

УДК 681.518.3

ББК 32.965.07

**АРХИТЕКТУРА БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕПЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИМА**

Павел Михайлович Брусникин

аспирант¹, очное отделение, 3 курс, М70-206А-18,

инженер-конструктор 3 категории²

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;**

²Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»

Москва, Россия

Pavel.Brusnikin@ic.irkut.com

Сергей Олегович Дудкин

аспирант¹, очное отделение, 2 курс, М70-204А-18,

инженер-конструктор 3 категории²

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет);**

²Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»

Москва, Россия

sergey.dudkin@ic.irkut.com

Евгений Сергеевич Неретин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;**

**²Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»
Москва, Россия
e.s.neretin@mai.ru**

В работе проведен анализ концепций авионики, принципов создания комплексов бортового радиоэлектронного оборудования и существующих аналогов бортовых систем технического обслуживания (БСТО). Предложена архитектура БСТО, входящего в нее функционального программного обеспечения и аппаратной части для гражданских воздушных судов. Разработанная на базе интегрированной модульной авионики (ИМА) БСТО позволит разгрузить кабельную сеть самолета, повысит надежность системы в целом, а также упростит работу с БСТО техническому персоналу в наземной фазе техобслуживания.

Ключевые слова: гражданский самолёт, интегрированная модульная авионика, бортовая система технического обслуживания, распределенная архитектура, бортовое радиоэлектронное оборудование.

ARCHITECTURE OF THE ON-BOARD MAINTENANCE SYSTEM USING THE CONCEPT OF ALLOCATED IMA

Pavel Michailovich Brusnikin

**3rd year postgraduate student¹, M7O-206A-18,
engineer²**

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University);

² Limited liability company «Irkut-Integration Center»

Moscow, Russia

Pavel.Brusnikin@ic.irkut.com

Sergey Olegovich Dudkin

**2nd year postgraduate student ¹, M70-204A-18,
engineer ²**

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University);

² Limited liability company «Irkut-Integration Center»

Moscow, Russia

sergey.dudkin@ic.irkut.com

Evgeny Sergeevich Neretin ^{1,2}

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University)

² Limited liability company «Irkut-Integration Center»

Moscow, Russia

e.s.neretin@mai.ru

The paper analyzes the concepts of avionics, the principles of creating complexes of avionics equipment and existing analogues of on-board maintenance systems (OMS). The architecture of the OMS, its functional software and hardware for civil aircraft is proposed. OMS developed on the basis of integrated modular avionics (IMA) will allow you to unload the cable network of the aircraft, increase the reliability of the system as a whole, and simplify the work with OMS for the ground maintenance personnel.

Key words: civil aircraft, integrated modular avionics, on-Board Maintenance System, distributed architecture, avionics.

Обзор типов архитектур авионики и существующих БСТО

БСТО являет собой систему объединения и корреляции результатов встроенного контроля всех бортовых систем самолета с централизованным доступом к информации. БСТО предназначена для решения задач по выявлению, локализации мест и типа отказов в системах самолета, передачи

результатов на средства индикации и регистрации, а также для обеспечения возможностью прогнозировать потребность в ремонте по результатам анализа проявления отказов за длительное время эксплуатации комплекса бортового оборудования.

На текущем этапе развития авиастроения для создания комплекса бортового радиоэлектронного оборудования применяется концепция федеративной авионики и интегрированной модульной авионики.

При применении федеративной архитектуры весь комплекс авионики разделяется между функциональными системами с собственными вычислительными мощностями и вычислительными машинами. Сигналы с датчиков в системах с федеративной архитектурой собирают так называемые системы измерения и преобразования (СИП) и предоставляют всем системам необходимые сигналы. Для такой архитектуры свойственно использование общих системных ресурсов всеми потребителями. Однако применение федеративного подхода не обеспечивает гибкость наращивания функционала и модификации КБО [Кучерявый, 2016, с. 434-444].

Третье поколение авионики – интегрированная модульная авионика (ИМА) [Поляков, 2018; Титов, 2019]. При такой концепции бортовое радиоэлектронное оборудование представляется в виде единой аппаратной платформы. Функции выполняются рядом приложений на основных вычислителях, используя при этом общие вычислительные ресурсы. ИМА представляет собой несколько отдельных модулей, взаимодействующих по одной сети. [Лебедев, 2015, с. 78-82]

Если все модули ИМА находятся в одном или двух общих физических корпусах – крейтах, можно считать, что такая архитектура является централизованной. Однако, если применять распределенную ИМА, то есть располагать некоторые блоки вне крейта и в то же время удаленно друг от друга, равномерно по борту самолета в месте высокой концентрации сопряженных систем, это позволит уменьшить массу и нагрузку кабельной сети самолета и повысить надежность работы радиоэлектронного оборудования.

На данный момент актуальная БСТО разработана для проекта МС-21 [Брусникин, 2018, с. 56]. Структурная схема БСТО представлена на рисунке 1. Архитектура БСТО самолета МС-21 представлена на рисунке 2.

БСТО можно условно разделить на три уровня: централизованный уровень БСТО, вычислители сопряженных систем и человеко-машинный интерфейс.

БСТО работает в трех режимах: режим инициализации, наземный режим и полетный режим. Для каждого режима характерны свои задачи.

Для режима инициализации: реализация встроенного контроля при подаче питания оборудования, входящего в состав БСТО; Задержка информационного обмена до момента полной готовности всех составных частей БСТО и вычислителей сопряженных систем.

Для наземного режима – выполнение всех задач БСТО.

Для полетного режима – сбор и хранение информации; передача самолетных параметров к сопряженным системам; взаимодействие с системой обмена данными.

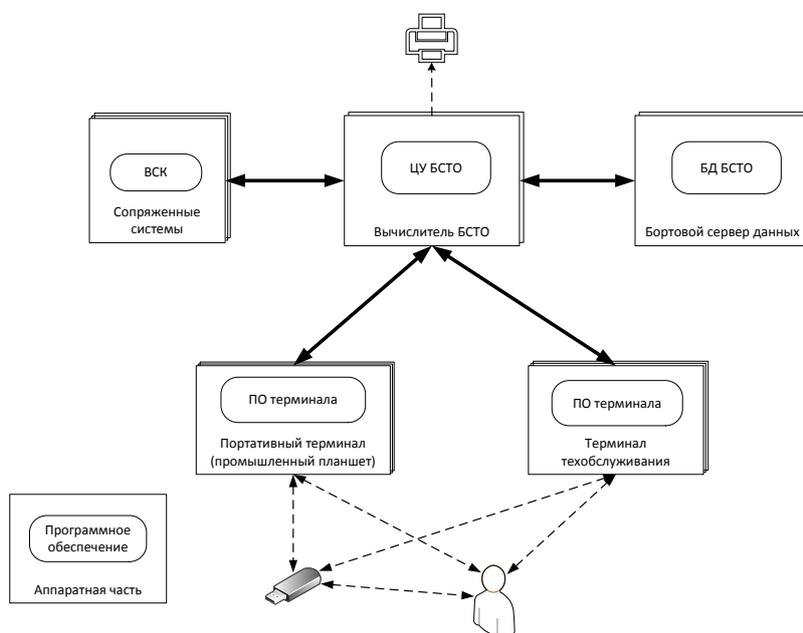


Рисунок 1 – Структурная схема БСТО МС-21

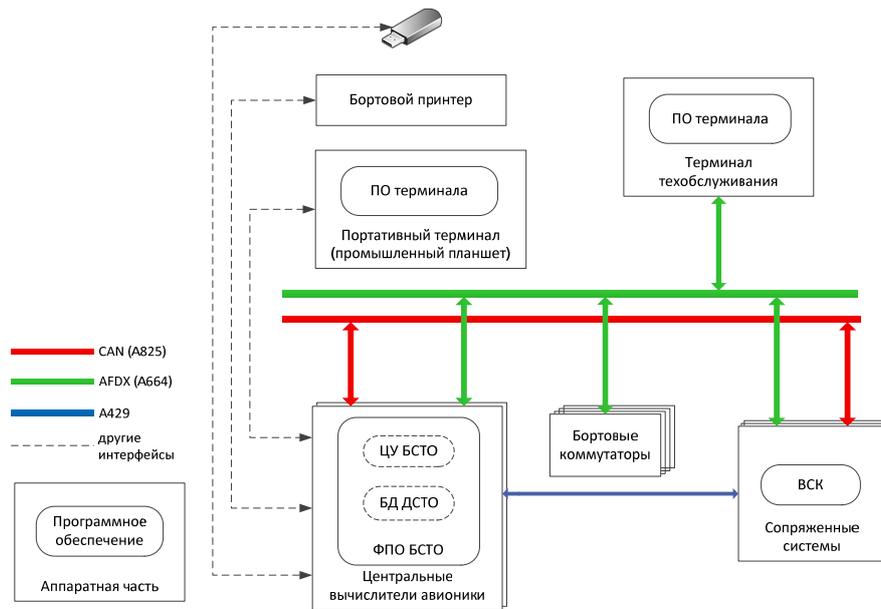


Рисунок 2 – Архитектура БСТО МС-21

Разработка распределенной архитектуры БСТО

Предполагается использовать три вычислителя нижнего уровня, расположенных в носовой, хвостовой и центральной части борта самолета.

Предлагаемая распределённая архитектура БСТО в рамках концепции ИМА представлена на рисунке 3.

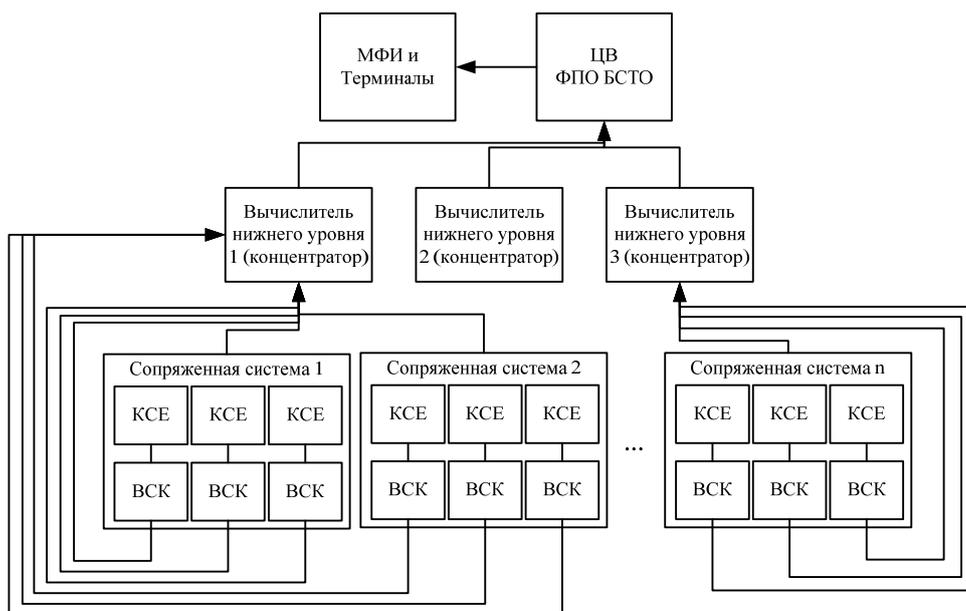


Рисунок 3 – Распределенная архитектура БСТО

Централизованный Уровень БСТО (ЦУ БСТО) представляет собой программное обеспечение, обеспечивающее сбор и обработку данных о неисправностях каждой системы самолета. После обработки информации происходит формирование отчетов о состоянии этих систем и неисправностях, которые возникли за крайние 64 полета. Эти отчеты доступны для выгрузки на носитель, передачи по беспроводной связи наземным службам и печати на бортовом принтере на бумажный носитель. Это позволяет оперативно реагировать на появившиеся отказы на борту самолета и быстрее готовить самолет к следующему вылету, либо отправить борт на техническое обслуживание. Также на этом уровне размещены терминалы, позволяющие осуществить наземный контроль систем и при необходимости провести тестирование оборудования в интерактивном режиме для получения наиболее полной информации о состоянии систем.

Так называемый распределенный уровень – это распределенные средства внутреннего контроля систем – программно-аппаратные единицы, размещенные непосредственно в сопряженных с ЦУ БСТО системах, которые проводят встроенный контроль тех систем, в которых они размещены, обнаруживают и изолируют неисправности. Встроенное средство контроля собирает и отправляет информацию о состоянии каждой конструктивно-съемной единицы и сопряженной системы в целом в ЦУ БСТО. Эти данные являются входными для ЦУ БСТО. Помимо встроенных средств контроля, ЦУ БСТО также получает необходимую информацию от блоков системы управления общесамолетным оборудованием [Поляков, 2018; Титов, 2019].

Подобным образом реализованная БСТО выполняет следующие функции:

- приём информации об отказах от сопряженных систем;
- комплексная обработка информации об отказах, сигнализации в кабине пилотов, параметрических данных из бортовой сети, позволяющей выделить группы отказов, локализовать отказы с точностью до КСЕ, обнаружить неисправные линии связи и цепи питания;

- формирования и предоставления для обслуживающего персонала отчётов о конфигурации самолётных систем и техническом состоянии;
- проведения наземного технического контроля состояния самолётных систем с помощью интерактивного взаимодействия персонала и ЦУ БСТО.

По функциональному признаку БСТО имеет следующие подсистемы:

- верхний (центральный) уровень: вычислитель БСТО, функциональное ПО, сервер данных, база данных БСТО (БД БСТО);
- нижний (распределенный уровень): встроенные средства контроля (ВСК) самолетных систем и вычислители нижнего уровня с ФПО;
- человеко-машинный интерфейс (ЧМИ): многофункциональный индикатор (МФИ) и ПО индикатора, органы управления.

БСТО функционирует в двух режимах: нормальном и интерактивном.

Нормальный режим запускается автоматически с подачей электропитания, активен в течение всего полета и на земле до снятия электропитания и может прерываться интерактивным режимом.

В этом режиме выполняются следующие функции:

- прием сообщений об отказах от сопряженных систем и функций ПО ИМА;
- обработка сообщений об отказах;
- контроль «Кнопки отметки явления», используемой экипажем при возникновении нештатных ситуаций;
- накопление и хранение данных об отказах.

Функция ЦУ БСТО в интерактивном режиме обеспечивает пользовательский интерфейс для представления данных по техническому состоянию контролируемого бортового оборудования и выполнения задач оперативного техобслуживания.

Интерактивный режим позволяет персоналу по техническому обслуживанию и экипажу иметь доступ к информации о неисправностях и конфигурационным данным.

В интерактивном режиме также выполняется тестирование систем, настройка внутренних параметров систем, юстировка и градуировка. Во время тестирования обеспечивается доступ к ВСК. Диалог ведется через любой терминал техобслуживания путем последовательных запросов/ответов.

Тестирование в интерактивном режиме выполняется только при наземных работах и блокируется в полете.

ЧМИ БСТО включает в себя терминалы технического обслуживания – точки входа для технического персонала. Каждый терминал состоит из МФИ и органов управления – трекбола и клавиатуры. Через терминалы техобслуживания можно посмотреть и выгрузить отчеты, сформированные ЦУ БСТО. Также терминалы предоставляют интерфейс для проведения наземного расширенного контроля самолётных систем обслуживающим персоналом.

Заключение

Предложена архитектура БСТО и входящих в нее функционального программного обеспечения и аппаратной части с применением концепции распределенной ИМА, позволяющая разгрузить кабельную сеть самолета путём размещения основных вычислительных блоков в разных частях самолета, а также повысить надежность и помехозащищенность системы в целом.

Библиографический список

1. *Брусникин П. М.* «Разработка бортового сервера данных на базе интегрированной модульной авионики для самолёта МС-21-200» / П. М. Брусникин, С. О. Дудкин // Гагаринские чтения – 2018: XLIV Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов. Том 2. М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2018. С. 56.
2. *Кучерявый А. А.* Авионика: учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2016. 452 с.
3. *Лебедев Г. Н.* Современные подходы к проектированию систем управления беспилотными летательными аппаратами. / Г. Н. Лебедев, Д. А. Михайлин, Е. С. Неретин и др. М.: Изд-во МАИ, 2015. 132 с.

4. *Поляков В. Б.* Архитектура перспективных комплексов управления бортовым оборудованием моделирования / В. Б. Поляков, Е. С. Неретин, А. С. Иванов, А. С. Будков, С. А. Дяченко, С. О. Дудкин // Труды МАИ. 2018. № 100. – URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93459> (дата обращения: 11.11.2019)

5. *Титов А. Г.* Разработка архитектуры бортового сервера данных для применения в составе комплекса радиоэлектронного оборудования с применением концепции интегрированной модульной авионики / А. Г. Титов, Е. С. Неретин, С. О. Дудкин, П. М. Брусникин // Труды МАИ. 2019. № 105. – URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=104257> (дата обращения: 11.11.2019)

References

1. *Brusnikin P. M., Dudkin S. O.* Development of an onboard data server based on integrated modular avionics for the MS-21-200 aircraft. Gagarin readings-2018: XLIV international youth scientific conference: Collection of abstracts Volume 2: Moscow: Moscow Aviation Institute (National Research University), 2018. – P. 56. (in Russian)

2. *Kucheryavy A. A. (2016)* Avionics: study guide. - Saint Petersburg: LAN Publishing House, 2016. – 452 p. (in Russian)

3. *Lebedev G. N., Mikhailin D. A., Neretin E. S.* Modern approaches to the design of control systems for unmanned aerial vehicles. - Moscow: MAI Publishing house, 2015. - 132 p. (in Russian)

4. *Polyakov V. B., Neretin E. S., Ivanov A. S., Budkov A. S., Dyachenko S. A., Dudkin S. O.* Architecture of advanced control systems for onboard equipment modeling // Trudy MAI. - № 100. - 2018. <http://trudymai.ru/published.php?ID=93459> – 11.11.2019. (in Russian)

5. *Titov A. G., Neretin E. S., Dudkin S. O., Brusnikin P. M.* Development of onboard data server architecture for use as part of a complex of radio-electronic equipment using the concept of integrated modular avionics // Trudy MAI. - № 105 – 2019. <http://trudymai.ru/published.php?ID=104257> – 11.11.2019. (in Russian)