

УДК 681.324

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДУЛЬНОЙ АВИОНИКИ

**А. В. Шукалов<sup>а, б</sup>**, доцент, генеральный директор

**П. П. Парамонов<sup>а, б</sup>**, доктор техн. наук, профессор, советник генерального директора

**Е. В. Книга<sup>а, б</sup>**, аспирант, старший инженер

**И. О. Жаринов<sup>а, б</sup>**, доктор техн. наук, заведующий кафедрой, руководитель учебно-научного центра

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, РФ

<sup>б</sup>ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» им. П. А. Ефимова», Санкт-Петербург, РФ

**Постановка проблемы:** развитие современного авиационного приборостроения связано с внедрением на борту летательных аппаратов вычислительных систем класса интегрированной модульной авионики. Для создания таких систем требуются специальные проектные решения, обладающие повышенными показателями унификации и стандартизации. Цель исследования заключается в разработке структур модулей вычислительных систем интегрированной модульной авионики. **Методы:** внутренние структуры вычислительных компонентов получены с использованием методов инженерного синтеза, методов и систем автоматизации проектирования, методов теории выбора и методов автоматизированной генерации проектных решений. **Результаты:** основными результатами работы являются внутренние структуры модулей: вычислительного, графического, коммутатора, ввода-вывода, массовой памяти. Структуры получены путем преобразования модификации унифицированного вычислительного компонента — базового модуля. Базовый модуль включает узлы поддержки модуля, межмодульного интерфейса, функций модуля, контроля и диагностики, внешних интерфейсов, связи с мезонинами, интеллектуальный узел электропитания. Структура вычислителя совпадает со структурой базового модуля. Структура модуля ввода-вывода основана на структуре базового модуля и дополнена платами-мезонинами, обеспечивающими аппаратно-программную поддержку функций ввода-вывода данных по специализированным бортовым интерфейсам. Структура модуля графического основана на структуре базового модуля с дополнением узла функций модуля узлом специализированного графического контроллера, поддерживающего функцию передачи видеобразов по интерфейсу Fibre Channel. Структура модуля-коммутатора основана на структуре базового модуля с расширением узла функций модуля и включением в него специализированных элементов: приемников и передатчиков оптического сигнала Fibre Channel и контроллера интерфейса Fibre Channel. Структура модуля массовой памяти основана на структуре базового модуля и дополнена специализированными платами-мезонинами для расширения объема постоянной памяти модуля. **Практическая значимость:** результаты получены при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по созданию перспективных образцов вычислительной техники в классе аппаратуры интегрированной модульной авионики. Результаты доведены до промышленных образцов, находящихся в настоящее время на этапе испытаний.

**Ключевые слова** — интегрированная модульная авионика, вычислительные системы, модули, внутренняя структура.

### Введение

Бортовые цифровые вычислительные системы (БЦВС) перспективного летательного аппарата (ЛА) представляют собой многопроцессорные многомодульные реконфигурируемые структуры, выполненные в классе аппаратуры интегрированной модульной авионики (ИМА) и построенные на базе унифицированных быстросменных конструктивно-функциональных модулей (КФМ) [1–5].

Номенклатура КФМ ИМА представлена пятью функциональными вычислительными компонентами, классифицируемыми в соответствии со своим назначением на модуль вычислительный (МВ), модуль графический (МГ), модуль ввода-вывода (МВВ), модуль-коммутатор (МК), модуль массовой памяти (ММП). Модуль напряжений (МН) не использует вычислительные ресурсы, но также присутствует в составе БЦВС.

Как показано в работе [6], принцип построения всех КФМ основывается на базовой структуре одного вычислительного компонента, которая включает:

— узел поддержки модуля (УПМ);

— интеллектуальный узел электропитания (ИУЭП);

— узел межмодульного интерфейса (УМИ);

— узел функций модуля (УФМ);

— узел контроля и диагностики (УКД);

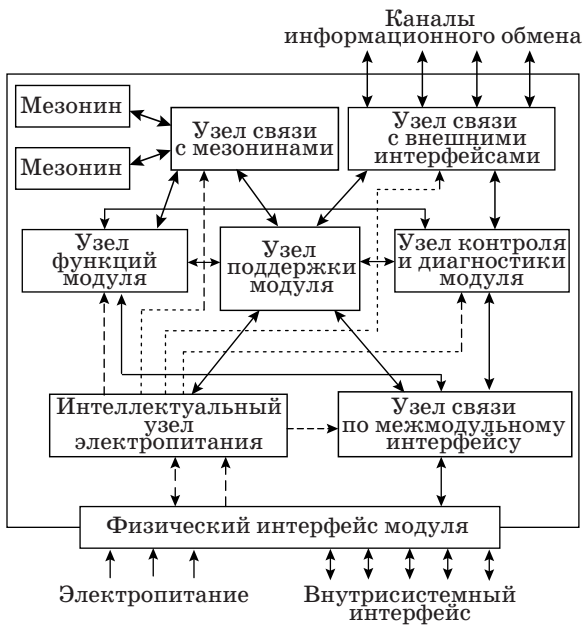
— узел внешних интерфейсов (УВИ);

— узел связи с мезонинами (УСМ).

В зависимости от назначения КФМ в его внутренней структуре присутствуют дополнительные функциональные элементы. Таким образом, внутренняя структура МВ, МГ, МВВ, МК или ММП может быть получена путем преобразования структуры одного базового модуля ИМА. Цель настоящей статьи заключается в изложении принципов построения вычислительных компонентов, применяемых в перспективных системах ИМА и обладающих высокими значениями показателей унификации и стандартизации проектных решений.

### Внутренняя структура базового вычислительного компонента ИМА

Функциональная схема базового КФМ для БЦВС ИМА представлена на рис. 1.



■ Рис. 1. Функциональная схема базового КФМ ИМА

*Узел поддержки модуля* синхронизирует работу всех узлов КФМ, управляет инициализацией КФМ, управляет встроенным аппаратно-программным контролем модуля, а также осуществляет:

- управление электропитанием модуля (формирует сигналы управления электропитанием — «авария сети электропитания», «отключить электропитание модуля»);

- контроль качества электропитания модуля (сохраняет контекстные параметры внешнего электропитания);

- инициализацию и идентификацию модуля в составе БЦВС (сохраняет и формирует контекстную информацию о КФМ: индивидуальную информацию завода-изготовителя, тип модуля, номер производственной партии, основные технические характеристики модуля и т. д.);

- контроль и регистрацию исправности модуля (формирует результаты тестирования и другую сервисную информацию, определяющую текущее состояние модуля);

- управление загрузкой программного обеспечения модуля;

- ведение журнала состояния модуля (сохраняет параметры состояния модуля, характеризующие его долговременные свойства либо нарушение работоспособности (количество рабочих часов, выполненные работы по техническому обслуживанию, отказы модуля и др.) в специальной энергонезависимой памяти).

*Интеллектуальный узел электропитания* обеспечивает преобразование первичных напряжений электропитания модуля во вторичные напряжения, которые необходимы для работы уз-

лов модуля; коммутацию напряжений питания на внутренние узлы модуля; защиту системы энергоснабжения БЦВС от короткого замыкания по первичным и вторичным сетям электропитания; выдачу в УПМ информации о параметрах внешнего электропитания.

*Узел межмодульного интерфейса* обеспечивает сопряжение УФМ с межмодульным интерфейсом БЦВС.

*Узел функций модуля* предназначен для реализации функционального назначения модуля, которое различается в зависимости от типа КФМ (обработка данных, обработка сигналов от датчиков пилотажно-навигационного комплекса, обработка и формирование изображений в графическом и совмещенном «графика и метеоданные», «графика и геоинформационные данные» режимах и т. д.).

*Узел контроля и диагностики* обеспечивает контроль и автоматическую диагностику всех внутренних узлов модуля.

*Узел внешних интерфейсов* обеспечивает обмен информацией КФМ по внешним интерфейсам (разовые команды и последовательные каналы связи, мультиплексные каналы информационного обмена, оптические каналы связи) с УФМ и в обратном направлении.

*Узел связи с мезонинами* обеспечивает обмен информацией УФМ с различными мезонинными компонентами (платами), устанавливаемыми на КФМ для расширения функциональных возможностей модуля и построения новых конфигураций (увеличение числа каналов обмена, введение сопроцессора поддержки вычислений и др.). Так, например, на основе МВ можно сконфигурировать ММП, добавив мезонинные платы с большим объемом памяти, или сконфигурировать МВВ, установив платы-мезонины, реализующие дополнительное число входных-выходных интерфейсов БЦВС.

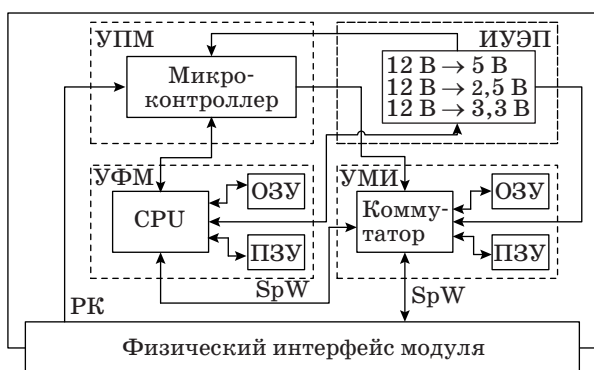
*Физический интерфейс* КФМ обеспечивает подключение оптических и электрических сигналов модуля в составе единой БЦВС.

### Внутренняя структура вычислительных компонентов ИМА

*Модуль вычислительный* (рис. 2) предназначен для расчета общих и специальных алгоритмов управления движением ЛА, выполнения математических расчетов в реальном масштабе времени, диагностики бортового оборудования и т. д. средствами центрального процессора (CPU — Central Processor Unit).

Модуль вычислительный в составе БЦВС обеспечивает:

- прием от ММП по внутренней локальной сети SpaceWire SpW специализированного программного обеспечения, занесение полученных



■ Рис. 2. Функциональная схема МВ

данных в резидентное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и их исполнение на встроенном вычислительном узле;

— информационный обмен данными по бортовой сети ЛА с другими абонентами комплекса авионики;

— предоставление функциональному программному обеспечению (ФПО) программных, аппаратных и временных ресурсов для возможности обработки полученной информации;

— выдачу подготовленной ФПО информации в бортовую информационную сеть ЛА.

Принцип работы МВ заключается в следующем: при подаче электропитания модуль осуществляет инициализацию входящих в его состав компонентов (микросхем программируемой логики, микроконтроллера, микропроцессора и др.). После инициализации МВ принимает из постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) ММП функциональное программное обеспечение БЦВС по внутренней локальной сети SpaceWire [7] и заносит его в свое внутреннее ОЗУ. Дальнейшая работа МВ в составе БЦВС определяется алгоритмом ФПО, заданным разработчиком БЦВС. Дополнительно в модуле реализована функция внешнего управления режимами работы модуля сигналом разовой команды РК.

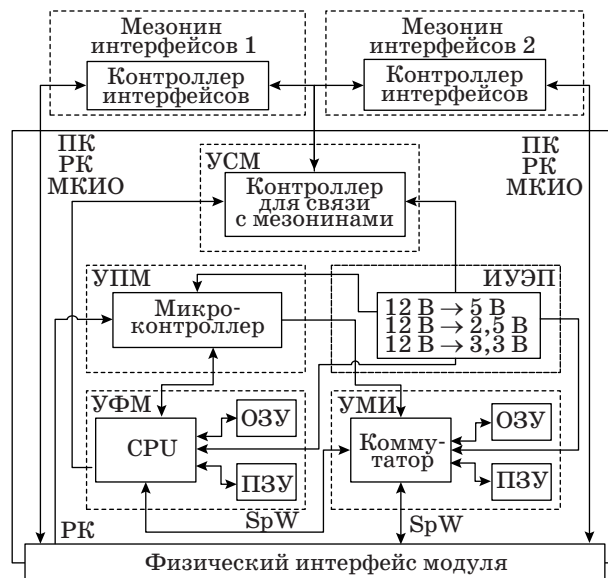
Модуль ввода-вывода (рис. 3) предназначен для организации взаимодействия абонентов на борту ЛА друг с другом по мультиплексным каналам информационного обмена МКИО по ГОСТ Р 52070-2003 (аналог стандарта MIL-1553В), по последовательным каналам ПК связи и по РК по ГОСТ 18977-79 (аналог стандарта ARINC-429).

Внутренняя структура МВВ основана на структуре базового вычислительного КФМ и дополнена платами-мезонинами, обеспечивающими аппаратно-программную поддержку функций ввода-вывода данных по специализированным бортовым интерфейсам.

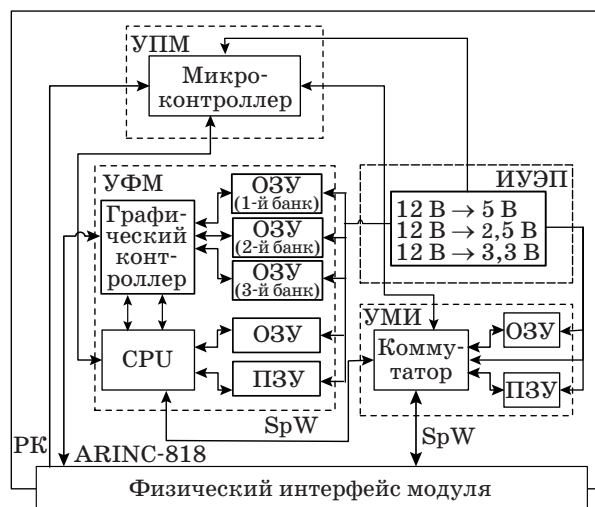
Принцип работы МВВ в составе БЦВС описывается следующим образом: при включении на-

пряжения электропитания начинается процесс инициализации модуля, включающий подготовку и запуск микроконтроллера, микропроцессора, коммутатора. Затем из ММП загружается ФПО в ОЗУ МВВ по внутренней локальной сети SpaceWire. Дальнейшая работа модуля в составе БЦВС определяется алгоритмом ФПО, предусмотренным разработчиком. В процессе функционирования БЦВС МВВ получает результаты расчетов по локальной сети SpaceWire и передает их в УСМ для выдачи по требуемому бортовому интерфейсу абонентам через платы-мезонины, на которых реализованы программно управляемые контроллеры бортовых интерфейсов.

Модуль графический (рис. 4) предназначен для организации приема, обработки внешней видео-



■ Рис. 3. Функциональная схема МВВ



■ Рис. 4. Функциональная схема МГ

информации и формирования выходного видеосигнала на бортовые средства индикации информационно-управляющего поля кабины пилота ЛА.

Модуль графический в составе БЦВС обеспечивает:

- выполнение математических операций (преимущественно в полярной системе координат);

- выполнение специализированных преобразований данных для поддержки функций OpenGL (Open Graphic Library);

- прием и передачу видеоданных по цифровому оптическому интерфейсу на основе технологии Fibre Channel (стандарт ARINC-818);

- прием и передачу данных по внутреннему межмодульному интерфейсу БЦВС по сети SpaceWire.

Внутренняя структура МГ основана на структуре базового вычислительного модуля и на структуре базового модуля с дополнением УФМ узлом специализированного графического контроллера, поддерживающего функцию передачи видеоизображения по интерфейсу Fibre Channel.

Принцип работы МГ в составе БЦВС заключается в следующем. При подаче напряжения электропитания МГ проводит инициализацию внутренних узлов модуля. Затем по локальной сети SpaceWire модуль получает от ММП и заносит в свое ОЗУ ФПО, алгоритмом которого определяется дальнейшая работа модуля в составе БЦВС. В частности, для нацеленной системы целеуказания и индикации [8] МГ получает видеоизображение с камеры обзора закабинного пространства и пилотажно-навигационную информацию для построения графического изображения, два изображения совмещаются в МГ с учетом заданного угла поворота ЛА. Для бортовой цифровой картографической системы [9, 10] МГ формирует видеоизображение геоинформационных данных в совмещенном с пилотажно-навигационной или метеорологической информацией режиме.

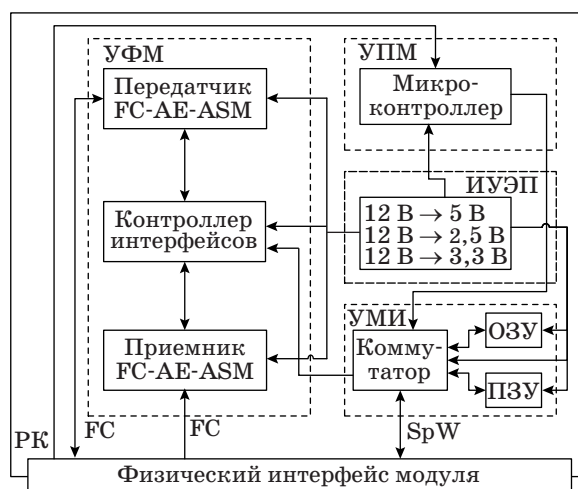
Синтезированное в МГ изображение передается по цифровому каналу обмена Fibre Channel на средства индикации бортовой системы отображения, входящей в состав информационно-управляющего поля кабины пилота ЛА.

*Модуль-коммутатор* (рис. 5) предназначен для согласования разнородных видов интерфейсов бортового оборудования авионики и интерфейсов БЦВС. МК в составе БЦВС обеспечивает:

- преобразование электрического сигнала в оптический сигнал и оптического сигнала в электрический сигнал интерфейса Fibre Channel FC;

- выполнение функции оптико-электронного согласования интерфейсов SpaceWire и Fibre Channel (спецификация FC-AE-ASM);

- выполнение функции электрического согласования интерфейса SpaceWire и МКИО по ГОСТ Р 52070-2003;



■ Рис. 5. Функциональная схема МК

- выполнение функции коммутации электрических сигналов бортовой сети ЛА на основе интерфейса SpaceWire с сигналами внутренней локальной сети БЦВС на основе SpaceWire.

Внутренняя структура МК основана на расширении УФМ базового вычислительного КФМ добавлением в него специализированных элементов: приемников и передатчиков оптического сигнала Fibre Channel и контроллера интерфейса Fibre Channel. Принцип работы МК в составе БЦВС состоит в следующем. При включении напряжения электропитания происходит инициализация всех узлов модуля. Затем по локальной сети SpaceWire МК получает ФПО от модуля ММП и заносит его в свое ОЗУ. Дальнейшая работа модуля в составе БЦВС определяется алгоритмом ФПО, предусмотренным разработчиком.

*Модуль массовой памяти* (рис. 6) выполняет роль арбитра в БЦВС. Модуль обеспечивает прием информации по сети информационного обмена ЛА; хранение в энергонезависимой памяти данных ФПО для каждого КФМ, входящего в состав БЦВС; выдачу данных по запросам по внутренней локальной сети БЦВС в любой КФМ.

Модуль массовой памяти в составе БЦВС обеспечивает:

- прием информации по информационной сети обмена данными ЛА;

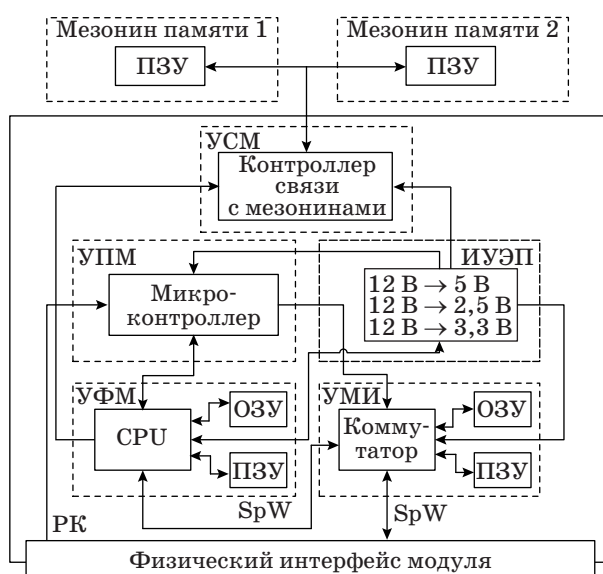
- хранение в энергонезависимой памяти данных (ФПО, компонентов конфигурирования радиоэлементов программируемых логических интегральных схем КФМ и т. п.);

- загрузку в резидентное ОЗУ данных ФПО и инициализацию их исполнения;

- выдачу хранимых данных по локальной сети в соответствующие КФМ;

- выдачу сформированной средствами ФПО информации по сети информационного обмена абонентам бортового оборудования авионики.





■ Рис. 6. Функциональная схема ММП

Внутренняя структура ММП основана на структуре базового вычислительного модуля и дополнена специализированными платами-мезонинами для расширения объема постоянной памяти модуля, предназначенной для хранения ФПО.

Работа ММП в составе БЦВС происходит по следующему принципу. При включении напряжения электропитания ММП инициализирует входящие в его состав компоненты. Затем ММП по внутренней локальной сети SpaceWire передает в ОЗУ всех КФМ компоненты ФПО. Далее ММП осуществляет проверку модулей, анализ данных встроенного тестового контроля и при выявлении отказа и наличии имеющихся

в системе аппаратных и программных ресурсов производит реконфигурацию БЦВС, перераспределяя ФПО между исправными КФМ. Алгоритм теста проверки БЦВС подробно описан в работе [11].

### Вычислительные структуры ИМА на основе номенклатуры КФМ

Предлагаемые структуры КФМ предназначены для создания реконфигурируемых БЦВС, выполненных в соответствии с рекомендациями группы стандартов ARINC-651–ARINC-655, распространяющихся на бортовую аппаратуру класса ИМА. Показано, что различные по функциональному назначению КФМ могут быть построены на основе внутренней структуры базового вычислительного модуля путем добавления новых специализированных узлов и расширения узла функций модуля. В табл. 1 приведено распределение узлов базового модуля по вычислительным компонентам КФМ, полученное путем автоматизированной генерации проектных решений по методикам [12–19] в отраслевой системе автоматизированного проектирования авиационного приборостроения.

Анализ данных табл. 1 показывает, что предлагаемая номенклатура КФМ является достаточной для создания семейства бортовых вычислителей, покрывающих потребности авиационной промышленности в создании первоочередных образцов бортового приборного оборудования.

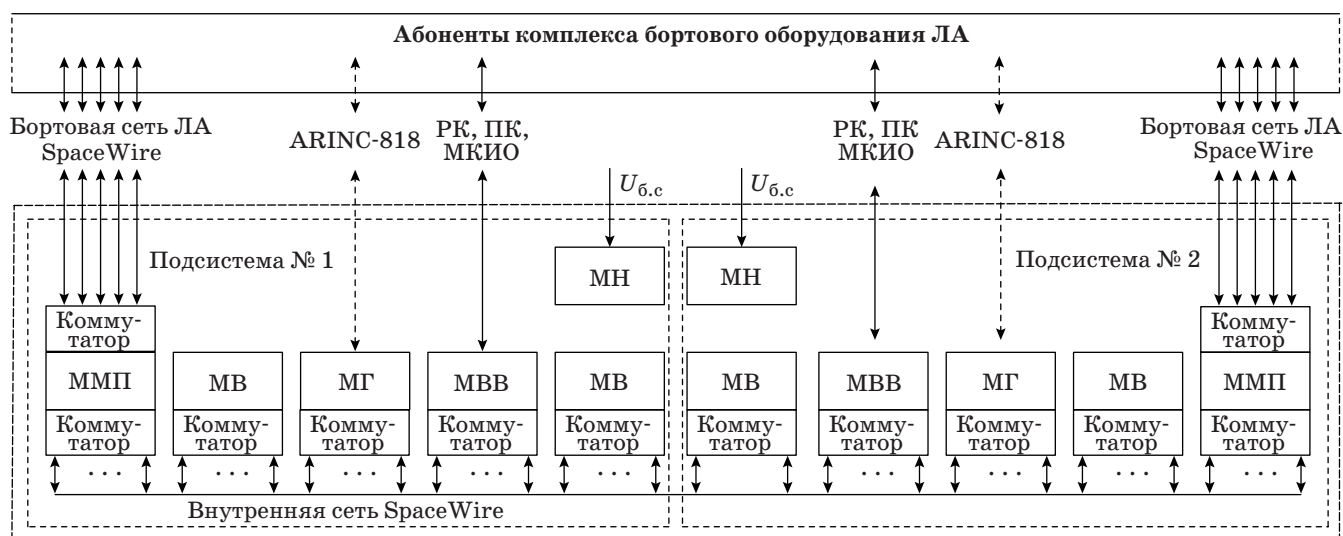
В табл. 2 представлен помодульный состав БЦВС, бортовой системы картографической информации (БСКИ), бортовой графической станции (БГС), бортовой интерфейсной станции (БИС), выполненных с применением технологии ИМА

■ Таблица 1. Распределение унифицированных узлов по КФМ

КФМ	УФМ			УПМ	УМИ	УСМ	Мезонин	
	CPU	Графика	Интерфейсы				Память	Интерфейс
МВ	+	–	–	+	+	–	–	–
ММП	+	–	–	+	+	+	+	–
МГ	–	+	–	+	+	–	–	–
МВВ	–	–	+	+	+	–	–	+
МК	–	–	+	+	+	–	–	–

■ Таблица 2. Помодульный состав бортовых вычислителей класса ИМА различного назначения

Наименование изделия авионики	МВ	ММП	МН	МВВ	МГ	МК
БЦВС	+	+	+	–	–	–
БСКИ	+	+	+	+	+	–
БГС	+	+	+	–	+	+
БИС	+	+	+	+	–	–



■ Рис. 7. Функциональная схема БСКИ ( $U_{6.c}$  — напряжение бортовой электрической сети питания)

на базе МВ, МВВ, МГ, ММП, МК, МН. Пример внутренней структуры БСКИ приведен на рис. 7. Система БСКИ построена по двухконтурной схеме. Составы контуров идентичны. В составе ЛА каждый контур может использоваться как независимый вычислитель или как резервирующий вычислитель второго контура.

## Заключение

В результате проектирования были получены внутренние структуры КФМ для реконфигурируемой ВЦВС, выполненной в соответствии с рекомендациями группы стандартов ARINC-651–ARINC-655, распространяющихся на бортовую

аппаратуру класса ИМА. Показано, что различные по функциональному назначению КФМ могут быть построены на основе внутренней структуры одного базового вычислительного модуля путем добавления новых специализированных узлов и расширения узла функций модуля.

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что предлагаемые конструктивные и схемотехнические решения обладают показателями стандартизации и унификации проектных решений не ниже 70 %, что является достаточным для разработки базовой номенклатуры КФМ и перспективных вычислителей класса ИМА с поддержкой жизненного цикла «проектирование-производство-эксплуатация» авиационной аппаратуры [20].

## Литература

1. Гатчин Ю. А., Жаринов И. О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики. — М.: Машиностроение, 2010. — 224 с.
2. Парамонов П. П., Жаринов И. О. Интегрированные бортовые вычислительные системы: обзор современного состояния и анализ перспектив развития в авиационном приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2. С. 1–17.
3. Жаринов О. О., Видин Б. В., Шек-Иовсепянц Р. А. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2010. № 4. С. 21–27.
4. Книга Е. В., Жаринов И. О., Богданов А. В., Виноградов П. С. Принципы организации архитектуры

- перспективных бортовых цифровых вычислительных систем в авионике // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2. С. 163–165.
5. Пат. на полезную модель 108868 RU, МПК G06F 9/00. Платформа интегрированной модульной авионики / А. В. Богданов, Г. А. Васильев, П. С. Виноградов, К. А. Егоров, А. Н. Зайченко, И. В. Ковернинский, В. И. Петухов, А. Н. Романов, Е. В. Смирнов, Б. В. Уткин, Е. А. Федосов, А. В. Шукалов — № 2011121962/08; заявл. 01.06.2011; опубл. 27.09.2011, Бюл. № 27. — 2 с.
6. Книга Е. В., Жаринов И. О. Организация внутренней структуры модулей перспективных бортовых вычислительных систем авионики // Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем: сб. тр. молодых ученых, аспирантов и студентов научно-педагогической школы кафедры ПБКС. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. Вып. 1. С. 127–131.

7. Книга Е. В., Жаринов И. О. Принципы построения комбинированной топологии сети для перспективных бортовых вычислительных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6. С. 92–98.
8. Шепета А. П., Жаринов И. О. Перспективы применения в авиации интегрированных наשלменных систем нейрофизиологического контроля // Информационно-управляющие системы. 2003. № 6. С. 58–62.
9. Парамонов П. П., Костишин М. О., Жаринов И. О., Нечаев В. А., Сударчиков С. А. Принцип формирования и отображения массива геоинформационных данных на экран средств бортовой индикации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6. С. 136–142.
10. Костишин М. О., Жаринов И. О., Жаринов О. О., Нечаев В. А., Сулов В. Д. Оценка точности визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1. С. 87–93.
11. Kniga E. V., Zharinov I. O. Analysis and Algorithms of the Control in Advanced Digital Avionics Ssystems // Automation & Control: Proc. of the Intern. Conf. of Young Scientists, Saint-Petersburg, Nov. 21–22, 2013. National Research University Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2013. P. 28–32.
12. Шек-Иовсепянец Р. А., Жаринов И. О. Генерация проектных решений бортового оборудования с использованием аппарата генетических алгоритмов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2010. № 3. С. 67–70.
13. Дейко М. С., Жаринов И. О. Применение симплекса метода и метода искусственного базиса при проектировании бортового приборного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 1. С. 124–129.
14. Гатчин Ю. А., Видин Б. В., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Метод автоматизированного проектирования аппаратных средств бортового оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53. № 5. С. 5–10.
15. Сабо Ю. И., Жаринов И. О. Критерий подобия проектных решений требованиям технического задания в авионике // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2010. № 3. С. 57–63.
16. Гатчин Ю. А., Видин Б. В., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Модели и методы проектирования интегрированной модульной авионики // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 1. С. 12–20.
17. Парамонов П. П., Гатчин Ю. А., Видин Б. В., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Модели композиционного проектирования авионики // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53. № 7. С. 5–13.
18. Гатчин Ю. А., Жаринов И. О., Жаринов О. О. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140–141.
19. Парамонов П. П., Гатчин Ю. А., Жаринов И. О., Жаринов О. О., Дейко М. С. Принципы построения отраслевой системы автоматизированного проектирования в авиационном приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 6. С. 111–117.
20. Гатчин И. Ю., Жаринов И. О., Жаринов О. О., Косенков П. А. Реализация жизненного цикла «проектирование-производство-эксплуатация» бортового оборудования на предприятиях авиационной промышленности // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 141–143.

UDC 681.324

**Design of Computing Components for Integrated Modular Avionics Systems**Shukalov A. V.<sup>a, b</sup>, Associate Professor, Director, aviation78@mail.ruParamonov P. P.<sup>a, b</sup>, Dr. Sc., Tech., Professor, Advisor to Director, postmaster@elavt.spb.ruKniga E. V.<sup>a, b</sup>, Post-Graduate Student, Senior Engineer, ekovinskaya@gmail.comZharinov I. O.<sup>a, b</sup>, Dr. Sc., Tech., Head of Department, Head of Learning-Scientist Center, igor\_rabota@pisem.net<sup>a</sup>Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverkskii St., 197101, Saint-Petersburg, Russian Federation<sup>b</sup>P. A. Efimov Saint-Petersburg Scientific Design Bureau «Electroavtomatika», 40, Marshala Govorova St., 198095, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Purpose:** The development of modern aviation instrumentation assumes the introduction of airborne computer systems of integrated modular avionics. To create such systems, special design solutions are required with a higher level of unification and standardization. The purpose of this research is developing structures of integrated modular avionics computing modules. **Methods:** The internal structure of the computational components was obtained using the methods of engineering synthesis, design automation systems, choice theory

techniques and automated generation of design solutions. **Results:** The main result is the internal structure of the following modules: the computing module, the graphic module, the switch module, the input-output module and the mass storage module. In each case, the structure was obtained by modifying the unified computing component called "basic module". The basic module includes units which support the module, the intermodule interface, the functions of the module, the control and diagnostic of the external interfaces and the communication with the mezzanine boards. It also includes an intelligent power unit. The structure of the calculator coincides with the structure of the basic module. The input-output module is based on the basic module structure supplemented with mezzanine boards providing hardware and software support for the data input-output functions via specialized airborne interfaces. To obtain the graphic module, the basic module is supplemented with a specialized graphic controller supporting the function of transmitting video via Fibre Channel interface. The switch module contains specialized elements: transmitters and receivers of Fibre Channel optical signal and Fibre Channel interface controller. The mass storage module structure assumes specialized mezzanine boards to expand the scope of the module memory. **Practical relevance:** The results were obtained during the research and development work on the design of advanced models of computing equipment for integrated modular avionics. These results have been brought to the industrial samples which are currently being tested.

**Keywords** — Integrated Modular Avionics, Computer Systems, Modules, Internal Structure.

## Reference

- Gatchin Iu. A., Zharinov I. O. *Osnovy proektirovaniia vychislitel'nykh sistem integrirovannoi modul'noi avioniki* [Basics of Designing Computer Systems Integrated Modular Avionics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2010. 224 p. (In Russian).
- Paramonov P. P., Zharinov I. O. Integrated On-Board Computing Systems: Present Situation Review and Development Prospects Analysis in the Aviation Instrument-making Industry. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 2, pp. 1–17 (In Russian).
- Zharinov O. O., Vidin B. V., Shek-Iovsepiants R. A. Crate Creation Strategy of the Onboard Multiprocessing Computing System for the Fifth Generation Avionics. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2010, no. 4, pp. 21–27 (In Russian).
- Kniga E. V., Zharinov I. O., Bogdanov A. V., Vinogradov P. S. Rules of Architecture Design for Advanced Onboard Digital Computer Systems in Avionics. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 2, pp. 163–165 (In Russian).
- Bogdanov A. V., et al. *Platforma integrirovannoi modul'noi avioniki* [Platform Integrated Modular Avionics]. Patent Russian Federation, no. 108868, 2011.
- Kniga E. V., Zharinov I. O. Organization of the Internal Structure of the Modules Promising Onboard Computing Avionics Systems. *Sbornik trudov molodykh uchennykh, aspirantov i studentov nauchno-pedagogicheskoi shkoly kafedry PBKS "Informatsionnaia bezopasnost', proektirovanie i tekhnologiiia elementov i uzlov komp'yuternykh sistem"* [Collected Works of Young Scientists and Students of Scientific and Pedagogical School Department PBKS "Information Security, Design and Technology Elements and Units of Computer Systems"]. Saint-Petersburg, NIU ITMO Publ., 2013, vol. 1, pp. 127–131 (In Russian).
- Kniga E. V., Zharinov I. O. Design Principles of a Combined Network Topology for Advanced On-board Computing System. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 6, pp. 92–98 (In Russian).
- Shepeta A. P., Zharinov I. O. Application of Helmet-Mounted System of Neurophysiology Control in Aviation. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy*, 2003, no. 6, pp. 58–62 (In Russian).
- Paramonov P. P., Kostishin M. O., Zharinov I. O., Nechaev V. A., Sudarchikov S. A. Formation and Display Principles for an Array of Geoinformation Data by Means of Onboard Display Screen. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 6, pp. 136–142 (In Russian).
- Kostishin M. O., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Nechaev V. A., Suslov V. D. Accuracy Evaluation of the Object Location Visualization for Geo-information and Display Systems of Manned Aircraft Navigation Complexes. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2014, no. 1, pp. 87–93 (In Russian).
- Kniga E. V., Zharinov I. O. Analysis and Algorithms of the Control in Advanced Digital Avionics Systems. *Proc. of the Intern. Conf. of Young Scientists "Automation & Control"*, Saint-Petersburg, November 21–22, 2013. National Research University Saint-Petersburg State Polytechnical University Publ., 2013, pp. 28–32.
- Shek-Iovsepiants R. A., Zharinov I. O. Design Generation of the Avionic Equipment by Genetic Algorithms. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2010, no. 3, pp. 67–70 (In Russian).
- Deiko M. S., Zharinov I. O. Simplex-method and Artificial Basis Method Application for Onboard Equipment Designs. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 1, pp. 124–129 (In Russian).
- Gatchin Iu. A., Vidin B. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O. A Method of Computer-aided Design of Airborne Hardware. *Izvestiia vuzov. Priborostroenie*, 2010, vol. 53, no. 5, pp. 5–10 (In Russian).
- Sabo Iu. I., Zharinov I. O. Similarity Criterion of Design Decisions to Requirements of the Technical Project in Avionics. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2010, no. 3, pp. 57–63 (In Russian).
- Gatchin Iu. A., Vidin B. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Models and Methods of Integrated Modular Avionics Designing. *Vestnik komputernih i informatsionnykh tekhnologii*, 2010, no. 1, pp. 12–20 (In Russian).
- Paramonov P. P., Gatchin Iu. A., Vidin B. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Models for Composition Design of Avionic Systems. *Izvestiia vuzov. Priborostroenie*, 2010, vol. 53, no. 7, pp. 5–13 (In Russian).
- Gatchin Iu. A., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Software Architecture for the Automated Workplace of the Onboard Aviation Equipment Developer. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 2, pp. 140–141 (In Russian).
- Paramonov P. P., Gatchin Iu. A., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Deiko M. S. Principles of Branch System Creation for the Automated Design in Aviation Instrumentation. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 6, pp. 111–117 (In Russian).
- Gatchin I. Iu., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Kosenkov P. A. Life Cycle "Design-Manufacture-Operation" Realization for Onboard Equipment at the Aviation Industry Enterprises. *Nauchno-tekhnikeskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 2, pp. 141–143 (In Russian).