

# Интегрированная модульная авионика

## ЕВГЕНИЙ ФЕДОСОВ

научный руководитель-  
первый заместитель  
генерального директора  
ФГУП «ГосНИИАС»,  
доктор технических  
наук, академик РАН

## ВЛАДИСЛАВ

### КОСЬЯНЧУК

начальник лаборатории  
ФГУП «ГосНИИАС»,  
доктор технических  
наук, профессор

## НИКОЛАЙ СЕЛЬВЕСЮК

главный научный  
сотрудник ФГУП  
«ГосНИИАС», доктор  
технических наук,  
доцент

Перспективным направлением развития комплексов бортового оборудования (КБО) воздушных судов (ВС) является концепция интегрированной модульной авионики (ИМА). На этом принципе построены бортовые комплексы современных самолетов Boeing 787, Airbus A380, Sukhoi Superjet100, F-35, Т-50, МиГ-35.

В основе концепции ИМА лежит открытая сетевая архитектура и единая вычислительная платформа. При этом функции систем выполняют программные приложения, разделяющие общие вычислительные ресурсы. Таким образом, осуществляется интеграция и обобщение ресурсов как программного, так и аппаратного обеспечения на платформе ИМА. По сравнению с федеративной архитектурой переход к концепции ИМА позволяет существенно снизить весовые и стоимостные характеристики бортового оборудования ВС.

Переход к ИМА обусловлен экономическими и организационно-техническими предпосылками. С одной стороны, наблюдаются все возрастающие потребности в расширении и удобстве наращивания функциональности оборудования с одновременным стремлением к снижению его стоимости и уменьшению эксплуатационных расходов. С другой стороны, существующий и прогнозируемый уровень развития технологий и элементной базы позволяет осуществлять все более глубокую интеграцию на аппаратном и алгоритмическом уровнях.

В 2004 г. ФГУП ГосНИИАС впервые в РФ сформировал предложение провести комплекс НИОКР, в которых будут заложены основные принципы и технологии развития бортовых комплексов ВС по технологии ИМА. Российская программа ИМА предполагала создание широкой кооперации российских авиаприборостроительных предприятий и была нацелена на решение следующих задач:

- интеграция предприятий авиаприборостроения на основе современных технологий и системных наработок;

- нейтрализация эффекта постоянного наращивания предприятиями цены на свою продукцию за счет ее уникальности и, как следствие, низкой серийности;

- насыщение российского рынка конкурентоспособным сертифицируемым оборудованием и выход с ним на мировой рынок как в составе комплексов оборудования российских самолётов, так и самостоятельно.

Очевидно, что решение перечисленных задач затрагивает интересы не только непосредственных участников проекта по ИМА, но и потребует пересмотра сложившихся и действующих по настоящее время принципов организации и распределения проектных работ, сертификации, а также обеспечивающей их нормативной базы. Заказчиком работ выступил Минпромторг РФ. Этапы российской программы ИМА, их содержание, основные исполнители и результаты работ приведены на рис. 1–3.

Целью перечисленных выше работ было создание научно-технического задела по технологиям разработки систем и комплексов бортового оборудования на базе ИМА, технических решений в обеспечение повышения их качества и сертифицируемости оборудования в Авиационных Регистрах, включая EASA и FAA, продвижения на мировой рынок отечественной авиационной техники (АТ), создание технологической и нормативной базы, обеспечивающей переход отечественного авиастроения на современные технологии организации работ по оснащению АТ комплексами бортового оборудования.

В процессе выполнения проекта создан уникальный научно-технический задел, позволяющий существенно сократить затраты на разработку и последующие модификации бортового

оборудования, сократить сроки разработки, заложить возможности технологического расширения спектра решаемых задач с минимальными затратами средств.

Данная публикация открывает цикл статей о работах в области перспективных технологий создания КБО на базе ИМА и будет посвящена перспективной архитектуре и комплектующим интегрированной модульной авионики.

### КОНЦЕПЦИЯ ИМА

Под интегрированной модульной авионикой понимается концепция построения бортового комплекса, базирующаяся на открытой сетевой архитектуре и единой вычислительной платформе.

Вычислительная платформа реализуется в виде базовой конструкции (крейта) с набором сменных электронных модулей (процессорных модулей, модулей памяти, модулей сетевого коммутатора, модулей электропитания). Конструкция модуля строится на базе единого стандарта, обеспечивающего принцип унификации и взаимозаменяемости.

Функции систем комплекса в этом случае выполняют программные приложения, разделяющие общие вычислительные и информационные ресурсы. Понятие функции является ключевым понятием ИМА. Под функцией понимаются функциональные возможности, которые могут быть обеспечены аппаратными и программными средствами систем, установленными на воздушном судне, например, самолетоуправление, связь, индикация.

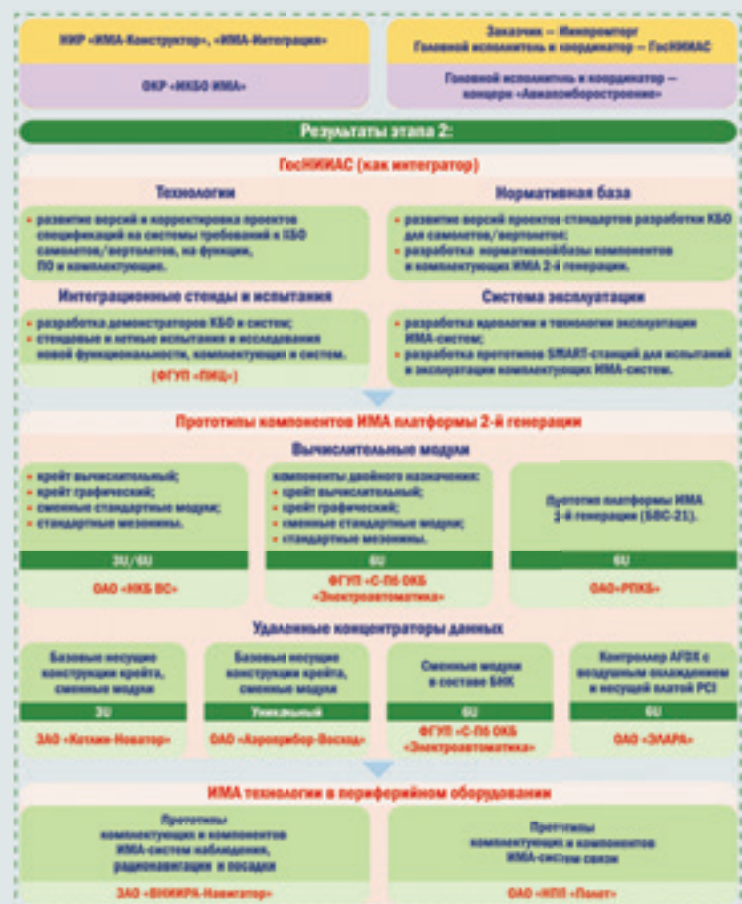
Переход к ИМА позволил перейти от идеи «система – одна функция» к мультифункциональной структуре – «много функций в одном вычислительном ядре». Практически интеграция функций, которые ранее воспринимались как интеграция систем, сводится в новом поколении КБО к созданию базы данных функций и сигналов, а также коммуникатора функций на программном уровне.

Потребность в снижении стоимости авиационных комплектующих благодаря расширению числа производителей и повышению эксплуатационной эффективности за счет более мелкого, чем блок, сменяемого в эксплуатации элемента объективно привела в новом поколении КБО к

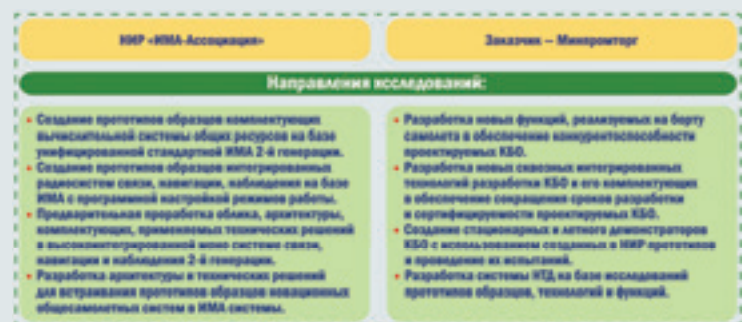
Этап 1: 2004 – 2010 гг. (рис. 1)



Этап 2: 2011–2012 гг. (рис. 2)



Этап 3: 2013–2015 гг. (рис. 3)



модульности аппаратного и программного обеспечения.

Интегрированная модульная авионика позволила перенести все функции управления на уровень программного обеспечения. Это обеспечило аппаратное построение вычисли-

механическим интерфейсам также до уровня взаимозаменяемости для разных поставщиков. Глубокая стандартизация сменных изделий позволит обеспечить взаимозаменяемость изделий различных производителей в рамках одного ВС, упростить модернизацию, и, как следствие, создать более широкие условия для конкуренции и снижения цены.

Концепция российской программы ИМА (рис. 4)



тельной системы в виде набора ограниченно-го числа стандартных элементарных модулей. Наличие современных операционных систем реального времени, в свою очередь, позволило построить и программное обеспечение в виде отдельных функционально-программных модулей. Модульность аппаратной и программной части – это ключ к унификации, стандартизации и, как следствие, снижению затрат в разработке и производстве.

Концептуально российская программа ИМА развивается по трем основным направлениям (рис. 4):

- иерархическая система спецификаций;
- комплектующие вычислительной платформы и периферийного оборудования;
- функциональное программное обеспечение.

Модули функционального программного обеспечения стандартизуются по их интерфейсам до уровня взаимозаменяемости для разных поставщиков. Комплектующие платформы и периферийного оборудования стандартизуются по информационным, электрическим и

### АРХИТЕКТУРА КБО – ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ИМА

Перспективный КБО должен иметь открытую сетевую отказоустойчивую функционально-ориентированную архитектуру на базе масштабируемой интегрированной модульной авионики с использованием вычислительной среды (платформы), реализованной на одних и тех же принципах. Причем, в составе КБО ВС могут одновременно функционировать несколько платформ ИМА, тем самым обеспечивая возможность реализации распределенной архитектуры КБО. В платформе ИМА для организации информационного обмена между функциями, датчиками и исполнительными элементами применяются перспективные протоколы связи AFDX, обеспечивающие эффективное построение динамических структур с сетевой организацией (рис. 5).

Открытая архитектура комплекса предполагает подключение различных по своему назначению устройств, например датчиков информации, через стандартные концентраторы к вычислительному ядру системы. Распределение ресурсов функционального программного обеспечения осуществляется под управлением операционной системы реального времени.

Важной особенностью такой архитектуры является отсутствие «жестких», раз и навсегда установленных связей между датчиками бортового оборудования (информационными каналами) и вычислительными средствами. Это позволяет реализовать динамическую реконфигурацию структуры КБО с соответствующим перераспределением ресурсов. Внутри вычислительной среды формируются (с подключением к необходимым информационным каналам комплекса) структуры для оптимального выполнения каждой функции КБО. Каждая возникающая при этом структу-



ра формируется только на время выполнения заданной функции. Таким образом, общая конфигурация вычислительной среды динамически перестраивается в процессе функционирования комплекса.

В настоящее время в ГосНИИАС проводятся работы по совершенствованию платформы ИМА 2-го поколения, совершенствованию функциональности кабины, включению в состав ИМА общесамолетного оборудования, подключаемого через удаленные концентраторы, а также использованию нескольких распределенных ИМА-систем. При этом сами общесамолетные системы будут являться общим информационным ресурсом бортовой вычислительной сети (рис. 5).

Это позволит оптимизировать структуру бортового комплекса по следующим важным параметрам:

- улучшить массогабаритные характеристики за счет уменьшения количества соединительных проводов;
- повысить надежность за счет уменьшения перечня внешних воздействий, влияющих на бортовое оборудование;
- минимизировать количество датчиков первичной информации, необходимых для реализации функций КБО.

В качестве общесамолетных могут рассматриваться следующие системы: гидравлическая, электроснабжения, топливная, уборки-выпуска шасси, кондиционирования воздуха, регулирования давления в кабине, торможения колес, управления рулежным устройством, кислородная, вспомогательная силовая установка, противопожарная и дымооповещательная, противопобледнительная, дверей и люков, система фар и др. Функции общесамолетных систем также должны максимально использовать общие вычислительные ресурсы комплекса.

Для включения общесамолетной системы в единую бортовую сеть необходимо:

- создать адекватные алгоритмы функционирования системы в форме математических моделей;
- разработать удаленные концентраторы сети, предусматривающие жесткие условия эксплуатации и, при необходимости, осуществляющие реализацию части функций системы;

- разработать адаптивные цифровые датчики первичной информации со стандартизованными интерфейсами и возможностью первичной обработки информации;

- предложить конструктивные решения для электрических исполнительных органов с цифровыми входами, обладающих необходимыми характеристиками.

Платформа ИМА 2-го поколения реализует новые схемотехнические и конструктивные решения функциональных модулей, крейтов и блоков ИМА. Процессорные модули реализуются на базе мультаядерных микропроцессоров с высокой производительностью и пониженным энергопотреблением. Графические модули должны обеспечивать формирование 3D графических изображений с разрешением не менее 1920×1200×60 Гц. Реализуются эффективные способы охлаждения модулей с высокой энергоотдачей на базе стандарта ANSI/VITA 48.5. Для

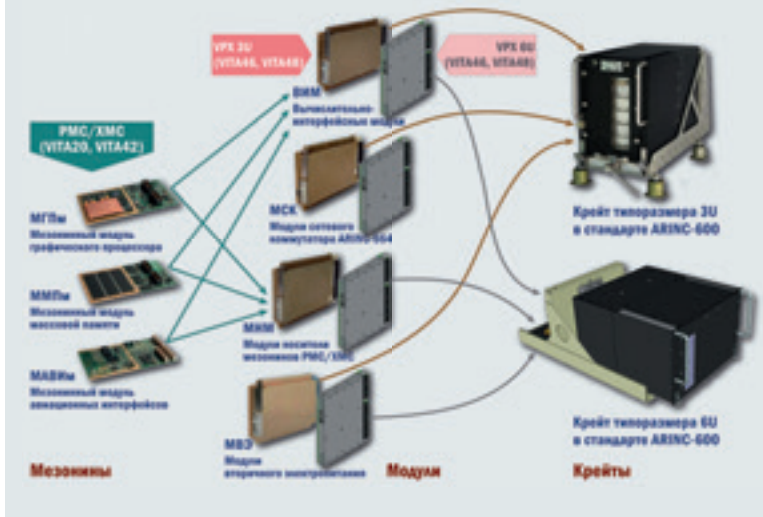
Архитектура перспективного КБО (рис. 5)



реализации сменных модулей и крейтов используются легкие композитные материалы.

В перспективную структуру должны внедряться высокоинтегрированные multifunctional системы, например, единая программно-управляемая радиосистема связи, навигации и наблюдения.

Пример комплектации вычислительной платформы общих ресурсов (рис. 6)



Концептуальными направлениями развития авионики нового поколения являются:

- создание унифицированного ряда открытых отказоустойчивых адаптируемых сетевых архитектур КБО на базе масштабируемой ИМА с целью увеличения производительности, надежности передачи информации, устойчивости к помехам и снижения весовых характеристик линий связи и устройств ввода-вывода;
- применение перспективных интерфейсов (авиационной Ethernet, Fibre Channel, RapidIO, Wi-Fi) и протоколов связи (ТТР) в ИМА-платформе, между функциями, датчиками и исполнительными элементами, обеспечивающими эффективное построение динамических структур с сетевой организацией;
- дальнейшая унификация модулей и компонентов с целью снижения номенклатуры и сроков разработки КБО, массогабаритных характеристик, повышения производительности элементной базы, надежности и отказоустойчивости;
- внедрение перспективных схемотехнических и конструктивных решений для функциональных модулей: многоядерных процессоров, графических модулей с формированием 3D-изображений высокого разрешения, модулей электропитания с компенсацией перебоев электроснабжения, высоконадежных сетевых коммутаторов и т.д.;

- широкое применение коммерческих аппаратных и программных компонентов (COTS-компонентов) для снижения стоимости авионики;
- обеспечение независимости программного обеспечения от используемых аппаратных средств;
- создание интегрированной автоматизированной среды обеспечения процессов разработки КБО на основе интеллектуальных систем, моделирования и виртуального прототипирования;
- внедрение эффективных средств встроенного контроля с целью повышения уровня отказоустойчивости, ремонтопригодности, технического обслуживания.

### КОМПЛЕКТУЮЩИЕ КБО

К основным унифицированным комплектующим КБО следует отнести: базовую несущую конструкцию крейта, процессорный модуль общего назначения, модуль сетевого коммутатора, модуль концентратора сигналов, модуль оптического/электрического конвертора, модуль электропитания, индикаторы с графическими процессорами и индикационные панели. В состав комплектующих вычислительного ядра в качестве аппаратных компонентов входят: базовая несущая конструкция сменного модуля, мезонины: графического контроллера, массовой памяти и ввода/вывода. В настоящее время разработаны макетные образцы указанных комплектующих в формфакторах 3U и 6U. На рис. 6 приведен пример комплектации вычислительной платформы унифицированными комплектующими, разработанными в рамках НИР по ИМА ОАО «НКБ ВС».

Участие других предприятий в разработке комплектующих в рамках НИР по ИМА, показано на рис. 2. Конкретные образцы комплектующих представлены на рис. 7–9.

Принципиально, что структура комплекса бортового оборудования реализуется с использованием минимальной номенклатуры унифицированных взаимозаменяемых открытых стандартных изделий (модулей, систем) с высокой производительностью и энергетической эффективностью.

Внедрение разработанных комплектующих ИМА платформы позволит реализовать программу импортозамещения перспективных российских воздушных судов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективный комплекс бортового оборудования необходимо строить на базе интегрированной модульной авионики с открытой сетевой архитектурой, базирующейся на широком использовании стандартизованных технических решений и поддерживающей высокий уровень унификации аппаратных и программных средств. Высокий уровень стандартизации и унификации позволяет монополизировать проект при широкой проектной интеграции предприятий и территориально распределенной технологии организации работ, снизить стоимость, уменьшить время и риски разработки за счет использования минимальной номенклатуры унифицированных изделий, в том числе COTS-изделий массового (двойного) применения российских и зарубежных производителей.

Необходимо использовать общую мультифункциональную отказоустойчивую интегрированную вычислительную систему. Это позволяет реализовать большинство функций КБО ВС на одних и тех же аппаратных платформах вычислительного ядра, реализованного на современной элементной базе с возможностью ее наращивания и модернизации. Реализация этого подхода позволяет принципиально разделить разработчиков аппаратных и программных платформ и создать рынок программных продуктов, в том числе повторно используемых.

Необходимо реализовать крейтово-модульное стандартизованное исполнение компонентов КБО с применением быстросменных в эксплуатации унифицированных элементов аппаратуры. Это позволяет значительно снизить расходы на эксплуатацию и упростить процесс модернизации оборудования.

Важнейшим элементом программы развития ИМА является создание типовых КБО для возможно более широкого класса ВС. Это позволит устранить монополизацию в области разработ-

ки, модификации и модернизации, что приводит к постоянному росту цен и низкой серийности производства.

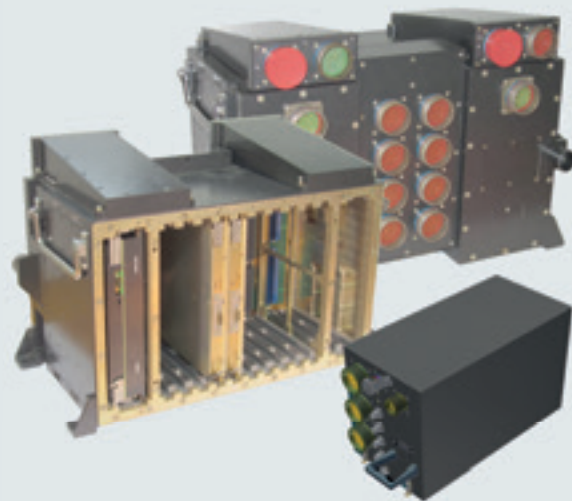
#### Компоненты информационно-управляющего поля кабины ОАО «ЭЛАРА»

(рис. 7)



#### Компоненты вычислительной платформы ФГУП «С-Пб. ОКБ «Электроавтоматика» (унифицированные БНК корпуса)

(рис. 8)



#### Удаленный концентратор ЗАО «Котлин-Новатор» (рис. 9)

