**Эксплуатация воздушного транспорта**

Уваев С. Ф., Цихоцкий А. Ф., Юрин С. П., Лисин О. В.

Сравнительный анализ основных показателей двигателей ТВ2-117 и ТВ3-117, определяющих эффективность безопасного применения вертолетов семейства Ми-8

**Аннотация.** В работе проанализирован ряд эксплуатационных факторов, оказывающих непосредственное влияние на безопасность и эффективность использования вертолетов Ми-8 различных модификаций. Исследованы критерии, определяющие уровень безопасности полетов, в части, касающейся применяемых в конструкции вертолета двигателей. Дан сравнительный анализ

показателей безотказности двигателей ТВ2-117А(АГ) и двигателей семейства ТВ3-117. На основании объективных данных сделан вывод об уровне безопасности, достигнутом на рассматриваемых типах двигателей по результатам их летной и технической эксплуатации. Отмечена высокая социальная значимость вертолетов Ми-8Т для обеспечения потребностей населения Заполярья, Крайнего Севера и других труднодоступных районов Российской Федерации. Предложен способ комплексной оценки показателей безотказности по приведенным коэффициентам. Выполнен сравнительный анализ топливной эффективности двигателей ТВ2-117А(АГ) и двигателей семейства ТВ3-117 с учетом их технических особенностей и условий эксплуатации. Приведены результаты исследований двигателей ТВ2-117А(АГ) и ТВ3-117, полученные в процессе экспериментальных работ по исследованию шума на местности. Обоснована необходимость и возможность безопасной и эффективной эксплуатации вертолетов Ми-8Т с двигателями ТВ2-117А(АГ). Показан ряд ключевых преимуществ, которыми обладает вертолет Ми-8Т. Сделан подтвержденный объективными данными прогноз длительности эксплуатации вертолетов Ми-8Т, в основу которого положены критерии оценки безопасности полетов с учетом экономической целесообразности.

**Ключевые слова:** эксплуатационные факторы, конструктивно-производственные недостатки,

вертолеты Ми-8, критерии безопасности полетов, двигатели ТВ2-117А(АГ), двигатели ТВ3-117,

топливная эффективность, летная и техническая эксплуатация, помпаж, подшипники качения

Попов Ю. В., Спиридонов И. Б.

Система средств эксплуатационного контроля воздушного судна

**Аннотация.** Надежность воздушного судна и его оборудования определяется конструкцией и

качеством изготовления. Однако в ходе эксплуатации из-за процессов старения материалов и

внешних воздействий надежность воздушного судна и его оборудования снижается. Для полного

использования ресурса и срока службы в условиях эксплуатации необходимо обеспечивать как

минимум работоспособное состояние. Это возлагается на систему технического обслуживания и

ремонта. Достоинство любого метода технического обслуживания и ремонта определяется

контролепригодностью воздушного судна. В статье приводятся определения контролепригодности, которые используются на сегодняшний момент и рассматривается современный термин – контролируемость. Концепция контролепригодности определяет требования к системе средств эксплуатационного контроля для воздушного судна. В статье указывается, что основой системы средств эксплуатационного контроля является бортовая автоматизированная система контроля и регистрации. Приводятся основные составные части бортовой автоматизированной системы контроля. Описываются их функциональные характеристики. Бортовая автоматизированная система контроля воздушного судна представляет собой аппаратно-программный комплекс. Аппаратно- программный комплекс позволяет быстро оценивать состояние авиационных систем и информировать летный и технический экипаж об отказах и неисправностях. В статье уделяется внимание интегрированной модульной авионике, которая позволяет создавать авиационные системы, базирующиеся на открытой сетевой архитектуре и единой вычислительной платформе. Такой принцип построения авиационных систем позволяет осуществлять реализацию выбранных принципов и требований по обеспечению заданного уровня контролепригодности. Особую роль в системе средств эксплуатационного контроля играет система сбора и обработки полетной информации, которая выполняет запись параметрической, звуковой и видеоинформации в процессе полета.

**Ключевые слова:** воздушное судно, контролепригодность, система средств эксплуатационного контроля, неисправность, отказ, аппаратно-программный комплекс, система сбора и обработки полетной информации

Чинючин Ю. М., Борисов Ю. А.

Способ и устройство бесконтактного определения соконусности несущего винта вертолета

**Аннотация.** Процессы технического обслуживания вертолетной техники сопровождаются проведением специальных видов регулировочных работ, в частности, применительно к элементам

конструкции несущей системы вертолета. Проведение таких работ, как правило, требует высокой

квалификации и большого практического опыта авиационного персонала. В статье рассмотрен один из примеров внедрения современных информационных технологий в практику контроля важных для эксплуатации параметров авиационной техники, в частности, применительно к вертолетам. К числу наиболее сложных и ответственных видов работ в процессе летно-технической эксплуатации вертолетов относится проведение контроля технического состояния несущей системы вертолетов, связанного с процедурами регулировки соконусности лопастей несущего винта. Точность данного вида регулировочных работ существенно влияет на уровень вибрации, как несущего винта, так и вертолета в целом. Изложен принцип бесконтактного замера расстояния по вертикали между концами лопастей несущего винта вертолета, описано устройство, реализующее этот принцип, и продемонстрированы результаты замеров. Важным преимуществом, помимо упрощения и удешевления замеров расстояния на земле, является возможность следить за поведением несущего винта в полете. В статье показана возможность по результатам замеров в полете улучшить вибрационные характеристики несущего винта на рабочих режимах. Материалы статьи будут полезны персоналу организаций, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт вертолетов.

**Ключевые слова:** вертолет Ми-8, несущий винт, техническое обслуживание, текущий ремонт, авиационный персонал, соконусность, аэродинамические регулирующие пластины, СПАРК-КОНУС

Куц К. А. К вопросу выбора маршрутных запасных аэродромов в регионах Северной Атлантики и Тихого океана

**Аннотация.** Выбор маршрутных запасных аэродромов эксплуатантами, выполняющими полеты в регионах Северной Атлантики и северной части Тихого океана, имеет важное значение для регулярности и безопасности полетов. Выбор аэродромов перед полетом осуществляется на основании соответствия метеорологических условий их планируемым минимумам, которые равны

сумме эксплуатационных минимумов и приращений в зависимости от системы посадки и количества ВПП. На определенных направлениях эксплуатанты имеют ограниченный выбор потенциальных запасных, поэтому информация о их годовой доступности по метеоусловиям будет важна для регулярности их полетов. Приведены многолетние статистические данные о метеоусловиях по месяцам на потенциальных маршрутных запасных аэродромах, на основании которых эксплуатант принимает решение о выборе запасных аэродромов на конкретный рейс. В Северной Атлантике критическое значение имеет информация о доступности запасных аэродромов на Восточном побережье Канады, а в Тихом океане – на Алеутских островах и в Японии. Статистические данные выбраны на основе планируемых минимумов для полетов ETOPS, применяемых в Российской Федерации и США. По результатам анализа сделаны выводы о доступности маршрутных запасных аэродромов в разные периоды года в регионах Северной Атлантики и северной части Тихого океана, а также о целесообразности анализа метеоусловий для аэродромов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** Северная Атлантика, NAT HLA, маршр утный запасной аэродром, ETOPS,

система организованных треков OTS, Тихий океан, PACOTS

Гладких А. А., Волков Ал. К., Волков Ан. К., Лапаев А. В.

Защита биометрических данных авиапассажиров в системах цифровой идентификации реального времени

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема обеспечения защиты биометрических данных

авиапассажиров в системах цифровой идентификации на канальном уровне. В отличие от известных технологий помехоустойчивого кодирования каналов передачи данных в системах цифровой идентификации в работе предлагается алгоритм перестановочного декодирования (ПД),

характеризующийся применением когнитивного декодирования избыточных блоковых кодов.

Излагается унифицированный принцип ПД, который применяется к избыточным систематическим

блоковым кодам. Указанный метод позволяет в полной мере использовать корректирующие возможности таких кодов, но в классической трактовке метод требует громоздких матричных вычислений, что не позволяет использовать положительные свойства метода по исправлению ошибок. Сложность вычислительного процесса оказывается избыточно высокой. Поэтому для снижения отрицательного эффекта в системе ПД предлагается использовать когнитивный принцип

обработки данных, что существенно снижает сложность реализации декодера за счет замены сложного вычислительного процесса на объем памяти когнитивной карты декодера (ККД), заполняемой в ходе обучения декодера распознавать признаки конкретных перестановок символов

кодовых комбинаций и сразу извлекать из ККД готовое решение. Поскольку число перестановок

символов кодовых векторов конечно, то и объем памяти когнитивной карты по современным меркам оказывается вполне реализуемым. Подобное решение обеспечивает эффективное применение ПД в системах обработки биометрических данных авиапассажиров в масштабе реального времени.Дополнительному существенному сокращению объема ККД способствуют вскрытые в работе свойства цикличности перестановок и связь каждого такого цикла только с одним образцом порождающей матрицы эквивалентно кода (ЭК).

**Ключевые слова:** авиационная безопасность, кибербезопасность, биометрические данные,

цифровая идентификация, перестановочное декодирование, когнитивная карта, эквивалентный код

Маркевич Пшемыслав Многокритериальный выбор профиля крыла на основе

многоцелевого подхода для легкого гражданского самолета

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме выбора профиля крыла с учетом многоцелевого характера применения легких гражданских самолетов (ЛГС). Для данного класса самолетов предполагается, что полет выполняется со скоростями меньше критического значения числа Маха,

что позволяет не рассматривать влияния сжимаемости воздуха на аэродинамические характеристики профилей. В работе приводится обоснование необходимости многокритериальной и многоцелевой постановки данной задачи. Рассматриваются методы решения векторной задачи в многоцелевой постановке, которая позволяет учитывать диапазон условий полета (выполнения задачи). Предложен набор основных критериев оптимальности (частных показателей эффективности), отражающих целевые требования к профилям, встречающихся при выборе профиля крыла. Рассмотрен вопрос объединения частных критериев в целевую функцию. Оценивание вариантов решения рассматривается для случаев интегральной и гарантирующей многоцелевых систем. Проблема объединения частных критериев решается методом универсальных коэффициентов важности применительно к многоцелевой постановке задачи. Представлен алгоритм решения задачи выбора профиля крыла в такой постановке, проведены исследования эффективности этого алгоритма на выбранном прототипе ЛГС, путем оценивания достижения поставленных задач. Исследована серия профилей NACA в условиях эксплуатации прототипа посредством сравнительного анализа эффективности применения профилей в сопоставлении базисного профиля прототипа.

**Ключевые слова:** многокритериальная оптимизация, метод универсальных коэффициентов важности, теория принятия решений, выбор профиля крыла, многоцелевой подход, динамика полета, проектирование самолетов

Будзко В. И., Хорошилов А. А., Демин С. С., Кан А. В., Михайлин И. С., Шапкин В. С.

Принципы, методы и технологии создания экспертной информационной системы оценки результативности научно-технического задела в области авиационной деятельности

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные принципы, методы и технологии создания экспертной информационной системы – системы баз знаний, обеспечивающей оценку результативности создаваемого научно-технического задела в области авиационной деятельности. В течение ряда лет на базе ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» проводился комплекс исследований, направленных на решение задач сбора и обработки цифрового контента в области авиастроения, а также был создан научно- технологический потенциал для решения этих задач в промышленных масштабах. Рассматриваемая в статье интеграционная поисково-аналитическая отраслевая система (ИПАС) позволит обеспечить создание единого цифрового информационного пространства отрасли путем реализации унифицированных технологий автоматической обработки и формализации смыслового содержания нормативно-справочной, научно-технологической и проектной документации. Данные технологии позволят обеспечить сопряжение различных сторонних информационных систем на уровне обмена документов, обработанных по единым стандартам семантического представления документов, полученных из различных видов информационных источников. Данная система также позволит обеспечить анализ и экспертизу многоязычной научно-технической документации, а также подготовку материалов, которые могут быть использованы при продвижении сложной научно-технической продукции, а также организацию явных и неявных знаний, в том числе обеспечивающих: автоматизированное создание тематического онтологического ресурса по совокупности текстов, представленных в хранилище документов; автоматизированное выявление наиболее значимых объектов предметной области и их параметрических характеристик; кластеризацию, классификацию и рубрицирование документов и др. Ожидается, что создаваемая ИПАС позволит повысить научную обоснованность принимаемых решений по формированию и внедрению эффективных механизмов и инструментов управления развитием науки и технологий в авиастроении Российской Федерации.

**Ключевые слова:** авиатранспортная система, воздушное судно, цифровой контент, семантический поиск, искусственный интеллект, летательный аппарат, безопасность воздушной

деятельности, комплексные научно-технологические проекты, авиастроение, нейроинформатика

Дегтярев В. С., Машошин О. Ф., Дегтярева А. В.

Проблематика обучения летного состава гражданской авиации выводу из сложных пространственных Положений

**Аннотация.** Данная статья посвящена проблеме подготовки летного состава гражданской авиации к выводу воздушного судна из сложных пространственных положений. Данная проблема возникла недавно в результате изменения доктрины обучения летного состава и удаления из программы подготовки пилотов тренировки по выводу из сложных пространственных положений, что отрицательно сказалось на уровне безопасности полетов как в нашей стране, так и во всем мире . В статье рассмотрена законодательная база, применяемая в Российской Федерации и за рубежом, для сертификации авиационных тренажеров. В статье также рассмотрены эксплуатируемые на данный момент в летных училищах Российской Федерации и за рубежом самолеты первоначального обучения. Проведен анализ действующего парка, и сделаны выводы о возможной замене самолетов первоначального обучения на более совершенные типы воздушных судов, способные выполнять простой, сложный и высший пилотаж, и подходящие для тренировки летного состава по выводу из сложных пространственных положений. Проведены исследования проблематики тренажерной подготовки по выводу из сложных пространственных положений и анализ применяемых в учебных центрах технических средств обучения. Широко рассмотрена проблематика сертификации технических средств обучения летного состава гражданской авиации в нашей стране. Сделаны выводы о необходимости изменения программы подготовки пилотов гражданской авиации в части вывода из сложных пространственных положений, для улучшения уровня безопасности полетов в стране. Даны рекомендации о необходимости приведения сертификационного законодательства к международным стандартам.

**Ключевые слова:** самолет первоначального обучения, сложные пространственные положения, международные стандарты обучения, безопасность полетов, программа подготовкилетного состава, технические средства обучения, техника пилотирования, гражданская авиация, обучение летного состава

Демин С. С., Калачанов В. Д., Кругляева А. Е.

Направления автоматизациипроцессов испытаний по аэроакустике при проектировании и опытном производстве авиационной техники

**Аннотация.** В настоящее время, в связи с ужесточением действующих норм по воздействию авиационного шума на окружающую среду ИКАО (Международной организацией гражданской авиации), при производстве конкурентоспособной продукции предприятиями авиастроения особое

значение приобретает внедрение на производстве инновационных технологий, направленных на обеспечение соответствия продукции международным стандартам. При этом наблюдающаяся тенденция в снижении финансирования проведения НИР, направленных на разработку данныхинновационных технологий, вынуждает отечественные НИИ авиационной промышленности искатьпути сокращения затрат на выполняемые работы. Одно из возможных решений данной проблемы - автоматизация производственных процессов. В работе рассмотрен процесс автоматизации экспериментальных исследований при выполнении НИР в области аэроакустики, в частности, в рамках автоматизации систем обеспечения проведения экспериментальных исследований, проведения экспериментальных исследований и обработки экспериментальных данных, а также возможности и эффективности их интеграции в базовые системы управления предприятием. На конкретных примерах показано, что рассматриваемая автоматизированная СУБД ведет к значительному снижению трудоемкости работ многих структурных подразделений предприятия, что способствует повышению экономической эффективности выполнения НИР, а следовательно, увеличению количества и качества проводимых работ с целью создания наиболее конкурентоспособной продукции на мировом рынке авиационной техники.

**Ключевые слова:** авиастроительное предприятие, научно-исследовательская работа, аэроакустика, авиационный шум, информационная система, информационная модель, экспериментальные исследования, экономическая эффективность

Борисов Ю. А., Чинючин Ю. М.

Автоматизация оперативного управления авиаремонтным предприятием

**Аннотация.** Представлен научный подход к разработке системы автоматизированного формирования оперативных планов работы и, на их основе, оперативного управления на уровне производственных цехов и отделов авиаремонтного предприятия с учетом фактического наличия, и планируемого поступления в ремонт вертолетов. Основой автоматизации оперативного управления является математическая модель авиаремонтного производства на конкретном предприятии. С помощью модели составляются, на первом этапе, календарные планы для подразделений предприятия, контролируется их выполнение. На последующих этапах разрабатываются оперативные меры по ликвидации последствий, вызванных невыполнением календарных планов. Модель управления производством предполагает движение таких материальных объектов технологического процесса ремонта вертолетов, как собственно вертолет и его основные компоненты, комплексы инструментария и оснастки, запасные части и расходные материалы, а также необходимая нормативная и распорядительная документация. В рамках журнальной статьи не представляется возможным рассмотреть концепцию разработки модели для всего авиаремонтного производства. В этой связи, в качестве примера рассмотрена концепция для моделирования авиаремонтного производства в целях составления календарного плана для процесса разборки вертолета как составной части общего технологического ремонтного процесса. Математическая модель производства формируется в результате совместного использования IDEF0 концепции функционального моделирования и концепции формирования реляционных баз данных.

**Ключевые слова:** вертолеты, авиаремонтное предприятие, оперативное планирование, автоматизация планирования и управления, математическое моделирование, информационная поддержка, реляционная база данных, IDEF0

**Безопасность в чрезвычайных ситуациях (на воздушном транспорте)**

Овченков Н. И., Аверин Д. В.

Проблема человеческого фактора в области авиационной безопасности и некоторые подходы к ее решению

**Аннотация.** На протяжении всей истории возникновения и развития гражданской авиации существует проблема человеческого фактора. Человеческий фактор сегодня является причиной более 80 % авиационных происшествий и охватывает практически все стороны производственной

деятельности в гражданской авиации. Актуальность понятия обусловила серьезное внимание, которое уделяется человеческому фактору в отрасли, однако, нет никаких оснований утверждать, что проблема близка к своему разрешению, скорее наоборот, появляются новые аспекты и факторы

влияния человека на элементы авиационной транспортной системы. Следует отметить некоторый

диссонанс в концентрации усилий по научному исследованию отдельных предметных областей приложения человеческого фактора. С одной стороны, накоплены достаточно серьезные результаты научных исследований человеческого фактора, применительно к деятельности экипажей воздушных судов, с другой, практически отсутствуют научные работы по этому направлению в области авиационной безопасности. Вместе с тем, необходимо отметить, что человеческий фактор в авиационной безопасности чрезвычайно важен, поскольку его негативные проявления могут дать существенный ущерб и массовый отрицательный резонанс. В работе представлен обзор и анализ основных проблем, обусловленных человеческим фактором в гражданской авиации, и предложены некоторые новые подходы к исследованию человеческого фактора в авиационной безопасности.

**Ключевые слова:** авиационная безопасность, управление авиационной безопасностью, человеческий фактор, новые подходы к исследованию, методы, процедуры

Шаров В. Д., Каюмов В. П., Толстых С. А.

Оценка эффективности системы управления безопасностью полетов поставщика услуг

**Аннотация.** В статье рассматриваются два возможных варианта решения задачи оценки эффективности функционирования СУБП: по результатам аудита состояния системы и на основании мониторинга количественного показателя, выбранного поставщиком услуг в качестве показателя эффективности обеспечения безопасности полетов в соответствии со Стандартом ИКАО. При рассмотрении первого варианта выполнен краткий анализ передовых международных практик проведения подобных проверок, в том числе перспективного метода, основанного на анализе среды функционирования (DEA). Предложена оригинальная методика количественной оценки показателя эффективности СУБП по результатам проверки. Показатель учитывает, прежде всего, соответствие проверяемой СУБП требованиям воздушного законодательства РФ, а также требованиям SARPs ИКАО, рекомендациям РУБП ИКАО и передовым практикам, отраженным в документах других международных организаций. Предлагаемый подход может быть реализован в большинстве организаций-поставщиков услуг с применением известных методов экспертного оценивания. Второй вариант предусматривает разработку критериев для оценки показателя эффективности обеспечения безопасности полетов в организации-поставщике услуг на основе установления аналогии (соответствия) этого показателя и государственного индикатора безопасности полетов. Предлагается устанавливать это соответствие в виде «коэффициента соответствия», рассчитываемого по официальным статистическим данным аварийности в коммерческой гражданской авиации за определенный временной период, а далее - определять целевой и пороговые уровни выбранного показателя поставщика услуг. Таким образом, создается основа для планирования повышения эффективности СУБП, мониторинга выбранного показателя уровня безопасности полетов, с последующими корректирующими действиями при превышении пороговых уровней.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, управление риском, показатель уровня безопасности, СУБП, эксплуатант, поставщик услуг, анализ среды функционирования, метод аналогий

Дормидонтов А. В., Миронова Л. В., Миронов В. С.

Системный подход к оценке уровня безопасности объекта на основе модели противодействия

**Аннотация.** В статье описан системный подход к оценке уровня безопасности в описании

процессов обеспечения безопасности объекта транспортной инфраструктуры воздушного транспорта. Основой для исследования являются основные ресурсные показатели математической модели анализируемой системы, ключевыми понятиями которых являются понятия юнит (характеристика, учитывающая общую стоимость объекта и прибыль от осуществляемой деятельности на единицу защищаемой территории), потенциальные сценарии инцидентов, количество реализуемых мер защиты. В статье введено понятие добротности системы обеспечения безопасности объекта. Сделан вывод о важности нахождения граничных условий существования системы при стабильном состоянии работы для обеспечения большей «выживаемости» объекта при негативном воздействии различной мощности. Описанный подход, в том числе позволяет провести анализ присутствия синергетического эффекта, например, при решении задач интеграции системы сбора и обработки информации с технических средств в единую систему. Сделан вывод, что применение системного подхода к исследованию стабильности работы системы безопасности объекта позволяет продлить ее жизнеспособность, даже после воздействия на нее разрушающих негативных событий. Направлением дальнейших исследований является нахождение численных значений граничных условий при различной мощности негативных воздействий.

**Ключевые слова:** объекты транспортной инфраструктуры, обеспечение безопасности системы, юнит, добротность, синергетический эффект, системный подход

Мусин С. М., Волынский В. Ю., Соломенцев В. В., Аверин Д. В.

Оценка компетенции специалиста органа аттестации сил обеспечения транспортной

безопасности на воздушном транспорте

**Аннотация.** В статье описан системный подход к оценке уровня безопасности в описании процессов обеспечения безопасности объекта транспортной инфраструктуры воздушного транспорта. Основой для исследования являются основные ресурсные показатели математической модели анализируемой системы, ключевыми понятиями которых являются понятия юнит (характеристика, учитывающая общую стоимость объекта и прибыль от осуществляемой деятельности на единицу защищаемой территории), потенциальные сценарии инцидентов, количество реализуемых мер защиты. В статье введено понятие добротности системы обеспечения безопасности объекта. Сделан вывод о важности нахождения граничных условий существования системы при стабильном состоянии работы для обеспечения большей «выживаемости» объекта при негативном воздействии различной мощности. Описанный подход, в том числе позволяет провести анализ присутствия синергетического эффекта, например, при решении задач интеграции системы сбора и обработки информации с технических средств в единую систему. Сделан вывод, что применение системного подхода к исследованию стабильности работы системы безопасности объекта позволяет продлить ее жизнеспособность, даже после воздействия на нее разрушающих негативных событий. Направлением дальнейших исследований является нахождение численных значений граничных условий при различной мощности негативных воздействий.

**Ключевые слова:** объекты транспортной инфраструктуры, обеспечение безопасности

системы, юнит, добротность, синергетический эффект, системный подход

**Навигация и управление воздушным движением**

Ковтушенко Д. В., Никитин А. В., Селиванов И. А.

Подход к триангуляции полигонов сложной формы для представления элементов аэронавигационной базы данных аэродромов в бортовом формате

**Аннотация.** В данной работе рассматривается задача триангуляции геометрических полигонов, возникающая при преобразовании базы данных аэродромных карт из формата обмена AMXM в бортовой формат ARINC 816-2. Разъясняется мотивация требований конечного формата. Приводится алгоритм для невыпуклого полигона, гомеоморфного кругу (не содержащего пробелов). Рассматриваются способы устранения пробелов. Предлагается алгоритм устранения пробелов в полигоне с произвольным числом пробелов. Указываются возможные проблемы в данных, которые могут свидетельствовать о критических ошибках или препятствовать корректному завершению алгоритма триангуляции. Рассматриваются различные виды самопересечений контуров полигонов, а также возможных пересечений внешних контуров полигонов с контурами внутренних пробелов и внутренних пробелов с внутренними пробелами. Учитывается важность единообразного порядка обхода вершин контуров и предварительного выполнения проверки заданного порядка обхода и корректировки исходных данных в случае необходимости. Указывается степень критичности каждого вида проблем во входных данных. Предлагаются возможные подходы к устранению таких проблем. Приводится версия алгоритма триангуляции, учитывающая необходимость устранения пробелов, а также проверку и соответствующую корректировку данных. Указываются направления последующих исследований и оптимизаций в рамках рассмотренной задачи.

**Ключевые слова:** полигон, триангуляция, алгоритм, AMXM, ARINC 816, AMDB, бортовое оборудование

Стулов А. В., Кириков Ю. Н., Карасев К. В.

Проблемы внедрения и использования спутниковых навигационных технологий в гражданской авиации Росси и 158

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы внедрения и использования глобальных навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений в ГА России. Представлены данные о разработке и сертификации отечественной аппаратуры спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS, оснащению ею парка воздушных судов (ВС) и оснащению аэропортов ГА локальными контрольно-корректирующими станциями (ЛККС-А-2000). Приведены международные и национальные нормативные документы, регламентирующие внедрение и использование глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС (в России) и GPS (в США) и их функциональных дополнений SBAS и GBAS в ГА России. Представлены требования к перспективной аппаратуре спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS для ее использования на маршруте, в районе аэродрома и захода на посадку, а также категоризированной посадки по ГНСС. Дан анализ состояния внедрения маршрутов зональной навигации в соответствии со спецификациями PBN ИКАО в воздушном пространстве РФ. Приведены результаты летных испытаний ВС в режимах неточного захода на посадку с применением RNAV (GNSS), а так же инструментальных заходов на посадку по ГНСС (GLS) по I категории ИКАО. Проведен анализ проблем, сдерживающих процесс внедрения и использования спутниковых навигационных технологий, включая медленное оснащение парка отечественных ВС аппаратурой спутниковой навигации и посадки, внедрение маршрутов зональной навигации в соответствии со спецификациями PBN ИКАО, отставание в разработке нормативной документации, схем неточного и точного захода на посадку методом зональной навигации по ГНСС для аэропортов РФ. Даны рекомендации по решению отмеченных проблем.

**Ключевые слова:** глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), авиационная

аппаратура спутниковой навигации (АСН), ГЛОНАСС/GPS, ИКАО, зональная навигация, характеристики PBN, локальная контрольно-корректирующая станция (ЛККС), заход на посадку по ГНСС