций в вышеописанном виде дает возможность уже при анализе и проектировании не только учитывать предъявляемые к библиотеке требования, но и синтезировать варианты соответствующей реализации.

Представленные на рисунке 3.8 диаграммы UseCase-вариантов показывают самый высокий уровень абстракций для репрезентации задач пользователя библиотекой-разработчика информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. Для более низких уровней представления задач разработчика средств ИИС АН тоже применяются диаграммы UseCase-вариантов использования. Их существо заключается в декомпозиции вариантов использования от верхнего до нижнего уровней. Такие диаграммы UseCase-вариантов использования синтезируемой библиотеки встраиваемых программных функций дают базу для полного анализа предметной области и проектирования указанной библиотеки. На этих данных из диаграмм UseCase-вариантов удобно синтезировать основные функциональные блоки программных реализаций ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Ключевым элементом практически всех современных методов быстрого (ускоренного, блочного и пр.) объектно-ориентированного синтеза программных классов и их конкретизированных экземпляров – объектов, согласно [64, 65, 74], являются диаграммы классов. Эти диаграммы применяются для изображения типов объектов синтезируемой программной системы, а также для разного рода типизированных связей между соответствующими объектами. Тогда проектирование классов начинает реализовываться с высшего уровня абстрагирования, на котором естественно с помощью диаграммы классов отобразить тезаурус, свойственный предметной области разработки. В результате становится возможным представление соответствующей диаграммы классов, которая раскрывает взаимосвязь функций основных классов, подклассов проектируемой визуальной библиотеки программных компонент, что показано на рисунке 3.9.

По диаграмме состояний возможно отследить непосредственное участие каждого объекта в соответствующем расчёте. Диаграмма состояний не отображает последовательности операций, через которые строго говоря выполняется расчет, но она дает информацию о тех ресурсах данных, которые для этого подключаются.

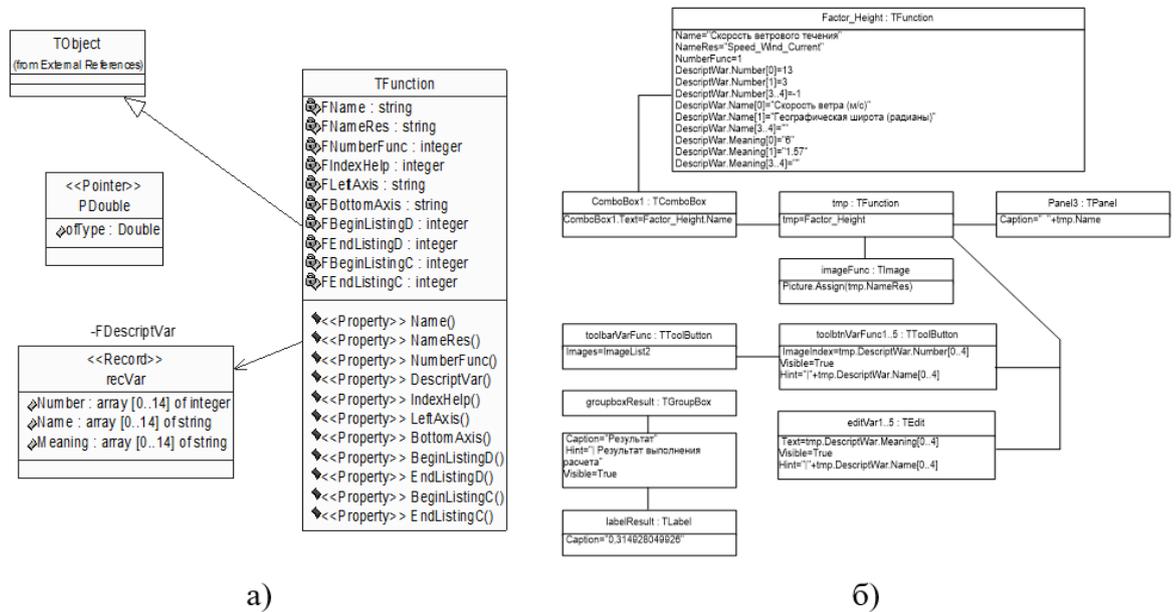


Рисунок 3.9 – Пример представления диаграмм классов (а) и состояний при расчете встроенных функций в нотации UML (б)

В свою очередь, программно-технологическое исполнение визуализируемых библиотек встраиваемых программных функций на основе объектно-ориентированного подхода к анализу предметной области и проектированию программных систем представляет собой непосредственное кодирование самих прикладных функций в поле ранее сформированной многофункциональной компоненты, в виде 1-го исполняемого файла, из которого далее вызываются динамически-подключаемые библиотеки интерфейсного и пользовательского функционала [73, 75]. Такие динамически-подключаемые библиотеки отвечают за отображение данных о реализуемом прикладном функционале (математической формуле расчета), а также обеспечивают выдачу в качестве ресурсов графических изображений всех реализованных прикладных функций и соответствующих им аргументов. Так же, как правило, визуализируемые библиотеки встраиваемых программных функций сопровождаются файлом справочной информации по

реализованным в них прикладным, расчетным функциям и возможностям их быстрой интеграции в более сложные программно-технологические образования.

Этап 3. Разработка подключаемых компонент и их коллекций.

Целью разработки подключаемых компонент и их коллекций (баз) является синтез некоторых программно-технологических форм подключения в CASE-системы прикладного функционала, позволяющих на практике исполнить соответствующий формат визуальной презентации динамически подключаемых библиотек функций и прикладных классов, программных объектов. При реализации этого этапа предлагаемой методики исходными данными выступают логико-алгебраические (математические) модели, совокупности функций с соответствующими описаниями. Также данный этап алгоритма предусматривает наличие самих исходных кодов визуальной оболочки CASE-системы прикладного функционала, применяемой в качестве программно-технологической среды реализации средств ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Базой для реализации этапа разработки подключаемых компонент и их коллекций выступает последовательная декомпозиция предметной области, прикладные функции которой должны быть промоделированы в соответствующих визуальных компонентах повторяемого кода, по основанию «конкретизированная функция». Под указанной декомпозицией по основанию «конкретизированная функция» понимается синтез логико-математических моделей, которые описывают реальные явления моделируемой предметной области.

Основная сложность программно-технологического исполнения подключаемых компонент, как некоторых форматов подключения в CASE-системы прикладного функционала, состоит в разработке вычислительных методов решения прикладной задачи, а также их кодирования. Для реализации третьего этапа предлагаемого алгоритма был исследован ряд моделей визуального представления прикладных частных пользовательских задач подготовки операторов ИИС АН, представленных на UML как диаграмм вариантов использования. По существу, указанное представление прикладных частных

пользовательских задач подготовки операторов ИИС АН позволяет добиться формирования технологических модулей функциональности, ориентированных на использование при интеграционной «сборке» программных систем. По сути, в рамках объектно-ориентированного подхода к разработке программных систем на данном этапе алгоритма предполагается синтез компонент с капсулированным функционалом, по принципу технологий ActiveX.

В результате выше указанного исследования выявлены следующие возможности, которые придаются процессу эффективной разработки ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения:

- достижение принципиально более высоких значений верифицированности и валидированности (надежности) создаваемых программных изделий;

- эффективная, пошагово-модульная проверка работоспособности реализаций прикладных функций средств ИО систем подготовки операторов ИИС АН за счет предоставления автоматизированного механизма их исполнения;

- анализ условий применимости реализаций функций путем проверки наличия средств исследования графика реализуемых математико-логических моделей-функции, относительно областей определения по любому из объявленных аргументов;

- предоставление технологической формы репрезентации прикладных функции, путем включения в оболочку разработки средств просмотра листинга реализации прикладных функций на различных языках программирования для подключаемых библиотек.

В интересах проверки работоспособности предложенного процесса разработки подключаемых компонент и их коллекций (баз) проведена его практическая апробация.

Разработано несколько модулей программного кода на языке программирования C++, которые эффективно интегрированы в состав более сложных проектов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения в среде C++ Builder или других специализированных кросс-

платформенных средах. В частности, на рисунке 3.10 показан пример листинга модуля, описывающего функционал класса, реализующий серию управляющих воздействий для ИИС АН с запросом к оператору, а на рисунке 3.11 дан пример экземпляра такого класса, также инкапсулируемый, как подключаемая компонента (модуль), реализующий серию соответствующих управляющих воздействий на ИИС АН, в ходе которой отправляется сообщение с фиксированными или с изменяющимися по установленной закономерности параметрами.

```
//Диалог с пользователем, з. 5
{
  "type" : "question",
  "description": "Проверка вращения винта 1 в правильном направлении.",
  "text": "Винт1 (средний нижний) вращается по часовой стрелке при взгляде со стороны кормы аппарата?",
  "response": true,
  "message":
  {
    "thruster::Rotate":
    {
      "param1": 1,
      "param2": 2,
      "param2": 3
    }
  }
}
```

Рисунок 3.10 – Пример листинга программного кода, описывающего функционал класса

```
{
  "type": "send", //Серия управляющих воздействий (сообщений), з. 1
  "amount": 1 ,
  "text": "Включение ДРК",
  "message":
  {
    "thruster::On":
    {
      "param1": 1,
      "param2": 2,
      "param3": 3
    }
  }
}
```

Рисунок 3.11 – Пример листинга программного кода, описывающего экземпляр класса

Таким образом, процесс разработки подключаемых компонент и накопления их коллекций (баз) заключается в формировании различных программно-технологических форм, ориентированных на определенные механизмы интеграции в более сложные информационно-измерительные системы аэрогеофизического

назначения, в виде завершенных модулей, файлов, пакетов и пр. с задекларированным интерфейсом программного доступа.

Этап 4. *Разработка компонент-прикладных классов. Формирование программно-технологических основ для сервис-ориентированной программной архитектуры информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.*

В соответствии с методологией объектно-ориентированной разработки программных систем [64, 65] вначале выполняется декомпозиция предметной области, где, как уже говорилось выше, исследуются предметы реального мира, участвующие в решении поставленной задачи. Для этого синтезируются классы согласно [40]. Класс – упорядоченное множество объектов-отображений моделируемой сферы, обобщенных единством (подобием) структуры, поведения и программной интерпретации), модельно представляющие текущую зону исследования. Также синтезируются представления связей - отношений между классами. На базе классов и связей между ними становится возможным программное представление области реализации, как объектно-ориентированное проектирование, с учетом дополнительной разработки служебных классов: классов интерфейса пользователя, классов управления задачами, классов обработки данных и т.п. [77, 78, 80, 81].

Отдельные функции, процедуры, модули и блоки программного кода при объектно-ориентированном подходе к созданию информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения являются фактически многократно применяемыми, т.к. они спроектированы и закодированы в отображении объектов и явлений реальной исследовательской области. Каждый программный класс реализует свой функционал самостоятельно или в совокупности с некоторым количеством соответствующих служебных классов. При этом, фактически, с технологической точки зрения исходный класс не взаимодействует с остальными элементами программной архитектуры. В свою очередь, свойства наследования и полиморфизма дают возможность быстро синтезировать новые классы на основе ранее созданных. Это позволяет добиться возможности многократного

использования прикладных классов, а это, в свою очередь, делает одной из целей любой программной разработки – создание баз прикладных классов, как соответствующих программных компонент кода.

Это программные компоненты, обладающие функционалом применения в составе сред разработки, а также объекты реализующие форматы подключения в рамках сервис ориентированной архитектуры по технологиям JSON и SOAP. Именно поэтому следующим этапом за созданием подключаемых компонент логически следует этап наполнения указанных компонент конкретизированным прикладным функционалом – этап разработки компонент-прикладных классов, формирования программно-технологических основ для сервис-ориентированной программной архитектуры информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. При синтезе рассматриваемых баз основную сложность представляет синтез исходных прикладных классов и их экземпляров – объектов. Современные CASE – платформы для объектно-ориентированного программирования дают возможность сформировать требуемые паттерны программного кода для исполнения той или иной группы классов и объектов, как программного изделия с новой функциональностью [77, 79].

Библиотеки модулей, классов и объектов – базы программных компонент, включающих не только обобщенные и технологические классы, а также и конкретизированные объекты прикладной функциональности способны принести значительные преимущества в плане локализации рисков надежности программно-информационного обеспечения. Указанные базы компонент для повторного использования отлаженного, прикладного программного кода обеспечивают эффективное снижение трудоемкости разработки и рисков отказа программных средств информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, а также повышение итоговой их сложности и надежности.

Соответственно, в интересах проверки работоспособности предложенного процесса разработки компонент-прикладных классов, с формированием программно-технологических основ для сервис-ориентированной программной архитектуры информационно-измерительных систем аэрогеофизического

назначения была проведена его практическая апробация: в частности, было разработано несколько модулей программного кода на C++, которые, реализуя конкретизированный прикладной функционал соответствующего класса, могут быть эффективно интегрированы в состав более сложных проектов систем подготовки операторов ИИС АН в среде C++ Builder или других специализированных кросс-платформенных средах. В частности, на рисунке 3.12 приведен пример листинга прикладного класса, реализующего формат подключения в рамках сервис ориентированной архитектуры по технологии JSON и описывающего функционал класса, реализующего получение параметров по ИИС АН с вычислением осредненного значения.

Таким образом, предложенный технологический подход к разработке программных визуальных компонент - прикладных классов, с формированием программно-технологических основ для сервис-ориентированной программной архитектуры информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, способен обеспечить значимое повышение надежности и безотказности синтезируемых программно-информационных систем для подготовки операторов ИИС АН, а, следовательно, и локализацию рисков интеграции соответствующих электронного контента в состав таких систем, за счет выдачи разработчикам таких систем тематических комплектов реализаций повторно используемого программного кода [82].

Обобщенный алгоритм программного воплощения компонент-прикладных классов включает в себя 5 основных шагов:

1. Выявление свойств исходно-выбранного прикладного класса, доступных для редактирования пользователями компонента в составе базы компонент повторно используемого кода;

2. Реализация в программном коде методов, свойств и интерфейсов, поддерживающих визуальное представление функционала компонента;

3. Заполнение пакета для вновь разработанных программных компонент в составе базы компонент повторного использования кода.

4. Формирование поля входных аргументов, программных событий, на которые у программного компонента должна возникать реагирующее итоговое значение обработки (ответная реакция, возвращаемое значение);

5. Проведение тестирования, верификации и валидации разработанного компонента.

```
{
  "type": "receive",
  "amount": 3, //Приём 3-х сообщений, з. 2
  "text": "Проверка работы ДРК",
  "timeout": 1, //Таймаут приёма сообщений, з. 4
  "message_schema":
  {
    "thruster::State":
    {
      "param1": //Сравнение содержимого с лимитами, з. 3, 6
      {
        "type": "integer", //Пример применения JSON-схемы, з. 7
        "min": 10,
        "max": 20,
        "required": true
      },
      "param2":
      {
        "type": "enum",
        "values": ["on", "off", "error"],
        "value": "on",
        "required": true
      },
      "param3":
      {
        "type": "integer",
        "min": 0,
        "max": 3,
        "value": 1,
        "required": true
      }
    }
  }
  "average_check": //Проверка на среднее параметра param1, з. 3
  {
    "text": "Проверка среднего значения тока",
    "param1":
    {
      "type": "integer",
      "min": 15,
      "max": 19.5
    }
  }
}
```

Рисунок 3.12 - Пример листинга программной реализации JSON-схемы интеграции

Этап 5. *Конкретизация прикладных классов – формирование пакетов экземпляров класса, применительно к специфике задач, реализуемых функций, отображаемого предметного контента.*

Существо данного этапа заключается в конкретизации функций и аргументов классов, введенных на предыдущем этапе методики, путем введения конкретных экземпляров класса, т.е. программных объектов. При этом принято выделять объекты, прописываемые в коде в виде динамически подключаемых библиотек, а также прописываемые в виде исполнимых файлов, с возможностью удаленной инициации работы. При этом в качестве исходных прикладных моделей для таких объектов выступают функционально-полные приложения, которые могут осуществлять информационную связь с другими приложениями. Их применяют, как правило, при необходимости применения компонент из одного программного средства в составе другого.

Для программного воплощения прикладных классов – формирования пакетов экземпляров класса, применительно к специфике задач, реализуемых функций, отображаемого предметного контента реализуется следующий обобщенный алгоритм из 7 основных шагов [83]:

1. Создание прототипа – функционально-полного приложения, которое реализует информационную связь с другими приложениями предметной области;
2. Формирование объекта, как экземпляра соответствующего класса, который берет в себя функциональную нагрузку создаваемой компоненты;
3. Реализация описания базы типов, в которой на метаязыке IDL описываются методы и свойства создаваемой программной компоненты;
4. Выполнение кодирования – программной реализации функциональности компоненты;
5. Проведение компиляции (трансляции) компоненты, далее – регистрации созданной прикладной компоненты в реестре соответствующей базы программных компонент;
6. Создание клиентского, интерфейсного приложения для непосредственного доступа к разработанной компоненте;

7. Проведение тестирования, верификации и валидации разработанного компонента.

Этап 6. Формирование общей сервис-ориентированной архитектуры среды синтеза приложений информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Этап формирования общей сервис-ориентированной архитектуры среды синтеза SOA-приложений для подготовки операторов ИИС АН описывает более сложную ситуацию локализации рисков интеграции электронного контента в соответствующие средства, когда база компонент повторяемого программного кода должна включать все виды классов и объектов, используемых в разработке соответствующих приложений, а клиентская оболочка (платформа) должна позволять синтезировать хранимые на файл-сервере прикладные объекты и инициировать их методы.

Программное воплощение сводной SOA-архитектуры непосредственно связано с прикладной функциональностью, цифровым контентом, программно-технологическими механизмами, представленными как в исходных классах, так и в итоговых визуальных программных компонентах для локализации рисков. При непосредственном проектировании, разработке и кодировании компонент в интересах локализации рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН саму разработку баз визуальных программных компонент следует рассматривать как процесс формирования соответствующей сервис-ориентированной архитектуры платформы для синтеза указанных систем путем переопределения свойств соответствующих компонент повторяемого кода. Тогда, на основании указанной постановки весь сводный процесс локализации рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение систем подготовки операторов ИИС АН за счет баз визуальных программных компонент условно можно разделить на подпроцессы: анализа цифрового контента, предназначенного для включения в исследуемое ИО и синтеза средств исследуемого ИО, с использованием компонент повторно используемого программного кода. Такое разделение позволяет сформировать сводный алгоритм

локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент на основании схемы упорядочивания в базах указанных компонент (рисунок 3.13).

Таким образом, разработанная методика локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент позволяет при системной работе по созданию средств указанного ИО, осуществлять накопление, классификацию и повторное использование ранее разработанного, апробированного, верифицированного и валидированного программного кода (элементов цифрового контента).

Такая методика выступает не только научно-методическим средством быстрого устранения недостатков тех или иных конкретных средств, рассматриваемого ИО, но и инструментом создания соответствующей программно-технологической «инфраструктуры», обозначенным выше как единое технологическое информационное пространство визуальных программных компонент для локализации рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения [83].

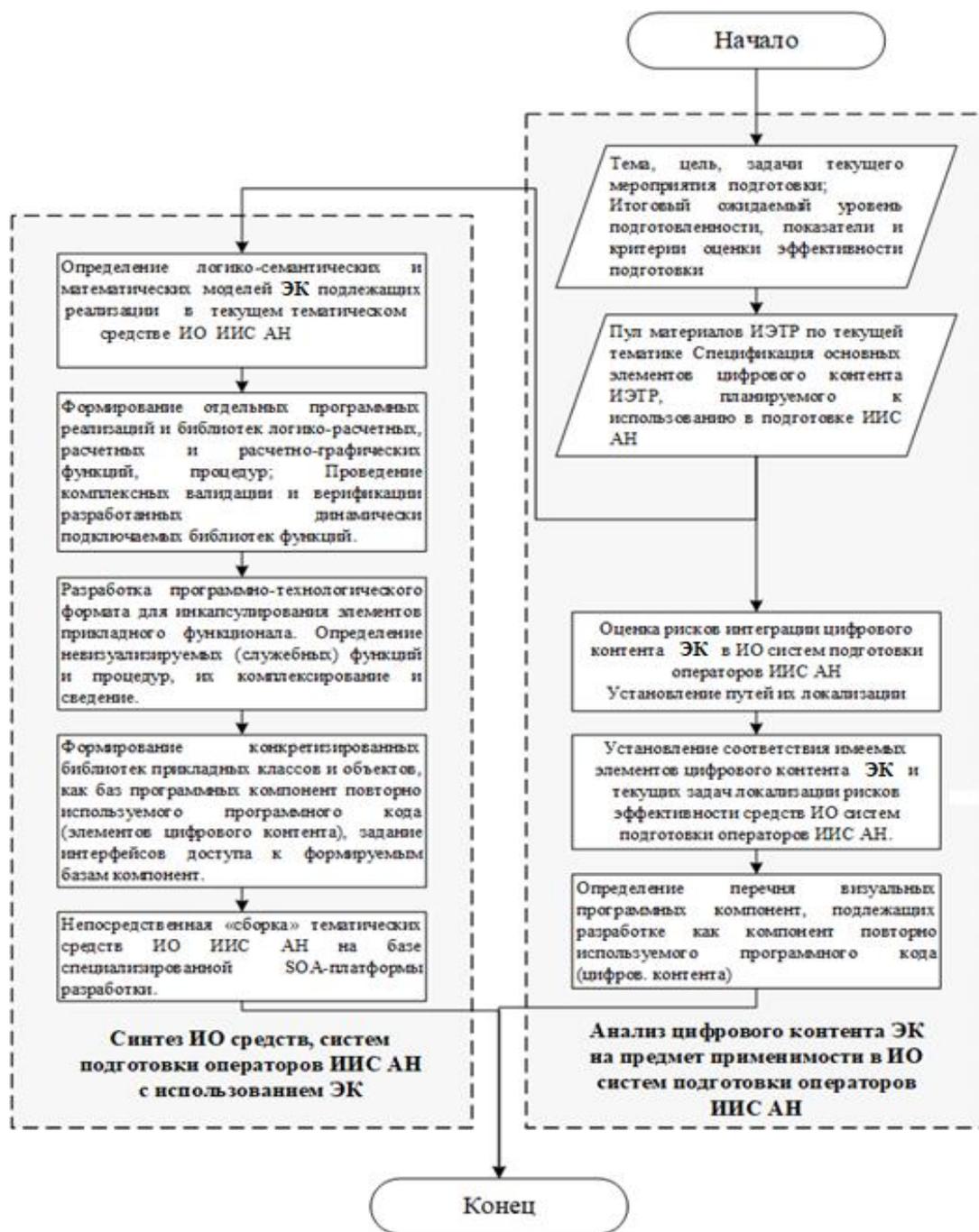


Рисунок 3.13 – Алгоритм локализации рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН за счет баз визуальных программных компонент

При этом предлагаемая методика рассматривается как составляющая и взаимосвязанная часть метода хеджирования рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, что предопределяет её комплексный характер по отношению к остальным составным частям этого метода.

3.3 Разработка алгоритмов хеджирования рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН

Для описания алгоритма хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН рассмотрим последовательность работ по оценке и купированию рисков интеграции ЭК с описанием процесса хеджирования.

Такой процесс выступает базовым алгоритмом получения вывода о регистрируемом уровне интегрального и сводных рисков, а также синтеза рациональной программы их уменьшения [45, 46, 84,85]:

1. Формулирование задачи оценивания рисков;
2. Уточнение номенклатуры критериев риск-оценки;
3. Конкретизация шкал риск-оценивания;
4. Оценивание рисков интеграции ЭК и характера их изменений;
5. Разработка программы хеджирования по результатам анализа риск-оценок;
6. Предметная интерпретация результатов хеджирования.

На первом шаге методики осуществляется:

- анализ компетенций разработчиков из состава команды разработчиков, предметного содержания интегрируемого ЭК;
- анализ текущих целей, специфики используемой технологии риск-менеджмента оценивания принятой номенклатуры РП;
- уточнение избыточного поля идентификаторов РП;
- выявление уровней агрегирования риск-показателей в их древовидной иерархии их агрегации из простых в состав более сложных [86-87].
- формирование организационного плана мероприятий по разработке программно-информационного обеспечения ИИС АН.

На начальном этапе выявления системы РП определяется наличие/отсутствие иерархии риск-показателей оценки интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН [90, 91], синтез которой проводится при

первичной оценке рисков интеграции ЭК в программно-информационное обеспечение ИИС АН.

Для конкретизации шкал риск-оценивания применяются модели количественного представления показателей рисков интеграции в виде лингвистических переменных, задания соответствующих шкал, уточнение математической формы свертки значений риск-оценки по указанным показателям в значение интегрального риск-показателя [92-95].

Используемый при этом логико-математический инструментарий определяется блоками модели итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в программное обеспечение ИИС АН [96-98].

На шаге проведения оценивания рисков интеграции ЭК проводится непосредственное оценивание значений простейших РП интеграции ЭК в значениях из терм-множеств лингвистических переменных вероятности наступления и величины ущерба от снижения качества контента ИО ИИС АН. Реализация этого блока дает значения сводных и интегрального РП.

На этапе анализа итогов риск-оценки, определения программы хеджирования формируется предварительный план хеджирования рассматриваемых рисков.

Этап интерпретации результатов хеджирования включает анализ соответствия программы хеджирования в целом (и её частных мероприятий) физическим и организационно-техническим особенностям предметной области реализации [84].

Именно два завершающих шага задают отличают предложенный алгоритм хеджирования от ранее рассмотренной модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК в ИИС АН.

Обобщенное представление базовой схемы алгоритма хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН дает её сводный алгоритм, показанный на рисунке 3.14 в обозначениях нотации блок-схем алгоритмов [84].

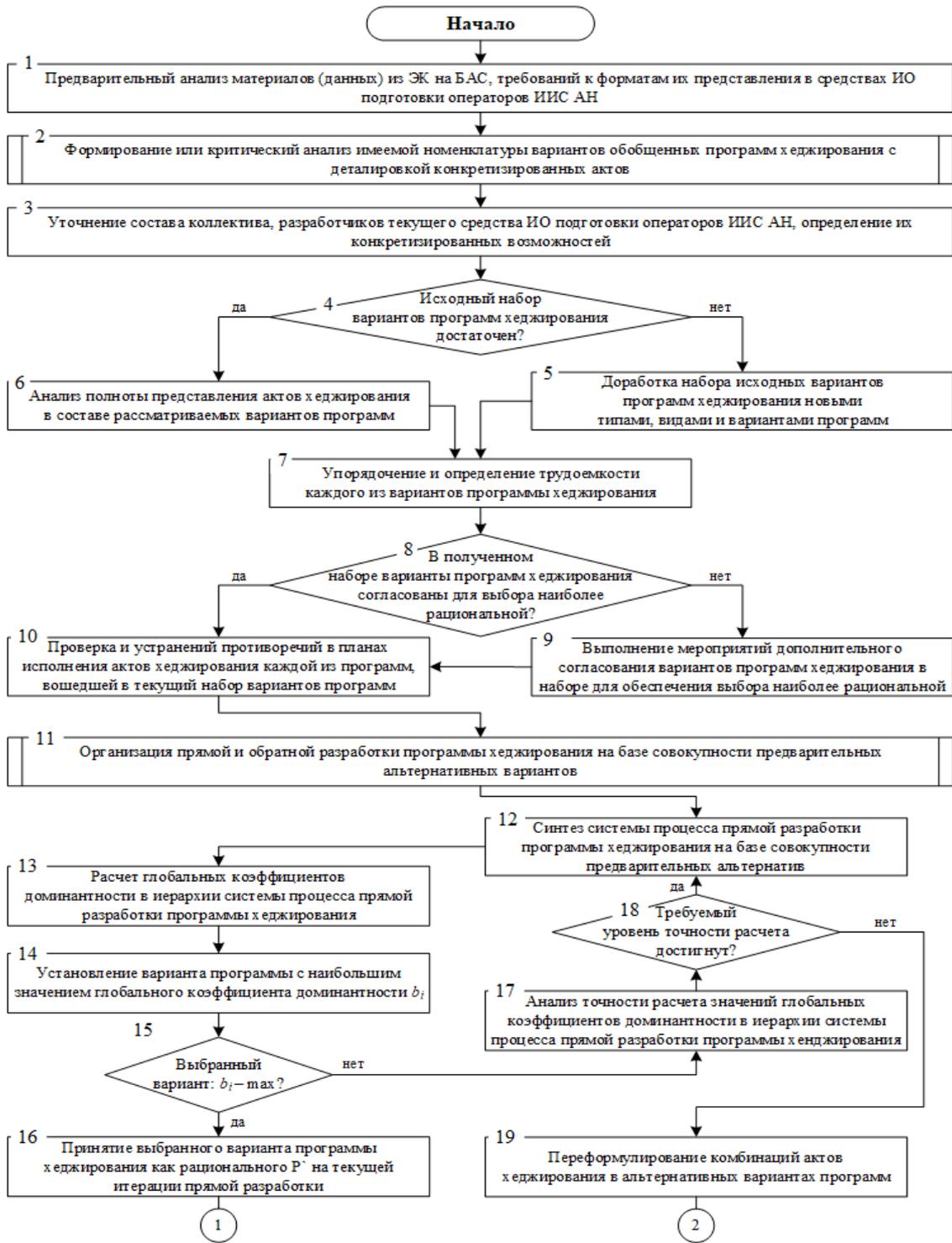


Рисунок 3.14 – Алгоритм хеджирования рисков интеграции электронного контента в ИО ИИС АН (начало)

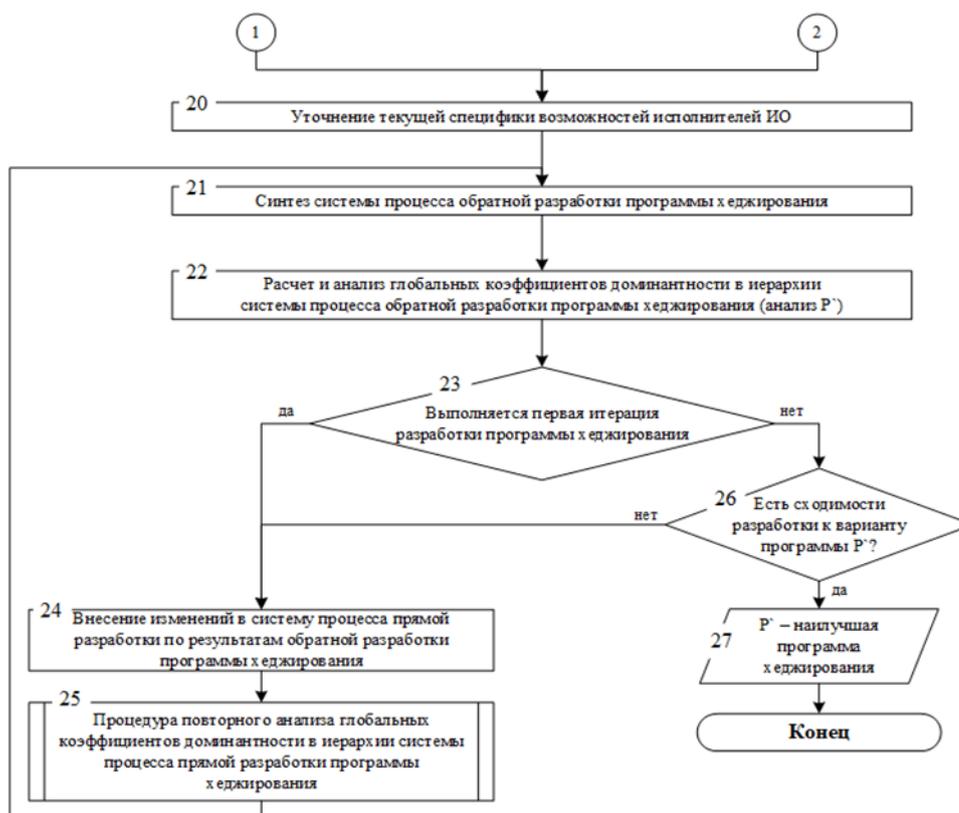


Рисунок 3.14 – Алгоритм хеджирования рисков интеграции электронного контента в ИО ИИС АН (окончание)

Рисунок 3.14. демонстрирует сложность алгоритма хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН, что подтверждает необходимость программной реализации этой процедуры для достижения эффекта её практической применимости.

Предложенный алгоритм хеджирования рисков интеграции ЭК в ИИС АН включает в себя шесть шагов реализации и базируется на модели итеративной оценки рисков интеграции ЭК, рассмотренной в главе 2, но отличается от традиционной модели преобразованием результатов риск-оценки в конкретный план мероприятий хеджирования рисков путем обоснованного выбора, конкретизации предварительно заготовленного варианта программы хеджирования таких рисков [84, 99, 100].

Сложность применения разработанного алгоритма преодолевается за счет создания соответствующего программного продукта для разработки и совершенствования электронного контента ИИС АН (компьютерные обучающие

программы, компьютерные системы интеллектуального тренажа и пр.) в рамках формирования системного единого информационного пространства [99].

3.4 Оценка эффективности результатов исследования

Оценка эффективности результатов исследования осуществлена в рамках вычислительного эксперимента. При этом, ключевая логико-математическая модель указанного вычислительного эксперимента построена на базе математического аппарата теории игр.

Основные исходные данные проведенного диссертационного эксперимента по хеджированию рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН приведены в Приложении В.

Суть эксперимента заключается в противопоставлении интересов участников в части трудозатрат на полноценную организацию эффективного процесса подготовки операторов АПП.

Противопоставление интересов заключается в том, что чем более качественно и адресно разработано средство ИО для ИИС АН, тем выше трудоёмкость его разработки, но тем меньше будут затраты руководителей мероприятий на достижение требуемого уровня личной подготовленности специалистов по управлению ИИС АН. Справедливо и обратное: чем более проще и поверхностно разработаны средства ИО для ИИС АН, тем ниже суммарная затраченная на его разработку трудоёмкость, но тем больше будут затраты руководителей мероприятий для достижения требуемого уровня специалистов.

В силу этого в ходе диссертационного эксперимента использовался математический аппарат биматричных игр, применяемый для моделирования неантагонистических игр, детально описанный в [101–106].

Ценой игры v выступает комплексный параметр суммарной трудоемкости на достижение определенного уровня подготовленности операторов АПП с использованием средств ИО подготовки указанных специалистов, с интегрированными материалами электронного контента:

$$v_{ij} = \omega_1 \tau_i + \omega_2 \tau_j; \quad (3.4)$$

где:

τ_i – оценка трудоемкости разработчиков средств ИО мероприятий подготовки операторов ИИС АН, интегрирующих в свой состав материалы из электронного контента;

τ_j – оценка трудоемкости организации и проведения мероприятий подготовки операторов ИИС АН для достижения требуемого уровня подготовленности за заданный период.

ω_1, ω_2 – коэффициенты вариабельности, выбираемые в ходе эксперимента из Таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Коэффициенты вариабельности, отражающие различную важность компонент в цене игры, согласно (3.4)

№ п/п	Вариант представления важности компонент	ω_1	ω_2	Интерпретация
1	Доминирование важности трудозатрат организаторов (реализаторов) мероприятий подготовки операторов ИИС АН.	0,1	0,9	Более значима компонента τ_2
2	Равнозначность затрат разработчиков ИО и реализаторов мероприятий подготовки операторов ИИС АН.	0,5	0,5	Вариант равно - важности
3	Доминирование важности трудозатрат разработчиков средств ИО подготовки операторов ИИС АН.	0,9	0,1	Более значима компонента τ_1

Значения компонент τ_1 и τ_2 для каждого из 3 вариантов, представленного в таблице 3.2, определяются экспертно-статистическим путем на натуральной шкале оценки [95, 96]:

$$\{0 \div 10\} \in N \quad (3.5)$$

При биматричной игре значение цены игры определяется для различных соотношений τ_1 и τ_2 из матрицы цен, после чего осуществляется переход в игровую

матрицу [101,102]. В результате итоговая игровая матрица, по (3.4), в эксперименте приняла смысловую структуру, показанную на рисунке 3.15. При этом стратегиями игроков в такой биматричной игре являются:

- для разработчиков средств ПО мероприятий подготовки операторов ИИС АН, интегрирующих материалы электронного контента (далее игрок 1): технологические методы и приемы ускоренной разработки указанных средств ИО.
- для организаторов подготовки операторов (далее игрок 2): формы, методы и виды мероприятий подготовки указанных категорий специалистов, реализуемых с использованием средств рассматриваемого ИО.

		<u>Стратегии организатора мероприятий подготовки операторов АПП</u>				
		<i>1.Проведение первичного ознакомления с ИИС АН</i>	<i>2.Формирование знаний по осваиваемой теме</i>	<i>3.Осуществление контроля знаний</i>	<i>4.Отработка первичных навыков</i>	<i>5.</i>
<u>Стратегии разработчиков ИО систем подготовки операторов и эксплуатантов ИИС АН</u>	1.Внедрение текстовых материалов из ЭК в ИО систем подготовки	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{ij}
	2.Использование ЭК как элемента ИО систем подготовки	v_{21}	v_{22}	v_{23}	v_{24}	v_{ij}
	3.Применение массивов текста и гиперссылок из ЭК в средствах ИО систем подготовки	v_{31}	v_{32}	v_{33}	v_{34}	...
	4.	v_{ij}	v_{ij}	v_{ij}

Рисунок 3.15 – Структура игровой матрицы в диссертационном эксперименте

Конкретные значения игровых матриц получены для каждого из вариантов цены игры, выбранного согласно Таблицы 3.2 как:

$$v_{ij} = 0,1 \tau_i + 0,9 \tau_j \quad (3.6)$$

$$v_{ij} = 0,5 \tau_i + 0,5 \tau_j \quad (3.7)$$

$$v_{ij} = 0,9 \tau_i + 0,1 \tau_j . \quad (3.8)$$

Пример итоговой игровой матрицы для варианта (3.7) приведен в Приложении Г. Формирование указанных игровых матриц является результатом получения данных экспертно-статистическими методами, выполненного в ходе диссертационного эксперимента.

Таким образом, в рамках принятой в диссертационном эксперименте биматричной игровой модели разработанный инструментарий хеджирования рисков интеграции электронного контента в ИО ИИС АН выступает средством прогнозирования и уменьшения потерь всех участников процесса взаимодействия разработчиков указанных средств ИО и реализаторов мероприятий подготовки операторов ИИС АН. И тогда, в случае отсутствия у разработчика средств рассматриваемого ИО инструментария хеджирования рисков от интеграции материалов ЭК в указанные средства его, выигрыш по игровой матрице определяется, согласно [102, 107], как:

$$v' = \{v_{ij}\} \quad (3.9)$$

В случае же наличия у разработчика инструментария хеджирования рисков интеграции материалов ЭК в средства рассматриваемого ИО он фактически получает возможность оценки рисков, прогнозирования вариантов негативного развития процесса подготовки операторов ИИС АН, с использованием соответствующих средств ИО, включающих в свой состав материалы ЭК.

В рамках рассматриваемой биматричной игры указанное наличие инструментария оценки и хеджирования рисков рассматриваемой интеграции означает, что разработчик средств ИО для мероприятий подготовки операторов ИИС АН (т.е. игрок 1) выбирает свою стратегию в игре не в условиях полной неопределённости, по критерию (3.9), а оценив риски и спрогнозировав наихудший, наилучший варианты организации процесса подготовки, выбирает стратегию, с наибольшим для него выигрышем, при спрогнозированной стратегии p игрока 2, с ценой игры:

$$v'' = \{v_{iP}\}_i \quad (3.10)$$

Тогда, в рамках диссертационного эксперимента эффект от использования разработанного метода – научно-методического инструментария оценки и хеджирования рисков интеграции цифровых материалов ЭК в рассматриваемые средства ИО, составит разницу в цене игры игрока 1 (разработчика средств ИО систем и мероприятий подготовки операторов ИИС АН) в случаях, когда он действует с указанным инструментарием, и без такового:

$$\Delta v = v'' - v' \quad (3.11)$$

В ходе диссертационного эксперимента было проведено комплексное компьютерное моделирование различных вариантов вышеописанной игры, применительно к вариабельности весовых коэффициентов из Таблицы 3.3. Обобщенные результаты эксперимента представлены на Рисунке 3.16.

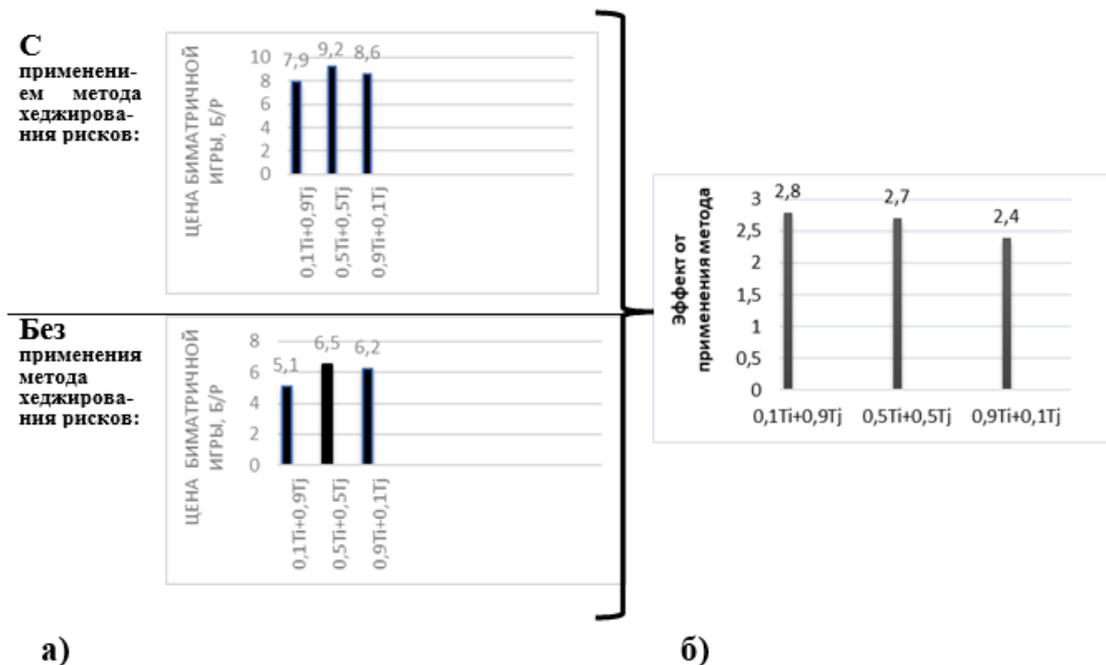


Рисунок 3.16 – Гистограммы цены игры для различного соотношения важности компонент τ_1 и τ_2 : а) Сравнительное представление; б) Значения эффекта от использования метода

Указанные результаты позволяют сделать вывод об эффективности разработанного алгоритма хеджирования рисков интеграции цифровых материалов ЭК в состав ИО ИИС АН. В ходе эксперимента была оценена статистическая

устойчивость указанного результата по t -критерию Стьюдента для малых выборок [107, 108].

Такая оценка статистической устойчивости позволила принять вышеуказанный вывод как значимый.

На качественном уровне оценки эффективности метода хеджирования рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения установлено, что, в целом, предлагаемое научно-методическое средство позволяет добиться следующих новых возможностей:

- количественного контроля (в рамках технологического процесса разработки) рисков снижения качества информационного обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН за счет массивной интеграции в их состав ЭК, как средств оперативного учета развития конструктивных и программных решений авиаробототехники;

- обоснованной разработки стратегии разработки ИО для систем подготовки операторов ИИС АН, обеспечивающей рациональное хеджирование рисков недостаточной целевой эффективности указанных средств;

- формирования на системной основе единого технолого-информационного пространства визуальных программных компонент и компонент цифрового контента, как компонент повторно используемого кода, для обеспечения ускоренной разработки средств ИО для ИИС АН с высокими характеристиками прикладной эффективности, верифицированной и надёжности функционирования;

- качественного совершенствования и автоматизации программно-технологических процессов разработки цифрового контента ИО систем подготовки операторов АПП.

3.5. Выводы по главе 3

1. Базовая схема хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН включает в себя шесть последовательных, обобщенно-

логических шагов реализации. Инструментарий разработанного алгоритма хеджирования включает разработку на основе семантико-логического преобразования результатов риск-оценки интеграции ЭК в ИО ИИС АН конкретного плана мероприятий путем обоснованного выбора, конкретизации предварительно заготовленного варианта программы хеджирования таких рисков.

2. Алгоритм хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН представляет собой последовательность технологическо-системологических актов реализации технических, организационных приемов включения программных и информационных компонент ЭК в архитектуру указанного ИО, которая позволяет избежать принципиально негативного варианта исполнения за счет формирования рациональной ресурсной (информационной, временной, структурной и пр.) избыточности.

3. Алгоритм хеджирования рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН является неотъемлемой частью соответствующего метода хеджирования и позволяет за конечное число шагов-итераций оценки и процессов разработки получить наиболее рациональную программу указанного хеджирования, а как следствие, добиться снижения и страховки рисков при создании информационных автоматизированных средств ИИС АН на базе ЭК.

4. Локализация рисков снижения качества информационного обеспечения ИИС АН есть реализация комплекса программно-технических приемов, компонент отлаженного, верифицированного и валидированного, повторно используемого кода с отработанной функциональностью для достижения требуемого уровня пользовательского качества создаваемых средств информационного обеспечения ИИС АН.

5. Задание системного упорядочивания по всем основным показателям всей совокупности визуальных программных компонент повторно используемого кода фактически вводит единое технологическо-информационное пространство таких компонент, в рамках которого и осуществляется быстрый и системный поиск элементов верифицированного кода для эффективной локализации рисков

интеграции ЭК в информационное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

6. Алгоритм локализации рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН за счет баз визуальных программных компонент позволяет осуществлять накопление, классификацию и повторное использование ранее разработанного, апробированного и верифицированного программного кода. Этот алгоритм является инструментом создания программно-технологической «инфраструктуры», как единого информационного пространства визуальных программных компонент для локализации рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение систем ИИС АН.

7. Обобщенные результаты вычислительного эксперимента по моделированию трех вариантов реализации процесса электронного контента в состав ИО ИИС АН показали статистически значимый эффект от применения разработанного инструментария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя диссертационную работу, следует привести основные научные и практические результаты исследования, выносимые на защиту:

1. Модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в подготовку операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;
2. Алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в подготовку операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;
3. Алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в подготовку операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент.

Указанные научные результаты в своей совокупности образуют новый метод управления рисками интеграции электронного контента в подготовку операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Степень достоверности и новизны полученных положений, выносимых на защиту, определяется результатами исследования предметной области разработки информационного обеспечения, позволившей расширить функциональные возможности информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, а также итогами практического внедрения и широкой апробации указанных положений.

К предложениям и рекомендациям по дальнейшей реализации результатов диссертационной работы следует отнести проработку следующих вопросов:

- 1) Формирование конкретных путей, прикладных форм и методических приемов внедрения разработанного научно-методического инструментария в качестве элемента технолого-программной инфраструктуры поддержки инженера-системотехника, инженера-программиста при проектировании, разработке и совершенствовании электронного контента для обеспечения подготовки

операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения (компьютерные обучающие программы, автоматизированные учебные занятия и учебные курсы, компьютерные системы интеллектуального тренажа и пр.) в рамках формирования системного единого технолого-информационного пространства указанных категорий специалистов;

2) Применение предлагаемого метода как научно-методической основы для синтеза прикладных программных средств автоматизации труда разработчиков электронных образовательных курсов, при решении задач эффективного выявления, оценки и снижения рисков недостаточного качества подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;

3) Широкое внедрение метода в процессы разработки и совершенствования специализированных информационно-измерительных систем подготовки, а также в образовательный процесс учебных заведений, специализирующихся на подготовке специалистов, ориентированных на практическое применение и техническое развитие средств авиационной робототехники.

Таким образом, выносимые на защиту научные результаты являются новыми, достоверными, теоретически и практически значимыми. Они могут быть квалифицированы как научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны, а в своей совокупности, как решение научной задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний. Следовательно, в ходе решения научной задачи разработки метода управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения для расширения их функциональных возможностей, получено три новых и достоверных научных результата. Эти положения, выносимые на защиту, соответствуют формуле специальности 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы.

Внедрение результатов диссертационного исследования АО «Концерн «Моринформсистема–Агат» (г. Москва), АО «Радиоавионика» (г. Санкт-

Петербург), АО «НПФ «Диполь» (г. Санкт-Петербург), а также в учебный процесс и процесс разработки специализированных программно-технических комплексов подготовки операторов информационно-измерительных систем беспилотной робототехники в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова дало практические результаты в виде роста показателей надежности, практической результативности и временной эффективности процессов создания указанных комплексов, что подтверждается соответствующими актами. Предложенный метод и созданные на его основе технологические средства позволяют добиться снижения различных страхующих непрофильных запасов и непроизводственных затрат на 10-20%, а как следствие, добиться общего роста на 15-20% эффективности процесса создания специализированных программно-технических комплексов подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Всё вышесказанное в своей совокупности позволяет утверждать, что сформулированная цель диссертационного исследования достигнута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптев В.В. Российский геофизический рынок. Геофизический Вестник. – 2016. – № 4. – С. 4–8.
2. Никитин А.А. Детерминированность и вероятность в обработке и интерпретации геофизических данных / А.А.Никитин // Геофизика. – 2004. – №3. – С.10–16.
3. Бычков С.Г., Симонов А.А. Эволюция программно-алгоритмического обеспечения обработки и интерпретации гравиметрических материалов // Горное эхо. Вестник Горного института. / г. Пермь. – №2(28). – 2007. – С. 38–42.
4. Кирсанов В.Н., Филимонов В.В. Современные аэрогеофизические комплексы и перспективы их развития. Разведка и охрана недр. – 2003. – №4. – С. 20–23.
5. Ессин С., Костюк А.С. Выбор параметров аэрофотосъемки для картографирования с БПЛА. Информационно-аналитический журнал о землеустройстве, геодезии, картографии и навигации Земельный вестник. –2012. – Вып. 7
6. Костюк А.С. Расчет параметров и оценка качества аэрофотосъемки с БПЛА. Западно-Сибирский филиал «Госземкадастръемка» – ВИСХАГИ./ г. Омск, 2010. – 6 с.
7. Асламов Ю.В., Бабаянц П.С., Глинский Н.А., Зубов Е.И., Мельников П.В. Методические рекомендации по проведению комплексных аэрогеофизических съёмок // Картографическая фабрика ФГБУ ВСЕГЕИ. – СПб. – 2021. – 42 с.
8. Паршин А.В., Цирель В.С., Ржевская А.К. Методические рекомендации по выполнению маловысотной аэромагнитной съемки с применением БПЛА // М.: Изд-во ВИМС, 2018. – 32 с.
9. Коротков В.В, Глинский Н.А., Кирсанов В.Н. и др. Съёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов – новый этап развития

отечественной аэрогеофизики. Российский геофизический журнал. –2021. –№ 53-54. – С. 122–125.

10. Цирель В.С. Аэромагнитная градиентометрия. Достоинства и недостатки / В.С. Цирель // Материалы международной школы-семинара по проблемам палеомагнетизма и магнетизма горных пород/ г. Казань, (2013 г.) – С. 231–236.

11. Аверкиев В.В. Компенсация магнитных помех авиационных носителей / В.В. Аверкиев, И.Ю. Бутова, В.В. Могилевкин // Разведка и охрана недр. – 2001. – N 9. – С. 52–58.

12. Анцев В.Г., Русина А.А., Семенова Е.Г. Базовые направления развития аэрогеофизических приборов. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2025 – Вып. 1. – С. 72–76.

13. Васин М.Г., Попков Д.И. Современные задачи бортовой гравитационной градиентометрии // В кн. Гравиметрия и геодезия (отв. ред. Б.В. Бровар). – М.: Научный мир. – 2010. – 570 с.

14. Бержицкий В.Н., Ильин В.Н., Савельев Е.Б., Смоллер Ю.Л., Юрист С.Ш., Болотин Ю.В., Голован А.А., Парусников Н.А., Попов Г.В., Чичинадзе М.В. Инерциально-гравиметрический комплекс МАГ-1 (GT-1A). Опыт разработки и результаты летных испытаний // Гироскопия и навигация. –2002. – № 3 (38). – С.104–116

15. Могилевский В.Е., Контарович О.Р. Аэрогравиметрия – инновационная технология в геофизике // Разведка и охрана недр. – 2011. –№ 7. – С.7–10

16. Русина А.А., Шалыгин А.С., Петрова И.Л. Распознавание и классификация морских объектов //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1. № 6. С. 304–305.

17. Приходько А.Ю., Аэроэлектроразведка: возможности, состояние и перспективы. Разведка и охрана недр. – 2005. – Вып. 12. – С. 73–79.

18. Русина А.А., Анцев В.Г., Базовые методы аэрогеофизических исследований // Пятая конференция молодежного научно-инженерного центра

для студентов, аспирантов и молодых учёных. – СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. – 260с. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», №124. С. 76-78.

19. Русина А.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Классификация программных продуктов для подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции // Сборник тезисов докладов III Всероссийской молодёжной научной конференции «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП)». СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. С. 28-30.

20. Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н., Шуваева М.К. Современные методы и алгоритмы обработки и анализа комплекса космической, геолого-геофизической и геохимической информации. - М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2012. –320 с.

21. ГОСТ Р 50.1.030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных [Текст] - М.: Стандартиформ, 2001. – 32с.

22. ГОСТ Р 54088 – 2010. Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. Основные положения и общие требования [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 25с.

23. Ивакин Я.А., Потапычев С.Н., Ивакин Р.Я. Оптимизированный алгоритм статистической проверки гипотез ретроспективных исследований на основе геохронотрекинга // Труды учебных заведений связи. – 2020. –Т.6. –№1. – С. 86–93.

24. Ивакин Я.А., Фролова Е.А. Поддержка принятия решений по построению систем эксплуатации авиатехники на базе интерактивных электронных технических руководств и методов компьютерного моделирования. Инновационное приборостроение. – 2022. – Т.1. – № 1. – С. 82–88.

25. Семенова Е.Г., Фролова Е.А., Смирнова М.С. Управление рисками проектов по разработке интерактивных электронных технических руководств

для эксплуатации и ремонта авиационной техники // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Материалы XVI Международной научно-практической конференции: в 2-х т. (Екатеринбург, 2019). – С. 144–147.

26. Русина А.А., Балашов В.М. Информационное обеспечение систем подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции, Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2025. – Вып. 1. – С. 81–90.

27. Русина А.А., Соловьева Н.Л. Регламентирование деятельности организаций высшего образования по проектированию и формированию компетентностно-ориентированных образовательных программ // Управление качеством в образовательных и учебных организациях. СПб.: Изд-во ИМЦ «НВШ-СПб», 2015. – С 131–135.

28. ГОСТ Р 50.1.030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных [Текст] – М.: Стандартиформ, 2001. – 32 с.

29. Фролов Ю.В., Пастухов Е.С. Мониторинг изменений в контент-сетях России с применением самоорганизующихся карт Кохонена // Проектные технологии. – 2022. – № 5. С 21–28.

30. Русина А.А., Бородавкин В.А., Охочинский М.Н., Щеглов Д.К. Формирование компетентностно-ориентированной среды для профессиональной подготовки // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Седьмые Уткинские чтения», 2016. – С. 242-251.

31. Баркалая Г.О. Принципы формирования системы единых критериев эффективности [Текст] / Г.О. Баркалая, В.Г. Милованов, С.К. Свирин // Методы определения состава и оценки боевой эффективности ВМФ: научн.-техн. сб. № 50. – М.: МО СССР, 1991. – С. 9 –19.

32. Русина А.А. Информационное взаимодействие интегрируемых компонент и модулей при разработке программно-информационных средств подготовки операторов информационно-измерительных систем

аэрогеофизического назначения. Сборник статей Международного научного форума «Научный диалог: теория и практика. (Москва, 10 апреля 2025 г.). –Т. 27. – Отв. Ред. Д.Р. Хисматуллин. – М.: Инфинити. – С. 178–184.

33. Русина А.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Информационное обеспечение систем подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции // Сборник тезисов докладов III Всероссийской молодёжной научной конференции «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП)». СПб.: Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. –2025. – С. 178–184.

34. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. – 222 с.

35. Балашов В.М., Русина А.А. Риски модернизации информационного обеспечения подготовки операторов беспилотных авиационных систем. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2025. – Вып. 1. – С. 77 –81.

36. Мирющенко, Н. А. Обзор методов разработки программного обеспечения / Н. А. Мирющенко, Д. А. Мананков, В. А. Малафеев // Вестник новой ЭРЫ : Сборник статей. – Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2024. – С. 115-127.

37. Русина А.А. Представление и оценка рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения на базе мягких вычислений // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2025. – Т. 26, № 2. – С. 202–214.

38. Ноден П., Китте К. Алгебраическая алгоритмика – М.: Мир, 1999. – 719 с., ил.

39. Goodfellow I., Bengia Y., Courville A. Deep Learning. London; Cambridge: MIT Press – 2016. – 802 p.

40. Семенова Е.Г., Ивакин Я.А., Смирнова М.С., Фролова Е.А. Метод многопараметрического оценивания на основе мягких вычислений. Вопросы радиоэлектроники. – 2019. – Вып. 7. – С. 15–30.

41. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++: Издание третье. – М.: Издательство BHV, 2008. – 628 с., ил.
42. Саати Т., К.Кернс Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с., ил.
43. Купиллари А. Мир математики. Трудности доказательств. – М.: Техносфера, 2002г. – 303 с.
44. Окстоби Дж. Мера и категория – М.: Мир, 1974. – 158 с.
45. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 – 2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2020. – 26 с.
46. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2012. – 70 с.
47. ГОСТ Р 51 901.2 – 2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2005. – 74 с.
48. Ноден П., Китте К. Алгебраическая алгоритмика – М.: Мир, 1999. – 719 с., ил.
49. Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра. – М.: Мир, 1976. – 396 с., ил.
50. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2006. – 57с.
51. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристика качества и руководства по их применению [Текст] – М.: Издательство стандартов, 1993. – 129 с.
52. Михайлин Д.А. Нейросетевой алгоритм безопасного облета воздушных препятствий и запрещенных наземных зон [Текст]/ Д.А. Михайлин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2017. – № 4. – С. 18–24.

53. Петрова И.Л., Русина А.А. Интеллектуальные системы в баллистике БПЛА // Мат.докл. Международной конференции «Шестые Окуневские чтения». Том III. СПб., БГТУ, 2008. С. 189-193.

54. Пантелей Е, Гусев Н.А., Воцук Г.Ю., Желонкин А.В. Разработка программно-аппаратного комплекса управления группой беспилотных летательных аппаратов. Труды XX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»/ (Самара, 03-06 сентября 2018.) – Самара: ОФОРТ, 2018. – С. 548-553.

55. Nadler G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. – 1998. –Vol.13. – №.10.

56. Sorokin R. Intelligent Geoinformation Systems for Modeling and Simulation [Text] / R. Sorokin // The International Workshop on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modeling & Simulation (HMS-2003): Proc. – Riga,2003. – P. 395–398.

57. Sorokin R. Application of artificial intelligence methods in geographic information systems [Text] / R. Sorokin, Y. Ivakin // International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS2005): Proc.- St. Petersburg, September 25-27. – 2005. – P. 105–114.

58. 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, databases, and integrated-circuit layouts (RosAPO). – Moscow,1996. – № 960087.

59. Jacobson, G. Situation Management: Basic Concepts and Approaches [Text] / G. Jacobson J. Buford, L. Lewis // International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS2007): Proc. –St.Petersburg. – May 27 – 29. – 2007. – P. 26-34.

60. Owen James Open source rule management [Text] / James Owen. – InfoWord.com, November, 02. – 2006.

61. J.Dobrowski, M.Kulawiak, M.Moszynski, K.Bruniecki, L.Kaminski, A.Chybicki, A.Stepnowski Real-time Web-based GIS for Analysis, Visualization, and Integration of Marine Transport Environment Data / Information Fusion and Geographic Information Systems // Proceedings of the Forth International Workshop. – 2015. – Vol. 1.– P. 277 – 289.
62. M.Codescu, G.Horsinka, O.Kutz, T.Mossakowski, R.Rau DO-ROAM: Activity-Oriented Search and Transport Navigation with OpenStreetMap / GeoSpatial Semantics // Proceedings of the 6th International Conference, GeoS 2015. – 2015. – P. 88-108.
63. Hovanov N.V. Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency [Text] / International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS2009): Proc. – St.Petersburg. – May 21–24. – 2009. – P.51–59.
64. Nadler G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. – 2017. – Vol.13. – №.10.
65. Steve McConnell. Software Estimation: Demystifying the Black Art (Developer Best Practices) – NewYork, MicrosoftPress, 2006. – 610 p.
66. Steve McConnell. Code Complete: A Practical Handdook of Software Construction – NewYork, MicrosoftPress, 2004. – 889 p.
67. Дюваль П.М. Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска [Текст] Дюваль П.М., Матиас С., Гловер Э. – СПб.: Символ. – 2016. – 240 с.
68. Русина А.А. Информационное взаимодействие интегрируемых компонент и модулей при разработке программно-информационных средств подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения // Сборник статей по итогам работы Международного научного форума НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. (Москва, 10 апреля 2025 г.) Том 27. Отв. Ред. Д.Р. Хисматуллин. Москва: изд-во Инфинити. С. 178-184.

69. Software Engineering and Information Assurance CMMI [Электронный ресурс] – электронные данные, URL: <https://www.sei.cmu.edu/research-capabilities/software-engineering-information-assurance/index.cfm> (дата обращения 28.02.2025)
70. Kempe V. Inertial MEMS. Principle and Practice. – Cambridge University Press. – 2011. – 497 p.
71. Sigma Knowledge Engineering Environment [Электронный ресурс] – электронные данные, URL: <http://sigmakee.sourceforge.net>. (дата обращения 03.03.2025)
72. Дородных Н.О., Коршунов С.А., Юрин А.Ю. Концепция подхода к созданию программных компонентов генерации баз знаний на основе трансформации концептуальных моделей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-podhoda-k-sozdaniyu-programmnyh-komponentov-generatsii-baz-znaniy-na-osnove-transformatsii-kontseptualnyh-modeley> (дата обращения: 27.01.2025).
73. Ахо А.В., Лам М.С., Сети Р., Ульман Дж.Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий, 2-е изд.: Пер. с англ. - М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2008. 1184 с. [Aho A.V., Lam M.S., Sethi R., Ullman J.D. Compilers: Principles, Techniques, and Tools. 2nd ed. Addison-Wesley, 2006. 1000 p.]
74. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
75. Waters R.L. Factors Influencing the Noise Floor and Stability of a Time Domain Switched Inertial/ Waters R.L., Fralick M., Jacobs D., Abassi S., Dao R., Carbonari D., Abramov G., Maurer G.// Position Location and Navigation IEEE Symposium – PLANS, 2012. – P. 1099–1105.
76. White F.E. A Model for Data Fusion [Text] / F.E. White // 1st National Symposium on Sensor Fusion: Proc. – 2011.
77. Петрова И.Р., Сулейманова А.А., Разживин И.О. и др. Методология объектно-ориентированного моделирования. Язык UML. Казанский Федеральный

университет. Высшая школа информационных технологий и интеллектуальных систем. Казань: Казанский университет. – 2018. – 79 с.

78. Арлоу Д. UML-2. Унифицированный процесс: практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. 2-е изд. – СПб: Символ-плюс, 2015. – 624 с.

79. Новиков Ф.А. Моделирование на UML. Теория и практика. – СПб: Профессиональная литература. Наука и Техника, 2010. – 156 с.

80. Смирнова М.С. Структурирование требований в задачах многокритериальной оптимизации сложных технических систем. Автоматизация, информатизация, инновация в транспортных системах: Сб. научно-технич. статей – СПб.: СПбГУВК, 2016. – Вып. 1 – С. 36–41.

81. Кравченко М.В., Никитин А.С., Спиридонов С.И. Об унификации обмена данными между разнородными средствами и системами в едином информационном пространстве // I-methods. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-unifikatsii-obmena-dannymi-mezhdu-raznorodnymi-sredstvami-i-sistemami-v-edinom-informatsionnom-prostranstve> (дата обращения: 28.01.2025).

82. Русина А.А. Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение беспилотных авиационных систем // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 1 (121). – С. 224-237

83. Русина А.А. Алгоритм локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрокосмического назначения / А.А. Русина, Е.Г. Семенова, М.С. Смирнова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2025. – №. 3. – С. 127-138.

84. Балашова К.В., Ивакин Я.А., Балашов В.М. Методика хеджирования рисков интеграции интерактивных электронных технических руководств в информационное обеспечение систем подготовки операторов и эксплуатантов беспилотных авиационных систем/Системы управления и обработки информации. – СПб.: АО «Концерн «НПО «Аврора», 2024. – Вып. 1 (64). – С. 55–60.

85. Алексейчик Т. В., Витченко О. В., Грошев А. Р., Сахарова Л. В. Методика определения эффективности цифровых образовательных ресурсов на основе анализа данных и нечеткой логики // Вестник РГЭУ РИНХ. 2019. №4 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-opredeleniya-effektivnosti-tsifrovyyh-obrazovatelnyh-resursov-na-osnove-analiza-dannyh-i-nechetkoy-logiki> (дата обращения: 12.02.2025).

86. 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.

87. Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г., Русина А.А. Исследование возможностей и путей совершенствования структуры информационно-измерительных и управляющих систем в условиях цифровой трансформации // Развитие науки и образования в условиях глобализации и цифровой трансформации: Международная научная конференция. Кыргызстан. г. Бишкек, Издательство Кыргызский Национальный университет им. Ж. Баласагына, 2025. – 247 с. – Библиотека журнала «Вестник КНУ», № 10. С. 165-169.

88. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 1. – М.: ИПРЖР, 2010. – 416 с.

89. Русина А.А., Мажайцев Е.А. Риски использования информационных средств при подготовке операторов беспилотных авиационных систем // Молодёжь. Техника. Космос: труды семнадцатой общероссийской молодёжной науч.-техн. конф. в 4 т. Т. 3. СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. – 247 с. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 110. С. 198–199.

90. Балашова К.В., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Основные подходы риск-менеджмента к выявлению, оценке, хеджированию и локализации рисков снижения качества информационного обеспечения. Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 5. – С. 10–13

91. Печенкин В.В., Королев М.С., Дмитров Л.В. Прикладные аспекты использования алгоритмов ранжирования для ориентированных взвешенных графов. Труды СПИИРАН. – 2018. – №6 (61) – С.94–119.
92. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Текст] - М.: Стандартинформ, 2015. – 57 с.
93. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2012. – 174 с.
94. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2012. – 36 с.
95. Морозов С.А., Ивакин Я.А., Семенова Е.Г. и др. Взвешивание иерархии показателей оценки качества программно-аппаратных комплексов данных // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2017. № 5. С. 136-143.
96. Уразбаев А. Путеводитель по технологиям разработки электронного контента [Электронный ресурс]. URL: <http://www.versionone.com/agilesurveyresults.asp> (дата обращения: 16.11.2024).
97. Software Engineering and Information Assurance CMMI [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sei.cmu.edu/research-capabilities/software-engineering-information-assurance/index.cfm> (дата обращения: 22.11.2024).
98. Степанов, В.О. Применение интеллектуальных систем при управлении рисками программных проектов / В.О. Степанов, О.А. Гущина // Вестник Мордовского университета. – 2017. – Т. 27. – № 2. – С. 250-261.
99. Русина А.А., Балашов В.М., Информационное обеспечение систем подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2025. – Вып. 1. – С. 81–90.
100. Балашов В.М., Русина А.А. Риски модернизации информационного обеспечения подготовки операторов беспилотных авиационных систем. Вестник

Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2025. – Вып. 1. – С. 77-81.

101. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – М.: Гардарика, 1998. – 328 с.

102. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1998. – 208 с.

103. Феллер У. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2. – М.: Мир: Издательство литературы по математическим наукам, 1967. – 523 с.

104. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 122 с.

105. Данилов Н.Н., Иноземцева Л.П. Моделирование динамических биматричных игр в форме задач оптимального управления и их применение в экономике // Вестник СВФУ. 2016. №2 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-dinamicheskikh-bimatrchnyh-igr-v-forme-zadach-optimalnogo-upravleniya-i-ih-primenenie-v-ekonomike> (дата обращения: 02.02.2025).

106. Зенкевич Н. А., Петросян Л. А., Янг Д. В. К. Динамические игры и их приложения в менеджменте: учеб. пособие. - СПб.: Высшая школа. менеджмента, 2009. – 415 с.

107. Воротников В.И., Вохмянина А.В. Метод линеаризующей обратной связи в задаче управления по части переменных при неконтролируемых помехах. Труды СПИИРАН. – 2018. – Вып. 6. – С. 61–93.

108. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ХАРАКТЕРИСТИКИ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ, ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СИСТЕМАХ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ИИС АН

Применение программных технологий виртуальной и дополненной реальности в различных системах подготовки операторов предъявляет принципиально более сложные требования к информационному обеспечению (к представлению контента предметной области в цифровом виде). В силу указанного различают 10 основных моделей структурирования и организации такого обеспечения (таблица А1).

Таблица А1 – Основные модели структурирования и организации информационного обеспечения

№ п/п	Наименование и описание основных характеристик моделей информационного обеспечения	Пример визуализации контента обучения
1	2	3
1.	<p><u>Виртуальное представление геопространства:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - строгое координирование в координатах на земной поверхности (Ш, Д, В); - учет ортодромического характера измерения расстояний; - возможность изменения точки обзора виртуального геопространства; - привязка изображения к одной из принятой моделей Земли (WGS-65, Эллипсоид Крассовского, Уточненный геоид ПА РАН и пр.); - реализация пространственных данных в стандартном формате (SXF, S-57, S-100 и пр.) 	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
2.	<p><u>Визуализация результатов расчетов пространственно-координированных задач:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 3-D визуализация результатов расчетов пространственных зон; - строгое координирование рассчитанных зон в координатах географического театра на земной поверхности (Ш, Д, В); - возможность изменения точки обзора виртуального геопространства географического театра на земной поверхности; - учет пространственных данных по среде, систематизированных в узлах регулярной сетки (GRIB-GRID) 	
3.	<p><u>Пространственная реконструкция конструктивных решений:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечение инженерно-точного воспроизведения конструктива объектов мониторинга; - реализация динамики перемещений в виртуальном пространстве предметной области реконструкции; - глубокая виртуализация при анимации объектов предметной области. 	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
4.	<p><u>Пространственно-временная реконструкция функционального взаимодействия:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечение алгоритмически-сложного процесса интерактивного взаимодействия пользователя с виртуальной технической системой; - реализация механизмов дополненной реальности; - учет возможной ошибочности действий пользователя. 	
5.	<p><u>Простое тактильное очувствление:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - виртуализация и распознавание движений рук, лица пользователя; - формирование базы данных типовых движений манипулирования с органами управления технической системы в виртуальном представлении; - глубокая виртуализация при распознании движений рук, глаз и пр.; - увязывание распознаваемых движений с функционалом в предметной области. 	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
6.	<p><u>Функционально-ориентированное тактильное ощущение:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - моделирование реализации алгоритмов манипуляций с органами управления виртуальных, технических систем и комплексов; - реализация механизмов дополненной реальности применительно к тактильному ощущению при манипулировании; - учет возможной ошибочности действий пользователя. 	
7.	<p><u>Виртуализации однопоточковых манипуляций:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - распознавание единичных действий и их элементов; - ассоциирование действий с функционалом предметной области; - интеграция моделей манипуляций в виртуальное пространство предметной области. 	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
8.	<p><u>Виртуализации многопоточковых манипуляций:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - комплексирование нескольких манипуляций в рамках единой модели действий; - распознавание нескольких действий и их элементов; - ассоциирование нескольких действий с функционалом предметной области; - интеграция моделей манипуляций в виртуальное пространство предметной области. 	
9.	<p><u>Комплексирование пространственно-временной реконструкции функционала и тактильного оцувствления:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - взаимное логико-программное увязывание пространственно-временной реконструкции функционала предметной области и тактильного оцувствления; - комплексная стыковка алгоритмов взаимодействия. 	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
10.	<p><u>Интеграция комплексов пространственно-временной реконструкции функционала и тактильного оцувствления в расчетно-предметную среду:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - программное встраивание комплекса пространственно-временной реконструкции функционала предметной области и тактильного оцувствления в среду инженерно-точного моделирования; - оснащение соответствующими средствами дополненной реальности. 	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

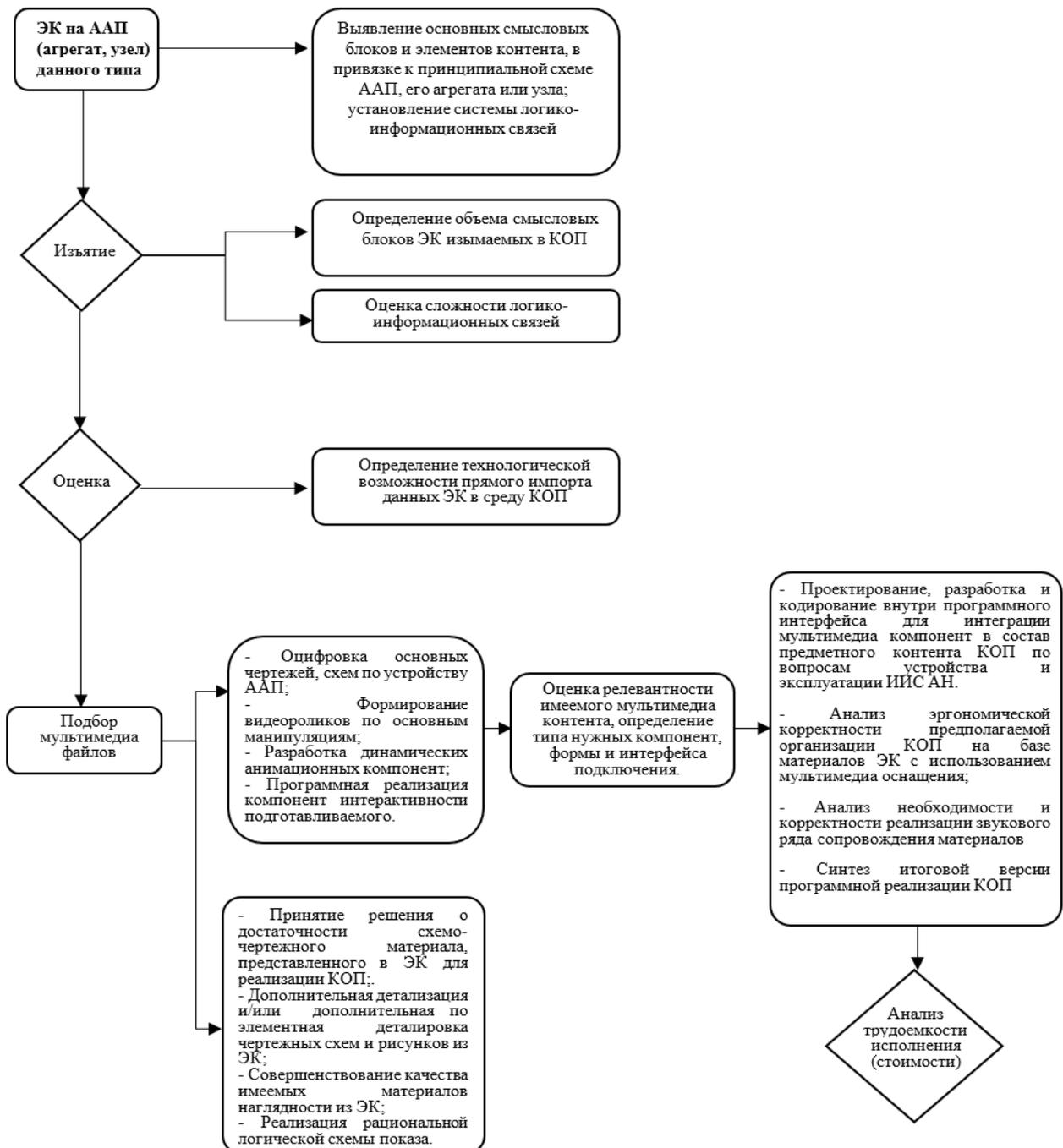
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПО АНАЛИЗУ

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕНОСА ДАННЫХ ЭК В СРЕДУ РАЗРАБОТКИ

КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ (КОП) ДЛЯ

ОСНАЩЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МУЛЬТИМЕДИА

МАТЕРИАЛАМИ



ПРИЛОЖЕНИЕ В
ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОВЕДЕННОГО
ДИССЕРТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ХЕДЖИРОВАНИЮ
РИСКОВ ИНТЕГРАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ЭК В ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИИС АН

1. В ходе диссертационного эксперимента по хеджированию рисков интеграции материалов ЭК в информационное обеспечение ИИС. В качестве исходного был рассмотрен следующий перечень продуктов, используемых при разработке как материалов ЭК БАС, так и указанного ИО. Указанный перечень определяет соответствующие известные риски интеграции технического контента. При определении данного перечня использовались сведения о наличии в избранной выборке примеров (за основу взята база размеченных данных SARD) исполняемых файлов для рассматриваемых коммерческих программных продуктов, содержащих известные технологические уязвимости.

Перечень коммерческих программных продуктов, используемых при разработке как материалов ЭК управления БАС, так и ИО систем подготовки операторов ИИС АН:

- Asterisk 10.2.0;
- Wireshark 1.8.0;
- Open Fire 3.6.0;
- CoffeeMUD 5.8;
- Tree 1.7.0;
- JTree;
- GNU Grep 2.14;
- PostgreSQL 9.2.4;
- Apache Jena 2.11.0;
- Elasticsearch 1.0.0;
- Apache Subversion 1.8.3;

- FFmpeg 1.2.2;
- Gimp 2.8.8;
- Apache POI 3.9;
- OpenSSL 1.0.1e;
- Apache JMeter 2.8
- Wireshark 1.10.2;
- Apache Lucene 4.5.0;
- Apache Lenya 2.0.4;
- WordPress 2.0;
- JSP Wiki 2.5.124-beta;
- Microsoft Windows;
- Microsoft Office.

2. Основные классы рисков (технологических уязвимостей) программно-информационного обеспечения, возникающие при интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН были приняты в рамках диссертационного эксперимента согласно нижеприведенному перечню. При определении данного перечня также использовались сведения о наличии в избранной выборке примеров (за основу взята база размеченных данных SARD) исполняемых файлов для рассматриваемых коммерческих программных продуктов, содержащих известные технологические уязвимости.

Принятый перечень рисков (технологических уязвимостей) программно-информационного обеспечения, возникающие при интеграции ЭК в ИО ИИС АН:

- CWE114_Process_Control;
- CWE121_Stack_Based_Buffer_Overflow;
- CWE122_Heap_Based_Buffer_Overflow;
- CWE123_Write_What_Where_Condition;
- CWE124_Buffer_Underwrite;
- CWE126_Buffer_Overread;
- CWE127_Buffer_Underread;

- CWE134_Uncontrolled_Format_String;
- CWE15_External_Control_of_System_or_Configuration_Setting;
- CWE176_Improper_Handling_of_Unicode-Encoding;
- CWE188_Reliance_on_Data_Memory_Layout;
- CWE190_Integer_Overflow;
- CWE191_Integer_Underflow;
- CWE194_Unexpected_Sign_Extension;
- CWE195_Signed_to_Unsigned_Conversion_Error;
- CWE196_Unsigned_to_Signed_Conversion_Error;
- CWE197_Numeric_Truncation_Error;
- CWE222_Truncation_of_Security_Relevant_Information;
- CWE223_Omission_of_Security_Relevant_Information;
- CWE226_Sensitive_Information_Uncleared_Before_Release;
- CWE231_Relative_Path_Traversal;
- CWE242_Use_of_Inherently_Dangerous_Function;
- CWE244_Heap_Inspection;
- CWE247_Reliance_on_DNS_Lookups_in_Security_Decision;
- CWE252_Unchecked_Return_Value;
- CWE253_Incorrect_Check_of_Function_Return_Value;
- CWE256_Plaintext_Storage_of_Password;
- CWE259_Hard_Coded_Password;
- CWE272_Least_Privilege_Violation;
- CWE273_Improper_Check_for_Dropped_Privileges;
- CWE284_Improper_Access_Control;
- CWE319_Cleartext_Tx_Sensitive_Info;
- CWE321_Hard_Coded_Cryptographic_Key;
- CWE325_Missing_Required_Cryptographic_Step;
- CWE327_Use_Broken_Crypto;
- CWE328_Reversible_One_Way_Hash;

- CWE338_Weak_PRNG;
- CWE364_Signal_Handler_Race_Condition;
- CWE366_Race_Condition_Within_Thread;
- CWE367_TOC_TOU;
- CWE369_Divide_by_Zero;
- CWE36_Absolute_Path_Traversal;
- CWE377_Insecure_Temporary_File;
- CWE390_Error_Without_Action;
- CWE391_Unchecked_Error_Condition;
- CWE396_Catch_Generic_Exception;
- CWE397_Throw_Generic_Exception;
- CWE398_Poor_Code_Quality;
- CWE400_Resource_Exhaustion;
- CWE401_Memory_Leak;
- CWE404_Improper_Resource_Shutdown;
- CWE415_Double_Free;
- CWE416_Use_After_Free;
- CWE426_Untrusted_Search_Path;
- CWE427_Uncontrolled_Search_Path_Element;
- CWE440_Expected_Behavior_Violation;
- CWE457_Use_of_Uninitialized_Variable;
- CWE459_Incomplete_Cleanup;
- CWE464_Addition_of_Data_Structure_Sentinel;
- CWE467_Use_of_sizeof_on_Pointer_Type;
- CWE468_Incorrect_Pointer_Scaling;
- CWE469_Use_of_Pointer_Subtraction_to_Determine_Size;
- CWE475_Undefined_Behavior_for_Input_to_API;
- CWE476_NULL_Pointer_Dereference;
- CWE478_Missing_Default_Case_in_Switch;

- CWE479_Signal_Handler_Use_of_Non_Reentrant_Function;
- CWE480_Use_of_Incorrect_Operator;
- CWE481_Assigning_Instead_of_Comparing;
- CWE482_Comparing_Instead_of_Assigning;
- CWE483_Incorrect_Block_Delimitation;
- CWE484_Omitted_Break_Statement_in_Switch;
- CWE500_Public_Static_Field_Not_Final;
- CWE506_Embedded_Malicious_Code;
- CWE510_Trapdoor;
- CWE511_Logic_Time_Bomb;
- CWE526_Info_Exposure_Environment_Variables;
- CWE534_Info_Exposure_Debug_Log;
- CWE535_Info_Exposure_Shell_Error;
- CWE546_Suspicious_Comment;
- CWE561_Dead_Code;
- CWE562_Return_of_Stack_Variable_Address;
- CWE563_Unused_Variable;
- CWE570_Expression_Always_False;
- CWE571_Expression_Always_True;
- CWE587_Assignment_of_Fixed_Address_to_Pointer;
- CWE588_Attempt_to_Access_Child_of_Non_Structure_Pointer;
- CWE590_Free_Memory_Not_on_Heap;
- CWE591_Sensitive_Data_Storage_in_Improperly_Locked_Memory;
- CWE605_Multiple_Binds_Same_Port;
- CWE606_Unchecked_Loop_Condition;
- CWE615_Info_Exposure_by_Comment;
- CWE617_Reachable_Assertion;
- CWE620_Unverified_Password_Change;
- CWE665_Improper_Initialization;

- CWE666_Operation_on_Resource_in_Wrong_Phase_of_Lifetime;
- CWE667_Improper_Locking;
- CWE672_Operation_on_Resource_After_Expiration_or_Release;
- CWE674_Uncontrolled_Recursion;
- CWE675_Duplicate_Operations_on_Resource;
- CWE676_Use_of_Potentially_Dangerous_Function;
- CWE680_Integer_Overflow_to_Buffer_Overflow;
- CWE681_Incorrect_Conversion_Between_Numeric_Types;
- CWE685_Function_Call_With_Incorrect_Number_of_Arguments;
- CWE688_Function_Call_With_Incorrect_Variable_or_Reference_as_Argument;
- CWE690_NULL_Deref_From_Return;
- CWE758_Undefined_Behavior;
- CWE761_Free_Pointer_Not_at_Start_of_Buffer;
- CWE762_Mismatched_Memory_Management_Routines;
- CWE773_Missing_Reference_to_Active_File_Descriptor_or_Handle;
- CWE775_Missing_Release_of_File_Descriptor_or_Handle;
- CWE780_Use_of_RSA_Algorithm_Without_OAEP;
- CWE785_Path_Manipulation_Function_Without_Max_Sized_Buffer;
- CWE789_Uncontrolled_Mem_Alloc;
- CWE78_OS_Command_Injection;
- CWE832_Unlock_of_Resource_That_is_Not_Locked;
- CWE835_Infinite_Loop;
- CWE843_Type_Confusion;
- CWE90_LDAP_Injection.

3. Основные параметры оценки эффективности применения предлагаемых модели и методик в ходе диссертационного эксперимента основаны на учёте математически-статистических основ оценки полноты и достаточности сформированного исходного, вышеприведенного перечня данных, как наиболее

релевантных функциональным характеристикам параметров, разрабатываемых модели и методик.

Перечень параметров оценки эффективности применения, предлагаемых модели и методик в ходе диссертационного эксперимента включил в себя:

1) апостериорная, т.е. регистрируемая (наблюдаемая в испытаниях) доверительная вероятность истинности частного результата эксперимента, значения численного параметра;

2) априорный уровень вероятности доверительного принятия наблюдаемого значения численного параметра (качественного проявления) при реализации;

3) априорный уровень вероятности доверительного отклонения (несоответствия, непризнания истинности) наблюдаемого значения численного параметра (качественного проявления) при реализации;

4) апостериорное значение вероятности риска некорректного принятия частного результата эксперимента, значения численного параметра (качественного проявления);

5) априорное значение вероятности-дополнения до единицы уровня вероятности доверительного принятия наблюдаемого значения, результата испытания;

6) априорное значение вероятности дополнений до единицы уровня вероятности доверительного отклонения наблюдаемого значения, результата испытания;

7) разрешающий коэффициент, равный отношению значений дополнений до единицы уровня вероятности доверительного принятия наблюдаемого значения, испытания к уровню вероятности отклонения;

8) общее (суммарное) число единичных испытаний (объем испытаний);

9) регистрируемое (учитываемое, апостериорное) число фактов корректной реализации единичных испытаний и успешного принятия наблюдаемого значения, результата каждого единичного испытания, на текущий момент испытаний;

10) регистрируемое (учитываемое, апостериорное) число фактов отклонения, в силу различных причин, наблюдаемого значения, результата каждого единичного испытания, на текущий момент испытаний;

11) предельное (максимально допустимое, пороговое) суммарное учитываемое число фактов отклонения, в силу различных причин, регистрируемого значения, результата каждого единичного испытания, наблюдаемых в процессе испытаний;

12) априорное (директивно заданное, исходное для эксперимента) значение риска некорректного принятия наблюдаемого значения, результата испытания;

13) апостериорное (фиксируемое в ходе эксперимента) значение риска некорректного принятия наблюдаемого значения, результата испытания;

14) априорное (директивно заданное, исходное для эксперимента) значение риска некорректного отклонения при необходимости принятия наблюдаемого значения;

15) апостериорное (фиксируемое в ходе эксперимента) значение риска некорректного отклонения при необходимости принятия наблюдаемого значения.

4. В качестве исходных данных проведенного диссертационного эксперимента по хеджированию рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН использованы данные из достоверных источников информации о рассматриваемых рисках. При этом под достоверными источниками в рамках диссертационного эксперимента понимаются источники сведений об известных рисках, технологических уязвимостях и дефектах информационной безопасности, а также способах оценки и хеджирования данных рисков с целью проведения ускоренного пополнения (разработки) элементов ИО ИИС АН:

- открытые (общедоступные) базы известных рисков, технологических уязвимостей и дефектов информационной безопасности;
- базы, содержащие сведения по механизмам учета рисков подготовки и проведения компьютерных форм специальной подготовки;
- открытые (общедоступные) базы размеченных данных.

Перечень открытых (общедоступных) баз известных рисков, технологических уязвимостей и дефектов информационной безопасности и источников информации представлен в таблице В.1.

Таблица В.1 – Перечень баз известных рисков, технологических уязвимостей и дефектов информационной безопасности и источников информации

Наименование	Ссылка
база данных уязвимостей ФСТЭК России	https://bdu.fstec.ru/vul
NIST NVD	https://nvd.nist.gov/vuln
Chinese National Vulnerability Database (CNNVD)	http://www.cnnvd.org.cn/web/xxk/xmlDown.tag
Ubuntu CVE Tracker	https://ubuntu.com/security/cves
RHEL/CentOS Security Data	https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_security_data_api/1.0/html-single/red_hat_security_data_api/index#list_all_cves
Debian GNU/Linux Security Bug Tracker	https://security-tracker.debian.org/tracker/
IBM X-force	https://exchange.xforce.ibmcloud.com/
AlienVault OTX	https://otx.alienvault.com/api
Abuse.ch (Malwarebazaar, URLhaus)	https://bazaar.abuse.ch/browse/
MISP	https://www.misp-project.org/download/
MITRE CVE List	https://cve.mitre.org/data/downloads/allitems.xml
ICS-CERT Alerts	https://www.cisa.gov/uscert/ics/alerts
CWE	https://cwe.mitre.org/data/downloads.html
MITRE CAPEC	https://capec.mitre.org/data/downloads.html

Перечень баз, содержащих информацию по механизмам (тактики, техники) учета рисков подготовки и проведения компьютерных форм специальной подготовки, в том числе бюллетени безопасности, представлен в таблице В.2.

Таблица В.2 – Перечень баз, содержащих информацию по механизмам учета рисков подготовки и проведения компьютерных форм подготовки, в том числе бюллетени безопасности

Наименование	Ссылка
Metasploit Exploit Database	https://docs.rapid7.com/metasploit/
Vulners Database	https://vulners.com/search
НКЦКИ	https://safe-surf.ru/specialists/bulletins-nkcki
Cisco	https://tools.cisco.com/security/center/publicationListing.x

Наименование	Ссылка
Huawei	https://www.huawei.com/en/psirt/all-bulletins
Kaspersky	https://threats.kaspersky.com/en/threat/
Dr.Web	https://vms.drweb.ru/search/
Positive Technologies	https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/threatscape/

Перечень открытых (общедоступных) баз размеченных данных, использованных в ходе диссертационного эксперимента по хеджированию рисков интеграции ЭК в информационное обеспечение ИИС АН представлен в таблице В.3.

Таблица В.3 – Перечень баз размеченных данных

Наименование	Ссылка
NIST SARD	https://samate.nist.gov/SARD/

Сведения, получаемые из указанного перечня источников, использовались для аналитической обработки и применения при выполнении исследований в рамках диссертационного эксперимента. Вопросы автоматизированного получения сведений из указанных источников не входили в рамки данной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПРИМЕР ИТОВОЙ ИГРОВОЙ МАТРИЦЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Стратег. орган. из. БП спец. ААП		Страт. разраб. ИО		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				Проведение первичного ознакомлени я ИИС АН	Формирован знаний по осваиваемой Теме	Осуществле ние контроля знаний	Отработка первичных умений	Поддержка проведения лекционных занятий	Закрепление умений управления (работ)	Отработка умений в организации процессов	Закрепление навыков управления (работ)	Отработка навыков управления (работ)	Закрепление умений организации действий	Отработка навыков организации действий	Анализ результатов разрешения ситуаций	Экспертиза действий подготовлив аемых
1	Внедрение текстовых материалов ЭК	2,1	1,0	9,4	7,4	3,6	4,3	2,6	5,5	3,4	1,1	4,4	4,3	3,7		
2	Использование ЭК как элемента ИО в целом	3,4	2,2	2,4	8,3	6,7	5,1	4,7	3,1	4,1	2,1	13,7	3,1	4,8		
3	Применение массивов текста и гиперссылок из ЭК в ИО	3,4	9,8	9,4	7,2	5,6	9,7	2,1	3,7	1,4	3,4	7,2	1,4	5,1		
4	Использование мультимедиа компонент из ЭК	7,2	9,1	9,0	8,3	8,4	7,3	5,1	2,7	8,2	5,6	5,2	4,3	2,4		
5	Использование расчетных процедур	3,7	4,2	7,6	6,8	4,2	2,7	2,9	9,2	4,5	4,2	4,2	3,1	2,8		
6	Гранжация чертежей изделия ААП	9,2	7,3	2,3	8,1	5,1	1,7	4,7	3,9	2,9	9,3	2,4	3,7	2,9		
7	Широкое включение программных компонент	3,7	5,1	5,9	6,5	5,1	4,3	5,7	5,2	6,1	3,7	5,6	4,6	6,1		
8	Справочный материал	2,6	9,7	9,6	7,4	6,5	8,9	3,1	9,7	9,2	3,6	4,7	7,4	5,8		
9	Наличие инструмента контекстной поддержки	9,7	3,5	8,1	7,2	3,0	8,1	4,2	9,9	9,1	2,6	3,8	6,7	6,8		
10	Подстройка интерфейса при подготовке	3,6	4,2	7,1	9,0	2,5	3,9	3,8	10,0	9,4	8,1	9,2	5,8	9,6		
11	Передача эвристик, мнемонических правил	8,0	7,5	7,1	8,1	4,1	5,1	1,2	3,0	9,1	9,7	1,2	3,2	2,8		
12	Интеграция фун. компонент	3,1	4,2	3,7	9,9	6,1	10,4	4,1	2,2	6,7	8,4	9,7	6,1	3,8		
13	Интеграция цифрового контента схем	1,3	9,4	8,4	7,1	7,2	1,7	1,2	2,7	9,4	3,1	7,2	6,8	6,7		
14	Использование доп. материала	1,7	2,4	2,9	8,8	6,2	7,1	3,1	9,4	9,2	1,3	8,1	8,9	2,9		
15	Рассмотрение в качестве эталон	9,4	9,1	6,5	8,7	8,3	2,4	4,1	5,9	9,4	2,8	7,3	6,9	5,8		
16	Самоконтроль	1,3	8,7	9,2	8,1	7,9	7,6	4,9	2,1	5,4	8,2	6,2	5,2	3,4		
17	Синтез новых массивов данных	5,2	4,3	9,6	9,1	6,1	5,2	5,4	4,3	9,7	8,3	9,1	7,9	7,3		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

КОНЦЕРН МОРИНФОРМСИСТЕМА-АГАТ

КОРПОРАЦИЯ
МОРСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯАдрес: шоссе Энтузиастов, 29
Москва, Россия, 105275Тел.: +7 (495) 673-4063
Факс: +7 (495) 673-4130ИНН 7720544208
КПП 772001001ОКПО 17597462
ОКВЭД 72.19Интернет-сайт: www.concern-agat.ru
Электронная почта: info@concern-agat.ru

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы РУСИНОЙ Алены Андреевны «Модель и алгоритмы управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

Рабочая комиссия в составе:

Андреева Ольга Николаевна, руководитель научно-методического центра, доктор технических наук, доцент (председатель комиссии)

Сухов Владимир Васильевич, ведущий инженер-конструктор, доктор технических наук (член комиссии)

Зайцев Юлий Владимирович, профессор, доктор технических наук, профессор (член комиссии)

настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационной работы Русиной Алены Андреевны «Модель и алгоритмы управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения»:

- модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы,
- алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы,
- алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент, разработанные Русиной А.А. в ходе выполнения диссертационного исследования, прошли в 2025 году функциональное испытание в отделе научной работы научно-методического центра Акционерного общества «Концерн «Моринформсистема - Агат» и были внедрены в систему программно-информационного обеспечения интегрированных многофункциональных систем управления перспективными кораблями для учебно-тренажерных комплексов.

Оценка результатов внедрения разработанных Русиной А.А. модели и алгоритмов позволяет сделать вывод о потенциальном снижении непрофильных запасов и непроизводительных затрат на 10 – 20 % и, как следствие, повышении эффективности процесса создания специализированных программно-технических комплексов подготовки операторов.

Результаты внедрения рассмотрены на заседании научно-методической комиссии при аспирантуре АО «Концерн «Моринсис - Агат» 15 июля 2025 года (протокол № 08/25 от 15 июля 2025 года).

Председатель комиссии _____ Руководитель НМЦ, д.т.н., доцент
Андреева О.Н.

Члены комиссии _____ Ведущий инженер-конструктор, д.т.н.,
Сухов В.В.

Профессор, д.т.н., профессор
Зайцев Ю.В.





АО «НПФ «Диполь»

197101, Санкт-Петербург, ул. Большая Монетная, д. 16, корп. 45, лит. Я, пом.52

Тел./факс: +7 (812) 702-12-66

ИНН: 7804137537 КПП: 781301001

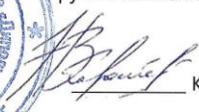
info@dipaul.ru www.dipaul.ru

«УТВЕРЖДАЮ»



Председатель совета директоров

Группы компаний «Диполь»

 Ковалев Н.В.

АКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

результатов диссертационного исследования РУСИНОЙ Алены Андреевны «Модель и алгоритмы управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения», представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 Информационно-измерительные и управляющие системы

Комиссия в составе:

Верецкий Андрей Арсеньевич (председатель комиссии)

Данилов Даниил Евгеньевич (член комиссии)

Шестаков Денис Сергеевич (член комиссии)

настоящим актом подтверждает, что предложенный в диссертационной работе РУСИНОЙ Алены Андреевны новый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы, включающий:

- алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы;
- алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы за счет баз визуальных программных компонент
- модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы;

использован в Акционерном обществе «Научно-производственная фирма «Диполь» при разработке программно-аппаратного комплекса управления производством и организации логистики («К.У.П.О.Л).

Использование разработанных Русиной А.А. метода и реализующих его программных средств на 15-20% повысило эффективность производственной деятельности при использовании автоматизированных рабочих мест и интеграции с системами планирования и учета материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Председатель комиссии


Генеральный директор
Верецкий А.А.

Члены комиссии


Директор департамента разработки ПО
Данилов Д.Е.


Менеджер продукта
Шестаков Д.С.



РАДИОАВИОНИКА

Акционерное общество

Троицкий пр., д.4, лит. Б,
Санкт-Петербург, 190005, а/я 32
т.: (812) 251 4938, ф.: (812) 251 2743
info@radioavionica.ru, www.radioavionica.ru

№ _____



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «Радиоавионика»

А.Ю. Каплин

« 13 » мая 2025 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования РУСИНОЙ Алены Андреевны «Модель и алгоритмы управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения», представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11 Информационно-измерительные и управляющие системы

Комиссия в составе:

Председатель – Степанов Михаил Георгиевич, заместитель генерального конструктора по научной работе, доктор технических наук, профессор,

Члены комиссии:

Калякин Александр Владиславович, директор научно-технического комплекса прикладных информационных технологий, заместитель главного конструктора,

Верещагин Алексей Владимирович, директор научно-технического центра перспективного планирования, кандидат технических наук, доцент,

настоящим актом подтверждает, что новый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения, предложенный в диссертационной работе РУСИНОЙ Алены Андреевны и включающий:

- 2 -

- модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы;
- алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы;
- алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы за счет баз визуальных программных компонент,

использован в АО «Радиоавионика» при разработке программно-аппаратных комплексов для интегрированных систем управления автономными транспортными платформами различного типа и назначения.

Предложенный метод и созданные на его основе программные средства позволили обеспечить снижение трудовых и финансовых затрат на 15-20%, и, как следствие, повысили на 15-20% эффективность процесса создания специализированных программно-технических комплексов подготовки операторов информационно-измерительных систем.

Председатель комиссии



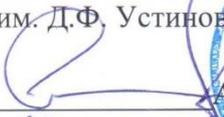
М.Г. Степанов

Члены комиссии




А.В. Калякин

А.В. Верещагин

УТВЕРЖДАЮИ.о. ректора БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова, д.т.н., проф.
А.Е. Шашурин
«27» марта 2025 г.**АКТ**

о внедрении результатов диссертационной работы
Русиной Алены Андреевны на тему «Модель и алгоритмы управления рисками
внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы
аэрогеофизического назначения»

Комиссия в составе: председатель комиссии – проректор по образовательной
деятельности к.т.н., Суслин А.В., декан факультета О «Естественнонаучный»,
к.т.н., доцент Матвеев П.В., и.о. декана факультета А «Ракетно-космической
техники», к.т.н., доцент Левихин А.А., доцент кафедры О7 «Информационные
системы и программная инженерия» к.т.н., доц. Добросельский М.А.

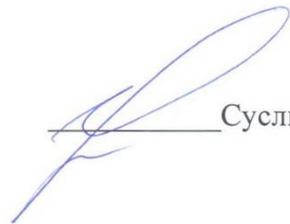
составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы
Русиной А.А. «Модель и алгоритмы управления рисками внедрения
электронного контента в информационно-измерительные системы
аэрогеофизического назначения», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук:

- результаты оценки потенциала развития информационно-измерительных
систем аэрогеоинформационного назначения при внедрении электронного
контента в их информационное обеспечение;
- модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в
информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения,
использованы в деятельности в деятельности федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский
государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова».

Материалы диссертационной работы Русиной Алены Андреевны были использованы в учебном процессе БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова в дисциплинах «Оценка состояния и параметров сложных технических систем» (24.05.02 Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика) и «Управление рисками, системный анализ и моделирование» (15.04.03 Прикладная механика).

Председатель комиссии:

Проректор по образовательной
деятельности, к.т.н.



Суслин А.В.

Члены комиссии:

декан факультета О «Естественнонаучный»,
к.т.н., доцент



Матвеев П.В.

и.о. декана факультета А «Ракетно-космической
техники», к.т.н., доцент



Левихин А.А.

доцент кафедры О7 «Информационные
системы и программная инженерия» к.т.н., доц.



Добросельский М.А.