

На правах рукописи



ГЛУХОВ ГЕННАДИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО
МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ОБЛАСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПРОВЕРОК
МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Специальность 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2020

Диссертационная работа выполнена в Информационно-аналитическом центре Федерального государственного унитарного предприятия Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, действительный член РАЕН
Шапкин Василий Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, первый заместитель Председателя МАК,
Председатель Комиссии по реализации проекта ИКАО-МАК
Рухлинский Виктор Михайлович

доктор технических наук, профессор, заместитель генерального
директора по научной работе и развитию АО «АЗИМУТ»
Соломенцев Виктор Владимирович

Ведущая организация: Государственный научный центр ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»

Защита состоится «28» декабря 2020 г. в 11.00 на заседании диссертационного совета Д 315.002.01, созданного на базе Федерального государственного унитарного предприятия Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации по адресу: 125438, г. Москва, ул. Михалковская, д. 67, корпус 1.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГУП ГосНИИ ГА и на сайте <http://dissovet.gosniiga.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Отзывы на автореферат направлять в двух экземплярах, заверенные печатью организации, на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 315.002.01
кандидат технических наук, ст.н.с.



А.И. Плешаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Соответствие российской нормативной базы в области обеспечения авиационной безопасности (АБ) и безопасности полетов (БП) воздушных судов (ВС) международным стандартам является одним из приоритетных направлений совершенствования государственного регулирования в части разработки свода авиационных правил осуществления гражданской авиационной деятельности.

Основные международные¹ требования и рекомендации в области БП и АБ определены в положениях Чикагской конвенции, стандартах и рекомендуемой практике (SARPs) Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

Основным механизмом эффективного внедрения и обеспечения соблюдения установленных требований ИКАО в части безопасности полетов и авиационной безопасности являются:

1. Разработанная и утвержденная Универсальная программа по проведению проверок организации контроля за обеспечением безопасности полетов (УППКБП) и механизм ее непрерывного мониторинга (МНМ).

2. Универсальная программа проверок в сфере обеспечения авиационной безопасности ИКАО (УППАБ), которая в 2015 году по аналогии с уже действующими проверками в области безопасности полетов эволюционировала в механизм ее непрерывного мониторинга (УППАБ-МНМ)

Подобные механизмы способствуют укреплению безопасности полетов и авиационной безопасности во всем мире путем непрерывного аудита и мониторинга деятельности органов по БП и АБ государств-членов ИКАО. Это достигается, в том числе, благодаря регулярному и непрерывному сбору и анализу информации по деятельности в области БП и АБ.

В ходе проведенного автором диссертации анализа предыдущих проверок ИКАО в РФ, были выявлены определенные недостатки, препятствующие

¹ В рамках СНГ- Соглашение о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства (Минск, 12 - 25 декабря 1991 года)

формированию в Российской Федерации эффективной системы непрерывного мониторинга соответствия отечественной нормативной базы в области обеспечения и контроля за авиационной безопасностью и безопасностью полетов воздушных судов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО.

В целях обеспечения эффективного функционирования на территории РФ УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП необходимо создание системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации (далее Система), способной накапливать, хранить и анализировать данные, касающиеся реализации мер, направленных на повышение АБ и БП. Данная Система должна строиться, исходя из существующей структуры федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, а также отвечать требованиям ИКАО, предъявляемым к государствам в части реализации УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

Создание указанной Системы обеспечит повышение эффективности реализации, как внутренней задачи по контролю соответствия нормативных документов Российской Федерации, регламентирующих функции государства по обеспечению АБ и БП, стандартам и рекомендуемой практике ИКАО, так и внешней в части обеспечения взаимодействия Российской Федерации с ИКАО.

Кроме того, проблема соответствия внутригосударственных нормативных документов документам международным может повлечь за собой неблагоприятные последствия, такие как запрет полетов ВС РФ в европейские страны.

В рамках данной работы рассматриваются подходы к формированию системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации.

Разрабатываемая Система представляет собой совокупность методов, расчетов и баз знаний, включающих экспертные оценки сравнения нормативных правил и рекомендации по принятию решений, и реализована в виде программно-

аппаратного комплекса, состоящего из средств хранения данных и программ для их обработки и анализа.

Степень разработанности темы. Вопросы мониторинга показателей безопасности полетов в достаточной степени проработаны такими авторами, как Г.Н. Гипич, А.Г. Гузий, В.Г. Зубков, И.Г. Кирпичев, Е.А. Куклев, А.М. Лушкин, С.М. Мусин, В.С. Шапкин, В.Д. Шаров, В.Г. Шелковников, и др. Однако применительно к задачам мониторинга в рамках программы проверок организации контроля за обеспечением БП и АБ вопрос проработан в недостаточной степени. Общими вопросами разработки и внедрения механизмов непрерывного мониторинга УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП занимается ИКАО путем создания рабочих групп в соответствующих областях проверок. Материалы работ изложены в соответствующих регулярно выпускаемых бюллетенях, а также стандартах и рекомендуемых практиках ИКАО.

Анализ материалов ИКАО свидетельствует о следующем: документы дают общие сведения о построении глобальной (мировой) системы механизма непрерывного мониторинга по АБ и БП, не учитывается специфика и национальные особенности действующей структуры надзора и контроля за АБ и БП.

Большой вклад в решение практических и прикладных задач механизма непрерывного мониторинга авиационной безопасности и безопасности полетов был сделан и осуществляется В.Б. Чертоком, А.Г. Шныревым и др.

Объект исследования:

Система непрерывного мониторинга соответствия нормативной базы РФ в области обеспечения и контроля за авиационной безопасностью и безопасностью полетов воздушных судов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО.

Предмет исследования:

- требования и рекомендации ИКАО, регламентирующие задачи государства в области Механизма непрерывного мониторинга УППКБП и УППАБ;

- воздушное законодательство и нормативная база Российской Федерации,

регламентирующая задачи государства в области Механизма непрерывного мониторинга УППКБП и УППАБ;

- действующая система сбора, хранения и анализа данных о БП и АБ в рамках механизма непрерывного мониторинга УППКБП и УППАБ.

Цель исследования.

Целью работы является разработка эффективной системы непрерывного мониторинга соответствия нормативной базы РФ в области обеспечения и контроля за авиационной безопасностью и безопасностью полетов воздушных судов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО.

Цель достигается путем решения основных задач:

1. Провести анализ действующей в Российской Федерации системы сбора, хранения и обработки данных в рамках УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

2. Разработать технологию и алгоритмы, позволяющие сформировать в Российской Федерации эффективную Систему непрерывного мониторинга соответствия нормативных документов Российской Федерации в области контроля за обеспечением АБ и БП стандартам и рекомендуемой практике ИКАО в области УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

3. Разработать модель, структуру и функционал Системы.

4. Определить перечень и функции субъектов Системы.

5. Автоматизировать функционал Системы с учетом современных телекоммуникационных технологий.

6. Произвести оценку результативности разработанной Системы.

Методы исследования. В процессе выполнения работы использовались:

- общенаучный метод исследования, основанный на анализе действующей системы сбора и анализа данных и действующей базы нормативных документов Российской Федерации, регламентирующих выполнение в государстве мероприятий по реализации Механизма непрерывного мониторинга Универсальных программ проверок ИКАО.

- метод экспериментально-теоретического уровня – создание модели системы непрерывного информационного мониторинга безопасности

авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации;

- метод обработки результатов исследования: разработка и программная интерпретация алгоритмов обработки информации; разработка системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

- впервые проведены научные исследования по формированию в России организационно-информационной среды, обеспечивающей функционирование системы контроля за обеспечением безопасности авиационной деятельности Российской Федерации в соответствии с требованиями законодательства России и международными требованиями в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП;

- разработаны новые методы и алгоритмы работы системы контроля за обеспечением безопасности авиационной деятельности Российской Федерации в соответствии с требованиями законодательства России и международными требованиями в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

- разработана новая, современная и эффективная модель системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в Российской Федерации в соответствии с международными требованиями в области универсальных проверок международной организации гражданской авиации.

На защиту выносятся:

- научно-обоснованные предложения по формированию системы непрерывного мониторинга соответствия нормативной базы Российской Федерации в области обеспечения и контроля за авиационной безопасностью и безопасностью полетов воздушных судов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО;

- технология и алгоритмы, позволяющие сформировать в РФ систему эффективного взаимодействия федеральных органов власти и других

организаций, участвующих в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов обеспечиваются применением в работе современного математического аппарата, корректным применением достижений в области фундаментальных наук, апробацией результатов исследований.

Личный вклад автора состоит в решении научной задачи по разработке технологии и алгоритмов работы системы контроля за обеспечением безопасности авиационной деятельности Российской Федерации в соответствии с требованиями законодательства России и международными требованиями в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что получены новые данные для дальнейшего развития исследований связанных с обеспечением соответствия стандартов и рекомендуемой практики ИКАО требованиям нормативных документов Российской Федерации в области контроля за обеспечением авиационной безопасности.

Предложена новая эффективная система выявления несоответствий нормативных документов международным требованиям в области авиационной безопасности и безопасности полетов.

Практическая значимость работы заключается в создании эффективной системы контроля за обеспечением авиационной безопасности и безопасности полетов как на государственном уровне, так и на уровне международного сотрудничества Российской Федерации с ИКАО в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.

Практическая значимость диссертационных исследований подтверждается актами результатов внедрения в подведомственных организациях Министерства транспорта Российской Федерации.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы внедрены в Министерстве Транспорта Российской Федерации, Федеральной службе по надзору в сфере транспорта, Федеральном агентстве воздушного транспорта, АО «Вертолеты России», ПАО «Аэрофлот – Российские авиалинии»,

АО «Авиакомпания «Сибирь» и др.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы докладывались: на секции Ученого совета ФГУП ГосНИИ ГА; на секции научно-технического совета Министерства транспорта Российской Федерации «Государственная политика в области гражданской авиации и аэронавигации»; в рамках работы Регионального форума "Развитие деловой авиации в южных регионах России" (г. Геленджик); на Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию гражданской авиации «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества» (г. Москва).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом по специальности 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта п. 3. «Разработка методов повышения эффективности эксплуатации воздушных судов, их функциональных систем и комплексов, наземных средств обеспечения исправности и работоспособности авиационной техники»; п.7. «Совершенствование методов и средств управления и планирования, повышения эффективности деятельности авиапредприятий, механизации и автоматизации процессов эксплуатации воздушного транспорта»; п. 16. «Разработка методов и средств информационного обеспечения процессов управления эксплуатацией авиационной техники».

Научные результаты диссертационной работы использовались и реализованы:

Результаты работы реализованы и используются членами рабочих групп по авиационной безопасности и безопасности полетов при Межведомственной комиссии по делам ИКАО.

Разработанная система используется в следующих организациях и ведомствах: Минпромторг России, МВД России, МЧС России, Росаэронавигация, Росавиация, Ространснадзор, Представительство Российской Федерации при ИКАО, ФГУП ГосНИИ ГА, ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», ФГУП АГА, а так

же в других организациях в сфере гражданской авиации и авиационной промышленности.

Публикации. Научные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 работах, в том числе 2 публикации в изданиях, входящих в международную систему цитирования «Scopus», 2 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 1 публикация в материалах международной научно-технической конференции, 2 публикации в иных научно-технических изданиях, 1 патент на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и трех приложений. Материалы диссертации изложены на 183 страницах машинописного текста. В диссертации представлены 36 таблиц и 32 рисунка. Список литературы включает 46 российских и зарубежных источников. Основная часть работы изложена на 153 страницах машинописного текста.

Во введении приведено обоснование актуальности исследований и определены: объект и предмет исследования, основные методы, цели и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы, а также сформулированы основные положения и результаты, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу состояния безопасности полетов и авиационной безопасности.

Рассмотрены показатели безопасности полетов на мировом уровне и проведено сравнение их с показателями Российской Федерации. Данные использованы из интегрированной системы анализа и отчетности по тенденциям безопасности iSTARS ИКАО.

Анализируя относительные показатели безопасности полетов в Российской Федерации за 10 лет и сравнивая их с мировыми показателями (рисунок 1), стоит отметить, что в России, несмотря на сравнительно малую интенсивность полетов,

наблюдаются хаотичные увеличения показателей авиационных происшествий и катастроф на 1 миллион вылетов.

Такое неравномерное распределение может быть связано с недостаточно проработанным системным подходом к задаче контроля за обеспечением безопасности полетов в Российской Федерации. Имеющиеся в ИКАО инструменты и методики для определения уровня безопасности полетов используются не в полном объеме, что замедляет процесс повышения уровня безопасности полетов и минимизирует возможности прогностического управления этим процессом.

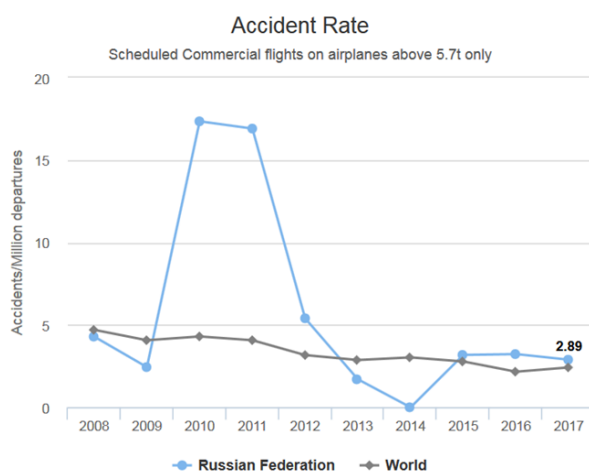


Рисунок 1. Количество авиационных происшествий на миллион вылетов в Российской Федерации и в мире за период с 2008 по 2017 годы

На данный момент механизм непрерывного мониторинга в рамках универсальной программы проверок ИКАО, внедренный и применяемый в РФ, находит свое применение только в качестве инструмента для реализации Меморандума о взаимопонимании (МОВ) между Международной организацией гражданской авиации и Российской Федерацией в отношении механизма непрерывного мониторинга в рамках Универсальной программы проверок в сфере обеспечения безопасности полетов.

Вместе с тем, использование принципов и методик механизма непрерывного мониторинга универсальных проверок ИКАО в рамках задачи внутреннего аудита и контроля за обеспечением безопасности полетов позволило

бы за достаточно короткий срок сформировать в стране систему прямого взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, ответственных за нормативно-правовое обеспечение процесса контроля за безопасностью полетов, и поставщиков обслуживания.

В первой главе так же проведен анализ показателей авиационной безопасности. Количество актов незаконного вмешательства (АНВ) в Российской Федерации на протяжении 30 лет остается на высоком уровне (рисунок 2).

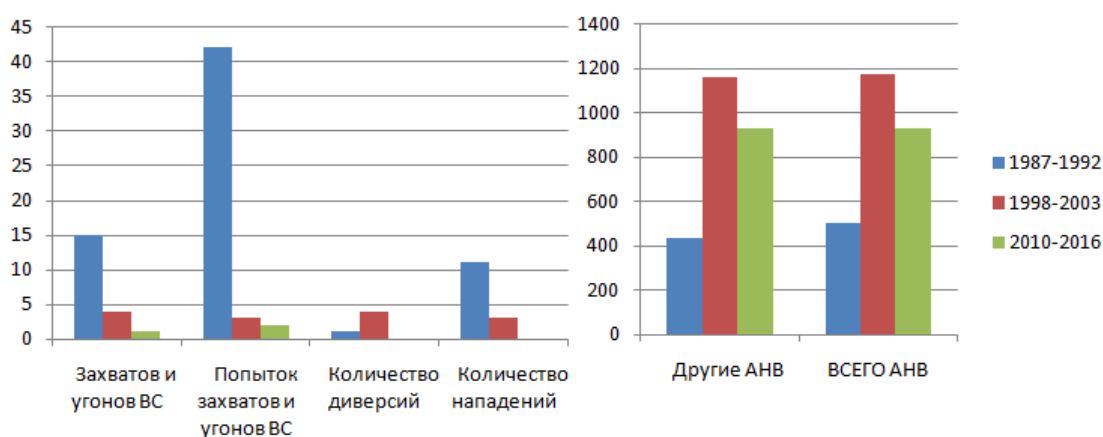


Рисунок 2. - Количественная характеристика АНВ (совершенных в РФ в период с 1987-2016 г.).

На высоком уровне остаются количество попыток несанкционированного проникновения на объекты воздушного транспорта. По сравнению с международной статистикой в РФ сохраняется на высоком уровне количество попыток нападений на объекты ГА, а общее количество зарегистрированных АНВ в Российской Федерации превышает аналогичные данные ИКАО больше чем в два раза.

В целях обеспечения эффективного участия в работе УППАБ-МНМ и МНМ-УППКБП необходимо на государственном уровне сформировать систему, способную выявлять и устранять несоответствия национальной нормативной базы в сфере контроля за обеспечением авиационной безопасности и безопасности полетов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО. Внедрение такой Системы обеспечит наличие в государстве постоянно действующего экспертного сообщества специалистов в области обеспечения авиационной безопасности и безопасности полетов, что, в свою очередь, может гарантировать эффективное

участие Российской Федерации в реализации Глобального плана обеспечения авиационной безопасности и безопасности полетов ИКАО, а также обеспечит повышение эффективности работы соответствующих рабочих групп при Межведомственной комиссии по делам ИКАО в задачах реализации УППАБ-МНМ и МНМ-УППКБП в Российской Федерации.

Вторая глава посвящена анализу действующей системы сбора, хранения и анализа данных в рамках механизма непрерывного мониторинга универсальных программ проверок ИКАО в Российской Федерации.

Проведен анализ соответствия воздушного законодательства Российской Федерации в области МНМ УППКБП и УППАБ-МНМ требованиям международных стандартов ИКАО.

В результате проведенного анализа автором определен перечень документов Российской Федерации и ИКАО, затрагивающих вопросы обеспечения авиационной безопасности и безопасности полетов. Для каждого документа определен информационный статус, характеризующий степень возможного его применения в рамках функционирования МНМ УППКБП и УППАБ-МНМ в Российской Федерации.

В результате анализа отмечена тенденция деятельности ИКАО по сближению областей «безопасность полетов» и «авиационная безопасность».

Автором проанализирована действующая система сбора, анализа и обмена данными в рамках МНМ УППКБП и УППАБ-МНМ в Российской Федерации.

В ходе изучения действующей системы сбора, анализа и обмена данными в рамках МНМ УППКБП в Российской Федерации определились отдельные недостатки, такие как технологические, организационные и нормативные. Это могло привести к несвоевременной подаче национальным координатором требуемой ИКАО информации в онлайн систему МНМ ИКАО, а так же к возможному искажению этой информации, что могло негативно повлиять на обязательства РФ в отношении выполнения пунктов МОВ и негативно повлиять на результаты проверок ИКАО в рамках механизма непрерывного мониторинга Универсальной программы проверок в сфере обеспечения безопасности полетов.

Проведенный автором анализ предыдущих проверок ИКАО показал, что самостоятельные и несогласованные с национальным координатором действия экспертов по переконвертации и редактированию шаблонов вопросников привели к тому, что предоставляемые экспертами ответы могли неоднозначно трактоваться из-за возможности предоставления ответов в вольном стиле, выходящем за рамки предопределённых шаблоном вариантов ответов. Отдельная разновидность проблем возникает при обновлении шаблонов вопросников со стороны ИКАО.

Выявленные в ходе анализа недостатки препятствуют формированию в Российской Федерации эффективной системы непрерывного мониторинга соответствия нормативной базы РФ в области обеспечения и контроля за авиационной безопасностью и безопасностью полетов воздушных судов стандартам и рекомендуемой практике ИКАО и определяют необходимость ее создания.

В результате исследований, проведенных автором во второй главе, разработана модель системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности, включающая в себя такие области МНМ как безопасность полетов и авиационную безопасность. Реализация разработанной модели Системы обеспечит повышение эффективности выполнения задачи по контролю соответствия нормативных документов Российской Федерации, регламентирующих функции государства по обеспечению АБ и БП, стандартам и рекомендуемой практике ИКАО, а так же обеспечит возможность проведения внутригосударственного аудита полноты и актуальности отраслевой нормативной базы в этих областях.

Третья глава диссертации посвящена разработке системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации.

Для создания эффективной системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок

Международной организации гражданской авиации субъекты в лице федеральных органов исполнительной власти, поставщиков обслуживания должны работать Системе, обеспечивающей единый формат данных и актуальную информацию в рамках МНМ УППКБП и УППАБ-МНМ. Структура Системы представлена на рисунке 3.

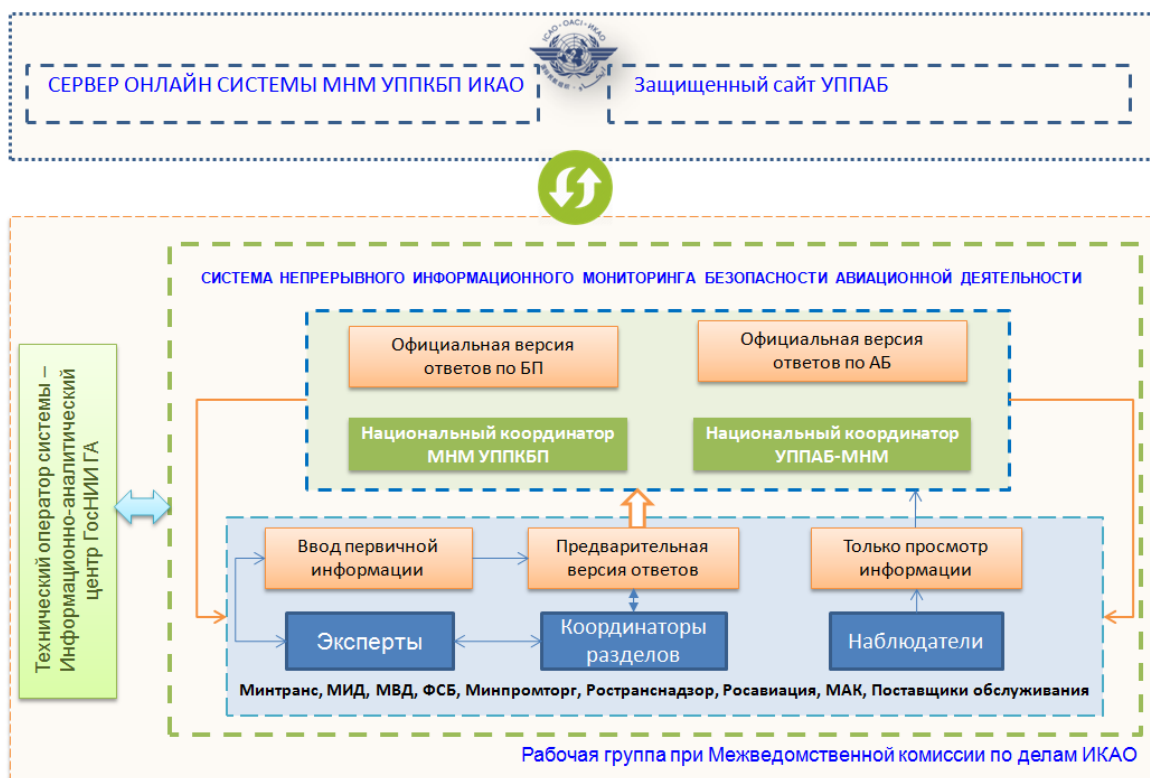


Рисунок 3 - Структура системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации

Основным методом взаимодействия между координаторами, экспертами и национальным координатором в своих областях проверок является дискуссионный метод общения при помощи разрабатываемой Системы. Предметом дискуссии может быть групповое обсуждение проблемных вопросов ИКАО. Метод группового обсуждения способствует уяснению каждым участником собственной точки зрения, а в случае расхождений мнений, выявлению проблемных вопросов и выработке консолидированного решения.

Участники Системы в единых форматах в онлайн режиме вводят необходимую информацию и вырабатывают консолидированные решения.

В ходе анализа стандартов и рекомендуемой практики ИКАО в вопросах МНМ ИКАО применительно к задаче построения и ввода в практическую эксплуатацию Системы определен функционал, достаточный для эффективной реализации в Российской Федерации задач МНМ УППКБП и УППАБ-МНМ.

В результате анализа, проведенного во второй главе, определены функции для каждого участника Системы, а так же процесс сбора и обработки необходимой информации.

Для решения задачи по распределению нагрузки с национального координатора на других членов рабочих групп в структуре (рисунок 3) автором диссертации предложена системная роль «координатор раздела». Это обеспечило переход от сложившейся двухуровневой иерархии к трехуровневой (эксперты → координаторы → национальный координатор, см. рисунок 4).

Автором диссертации разработаны дополнительные разделы и функции, например: интеграция библиотеки нормативных документов РФ ГА; дополнительный столбец вопросника ВП для списка нормативных документов РФ (для возможности проведения внутренних аудитов); требования к подсистеме уведомлений.

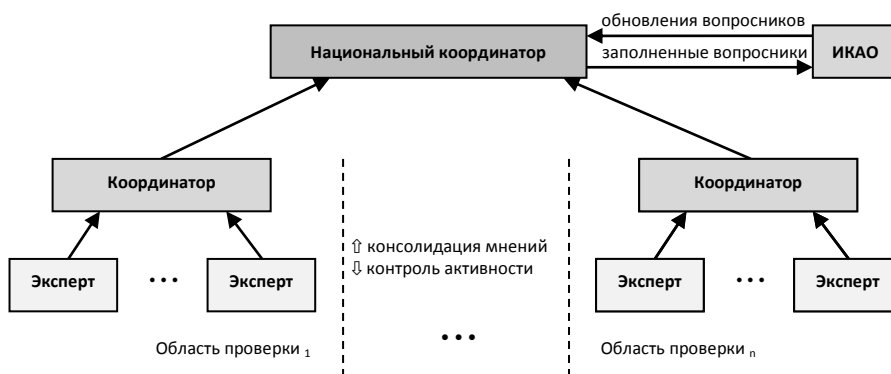


Рисунок 4. Новая модель взаимодействия экспертов, координаторов и национального координатора.

Для организации информационного обеспечения функционирования Системы выбрана архитектура информационной Системы.

Внедрение информационной системы повысит пороговое количество участников Системы, работу которых можно эффективно организовывать и координировать. А увеличение числа привлечённых экспертов повысит точность и достоверность получаемой от них информации, и, как следствие, повысит эффективность функционирования всей Системы в целом.

Разрабатываемая Система построена на основе вопросников ИКАО, с добавлением функционала, позволяющего вводить и актуализировать ответы в многопользовательском режиме, анализировать ответы экспертов и слаженность их работы, разграничивать доступ к разделам Системы, обеспечивать информирование участников Системы с целью координации их деятельности.

Интерфейсы ввода и редактирования данных максимально приближены к табличным вопросникам ИКАО, что облегчает освоение экспертами Системы и позволяет национальному координатору лучше ориентироваться в передаваемых в ИКАО данных, получив возможность визуально сверять бумажные копии вопросников с экраным представлением ответов в информационной системе.

При сохранении внешнего вида, схожего с документом MS Word, веб-интерфейс редактирования вопросников, за счёт своей интерактивности, может служить инструментом для многопользовательской работы над вопросником, предоставляя координаторам и национальному координатору возможность просмотра по каждому вопросу всех вариантов предоставленных ответов и предоставление своего консолидированного ответа. Так же необходимо предусмотреть режим, который будет удобен для считывания официальных ответов национального координатора во время проверки ИКАО.

В ходе исследований определена необходимость интеграции Системы с Центральной нормативно-методической библиотекой гражданской авиации (ЦНМБ ГА), что позволило обеспечить поиск, подходящих в качестве подтверждения ответов документов, прямо в поле ввода ответа эксперта. Интеграция ЦНМБ ГА с вопросниками позволила устанавливать связи между ответами и нормативными документами, а это, при наличии в базе данных Системы связей между ответами и предоставившими их экспертами, позволит

оповещать экспертов о необходимости пересмотра или подтверждения связанных с этим документом ответов в случае изменения документа (принятия поправок/дополнений) или его статуса. Для этого автором предложено снабдить Систему подсистемой уведомлений, использующей различные каналы оповещения пользователей.

Замена упоминаний ссылками производится либо путём выдачи пользователю, предоставляющему ответ, в момент его сохранения автоматически сгенерированного списка похожих документов из числа имеющихся в ЦНМБ ГА; либо, если похожие документы не найдены, отправкой поручения оператору ЦНМБ ГА. Алгоритм замены упоминаний ссылками представлен на рисунке 5.

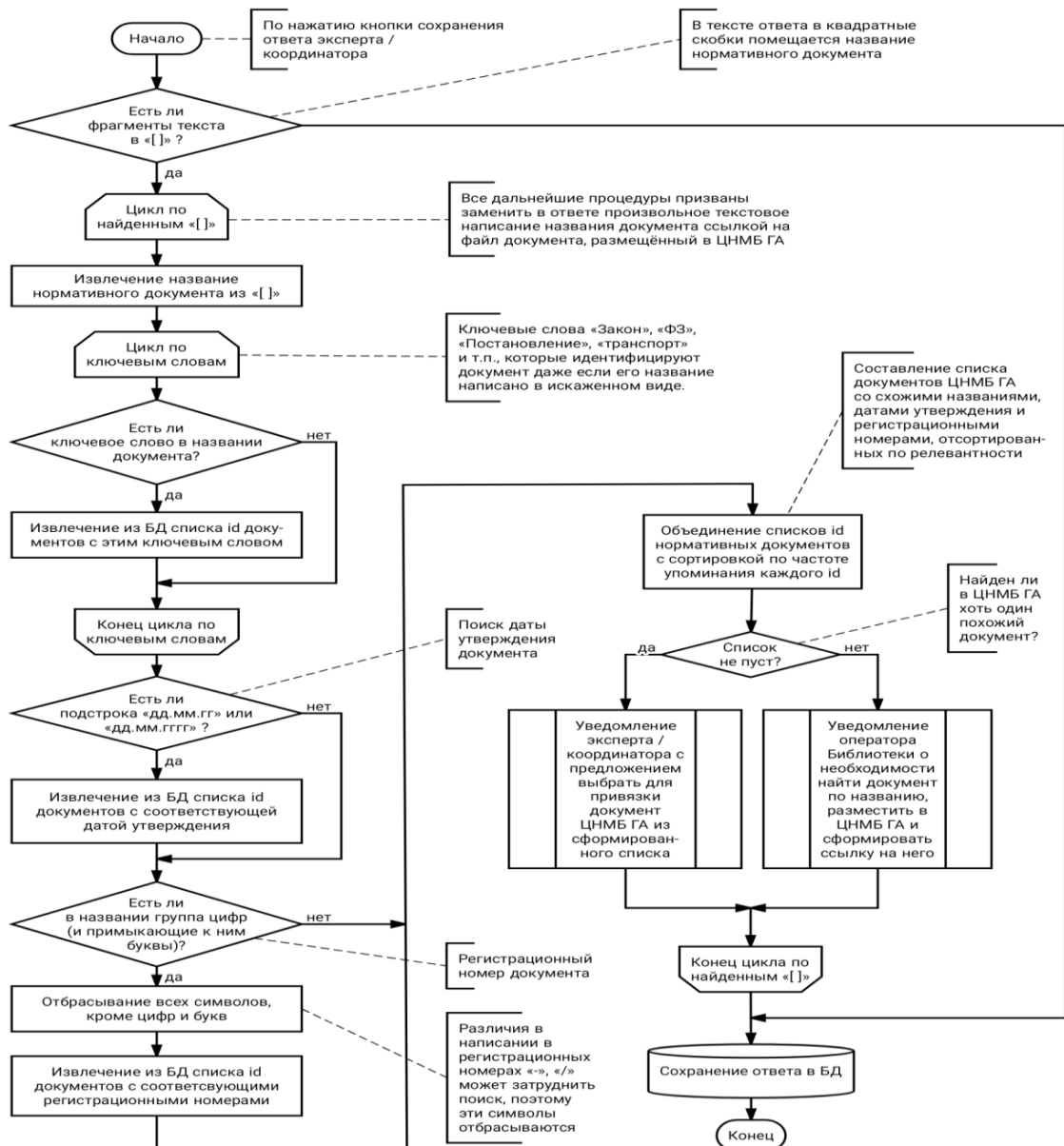


Рисунок 5. Обработка ссылок на документы в ответах экспертов

Проведена разработка структуры, обеспечивающей реализацию подсистемы визуализации статистики по ответам экспертов в рамках УППАБ-МНМ (рисунок 6).

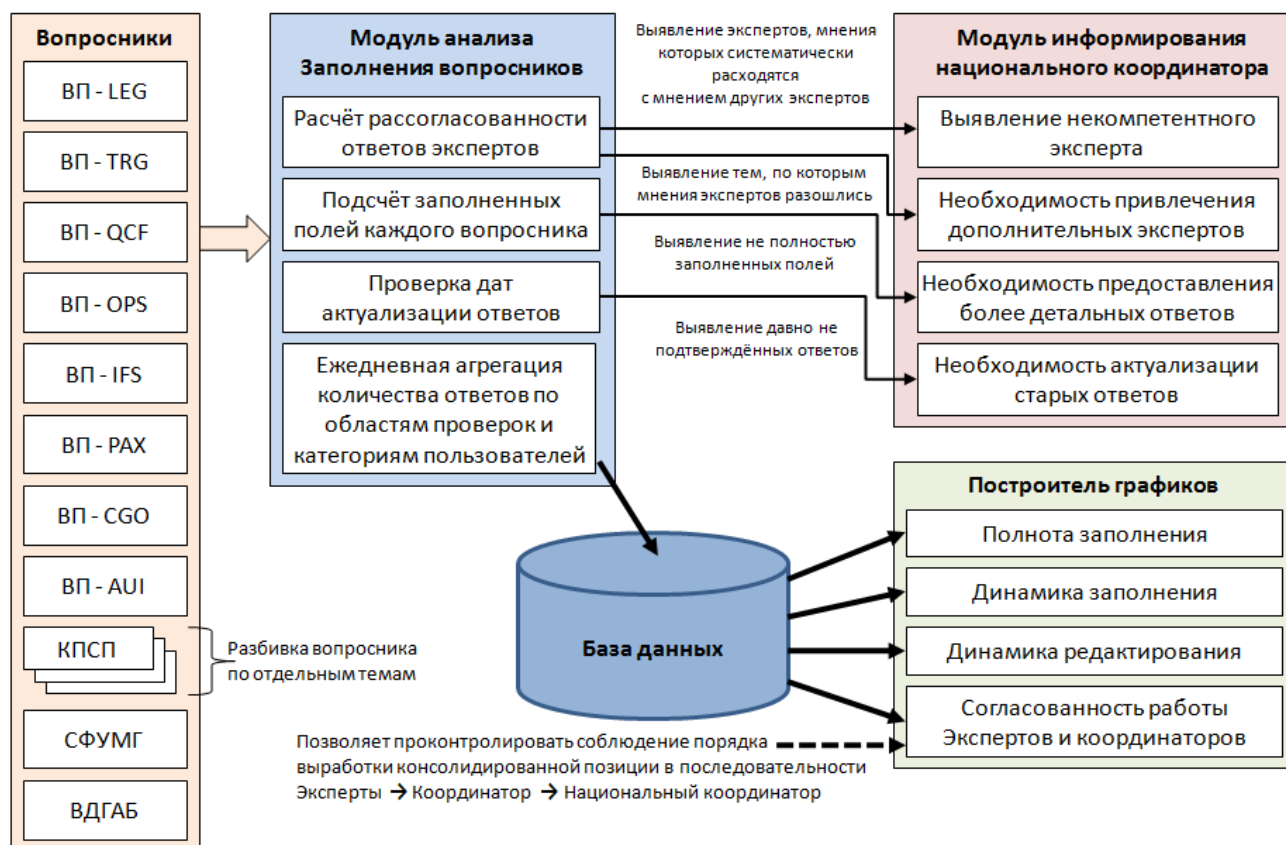


Рисунок 6. Структура подсистемы визуализации статистики

Разработана схема взаимодействия всех участников Системы непрерывного мониторинга соответствия нормативных документов РФ стандартам и рекомендуемой практики ИКАО, схема которой приведена на рисунке 7.

Поскольку в информационной системе хранится информация, доступ к которой необходимо ограничивать из соображений безопасности, особое внимание при реализации ИС уделено средствам авторизации и разграничения доступа. Пользователям предоставляется возможность просматривать только ту информацию, допуск к которой они имеют в соответствии со своими должностными регламентами, и редактировать только информацию по тем темам, в которых они компетентны.

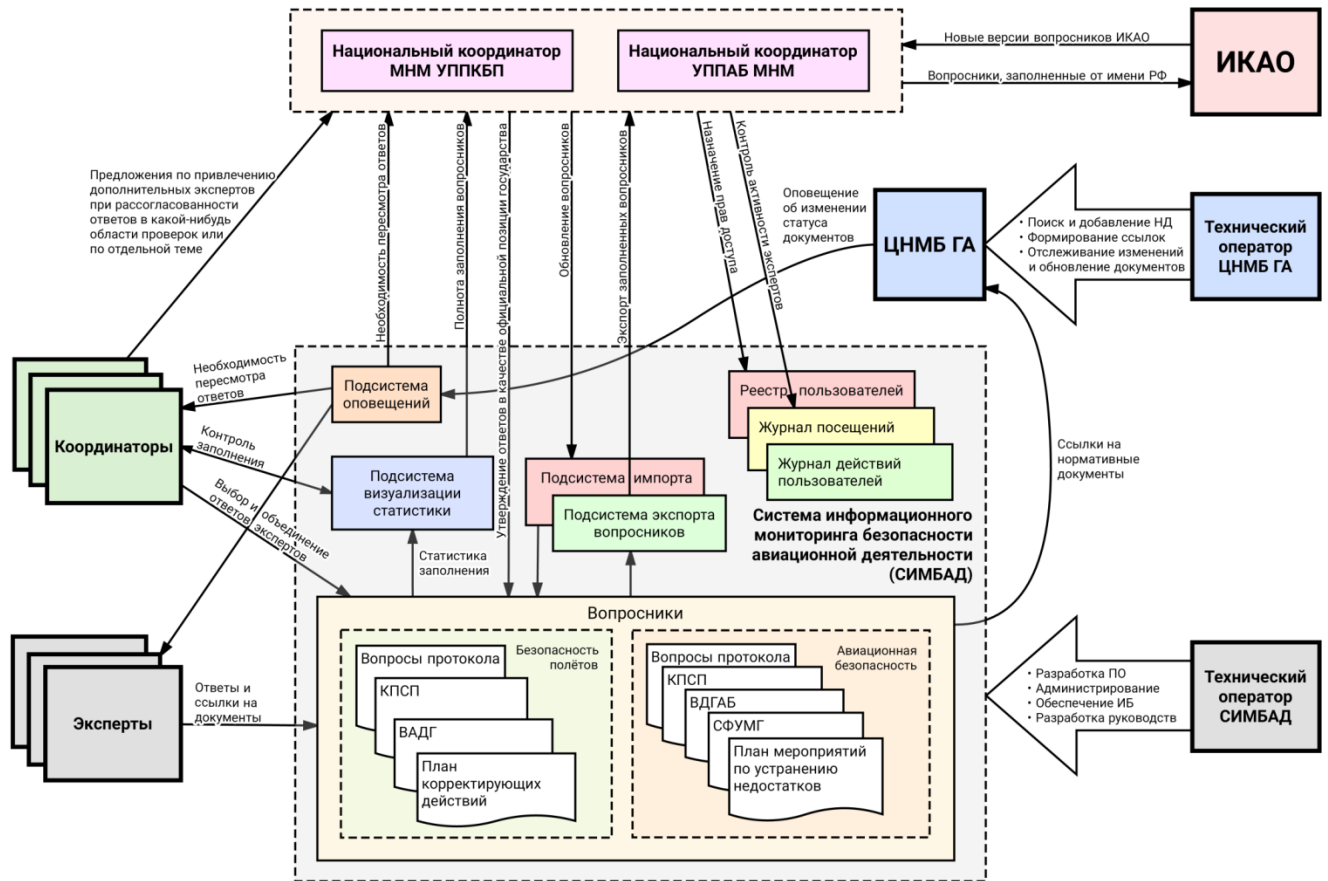


Рисунок 7. Схема взаимодействия участников системы непрерывного мониторинга соответствия нормативных документов РФ требованиям SARPs ИКАО

Разработана структура базы данных Системы, которая содержит 44 таблицы, условно разделенные по функциональному назначению на шесть групп. Структура базы данных и взаимосвязи таблиц представлены на рисунке 8.

Разработанная Система представляет собой веб-приложение, которое состоит из страниц четырёх типов:

- 1) титульной, предлагающей выбор из ВП, КПСП, ВДГАБ, СФУМГ, Библиотеки, Статистики и Администрирования;
- 2) авторизации (по логину и паролю предоставляются права доступа в конкретный раздел);
- 3) выбора документа (например, для ВП это область проверок);
- 4) заполнения и редактирования ответов.

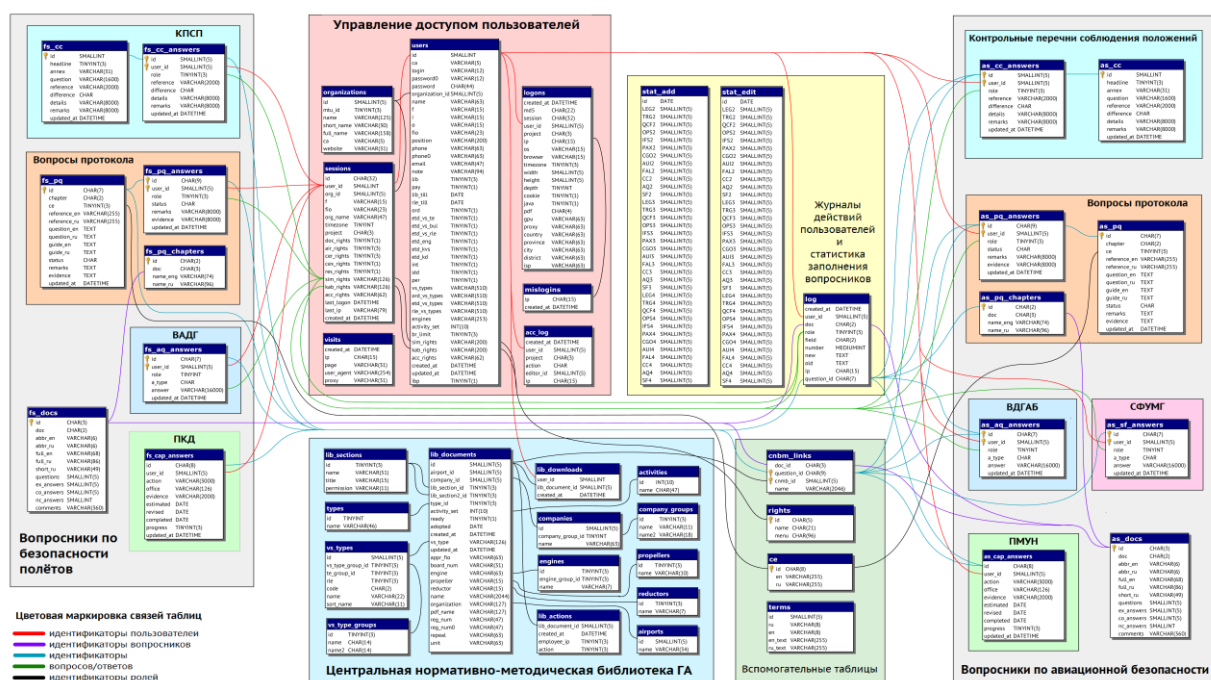


Рисунок 8. Структура базы данных Системы

Для удобства работы с вопросом и в целях разграничения доступа в соответствии с компетенцией пользователей разделы оригинального вопросника ИКАО разнесены на девять страниц по областям проверок.

Режим «Компактно», разработанный автором диссертации, создан для удобного просмотра официальных ответов национального координатора во время прохождения проверок ИКАО.

Соискателем проведен анализ требований к выбору архитектуры информационной Системы. Оптимальным техническим решением выбрана клиент-серверная архитектура, основанная на центральном сервере. В качестве клиентского программного обеспечения используются стандартные интернет-браузеры. Система реализована как веб-приложение, программный код которого загружается с веб-сервера, интерпретируется и выполняется в браузере. В целях обеспечения защиты данных от перехвата и подмены предлагается использовать протокол HTTP совместно с протоколом криптографической защиты транспортного уровня TLS.

В качестве серверного программного обеспечения были выбраны: операционная система Debian GNU/Linux; система управления базами данных MariaDB; веб-сервер Apache; фреймворк Ruby on Rails.

Для обеспечения требуемого уровня надёжности все серверные компоненты были сконфигурированы для работы в виртуальной среде на отказоустойчивом кластере центра обработки данных Информационно-аналитического центра ГосНИИ ГА. Это обеспечило возможность оперативного копирования и восстановления всей информационной системы целиком, а также быстрого переноса её на резервный физический сервер в случае отказа основного. Использование платформы позволило задействовать единую систему авторизации, разграничения доступа и учёта посещений. Преимущества такого технологического решения описаны в диссертации.

Соискателем определен способ, который позволяет максимально точно воспроизвести формат оригинального вопросника и свести к минимуму требуемое количество загрузок вопросника в онлайн систему ИКАО в процессе отладки ПО.

Реализованный автором функционал Системы, способен обеспечивать эффективный контроль за авиационной безопасностью и безопасностью полетов Российской Федерации в задачах МНМ-УППАБ и МНМ УППКБП как на государственном уровне, так и на уровне международного сотрудничества Российской Федерации с ИКАО. Кроме того, Систему можно рассматривать как инструмент проведения внутренних аудитов по выявлению недостатков в области БП и АБ.

В четвертой главе проводится тестирование и практическое применение результатов исследования.

Тестирование Системы выполнялось в рамках опытной эксплуатации, которая проводилась в преддверии проверок ИКАО по АБ и БП. В целях протоколирования и систематизации результатов тестирования были разработаны методики проведения опытной эксплуатации.

В четвертой главе была выбрана математическая модель и разработан модуль анализа данных по результатам работы экспертов в Системе.

Анализ заполненного к проверке ИКАО вопросника показал, что в ответах по некоторым темам эксперты разошлись в своих оценках, причём по некоторым

вопросам наблюдался существенный разброс мнений – каждый эксперт отвечал по-своему.

Для количественной оценки рассогласования мнений экспертов по каждому положению будем использовать числовой коэффициент вариации ответов, вычисляемый путём попарного сравнения ответов на предмет их несовпадения. При наличии ответов от n экспертов число необходимых сравнений можно определить по известной из комбинаторики формуле расчёта числа сочетаний из n объектов по k :

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} \quad (1)$$

Поскольку в сравнении участвуют только два ответа, при $k = 2$ формула 1. примет вид:

$$C_n^2 = \frac{n!}{(n-2)! \cdot 2!} = \frac{(n-2)! \cdot (n-1) \cdot n}{(n-2)! \cdot 2} = \frac{(n-1) \cdot n}{2} \quad (2)$$

Порядок сравнения пар ответов, исключая повторную (в другой комбинации) выборку пар и сравнения ответа самим с собой, можно представить в виде матрицы (рисунок 10). Закрашенные ячейки соответствуют сравниваемым ответам, чьи номера отложены по осям x и y . Площадь закрашенных ячеек составляет половину площади прямоугольника со сторонами n и $n-1$, что наглядно соответствует формуле (2).

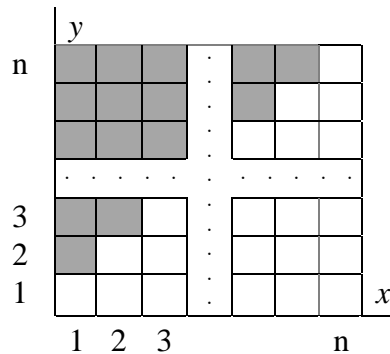


Рисунок 10. Матрица сравнения ответов

Обозначим результат сравнения пары ответов a_x и a_y как $d(x,y)$:

$$d(x,y) = \begin{cases} 0, & a_x = a_y \\ 1, & a_x \neq a_y \end{cases} \quad (3)$$

Количество различий в ответах экспертов на вопрос с порядковым номером i можно определить суммированием результатов сравнений при переборе пар ответов в соответствии с рисунком 10. Суммирование будем проводить по строкам и столбцам (алгоритмически реализовав внешний и внутренний цикл), при этом диапазон изменения индексной переменной внутреннего цикла (y) будет определяться индексной переменной внешнего цикла (x):

$$d_i = \sum_{x=1}^{n-1} \sum_{y=x+1}^n d(x, y) , \quad (4)$$

где n – число ответов на вопрос i

Для оценки рассогласованности мнений экспертов по темам, включающим несколько вопросов, вычислим среднее квадратичное значение коэффициента вариации ответов экспертов по теме, которое, в отличие от среднего арифметического, менее подвержено занижению средней величины в случаях тем, содержащих дополнительные вопросы, не вызвавших разногласие у экспертов:

$$\bar{d}_m = \sqrt{\frac{1}{N_m} \sum_{i \in m} \tilde{d}_i^2} , \quad (8)$$

где m – подмножество вопросов, по выбранной теме,
 N_m – количество вопросов по выбранной теме.

$$\bar{d}_m = \sqrt{\frac{1}{N_m} \sum_{i \in m} \left(2N_{vi} \frac{\sum_{x=1}^{n_i-1} \sum_{y=x+1}^{n_i} d(x, y)}{n_i^2 (N_{vi} - 1)} \right)^2} , \quad (9)$$

где N_{vi} – количество вариантов ответа;
 n_i – количество экспертов, ответивших на вопрос i темы m ;
 $d(x, y)$ – функция сравнения, см. (3).

Адаптируем формулу (9) применительно к разработке программного обеспечения анализа вопросников Системы (в которых N_{vi} всегда равно пяти), вынеся общие множители за знаки суммирования, изменив диапазон значений x и

у с принятого в математике $1 \dots n$ на принятый в программировании $0 \dots n-1$ (в используемом языке программирования нумерация массивов начинается с нуля):

$$\bar{d}_m = \sqrt{\frac{1}{N_m} \sum_{i \in m} \left(\frac{2.5}{n_i^2} \sum_{x=0}^{n_i-2} \sum_{y=x+1}^{n_i-1} d(x, y) \right)^2} \quad (10)$$

В Систему был встроен программный код, реализующий обработку согласно формуле (10) ответов экспертов на вопросник КПСП, заполненный к проверке ИКАО, проведённой в июне 2019г.

Для оценки результативности разработанной системы непрерывного информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности в области универсальных проверок Международной организации гражданской авиации определен подходящий способ.

Оценка результативности Системы рассчитывается по формуле 11, как средневзвешенная оценка пяти частных показателей первого уровня, приведенных в таблице 1.

$$R_{сист} = \frac{\sum_{i=0}^n \alpha_i \cdot R_i}{\sum_{i=0}^n \alpha_i}, \text{ где} \quad (11)$$

R_i – значение i -го частного показателя первого уровня;

α_i – коэффициент значимости i -го частного показателя первого уровня, приведенный в таблице 1.

Определим коэффициенты значимости показателей (α).

Таблица 1. Частные показатели первого уровня

№	Обозначение частного показателя	Содержание частного показателя	Коэфф.значимости Показателя (α)
1.	R_1	Достаточность количества экспертов	0.7
2.	R_2	Активность экспертов	0.9
3.	R_3	Полнота заполнения вопросников	1
4.	R_4	Актуальность ответов	1
5.	R_5	Согласованность ответов	0.9

Далее рассчитаны величины R_1 - R_5 как средневзвешенные оценки частных показателей второго уровня, например, приведенных в таблице 2, где S_1 - S_{10} это темы вопросников в Системе (9 областей проверок в разделе Вопросы протокола и вопросы раздела КПСП).

$$R_1 = \frac{\sum_{i=0}^n \beta_i \cdot S_i}{\sum_{i=0}^n \beta_i}, \text{ где} \quad (12)$$

S_i – значение i -го частного показателя второго уровня – рассчитывается как соотношение фактического количества экспертов к обязательному количеству экспертов в рабочей группе по конкретной области проверки (в случае превышения фактического количества экспертов значение показателя принимается за 1),

β_i – коэффициент значимости i -го частного показателя второго уровня, приведенный в таблице 2.

Таблица 2. Частные показатели второго уровня для расчета R_1

<i>N</i> <i>n/n</i>	Обозначение показателя	Наименование раздела (область проверки)	Коэффициент значимости показателя (β)	Фактическое количество экспертов в рабочей группе по области проверки	Обязательное количество экспертов в рабочей группе по области проверки	Достаточность рабочей группы по области проверки
1.	S_1	LEG	0.9	20	12	1
2.	S_2	TRG	0.9	10	12	0.83
3.	S_3	QCF	0.9	8	12	0.67
4.	S_4	OPS	0.9	6	12	0.5
5.	S_5	IFS	0.9	12	12	1
6.	S_6	PAX	0.9	18	12	1
7.	S_7	CGO	0.9	16	12	1
8.	S_8	AUI	0.9	8	12	0.67
9.	S_9	FAL	0.9	10	12	0.83
10.	S_{10}	КПСП	0.9	29	30	0.97

Определена количественная оценка результативности Системы.

Величина $R_{\text{сист}}$ определяется как средневзвешенное частных критериев R_1 , R_2 , R_3 , R_4 и R_5 , значения показателей которых приведены в таблице 3.

Таблица 3. Частные показатели первого уровня для расчета $R_{\text{сист}}$

№	Обозначение частного показателя	Значение показателя R_i	Коэффициент значимости показателя (α)
1.	R_1	0.85	0.7
2.	R_2	0.83	0.9
3.	R_3	0.62	1
4.	R_4	0.93	1
5.	R_5	0.86	0.9

$$R_{\text{сист}} = \frac{3.66}{4.5} = 0.81$$

Используя градацию таблицы 4, можно сделать вывод о том, что степень результативности разработанной Системы $R_{\text{сист}}=0.81$ – достаточная, но требует незначительных корректирующих действий.

Таблица 4. Интерпретация полученных значений

Полученная количественная оценка результативности Системы	Степень результативности Системы
$R_{\text{сист}} < 0.71$	Недопустимая
$0.72 \leq R_{\text{сист}} < 0.8$	Допустимая
$0.8 \leq R_{\text{сист}} < 0.9$	Достаточная
$R_{\text{сист}} \geq 0.9$	Высокая

Достоверность расчетов так же подтверждена результатами проведения проверок ИКАО по АБ и БП с применением разработанной Системы.

Эффективность разработанной системы подтверждается результатами итогов проверок МНМ УППКБП 2015 года в сравнении с проверкой 2009 года (рисунок 4.1.).

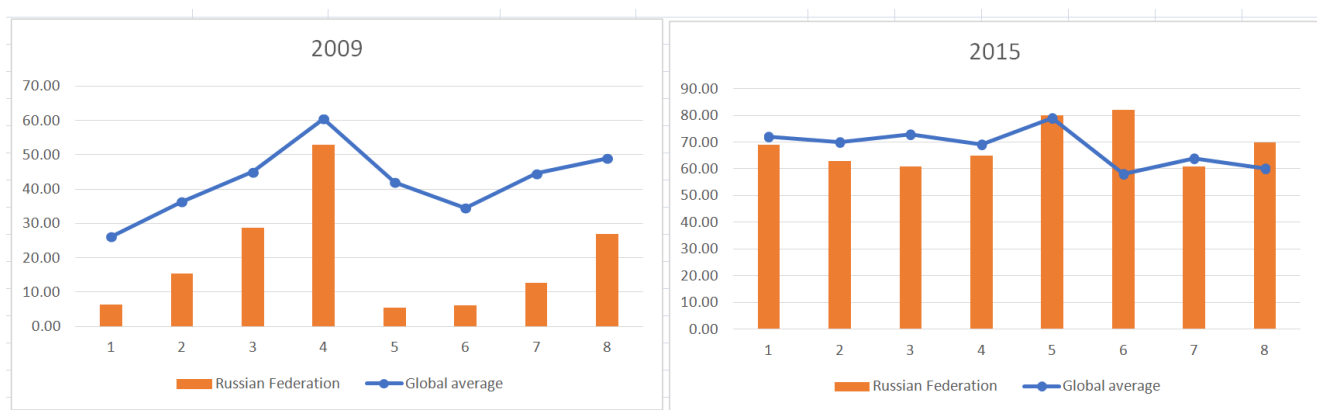


Рисунок 11. Сравнительные результаты проверок ИКАО

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Проведен анализ действующей в Российской Федерации системы сбора, хранения и обработки данных в рамках УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП.
2. Разработана структура и функционал Системы.
3. Определен перечень и функции субъектов Системы.
4. Разработаны технология и алгоритмы, позволившие сформировать в Российской Федерации эффективную систему непрерывного мониторинга соответствия нормативных документов Российской Федерации в области контроля за обеспечением АБ и БП стандартам и рекомендуемой практике ИКАО.
5. Автоматизирован функционал Системы с учетом современных телекоммуникационных технологий. Разработана структура базы данных, разработано, отлажено и протестировано программное обеспечение Системы.
6. Для оценки результативности разработанной Системы определен соответствующий способ и произведен расчет степени результативности разработанной Системы. Разработана математическая модель для количественной оценки разброса экспертных оценок.

В работе достигнута основная цель - разработана система, способная непрерывно отслеживать изменения нормативных документов, регламентирующих функции государства по обеспечению авиационной безопасности и безопасности полетов на основе постоянного мониторинга их соответствия стандартам и рекомендуемой практике ИКАО в задачах УППАБ-МНМ и МНМ УППКБП. Получены: Патент на изобретение №2692269 «Способ определения уровня транспортной безопасности объектов гражданской авиации РФ» и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018615367 «Информационная система контроля (надзора) за обеспечением авиационной безопасности (ИСКАБ)».

Разработанная Система прошла практическую апробацию во время проверок ИКАО в 2019. По результатам проверки аудиторы ИКАО отметили полное соблюдение Россией стандартов ИКАО в области авиационной

безопасности, а также высокий уровень обеспечения авиационной безопасности в аэропортах РФ, соответствующий лучшим международным практикам.

Дальнейшее развитие данной темы может вестись в направлении разработки подсистем: «план мероприятий по устранению недостатков» и «планы корректирующих действий». В рамках развития Системы предлагается полностью реализовать инструмент проведения внутренних аудитов по выявлению недостатков в области БП и АБ.

Приложения содержат: патент и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, полученные в ходе работы, и разработанный проект Положения о системе; акты внедрения результатов исследования.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные публикации в изданиях, входящих в международную систему цитирования «Scopus» (2):

1. **G. Glukhov**, I. Kirpichev, V. Nikonov, G. Maslennikova, E. Konyaev. 2017. Creation of a State System for Continuous Monitoring of Aviation Security in compliance with the International Requirements / International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume:8, Issue:11, Pages:695-713.

2. Blagorazumov, A., Chernikov, P., **Glukhov, G.**, Karapetyan, A., Shapkin, V., Elisov, L. The background to the development of the information system for aviation security oversight in Russia (2018) / International Journal of Civil Engineering and Technology, 9 (11), pp. 341-350.

В изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации для публикации материалов диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата технических наук (2):

3. **Глухов Г.Е.**, Кирпичев И.Г., Черников П.Е. Нормативное обеспечение и функционал системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности // Научный вестник МГТУ ГА. - 2015 - № 218 - стр. 34-38;

4. **Глухов Г.Е.**, Кирпичев И.Г., Благоразумов А.К. Разработка системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности // Научный вестник МГТУ ГА. - 2015 - № 218 - стр. 67-70.

Свидетельства о регистрации и патенты (2):

5. **Глухов Г.Е.**, Черников П.Е., Благоразумов А.К. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018615367 «Информационная система контроля (надзора) за обеспечением авиационной безопасности (ИСКАБ)» от 08.05.2018 г.

6. Благоразумов А.К., Брусникин В.Ю., **Глухов Г.Е.**, Шапкин В.С. Патент на изобретение №2692269 «Способ определения уровня транспортной безопасности объектов гражданской авиации РФ» от 24.06.2019 г.

Публикации в трудах международных и всероссийских конференций (1):

7. **Глухов Г.Е.** О некоторых результатах проведения научно-обоснованных подходов к созданию системы непрерывного мониторинга соответствия требований нормативных документов РФ в области контроля за обеспечением авиационной безопасности стандартам и рекомендуемой практике ИКАО в рамках механизма непрерывного мониторинга универсальной программы проверок в сфере обеспечения авиационной безопасности // Международная научно-техническая конференция, посвященная 95-летию гражданской авиации «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества» 16-17 мая - 2018- стр. 111, ФГБОУ ВО МГТУ ГА, г. Москва.

В иных научных изданиях (2):

8. **Глухов Г.Е.**, Кирпичев И.Г., Благоразумов А.К. О некоторых аспектах и тенденциях внедрения информационных систем мониторинга безопасности авиационной деятельности // Научный вестник ГосНИИ ГА. - 2015 - № 10 (321) - стр. 57-65;

9. **G. Glukhov** Analysis of Safety Indices of Flights and Aviation Security in Relation to The Task on Construction of Two-level System of Continuous Information Monitoring of Aviation Activity Safety // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume 10, Issue 03, (March 2019), pp. 2654-2662 ISSN Print: 0976 - 6308 ISSN Online: 0976 - 6316.

Соискатель



Г.Е. Глухов