

личных ИИС для панорамных измерений комплексного коэффициента отражения устройств коаксиального тракта.

БОРТОВЫЕ ИИС И КОМПЛЕКТЫ ВС И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ

Р.К. Мирзаев, О.Ю. Борисов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Высокий темп развития информационной и компьютерной технологии, телекоммуникации определил перспективы серийно выпускаемых автономных измерительных и радиотехнических средств, бортовых информационно-измерительных систем, средств автоматизации и САУ, цифровых пилотажно-навигационных комплексов - "интеллектуальное ядро" различных поколений современных самолетов гражданской и военной авиации.

Авиаприборостроение вместе с самолето-двигательстроением за свою историю прошло несколько этапов развития:

1900-1940 гг. — механические приборы воздушных судов;

1940-1970 гг. — электрические приборы воздушных судов;

1970-2000 гг. — электронные приборы воздушных судов;

2000 г. и далее — внедрение искусственного интеллекта (ИИ).

Этап электронизации воздушных судов ознаменовался применением интегральных микросэлектронных технологий и созданием на их основе бортовых высокопроизводительных компьютеров и новых автоматизированных систем контроля и управления. Тогда-то из слов "авиация" и "электроника" возник новый термин — "авионика". Так стали в конце XX века называть бортовые электронные средства и их комплексы, обеспечивающие управление полетом.

XI век может стать переходом к искусственному интеллекту в управлении. Однако существующие интегрированные комплексы и системы бортового цифрового оборудования нельзя считать комплексами, построенными на основе искусственного интеллекта, так как средства информационной поддержки принятия решения человеком (СИППР) отсутствуют. Анализ подобных систем показывает, что в настоящее время пока не созданы бортовые информационно-управляющие системы (БИ-УС) с системой СИППР, построенные на базе ИИ. Лишь в отдельных публикациях можно встретить упоминание о подобных системах [1, 2].

Объединение приборного(АО), радиотехнического(РЭО) и пилотажно-навигационного оборудования (ПНО) в единое целое с цифровым автоматическим исполнением по «открытой архитектуре», технология построения архитектуры обособленных функциональных систем и блоков, информационно связанных радиальными линиями связи (ARINC 429 и т.д.), с кратностью резервирования, определяемой категорией критичности системы и выполняемой ею функции, позволило выпускать промышленно средства

АВИОНИКИ различных поколений – интегрированные комплексы бортового оборудования (КСЦПНО-204/96(I), ИКБО-95 (II), ИКБО – 2005 (III), ИКБО 2010 (IV)).

В настоящее время уже существует несколько поколений базовых интегрированных комплексов авионики [3, 4, 5, 6]:

первое — комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСПНО), установленный на самолетах В-757/76 А-320* ИЛ-96, ТУ-204, АН-74, АН-140; период разработки -1980-1993 гг.;

второе — интегрированные комплексы бортового оборудования (ИКБО-95), установленные на самолетах В-777, Бе-200, ТУ-214, Ту-204-300 ТУ-334, АН-148; период разработки — 1995-2003 гг.;

третье — (ИКБО-2005); установлены на самолетах А-380; период разработки — 2005-2006 гг.

В начале технологической революции в области микроэлектроники, когда надежность микросхем была очень низкой (так называемый коэффициент выхода при производстве таких изделий был 0,5-3%, т. е., сущности, ниже КПД паровоза), поток отказов был очень большой, такие подходы работали на практике хорошо.

В настоящее время картина качественно изменилась — информация о потоке отказов исчезла, т. е., попросту говоря, отказы микросхем исчезли, они стали работать надежно.

Возникла новая проблема — сложность и трудность сбора информации о потоке отказов. Информации об отказах стало просто не хватать для оценки качества функционирования систем. При этом назрела необходимость разработать новое научное направление, учитывающее информационно-факторную структуру предельно-сложных автоматизированных летающих электронных комплексов (авионики) при эксплуатации.

Новые конструкторские решения в области авионики привели не к уменьшению, а к росту потоков информации, обрабатываемой экипажами ВС.

Проблема:

1. Требования, предъявляемые к БИИС и комплексам самолетов гражданской авиации, накладывают жесткие ограничения на построение вычислительного процесса на борту, его архитектуру, аппаратуру и ПО.

2. Необходимость обеспечения надежности и безопасности полетов, эффективности эксплуатации ЛА.

Такие задачи возможно успешно решать за счет использования новых интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения.

Непрерывный и постоянный рост авиаперевозок, рост интенсивности воздушного движения, как следствие, повышение плотности воздушного движения, особенно в аэроузловых зонах крупных аэропортов и на

авиационных воздушных трассах предъявляют постоянно возрастающие требования к оптимальному использованию воздушного пространства и навигационным характеристикам в соответствии с документами ICAO 9613, ICAO 9650 и согласно требованиям стандартов и рекомендуемой практики (SARPS) ИКАО, разработанным в конце 2006г. руководством по усилению безопасности полетов (РУБП). Государственная программа ОБП ГА и РФ, принятая 06.05.2008г, ориентирует на новые подходы, новые предельные и методы обеспечения безопасности полетов в сочетании с повышением пропускной способности воздушного пространства. Возникает необходимость **разработки средств и методов предупреждения и предотвращения ошибочных действий пилотов.**

Основой любой теории надежности является поток отказов. По существующим ГОСТам и международным стандартам отказом авиационной техники называется выход из строя авиационной техники в процессе ее работы из-за неправильной эксплуатации и плохого ремонта, а также вследствие конструктивных к производственных дефектов. Отказ авиационной техники может произойти на земле, при подготовке авиационной техники к полету, или в воздухе, во время полета. Он приводит к невыполнению полетного задания или к летному происшествию.

Технические комитеты ИКАО, Евроконтроля, все отрасли Министерство авиатранспорта, НИИ и КБ – от государства вплоть до эксплуатанта и других организаций ведут напряженную работу по поиску оптимальных путей решения перспективных задач аэронавигации, БП и надежности ЛА. При этом исследуется возможность применения самых передовых технологий и разработок. Естественно, невозможно представить, что реализация новых функциональных задач должна идти по пути простого наращивания состава оборудования, приводящего к повышению нагрузки на экипаж за счет выдачи все большего объема информации.

Таким образом, встает вопрос о необходимости, с одной стороны, глубокой аппаратно-программной интеграции оборудования и информационно-управляющего пространства и, с другой стороны, проведения эргономических и психофизиологических исследований с целью оптимизации объема и характера выдаваемой экипажу информации и сигнализации.

ВИИС современного, а тем более перспективного, самолета представляет собой высокоинтегрированную и сложную информационно-управляющую систему с многоуровневой организацией информационного обмена и вычислительного процесса, обусловленной как функциональными требованиями к оборудованию самолета, так и требованиями по его надежности и безотказности функционирования. По мере развития информационно-вычислительных технологий подход к принципам построения и архитектуре таких комплексов существенно меняется.

Базовые комплексы стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования устанавливаются на воздушных судах нового поколения (Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Ил-114, Ка-38, Ан-70, Ан-140 и др.).

Основные направления развития авионики — все более широкое использование в ней микропроцессорных устройств и цифровых вычислительных машин, которые по своим вычислительным и логическим возможностям цифровой элементной базы превосходят аналоговые, перспективные возможности — интеллектуализация пилотажно-навигационных комплексов (ПНК).

Безусловно, рост требований к регулярности, надежности и безопасности полетов привел к появлению принципиально новых бортовых БКСЦНО, основанных на цифровом управлении ВС.

Переходу к цифровому пилотажно-навигационному оборудованию (ЦПНО) способствовали следующие факторы:

- высокая технологичность, малые габаритные размеры, масса и стоимость цифровой элементной базы;
- возможность решения большого числа логических задач и более простая, надежная и глубокая организация встроенного контроля позволяющего охватить практически все оборудование комплекса;
- получение высокой надежности благодаря использованию методов структурной и информационной избыточности и большая возможность стандартизации и унификации оборудования;
- уменьшение рабочей нагрузки на экипаж благодаря применению цифровых систем электронного отображения информации на цветных дисплеях.

Из зарубежных данных следует, что переход к цифровым системам пилотажной части комплекса позволяет уменьшить ее стоимость на 20...40%, на 75% сократить трудоемкость технического обслуживания и на 30...50% — число случаев невыполнения программы полета из-за неисправности ПНК и на 50% снизить потери из-за его повреждения. Существенно снижается моторная нагрузка на экипаж. Так, в зависимости от этапа полета нагрузка на командира корабля уменьшается на 10...35%, на второго пилота — на 25...45%, на бортинженера — на 30...60%. Однако речь идет о снижении моторной нагрузки, а не сенсомоторики в целом. И это показало катастрофы на ВС нового поколения.

В гражданской авиации первые цифровые бортовые системы управления полетом были применены в конце 70-х годов на самолетах В-757 и В-767, позднее, в 80-х годах на самолетах А-310, А-320 и др. Базовый комплект стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСЦНО) был создан для самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Ил-114, Ан-72, Ан-140, Ан-148 и др. Технический уровень БКСЦНО несколько

повышает уровень ПНО самолетов Б-757, Б-767, А-310. Функциональные возможности расширены примерно на 20...40%.

Комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО) является практически полностью цифровым. В отличие от аналоговых ПНК здесь датчики, вычислители, индикаторы выполнены на цифровой элементной базе, все связи между системами комплекса также цифровые.

Для первого поколения цифровых пилотажно-навигационных комплексов КСЦПНО-204/96 и ЦПНК-114, разработанных в 80-х годах и установленных на самолетах, соответственно, Ту-204, Ил-96 и Ил-114, характерна архитектура обособленных функциональных систем и блоков, информационно связанных радиальными линиями связи ARINC 429, с кратностью резервирования, определяемой категорией критичности системы и выполняемой ею функции. Такой принцип построения (принцип "черных ящиков") позволяет осуществить на физическом уровне, т.е. на уровне конструктивно-сменных единиц, обособление критических функций и построить детерминированную модель отказов отдельных элементов комплекса, определив степень их влияния на безопасность завершения полета. Тем самым обеспечивается возможность количественной оценки надежности выполнения критических функций путем проведения анализа функциональных отказов на основе статистических данных по потоку отказов составных элементов аппаратной части систем и глубины программно-аппаратного контроля аппаратуры. Вероятность ошибки (сбоя) программного обеспечения (ПО) при этом учитывается в виде вероятности неконтролируемого отказа, распределенного между аппаратурой и ПО, а ее минимизация достигается повышением требований к глубине верификации ПО, в особенности для наиболее критических систем и функций.

При разработке второго поколения цифровых пилотажно-навигационных комплексов, примером которого является, интегрированный комплекс бортового оборудования ИКБО-95, установленный на самолете-амфибии Бе-200 (АРИА-100) [1], в основу проектирования были положены следующие принципы:

- сохранение функционального обособления систем комплекса и равнозначных связей между отдельными функциональными системами для обеспечения межпроектной унификации между комплексами первого и второго поколений. Это позволило сконцентрировать основные усилия на разработке "интеллектуального вычислительного ядра" комплекса, используя готовые, серийно выпускаемые автономные радиотехнические и информационно-измерительные системы;
- использование современной элементной базы и технологий, в том числе цветных дисплеев на жидкокристаллических индикаторах, и интеллектуализации информационно-управляющего пространства экипажа;
- модульное построение основных вычислительных систем "ядра" на

базе унифицированных модулей, позволившее существенно сократить номенклатуру блоков в комплексе и тем самым повысить надежность основных систем при сокращении эксплуатационных расходов;

- межсистемная унификация ПО, обеспечивающая получение более высоких показателей надежности ПО за счет повышения уровня его проверки (тестирования) без существенного увеличения стоимости данных работ в целом по комплексу;

- наличие избыточных аппаратных ресурсов и открытая архитектура позволяющие наращивать функциональные возможности комплекса за счет наращивания ПО.

Применение в ИКБО-95 этих принципов дало возможность получения существенно более высоких технических и эксплуатационных характеристик, также поэтапного внедрения и использования отработанных сертифицированных элементов ИКБО-95 в существующих и эксплуатирующихся комплексах КСЦПНО-204/96 и ЦПНК.

Авионика АН-148, по мнению конструкторов, является универсальной базой для ВС нового поколения различных типов. Данные, предлагаемые разработчиками, приведены в табл. 1. Такая разработка рассматривается авиапромах России и Украины как комплексная и совместная и создает новое современное поколение базового бортового оборудования. В ближайшей перспективе оборудование при соответствующей адаптации программного обеспечения может быть рекомендовано для широкого класса вновь строящихся и модернизируемых самолетов гражданского и военного назначения (табл. 1).

Таблица 1. Авионика Ан-148 — база для модернизации самолетов гражданского и военного назначения

2003-2004 гг.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2010 г.
Ан-148 — базовые системы ВСС-100, КСЭИС-148, САУ-148, ЭДСУ-148	Ан-124-100 Ил-96-300 Ту-204	Ан-140 Ил-114 Ту-214		Ан-74 Ил-112 Ту-334	Ил-214

Новые системы авионики АН-148, которые были поставлены на этом самолете, по нашим исследованиям, обеспечивают перспективность его применения на ближайшие 20 лет.

Рассмотрим более подробно состав и назначение основных систем такой перспективной разработки авионики.

Вычислительная система самолетовождения ВСС-100 обеспечивает автоматическое маневрирование по стандартным схемам прибытия (STAR), вылета (SID), захода на посадку (APPROACH) и маневрирования в зонах ожидания (HOLD), выполняет расчеты взлетно-посадочных характеристик воздушного судна, включая безмоторный полет в

случае полного отказа силовой установки. Для сокращения загрузки экипажа, состоящего из двух пилотов, проделана большая работа по оптимизации операторских процедур и информационных кадров ВСС-100, организован обмен регламентированными форматами сообщений с радиосвязным оборудованием для последующей их трансляции на землю по каналу ACARS.

Комплексная система электронной индикации и сигнализации КС ЭИС-148 — обеспечивает вывод на экраны индикаторов:

- пилотажной информации о пространственном положении самолета, его скорости, высоте, вертикальной скорости, режимах работы системы автоматического управления, заданных параметрах полета;

- навигационной информации о курсе, ветре, отклонениях от заданного направления полета, данные системы самолетовождения, информацию радионавигационных и посадочных систем АРК, VOR, DME, ИЛС/СП, РСБН;

- плана полета и картографическую маршрутную информацию с изображением топографической карты местности;

- схемы выхода из района аэродрома, захода на посадку, схемы аэропортов;

- изображения рельефа местности от бортовой системы предупреждения приближения земли ТАWS;

- информации о воздушном движении и опасном сближении с другими ЛА от системы предупреждения столкновения TCAS;

- телевизионной картины от бортовых телекамер;

- информации о работе и параметрах силовой установки, систем самолета;

- справочной информации от блока базы данных Electronic Flight Data;

- сигнализации экипажу о возникновении опасных ситуаций в полете;

- аварийных, предупреждающих и уведомляющих сообщений, в необходимых случаях выдает речевые и звуковые тональные предупреждения, включает привлекающие внимание пилотов центральные сигнальные огни;

- сигнальных сообщений, сопровождающихся подсказками по действию, которые необходимо выполнить пилотам;

- индикации карт контрольных операций из РЛЭ.

Система автоматического управления САУ-148 является единой интегрированной системой управления полетом и тягой двигателей. Ресурсы и надежность системы обеспечивают автоматизацию полета от взлета до посадки по категории III ICAO.

Электродистанционная система управления — ЭДСУ-14 обеспечивает:

- следующее управление секциями руля высоты (РВ), элеронами рулем направления (РН) и многофункциональными интерцепторами (ИМ);
- позиционное управление тормозными интерцепторами;
- выполнение функции демпферов тангажа, крена и рысканья;
- выполнение функции ограничения предельных режимов;
- выполнение команд САУП.

2. Перспектива

а) усовершенствование и унификация архитектуры, аппаратуры ПО;

б) обеспечение БП и надежности в эксплуатации ЛА.

Цели развития интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования самолетов ГА и авионики в целом:

— отвечать международным требованиям аэронавигации ИКАО CNS/ATM, требованиям Стандартов и Рекомендуемой практики (SARPs) ИКАО, связанным с реализацией концепций РУБП и Государственной программы ОБП ГА в РФ;

— повышать безопасность полетов, за счет снижения доли человеческого фактора в авиационных происшествиях (АП) и увеличения отказобезопасности;

— снижать общие расходы на техническое обслуживание (ТО) ремонт комплексов авионики за счет внедрения концепции программной эксплуатации.

Для перспективных комплексов III и последующих поколений вопросом обеспечения требуемым объемом памяти Q и быстродействия F не является ограничением с точки зрения принятия решения об архитектуре комплекса распределения задач внутри него, не увеличивая при этом массу M потребляемую мощность P .

Однако, принятая сегодня идеология построения комплекса как систем резервированных обособленных функциональных систем, взаимодействующих между собой по жестко определенным протоколам, не позволяет в полной мере использовать весь комплекс вычислительных ресурсов, присущих современному комплексу, ограничивая показатели надежности возможностями микроэлектронной технологии. Необходимо разработать принципиально новые архитектуры интегрированных комплексов авионики, основанные на многократно возросших ресурсах бортовой измерительно-вычислительной техники и новых технологиях, определяющих перспективный технический облик ИКБО, прежде всего, технология сетевой обработки информации. Ключевым вопросом внедрения сетевых технологий в комплекс бортового оборудования является применение волоконно-оптической

средств передачи информации, открывающих возможность решения важнейшей задачи - минимизации времени доступа к удаленным вычислительным и информационным ресурсам, т.е. обеспечения максимальной информационной связанности технических средств ИКБО в реальном времени с минимальными задержками и детерминированным предсказуемым временем передачи информации.

Одним из главных структурных нововведений должна стать полная интеграция цифровых систем авионики в целом, включая системы:

- управления самолетом и силовой установкой;
- управления самолетным оборудованием;
- развлечения и оповещения пассажиров;
- диагностики состояния и бортового технического обслуживания

всех изделий и агрегатов самолета и др.

Все это должно быть реализовано на единой технологической базе с внедрением унифицированного модульного принципа во все цифровые системы и блоки.

1. При создании и эксплуатации новых интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения необходимо применять методы на основе процессного подхода.

2. Использование искусственного интеллекта в базе интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения может снять некоторые стандартные нагрузки экипажа при управлении в нормальных полетных условиях.

3. Возникновение опасных полетных ситуаций и условий требует непосредственного вмешательства экипажа и применения нестандартных решений, которые могут отсутствовать в БИИС.

4. Необходимо применять новые методы исследования и учета электронных отказов как более опасных в силу их взаимосвязи и полифакторности с комплексным оборудованием.

5. Воздушные суда стали более полирежимными, технологически совершеннее, но одновременно с уменьшением моторной нагрузки экипажа произошел рост сенсорной нагрузки на анализаторы человека-оператора, например, командира воздушного судна, второго пилота, бортинженера.

Список использованных источников

1 Федоров С. М., Михайлов О. И., Сухих Н. Н. Бортовые информационно-управляющие системы: Учеб. для вузов / Под ред. С. М. Федорова.— М: Транспорт, 1994.— 262 с.

2 Прозоров С. Е. Цифровые вычислительные системы авиационных комплексов Учебное пособие.— Киев: КИИГА, 1990.— 160 с.

3 Пассажирский самолет Боинг-757.— М.: ЦАГИ, 1987.— 76 с.

4 Самолет ИЛ-96-300 / Под ред. В. Г. Воробьева и Д. В. Лещинера.— Москва: МИИТ А 1989.— 183 с.

5. Техническая эксплуатация пилотажно-авиационных комплексов: Учебное пособие для вузов / А. В. Скрипец, В. Г. Денисов, В. В. Казарук, В. С. Новиков, Н. М. Саченко; Под ред. А. В. Скрипца.— М.: Транспорт, 1992.— 296 с.

6. Воробьев В. Г. Основы теории технической эксплуатации пилотажно-навигационного оборудования.— М.: Транспорт, 1999.— 335 с.

МОНТАЖ СВИНЦОВЫМИ ПРИПОЯМИ ПОВЕРХНОСТНО-МОНТИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО БЕССВИНЦОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

А.С. Севрюков, Ю.П. Ерендеев
ФГУП «НИИ «Экран», г. Самара

Радиоэлектронная промышленность за последние десятилетия тесно переплелась со всеми областями человеческой деятельности, что привело к повышению спроса на радиоэлектронные изделия на мировом рынке. Это в свою очередь создало благоприятные условия для быстрого развития технологий производства печатных узлов и позволило значительно снизить технологическую себестоимость электронной аппаратуры в целом.

В последнее время наблюдается стремительное развитие в области производства бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Большие объемы производства в сочетании со снижением стоимости неизбежно приводят к тому, что ремонт становится нерентабельным по сравнению с приобретением нового изделия. К примеру, такая ситуация наблюдается с компьютерной техникой. Поставщики комплектующих для персональных компьютеров предлагают большой выбор продукции различных производителей в широком ценовом диапазоне, вследствие чего потребителю проще избавиться от устаревшего или вышедшего из строя ПК и приобрести новый. Если учесть, что печатный узел современного ПК может содержать более 10 тыс. точек паяк, то на его производство уйдет от 0,15 см³ припоя (при средних размерах контактных площадок 0,3 x 0,5 мм). В таком объеме оловянно-свинцового припоя содержится более 0,62 г свинца. В отличие от изделий других отраслей, которые могут содержать намного большее количество свинца, централизованная утилизация бытовой электронной аппаратуры связана с многочисленными трудностями, поэтому существует опасность загрязнения больших территорий свинцом.

Другой причиной для перехода на бессвинцовые припои и припойные пасты при производстве печатных узлов стало повышение рабочих температур для большинства электронных изделий. Распространенные припои Sn62/Pb36/Ag2 (температура плавления 179°C) и Sn63/Pb37 (183°C) позволяют создать надежные паяные соединения с рабочей температурой до