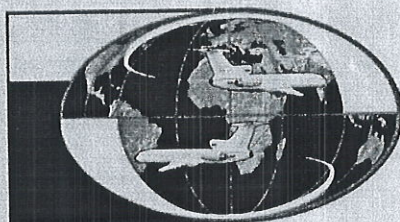


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АЭРОНАВИГАЦИИ

ISSN 1992-4860



НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
ГосНИИ "АЭРОНАВИГАЦИЯ"

№ 7

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

Москва
2007

ФЕДЕРАЛЬНАЯ АЭРОНАВИГАЦИОННАЯ СЛУЖБА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АЭРОНАВИГАЦИИ»



НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
ГосНИИ «АЭРОНАВИГАЦИЯ»

№ 7

**ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО
ДВИЖЕНИЯ.
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ**

Москва
2007

Редакционная коллегия

Ответственный редактор – д-р техн. наук, проф. В.В. Соломенцев

Зам. ответственного редактора – заместитель директора О.Н. Назимов

Члены редколлегии – д-р техн. наук, проф. А.В. Майоров

д-р техн. наук В.Б. Спрысков

д-р техн. наук В.Г. Шныров

канд. техн. наук Ю.Н. Шайдуров

канд. техн. наук А.В. Стулов

зам. начальника НЦ-1 Б.А. Артюков

начальник отдела В.А. Мхитарян

канд. техн. наук А.В. Майоров (ФГУ «24 НЭИУ МО РФ»)

Ответственный секретарь – канд. техн. наук М.Н. Носов

СОДЕРЖАНИЕ

Соломенцев В. В., Кузнецов В. Л. Канонический подход к моделированию риска столкновений на воздушном транспорте	7
Кушельман В.Я., Стулов А.В. Основные направления и проблемы внедрения бортового оборудования спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS на ВС ГА	17
Жалило А. А., Кондратюк В. М., Конин В. В., Сушко В. Г., Харченко В. П., Шелковенков Д. А., Шокало В. М., Куценко А. В. GPS-навигация и геодезическая съемка - результаты экспериментальной верификации технологии OmniSTAR.....	28
Чеха В.А. Подход к решению задачи определения состава системы ОрВД укрупненного центра при минимизации критерия стоимости элементов системы.....	37
Спрысков В.Б. Модель оценки вероятности столкновения в трехмерном пространстве изменений плановых относительных расстояний ВС.....	43
Кузнецов В.Л. Моделирование риска столкновений для воздушных судов, движущихся по одному маршруту – кинетический подход.....	57
Марьин Н.П., Музыченко Д.Н., Столяров Г.В., Тараненко П.К. Оптимальные траектории развода конфликта летательных аппаратов в воздушном пространстве	64
Виноградов Н.А., Лесная Н.Н., Холявкина Т.В. Оценка достоверности обработки полетной информации в автоматизированных информационно-вычислительных системах обеспечения безопасности полетов	74
Куц Н.Н. Меры по защите воздушных судов в аэродромной воздушной зоне от поражения переносными зенитно-ракетными комплексами	80
Епишин К.В., Волков В.М., Зверев М.А., Майоров А.В. Совершенствование информационного обеспечения операторов УВД с целью предотвращения авиационных инцидентов.....	85
Демидов О.М. Общая характеристика требований к полям и услугам связи, навигации и наблюдения в типовых однородных регионах ОрВД.....	89
Волков В.М., Ключников С.Н., Гоноров А.Х. Автоматизация текущего планирования использования воздушного пространства в центрах единой системы организации воздушного движения.....	96
Жуков И.А., Кубицкий В.И., Дровозовов В.И., Халимон Н.Ф. Адаптивная структуризация информационно-вычислительных сетей системы управления воздушным движением и навигации.....	100
Викулов С.Ю. Определение однородных регионов ОрВД в границах зоны ответственности ЕС ОрВД России.....	106
Волков В.М., Епишин К.В., Загребин А.Ю., Куц Н.Н. Особенности развития малой авиации и пути решения проблем полетов в Московской городской воздушной зоне	112
Волков В.М., Жук В.М., Корж К.В., Мартынов Н.А., Марьин Н.П., Пряхин Б.С. Контроль выдерживания линии заданного пути летательным аппаратом	116
Волков В.М., Ключников С.Н., Гоноров А.Х. Перспективная модель организации взаимодействия центров УВД с пользователями воздушного пространства в процессе суточного и текущего планирования	122
Зелинская Т.И., Шныров В.Г. О некоторых аспектах анализа производственной деятельности филиалов ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»	126

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Н.А.Виноградов, Н.Н.Лесная, Т.В.Холявкина

В работе исследованы параметры информационно-вычислительных систем обработки полетной информации, в которых решаются задачи анализа и прогноза уровня безопасности полетов. Разработан алгоритм обработки полетных данных для целей управления безопасностью полетов. Предложен метод выбора технических параметров ИВС в зависимости от требуемого качества.

Концепция безопасности полетов является центральным понятием общей проблемы авиационной безопасности. Она может быть истолкована по-разному, например:

- а) никаких авиационных происшествий (или серьезных предпосылок к ним) – широко распространенный взгляд летающих пассажиров;
- б) отсутствие опасности или риска, т.е. факторов, которые могут являться причиной беды;
- в) отношение к опасным действиям и условиям, создаваемым служащими (отражающее корпоративную культуру безопасности);
- г) степень, до которой присущий авиации риск приемлем;
- д) процесс распознавания опасной ситуации и контроль риска, а также
- е) роль потерь (людей, имущества или вреда, нанесенного окружающей среде), вызываемых авиационными происшествиями.

Наиболее широко в настоящее время безопасность трактуется как контроль риска. В соответствии с этим дадим следующее определение. Безопасность – это состояние, при котором риск нанесения вреда человеку или имуществу сокращается до приемлемого уровня путем постоянного процесса распознавания опасной ситуации и контроля риска.

В соответствии со стандартами и рекомендуемой практикой ИКАО (SARP's) [1] государства разрабатывают программы безопасности полетов для достижения необходимого уровня безопасности авиаперевозок. Допустимый уровень безопасности полетов должен быть обеспечен всеми заинтересованными государствами. Программа безопасности полетов должна быть полной, включать множество видов деятельности по обеспечению безопасности полетов, имеющих целью выполнение задач программы. Государственная программа безопасности полетов охватывает правила и директивы, направленные на осуществление безопасных авиаперевозок, относительно пилотов, систем УВД и аэродромов, служб обеспечения работы авиатранспорта и технического обслуживания самолетов. Программа безопасности полетов может включать в себя представление донесений о предпосылках к авиационным происшествиям, расследование, проверку и поощрение за обеспечение безопасности и т.д.

Чтобы осуществлять такую деятельность в интегрированном виде, необходима автоматизированная информационно-вычислительная система (ИВС) регистрации и анализа полетной информации (ПИ). Полетная информация, регистрируемая системой объективного контроля (СОК), играет важнейшую роль в обеспечении требуемого уровня безопасности полетов. Результаты обработки ПИ являются основой прогнозирования и управления безопасностью полетов. В табл. 1 рассмотрены пути использования материалов СОК при организации летной работы.

По результатам анализа большого количества статей, монографий, справочников и других источников можно сделать вывод, что неотъемлемым атрибутом ИВС является компьютеризованная система сбора информации и управления:

- операционная система (ОС);
- базы данных (БД);
- функциональные библиотеки и управляющие прикладные программы (ПП).

Кроме того, характерной особенностью развития ИВС является децентрализация вычислительных ресурсов – внедрение в периферийные устройства сети специализированных процессоров разной степени сложности и, соответственно, с разными функциональными возможностями.

Таблица 1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ СОК ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕТНОЙ РАБОТЫ

Контроль и анализ качества выполнения полетов	Контроль состояния летно-методической работы	Контроль организации летной работы
<p>а) при допуске командира ВС к самостоятельным полетам;</p> <p>б) при подтверждении квалификации и выполнении тренировочных полетов;</p> <p>в) по заявкам командно - летного состава подразделений и указаниям вышестоящих командиров (начальников);</p> <p>г) по программе инспекторских проверок, проводимых Украиной;</p> <p>д) при выявлении нарушений требований РЛЭ, правил полетов и УВД;</p> <p>е) по обоснованному требованию командиров ВС;</p> <p>ж) в соответствии с регламентом и технологиями технического обслуживания ВС;</p> <p>з) по заявкам инженерно - авиационной службы;</p> <p>и) при расследовании причин авиационных происшествий и инцидентов;</p> <p>к) при выполнении литерных рейсов.</p> <p>Анализ производится по направлениям (для одного и совокупности полетов):</p> <ul style="list-style-type: none"> - выдерживание рекомендуемых параметров полета; - соблюдение правил и технологии работы членов экипажа; - качество эксплуатации систем ВС; - соблюдение правил и установленной фразеологии радиобмена. 	<p>Мероприятия по повышению качества выполнения полетов и их безопасности базируются на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - данных комплексного анализа записей средств полетной информации; - данных регулярных проверок, проводимых инспекторами Украины и командно - летным составом авиакомпании с использованием материалов регулярного контроля полетов по информации бортовых систем регистрации. 	<p>Осуществляется:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Главной инспекцией Украины по безопасности полетов; - Комиссией по проверке готовности к сезонным периодам. <p>Оценивается:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень организации и планирования летной работы. <p>Используются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - материалы анализа полетной информации, бортовых и наземных средств регистрации параметров полета и речевого обмена; - материалы проверок организации летной работы инспекторами по безопасности полетов с использованием информации бортовых систем регистрации.

База данных представляет собой, по существу, экспертную систему или систему интеллектуальной поддержки оператора ИВС, т.е. фактически базу данных и знаний (БД и З). Другими словами, ИВС в определенной мере является системой искусственного интеллекта. При этом трактовка термина «система искусственного интеллекта» ближе к использованию знаний как результата интеллектуальной деятельности, а не собственно к интеллекту – творческому, нешаблонному подходу к решению научных и технических задач [2]. Трактовка систем искусственного интеллекта как систем баз знаний, используемых для поддержки принятия решений оператором, принята и в теории телекоммуникационных, в частности, интеллектуальных сетей [3].

Предложенная в данной работе информационно-вычислительная система позволяет контролировать безопасность полетов по информации бортовых регистраторов для большинства типов воздушных судов. Блок-схема алгоритма обработки ПИ представлена на рис. 1.

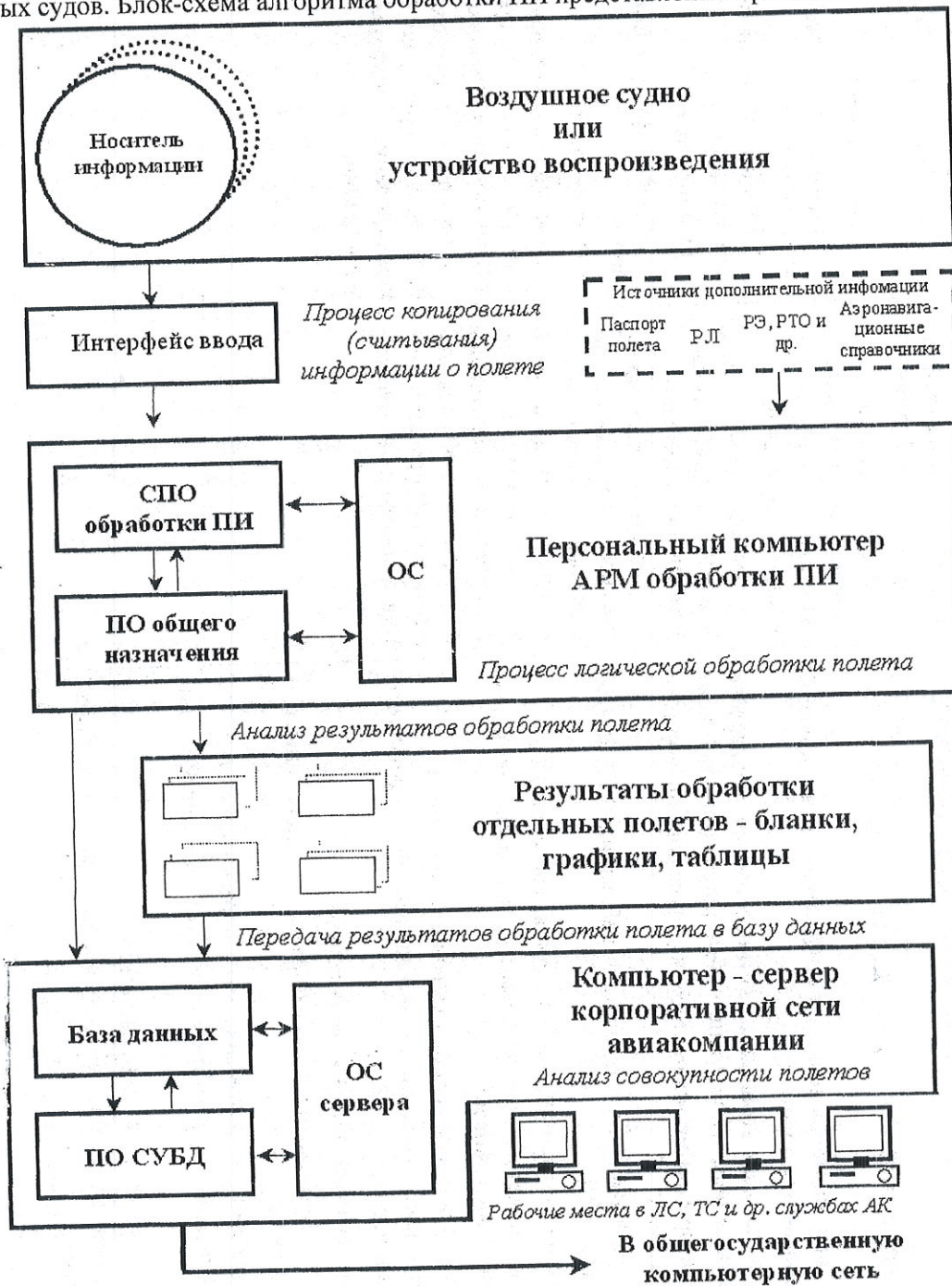


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки ПИ

Программно-аппаратный комплекс предназначен для расшифровки и анализа параметрической и речевой информации, зарегистрированной бортовыми средствами регистрации полетной информации (БСРПИ) как в процессе нормальной эксплуатации парка воздушных судов, так и при расследованиях летных происшествий и инцидентов. Открытая схема комплекса позволяет в кратчайшие сроки дополнить его модулями, обеспечивающими обработку информации БСРПИ других типов.

На достоверность результатов контроля полетов влияет качество функционирования отдельных элементов наземного комплекса, особенно устройства ввода и процессора. Снижение качества функционирования устройства ввода проявляется в виде сбоев и пропуска кадров при считывании информации с магнитной ленты. Сбои в работе процессора могут возникать из-за неадекватного технического обслуживания; своевременно не выявленные неисправности его элементов, некачественное заземление, неудовлетворительное электроснабжение, влияние статического электричества.

Факторы, снижающие достоверность результатов автоматизированного контроля, можно разделить на три группы:

- несовершенство диагностических моделей, определяющее уровень методической достоверности сообщений;
- несовершенство аппаратуры, математического и программного обеспечения системы контроля полетов, характеризующее уровень инструментальной достоверности результатов контроля;
- отклонения в действиях операторов, выражающиеся в невыполнении правил эксплуатации аппаратуры и программного обеспечения контроля полетов, в ошибках при подтверждении сообщений, снижающие достоверность получаемых результатов.

Перечисленные факторы постоянно накапливаются и анализируются в БД и З с целью минимизации их влияния на результирующую достоверность текущего контроля и прогноза безопасности.

Рассмотрим задачу управления качеством обслуживания (QoS или "quality of service" в английской терминологии) в информационно-вычислительной системе. Одним из основных требований к ИВС является гарантированное сквозное (end-to-end) качество обслуживания QoS . Однако, во-первых, QoS есть по определению величина случайная, а, во-вторых, зависимость QoS от стоимости C является степенной, а возможно, и показательной функцией. Функцию $QoS(C)$ для каждого конкретного случая определить затруднительно, поскольку в большой системе невозможно учесть все действующие факторы.

По результатам анализа больших систем самого различного назначения, масштаба и конфигурации [4-5] установлено, в частности, что при линейном росте энергетического ресурса системы масса источников энергии (при одном и том же уровне технологии) растет по квадратичному закону. Следовательно, можно в первом приближении считать, что и расходы растут квадратично:

$$E = aC^2 + C_0, \quad (1)$$

где E – энергетический ресурс;

a – коэффициент, зависящий от параметров системы;

C_0 – начальные затраты.

Одним из важнейших технических параметров ИВС, от которых зависит QoS , является коэффициент готовности k_r [6]:

$$k_r = \frac{T_{бр}}{T_{бр} + T_с}, \quad (2)$$

где T_{br} - среднее время безотказной работы;

T_v - среднее время восстановления отказавшего узла (элемента, устройства).

Этот параметр при соответствующих модификациях может характеризовать вероятность правильного приема сигналов («мощность критерия» в терминах теории проверки статистических гипотез) или вероятность безошибочного, без сбоев, обмена информацией в ИВС.

В современных системах передачи данных в зависимости от требований к качеству обслуживания коэффициент готовности может устанавливаться в пределах от $(1 - 10^{-6})$ до $(1 - 10^{-11})$.

Поэтому, например, значение $k_p = 99,999\%$ для существующих сетей с коммутацией каналов может рассматриваться лишь как нижний предел качества, ниже которого канал связи использовать фактически невозможно.

Помимо отказов оборудования, причиной остановки ИВС может быть и недопустимо высокий коэффициент ошибок k_e - отношение числа бит, переданных с ошибками, к общему числу переданных бит информации за единицу времени. Для приведенных выше значений k_p предельно допустимые величины k_e составляют обычно от $(1 - 10^{-9})$ до $(1 - 10^{-12})$. Ошибки при передаче по каналам связи могут возникать по самым разным причинам, как правило, случайного характера [6], поэтому задача обработки ПИ является статистической.

В данной работе поставлена задача: задав предельно допустимую вероятность ошибок β , оценить требуемый вычислительный ресурс системы для получения гарантированной величины QoS . Поскольку статистические характеристики мешающих факторов в ИВС априорно неизвестны, можно получить только выражения для относительных оценок. Эти выражения в дальнейшем используют для задания технических требований к конкретным ИВС.

Поставленную задачу можно решить двумя путями. Первый – занести в базу данных ИВС таблицу значений нормированной функции ошибок и оценивать текущие значения QoS , например, с использованием подходящих интерполяционных формул. Второй – аппроксимировать функцию ошибок полиномом или степенным рядом. Для реальных условий работы ИВС (большие значения аргумента X) можно получить достаточно высокую точность аппроксимации даже при использовании сравнительно простых аппроксимирующих выражений [7]. С учетом приведенных соображений был использован второй метод расчета.

Научной и практической основой данной технологии является системный подход к реализации контроля полетов ВС на основе ПИ в виде взаимосвязанных этапов: воспроизведения и копирования ПИ, оперативной обработки данных одиночных полетов, статистического анализа результатов оперативного контроля, экспертного анализа информации на любой стадии работы. При этом сама информационная технология представляет собой логическое объединение:

- программно-аппаратного комплекса воспроизведения, обработки и индикации ПИ и соответствующих параметров и оценок компьютеризированного контроля полетов ВС;
- методики проведения оперативного контроля одиночных полетов и статистического обобщения их результатов в пределах заданного периода наблюдения;
- рекомендаций летному составу и ИАС по практическому применению результатов компьютеризированного контроля в целях повышения безопасности и экономической эффективности полетов ВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Документ 9859 AN/460. Приложение 6 – Воздушные перевозки, часть I – Международный коммерческий авиатранспорт – Самолеты и часть III – Международные перевозки – Вертолеты. Приложение 11 – Службы воздушного транспорта. Приложение 14 – Аэродромы.
2. Наумов А.Н., Вендров А.М., Иванов В.К. и др. Системы управления базами данных и знаний: Справочное изд.: Под ред. А.Н. Наумова. М.: Финансы и статистика, 1991.
3. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. М.: Эко-Трендз, 2002.
4. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Конфликтная радиолокация. М.: Радио и связь, 1982.
5. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. М.: Радио и связь, 1989.
6. Шварцман В.О., Емельянов Г.А. Теория передачи дискретной информации. М.: Связь, 1979.
7. Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимации. М.: Мир, 1980.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виноградов Николай Анатольевич, 1946г.р., окончил Киевское высшее инженерно-авиационное военное училище ВВС (1969), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных информационных технологий национального авиационного университета (Киев, Украина), автор более 80 научных работ, область научных интересов – вычислительные сети, управление воздушным движением

Лесная Наталья Николаевна, окончила Киевский институт инженеров гражданской авиации (1994), соискатель НАУ, креативный директор компании Procter & Gamble (Украина), автор 8 научных работ, область научных интересов – вычислительные сети, моделирование систем управления воздушным движением.

Холявкина Татьяна Владимировна, окончила Киевский институт инженеров гражданской авиации (1984), соискатель НАУ, инженер кафедры компьютерных информационных технологий Национального авиационного университета (Киев, Украина), автор 16 научных работ, область научных интересов – вычислительные сети, обработка полетной информации.