

---

---

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВИОНИКИ

---

---

УДК 681.5: 681.3

В. В. ГРИГОРЬЕВ, Д. В. КОЗИС, А. Н. КОРОВЬЯКОВ, Ю. В. ЛИТВИНОВ

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИОНИКИ

Рассмотрены вопросы построения бортового радиоэлектронного оборудования гражданских самолетов на основе принципов интегрированной модульной авионики.

*Ключевые слова:* авионика, пилотажно-навигационный комплекс, бортовое радиоэлектронное оборудование.

**Введение.** В настоящее время в России ведутся работы по созданию комплекса бортового радиоэлектронного оборудования перспективного семейства гражданских самолетов, обеспечивающего решение навигационно-пилотажных задач летным экипажем, состоящим из двух человек.

Комплекс бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) предназначен для решения следующих задач:

- самолетовождения горизонтальной и вертикальной плоскости;
- связи с наземными службами управления воздушным движением;
- внутрисамолетной радиосвязи;
- внутреннего и наружного видеонаблюдения;
- регистрации полетной информации;
- контроля полета и формирования предупреждающей, уведомляющей, аварийной сигнализации и т.д.

**Принципы интегрированной модульной авионики.** В основе комплекса бортовой аппаратуры для разрабатываемых гражданских самолетов предполагается использовать информационно-управляющую среду (ИУС), создаваемую на основе принципов интегрированной модульной авионики (ИМА). Идеология интегрированной модульной авионики предусматривает использование при создании БРЭО единого набора аппаратных и программных ресурсов, которые легко настраиваются и адаптируются к многофункциональным задачам. Этот набор образует платформу, которая обеспечивает функционирование в соответствии с заданными требованиями по безопасности и по функциональности самолета.

Элементы ИМА унифицированы по конструктивному исполнению, электрическим и программным интерфейсам.

В соответствии с принципами ИМА весь комплекс бортового оборудования (КБО) реализует следующие функции:

- экранной индикации;
- самолетовождения;

- управления полетом;
- управления тягой двигателей;
- диагностики и технического обслуживания;
- автоматизации и управления самолетным оборудованием;
- предупреждения экипажа;
- бортовой связи.

Следование принципам интегрированной модульной авионики обеспечивает:

- высокую надежность комплекса БРЭО,
- удобство в эксплуатации и обслуживании ИУС,
- высокий уровень унификации аппаратной составляющей ИУС и программного обеспечения,
- простоту модернизации и наращивания решаемых комплексом БРЭО задач (также упрощается интеграция новых систем).

Реализацию задач пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) предлагается осуществлять на аппаратных средствах ИУС в рамках единого подхода к разработке программного обеспечения.

Разработка современных комплексов бортового радиоэлектронного оборудования проводится в целях повышения надежности комплекса, а также минимизации затрат на разработку, сертификацию и эксплуатацию. Для достижения этих целей предусматривается:

- максимальная интеграция аппаратуры комплекса;
- открытая архитектура комплекса;
- минимизация количества связей (упрощение кабельной сети) и введение унифицированного канала передачи информации, допускающего простое масштабирование (наращивание количества абонентов) и реконфигурацию;
- централизация вычислительных ресурсов — создание вычислительного ядра комплекса;
- конструктивная и интерфейсная унификация вычислительных ресурсов.

#### **Принципы организации архитектуры комплекса БРЭО:**

- аппаратная и функциональная интеграция бортовых вычислительных систем и датчиков, автономных и радиотехнических систем навигации, систем связи;
- модульность построения основных вычислительных систем на основе единой сетевой ИУС с распределенными ресурсами и высокоскоростными шинами обмена;
- открытость архитектуры, обеспечивающей возможность наращивания и модернизации комплекса;
- использование новейших технических решений в области электроники и информационных технологий;
- внутрипроектная унификация как аппаратных средств, так и программного обеспечения.

**Информационные потоки БРЭО.** Бортовое радиоэлектронное оборудование самолета, функциональная схема которого представлена на рис. 1, должно обеспечивать следующие функции:

- а) прием информации от самолетных систем и органов управления самолетом и КБО;
- б) обработку полученной информации и формирование потока управляющей информации;
- в) преобразование потока управляющей информации в сигналы управления самолетными системами;
- г) представление экипажу в удобной для восприятия форме объективной информации, необходимой для выполнения полета.

Особенностью информационных потоков является разнородность информации, как по интерфейсам, так и по протоколам ее передачи (интерфейсы и протоколы определяются сопрягаемыми с ИУС системами).

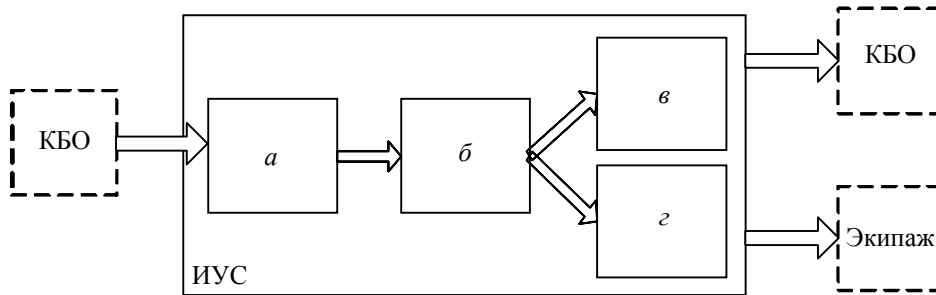


Рис. 1

Выделим два основных типа передаваемой информации:

- 1) параметрическая (параметры полета, параметры состояния систем и т.д.);
- 2) видеoinформация (изображения, поступающие с камер видеонаблюдения, локатора, метеолокатора и т.д.).

При выборе элементов аппаратуры БРЭО для упрощения обработки получаемой информации унифицируются внутренние интерфейсы БРЭО. При выборе интерфейсов учитываются как уровень аппаратуры (модуль, блок), так и тип передаваемых по нему данных (параметрическая, видеoinформация).

Для передачи параметрической информации используется интерфейс AFDX (в настоящее время скорость передачи 100 Мбит/с, потенциально — до 1 Гбит/с), для видеoinформации — Fibre Channel (скорость передачи 1 Гбит/с, потенциально — до 10 Гбит/с).

Повысить надежность БРЭО возможно за счет повышения надежности отдельных элементов системы, а также подбирая такую структуру системы, когда максимальное количество ее элементов (отказ которых приводит к отказу системы либо к снижению ее функциональности) можно резервировать.

Наиболее „слабое звено“ самолета — индикаторы, их резервирование возможно с помощью реконфигурации индикации на другой индикатор. Для повышения надежности индикаторов необходимо, чтобы они содержали минимум элементов — отображающий элемент и простейший контроллер, обеспечивающий регистрацию полученной видеoinформации и ее отображение. При этом формирование видеoinформации происходит в дисплейном процессоре, не входящем в состав индикатора.

Таким образом, функциональную схему БРЭО представим в виде, изображенном на рис. 2, 3, выделив в ней:

- 1) подсистему ввода информации — на пульты управления, подсистему ввода и концентрации параметрической информации (концентраторы), подсистему ввода видеoinформации (видеоконмутатор);
- 2) подсистему индикации, включающую графическую подсистему (графический крейт) и индикаторы.

Следующим шагом повышения надежности БРЭО является дублирование всех элементов системы, кроме вычислительного ядра. Таким образом, функциональная схема примет вид, приведенный на рис. 4.

Для обеспечения возможности дублирования графической подсистемы в каждый индикатор введено два канала приема видеoinформации от каждого графического крейта.

Резервирование вычислительного ядра обеспечивается его представлением в виде двух вычислительных крейтов. При частичном отказе ведущего вычислительного крейта происходит полный переход к управлению от следующего по приоритету крейта.

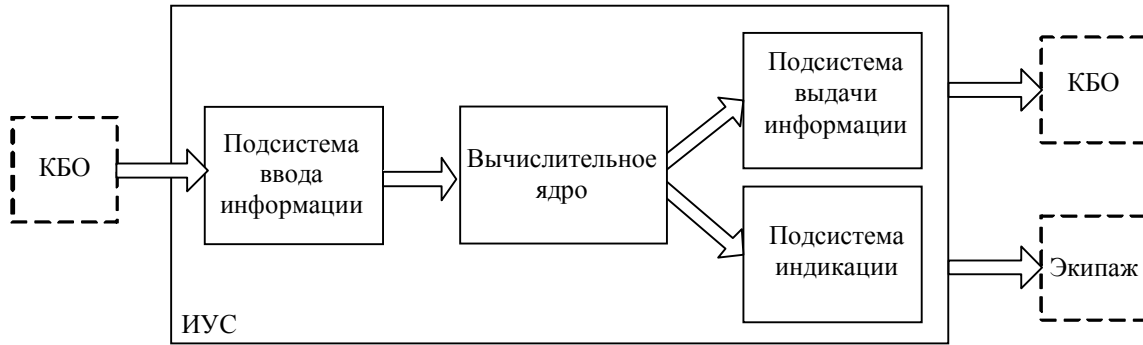


Рис. 2

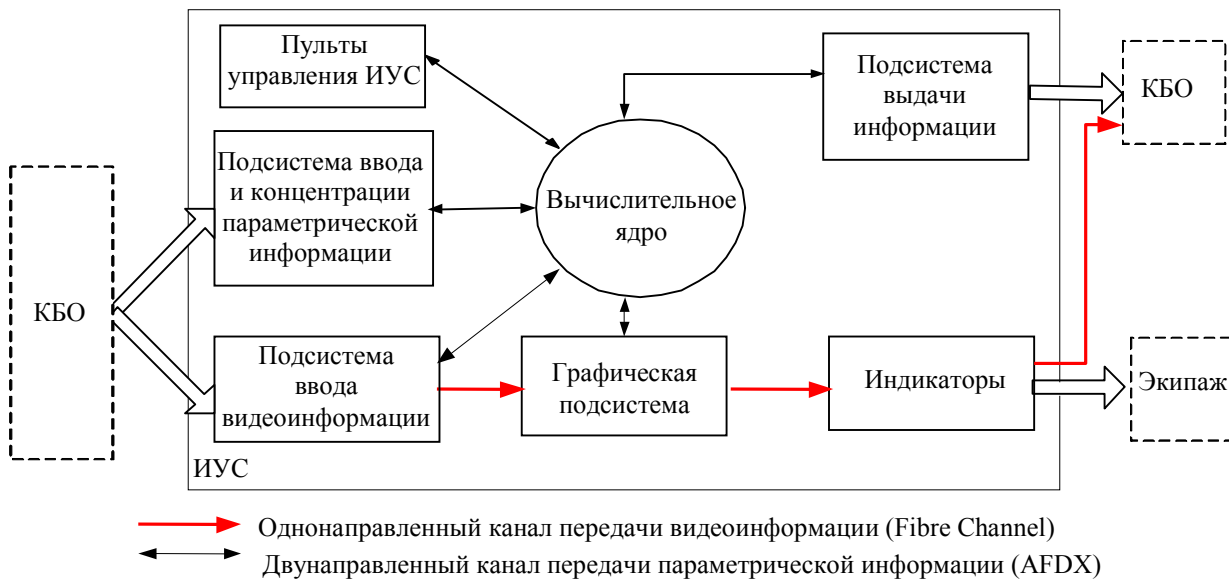


Рис. 3

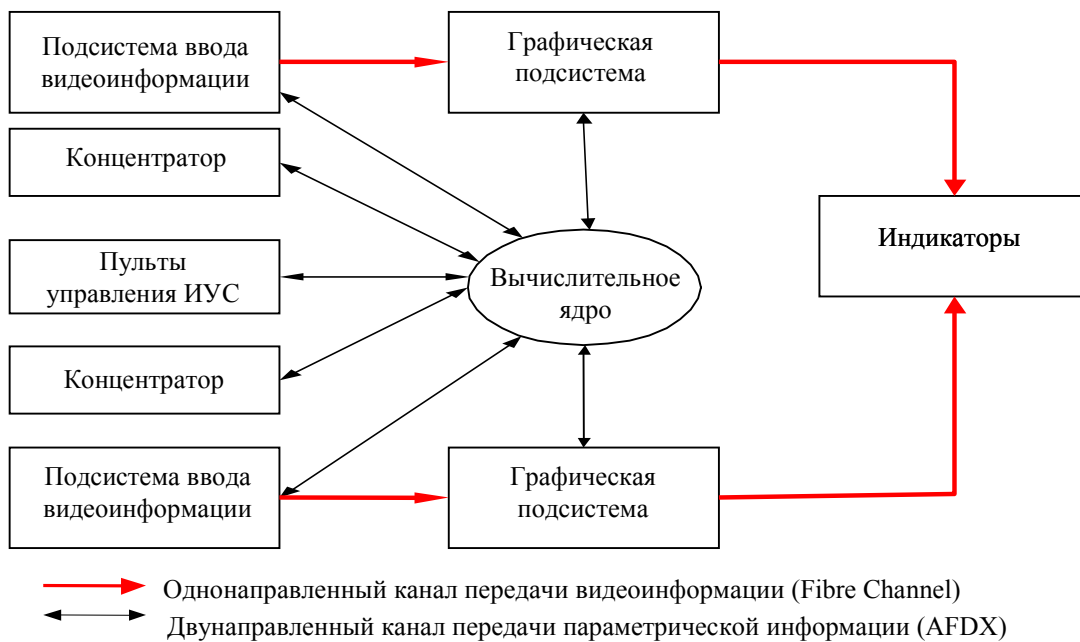


Рис. 4

**Заключение.** На основе анализа состояния, тенденций и перспектив развития бортового оборудования (БО) ЛА в России и за рубежом, научно-технических исследований, выполненных в этой области, и опыта разработки бортовых комплексов гражданских самолетов всех классов предложена практическая методология интеграции БО.

Из анализа задач функционирования самолета, вычислительных процессов, процессов информационного обмена и опыта разработок бортовых комплексов предложена структура БРЭО, базирующаяся на отказоустойчивой бортовой локальной вычислительной сети открытой архитектуры на основе высокоскоростных мультиплексируемых и радиальных каналов со стандартизованными подключениями.

Реализация идеологии ИМА при проектировании БРЭО обеспечивает:

- минимизацию кабельных связей;
- высокую надежность (резервирование на борту самолета обеспечивается двухконтурностью системы обработки данных, вычислительного ядра и индикации);
- открытую архитектуру за счет использования сетевых технологий (на базе AFDX и Fiber Channel) путем оперативного перераспределения ресурсов и унификации модулей аппаратуры БРЭО и их конструктивного исполнения;
- масштабируемость, позволяющую без изменения структуры БРЭО модернизировать и/или адаптировать БРЭО к конкретному типу самолета.

Программное обеспечение проектируется в виде иерархической системы независимых модулей с унифицированными программными интерфейсами.

Открытая архитектура позволяет модернизировать структуру и ПО БРЭО на протяжении всего жизненного цикла самолета, интегрировать в его состав перспективные комплексы БО.

Предлагаемый системный подход к обеспечению отказоустойчивости БРЭО — основа безопасности и точности полетов, повышения качества и снижения стоимости отработки и сертификации, а также уменьшения эксплуатационных расходов в течение жизненного цикла самолета.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационная радионавигация. Справочник / Под ред. А. А. Сосновского. М.: Транспорт, 1990. 264 с.
2. Алексеев Ю. Я., Бенев В. Н., Ефимов В. А., Каверин С. Н., Татарский Б. Г. Авиационное радиоэлектронное оборудование / Под ред. В. А. Ефимова. М.: Изд-во ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1993. 230 с.

### *Сведения об авторах*

- Валерий Владимирович Григорьев** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики; E-mail: grigvv@yandex.ru
- Дмитрий Владимирович Козис** — канд. техн. наук; ОКБ „Электроавтоматика“ им. П. А. Ефимова; Санкт-Петербург, начальник лаборатории; E-mail: kozisd@mail.ru
- Анатолий Николаевич Коровьяков** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики; E-mail: anatoliyru@mail.ru
- Юрий Володарович Литвинов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики; E-mail: yur113@yandex.ru

Рекомендована кафедрой  
систем управления и информатики

Поступила в редакцию  
01.07.09 г.