Создание бортовой информационной системы для линейки российских самолетов

1. Общая информация

АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова» было основано на курской земле в 1959 году как предприятие по разработке и производству бортового радиоэлектронного оборудования. Первые изделия – примитивные термостаты регулятора температуры воздуха кабины пилота, разработчиками которых являлось Раменское приборостроительное конструкторское бюро.

Спустя десятилетия (5 ноября 2022 года Обществу исполняется 63 года) АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова» широко известно, как предприятие, деятельность которого напрямую связана с разработкой и производством российской авионики: систем управления оружием (боевые самолеты Ту, МиГ, Су; вертолеты типа Ка, Ми), интерфейсных блоков, систем регистрации полетной информации, органов оперативного управления для российских летательных аппаратов, бронетанковой техники. Предприятие также выпускает продукцию гражданского назначения, электроприводы для топливно-энергетического комплекса и нефтехимической отрасли, приборы промышленной автоматики, товары народного потребления.

За последние годы предприятие успешно осваивает новую нишу рынка авиастроения – вертолетостроение, а также находится в поиске инженерных решений в области искусственного интеллекта, что особенно важно для использования беспилотных летательных аппаратов для выполнения различных задач военного назначения. Структура акционерного общества позволяет в рамках одного предприятия объединить труд конструкторов, производственников и ученых и обеспечить выполнение полного цикла работ: от проектирования до серийного производства и послепродажного обслуживания авиационной техники.

Сегодня в АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова» трудятся 2 249 человек. Предприятие развивается, не имеет задолженностей перед бюджетами всех уровней, активно решает задачи по выполнению государственного оборонного заказа, реализуя ряд проектов по созданию нового поколения авиационной техники для военно-космических войск России, достойно строит свою работу в интересах национальной безопасности страны.

Накопленный опыт разработки изделий военного назначения позволяет предприятию успешно применять его при разработке изделий гражданской авиации

Целью участия в данном конкурсе была разработка не уступающего по характеристикам импортным системам российской Бортовой информационной системы (далее – БИС) для самолётов гражданской авиации.

В результате выигранного конкурса принято решение, о разработке новой архитектуры системы в условиях радикально переработанного набора бортового оборудования (по сравнении с прототипом) с учетом накопленного опыта в смежных проектах с учетом традиций собственной школы проектирования. Наиболее удачные зарубежные концепции и технические решения перерабатываются и внедряются в проект по мере необходимости.

Ведущим инженером по проекту был назначен Зимин Евгений Сергеевич

При проектировании БИС улучшены основополагающие ее характеристики по отношению к импортным аналогам, такие как, человеко-машинный интерфейс, эргономика, уровень детализации обработки данных. БИС по своей сути – проектно-компонуемая система, которая конфигурируется обслуживающим воздушное судно (ВС) персоналом в процессе ее эксплуатации.

2. Назначение системы БИС

БИС обеспечивает централизованный человеко-машинный интерфейс между системами самолета и обслуживающим персоналом путем унификации и совместимости функций самолетных систем по тестированию и обслуживанию под интерактивным управлением БИС. Такая технология значительно снижает, а для многих систем и полностью исключает необходимость использования для обслуживания самолета контрольно-проверочного оборудования, что обеспечивает качественно новый уровень организации технического обслуживания (ТО), повышает эксплуатационную готовность и удешевляет стоимость жизненного цикла ВС.

Человеко-машинный интерфейс между персоналом и БИС определяется: протоколом взаимодействия БИС с монофункциональным индикатором (МФИ), программными приложениями портативным терминалом (PMAT), электронным планшетом (ЭП), а для функции бортового технического обслуживания (БСТО) человеко-машинный интерфейс дополняется интерактивными страницами.

БИС взаимодействует с клиентскими самолётными системами по каналам ARINC 664, ARINC 429, и с наземными устройствами по каналам ARINC646 и по каналу USB2.0/3.0.

Схема взаимодействия БИС с комплексом бортового оборудования (КБО) и персоналом, представленная на рисунке 2, основывается на стандартах построения системы сетевого сервера ARINC763, ARINC763A, ARINC REPORT 821 с возможностью разделения на защищенную и незащищенную зоны.

Согласно данной схеме, часть функций выведена из комплекса авионики в отдельную подсеть с низким уровнем влияния на функционирования систем самолета.

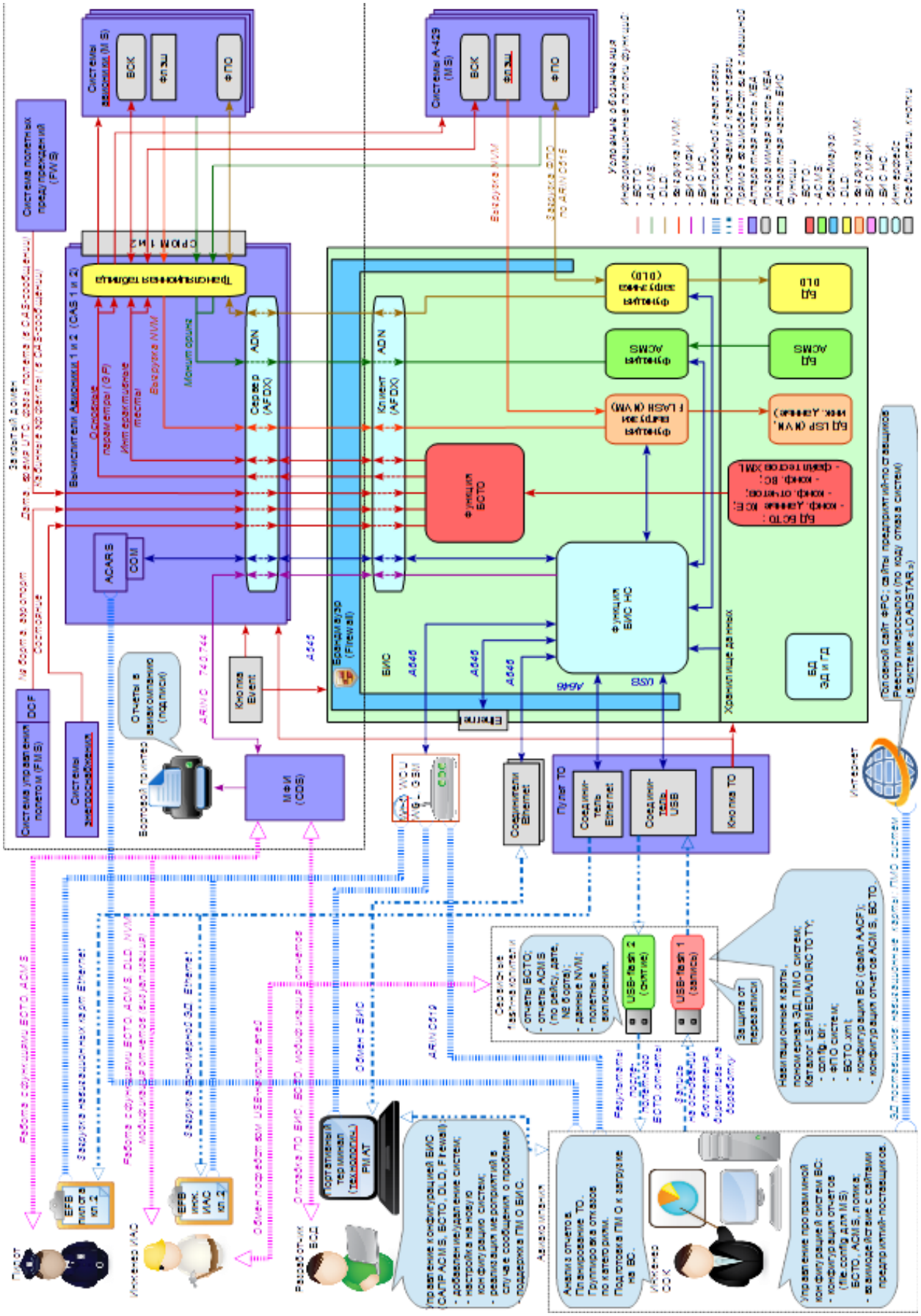


Рисунок 1 Схема взаимодействия компонентов БИС с КБО и персоналом.

Система является бортовым средством технической диагностики и предназначена для использования на гражданских самолетах с целью решения задач по выявлению, локализации мест и типа отказов в системах самолета, хранения информации об отказах и передачи результатов на средства индикации, а также должна обеспечивать технический персонал возможностью:

- работы с системой посредством человеко-машинного интерфейса через многофункционального индикатор, портативный терминал доступа, электронный планшет;
- получать информацию о состоянии систем самолёта, о типе и месте отказа самолётных систем с глубиной до конструктивно-съёмных единиц;
- инициировать расширенный контроль самолетных систем;
- получать информацию о конфигурации бортового оборудования самолетных систем;
- выполнять мониторинг состояния самолета;
- выполнять просмотр информации в подключенных шинах в режиме реального времени на МФИ, портативный терминал, ЭП;
- выполнять автоматическое формирование отчетов и отправку наземным службам посредством ACARS;
- вывода отчетов на МФИ, портативный терминал, ЭП, принтер;
- выполнять загрузку программного обеспечения в вычислители самолётных систем;
- хранения баз данных ПО и эксплуатационной документации, и обеспечения доступа к базам данных;
- выполнять выгрузку энергонезависимой памяти вычислителей самолётных систем;
- просматривать значения параметров в шинах данных в системе в режиме реального времени;
- обновлять базу данных об отказах бортовой системы технического обслуживания и системы мониторинга;
- выгружать на внешние устройства памяти зарегистрированные параметры, отчеты системы мониторинга и баз данных БСТО;
- получать доступ к эксплуатационной документации

3. Проектирование архитектуры системы.

Для решения задач, поставленных перед БИС, с учетом условий эксплуатации и требований технического задания, Зиминым Е.С. была разработана структура системы, включающая Бортовой сервер данных (БСД) – основной интерфейсно-вычислительный блок и комплект ПО, реализованного на наземных средствах.

Согласно структуре, представленной на рисунке 2, БИС условно можно разделить на две части: бортовую – программно-аппаратный комплекс БСД с функциональным ПО, установленным вычислительные модули и специальное ПО, устанавливаемое в портативный терминал (РМАТ), электронный планшет (ЭП), и основной терминал. Загрузка ПО БСД с flash-носителя в модули ВИМ-3U-3M осуществляется при помощи ПО РМАТ.

В комплекте поставки БСД из системы БИС входят монтажные части (КМЧ). Оснастка и инструмент для монтажа и отработки БИС в комплект поставки не входит, но может быть предоставлен во временное пользование на этапе летных испытаний для монтажа опытных образцов.

3.1 Бортовой сервер данных (БСД)

На основании требований Технического задания о реализации БСД по стандарту ARINC600, Зиминым Е.С, была организована схемно-конструкторская проработка архитектуры, согласно которой было принято решение реализовывать БСД в конструктиве 3MCU.

С учетом функциональных требований, типов и количества каналов интерфейсов для обмена с КБО и наземными средствами был выбран соединитель ARINC600 видоразмера 2 с контактными группами общего назначения, силовыми контактами для цепей питания и квадраксиальными субконнекторами для высокоскоростных интерфейсов.

В процессе анализа широкой номенклатуры вычислительных модулей, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями Зиминым Е.С. было принято решение использование съёмных модулей, реализованных по международному стандарту VITA46. Этот стандарт обеспечивает оптимальный размер, механическую прочность модулей, универсальный соединитель под любые типы интерфейсов, а также поддерживается отечественными разработчиками модулей.

В качестве основного внутриблочного интерфейса был выбран Ethernet 10/100 Мбит/с, по причине его достаточной пропускной способности,

хорошей помехозащищенности, а также поддержке производителями элементной базы.

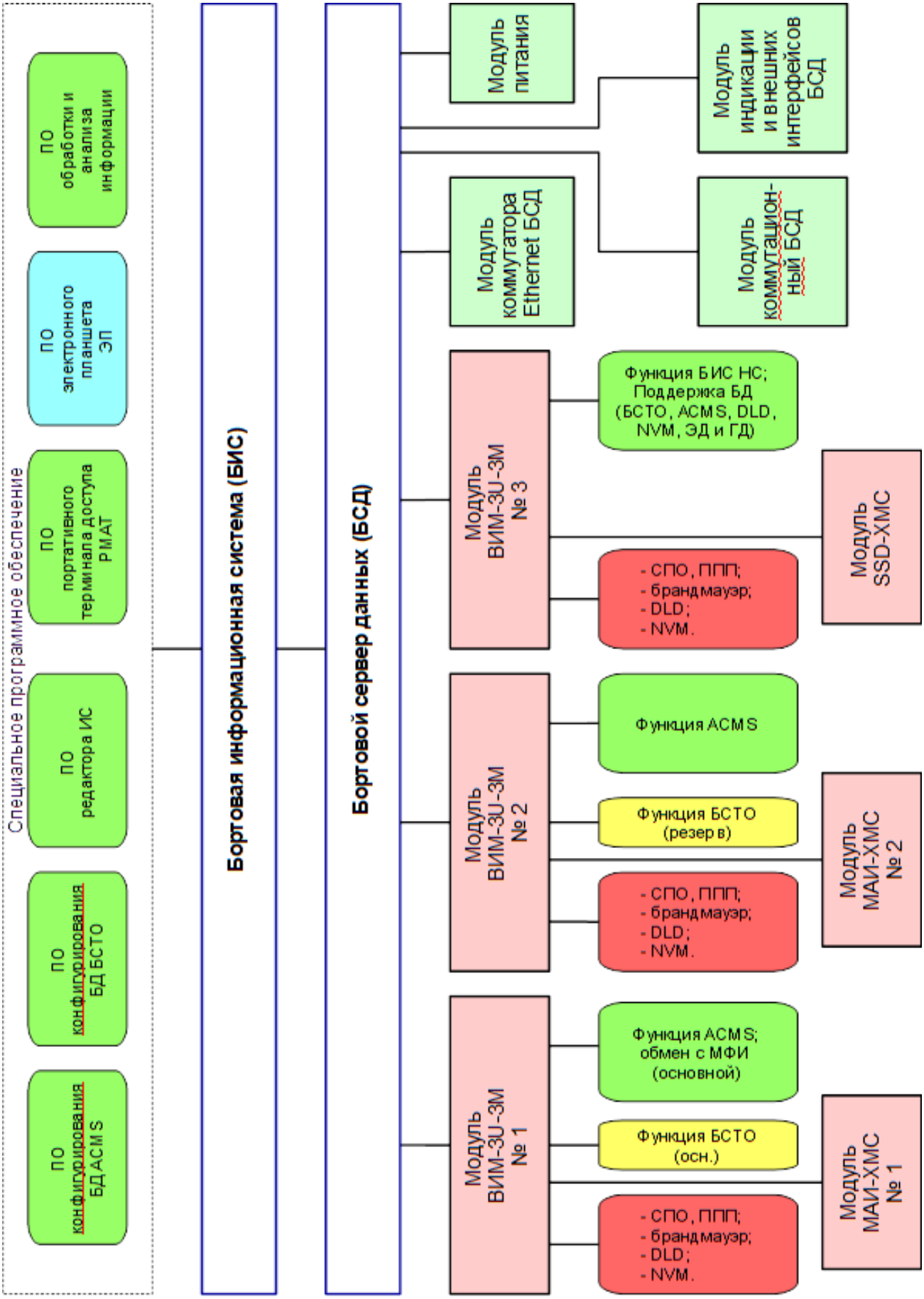


Рисунок 2 Структура системы БИС

Определение основного вычислителя – ключевой момент разработки системы. Зимин Е.С. проанализировал имеющиеся на рынке вычислительные системы различных изготовителей, учитывая производительность, конструктивное исполнение и поддерживаемую операционную систему.

В качестве основного вычислителя был применен модуль ВИМ-3U-3М2, производства СЭЗ им. Серго Орджоникидзе, построенный на высокопроизводительном процессоре частотой 1 ГГЦ, обеспеченный двумя ГБ ОЗУ, а также имеющий необходимые для использования интерфейсы.

Немаловажным доводом в пользу выбора именно этого вычислителя стала поддержка отечественной операционной системы «Стрикс», сертифицированной для использования на гражданских ВС.

Модуль ВИМ-3U-3М2 выполнен в форм-факторе 3U по стандарту VITA 46; модуль оснащен слотом расширения для установки мезонина XMC по стандарту VITA 42

В слоты расширения двух из модулей ВИМ-3U-3М2 установлены мезонинные модули МАИ-XMC-3, обеспечивающие обмен по каналам ARINC 429.

В слот расширения третьего модуля ВИМ-3U-3М2 установлен модуль SSD-XMC, представляющий собой твердотельный накопитель данных, обеспечивающий необходимый объем энергонезависимой памяти для работы системы.

Три вычислителя в БСД соединены в архитектуру типа «Звезда» посредством модуля «Коммутатор Ethernet» БСД, разработанного АО «Авиаавтоматика им. В.В. Тарасова» в форм-факторе 3U по стандарту VITA 46.

Модуль производит коммутацию 15 каналов Ethernet 10/100BASE-T/TX (10/100 Мбит/с) по стандарту IEEE802.3. При этом 3 канала используются внутри блока для межмодульного взаимодействия процессорных модулей,
1 канал предназначен для вывода переднюю панель, 11 каналов – для вывода на внешний соединитель ARINC600.

Модуль построен на базе микросхем управляемых коммутаторов, что позволяет контролировать взаимодействие между собой открытого и закрытого доменов.

Электропитание БСД обеспечивается с помощью специализированного модуля питания, разработанного АО «Авиаавтоматика им. В.В. Тарасова».

Модуль производит фильтрацию входного питания 28 В, защиту от выбросов напряжения, обеспечивает питание модулей блока по шинам 12 В и 3,3 В.

Модуль может обеспечивать блок БСД питанием от любого двух независимых источников питания 28 В, каналы подключены через различные контакты соединителя А600 и развязаны последовательно включёнными диодами.

Модуль сохраняет работоспособность блока БСД во всех режимах нормальной или частичной работы системы электроснабжения согласно ГОСТ Р 54073-2017 для оборудования, питаемого от выпрямителей.

Модуль обеспечивает работоспособность блока БСД при одновременном провале напряжения питания в двух каналах электропитания на время до и равному 200 мс. путем использования энергии, накопленной в резервных ионисторах.

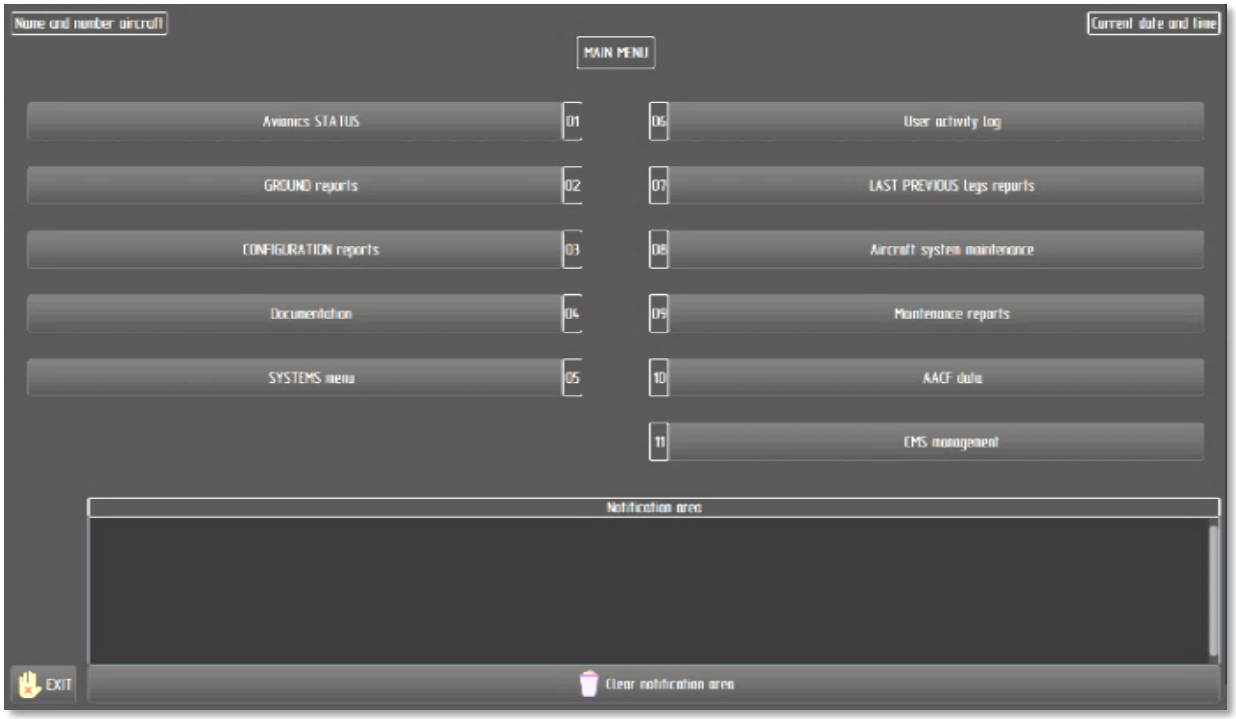
Модуль коммутации, разработанный АО «Авиаавтоматика им. В.В. Тарасова» представляет собой коммутационную плату и предназначен для обеспечения взаимодействия остальных модулей между собой, распределения шин питания, конструктивного крепежа установки, вывода сигналов на внешние соединители блока

Модуль обеспечивает реализацию интерфейсов USB2.0 и USB3.0 (по 2 шт), взаимодействие по которым производится процессорным модулем блока БСД посредством интерфейса PCIe.

3.2 Сервисное ПО БИС

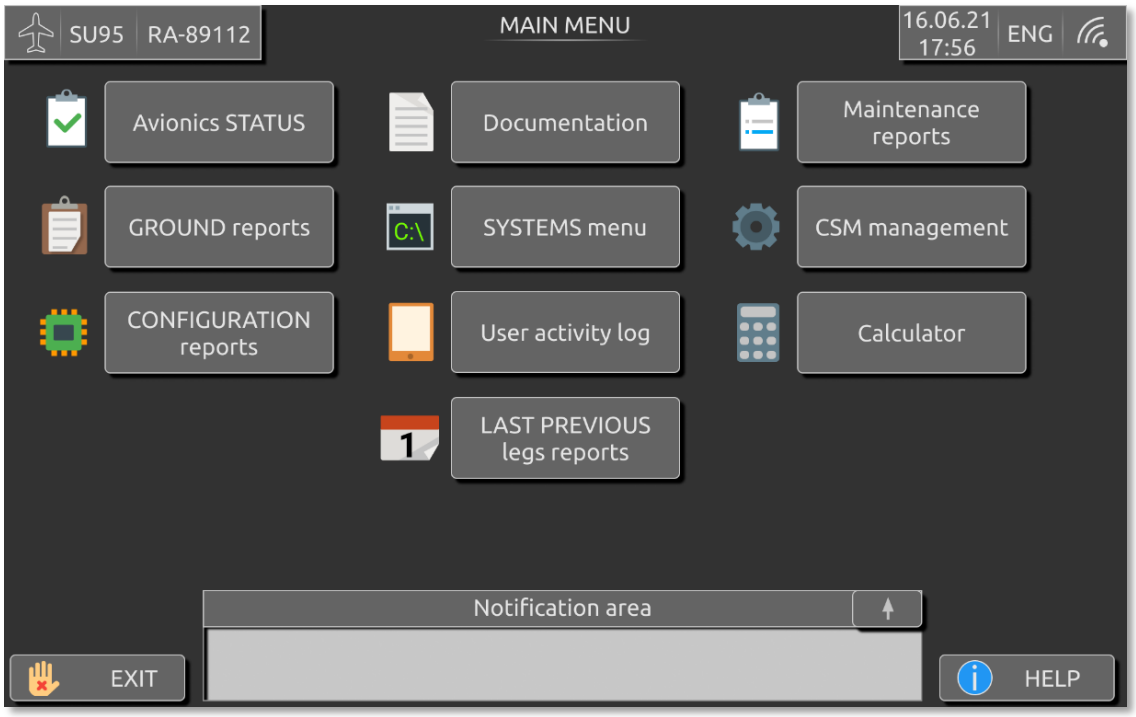
ПО портативного терминала предназначено для:

- управления функциями мониторинга самолетных систем, БСТО, загрузчика данных, получения инженерных данных;
- предоставления оперативной бортовой, технической информации для персонала;
- обеспечения визуализации отчетов об отказах;
- взаимодействия с БСД через проводное и беспроводное соединение;
- просмотра документов из электронной библиотеки



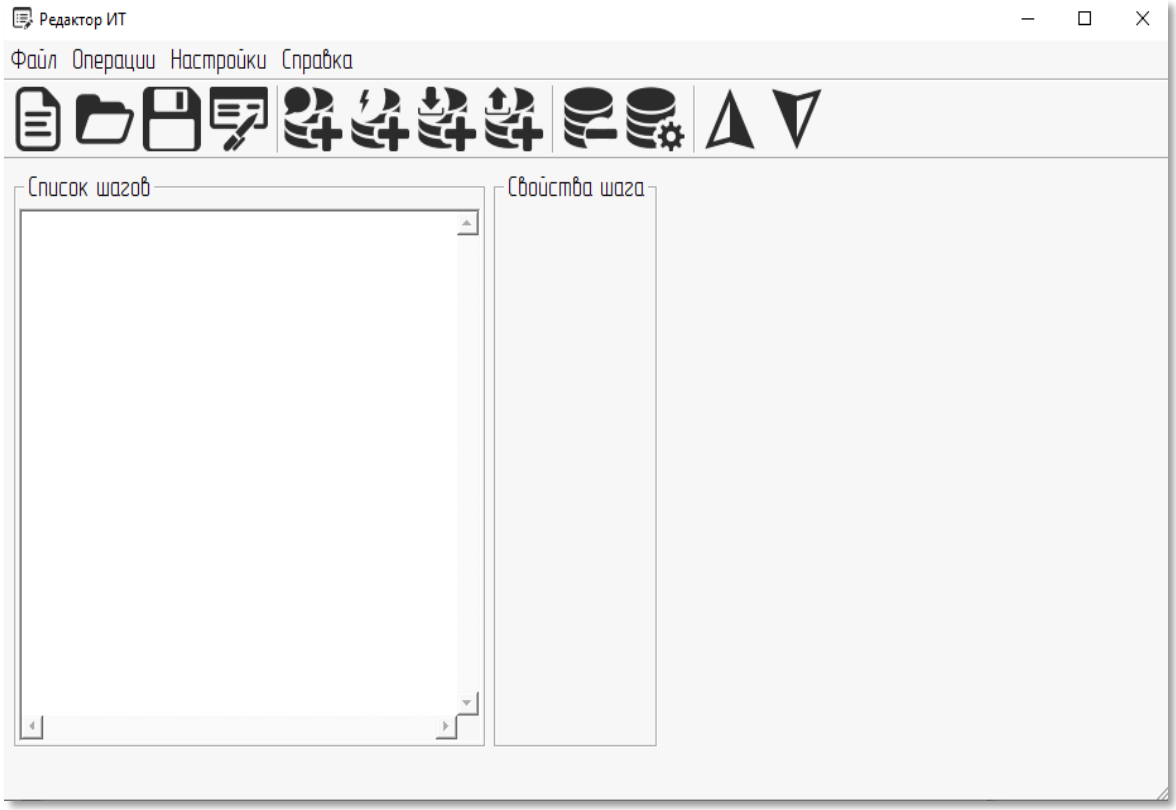
ПО электронного планшета предназначено для:

- предоставления оперативной бортовой, технической информации для пилота, персонала;
- обеспечения визуализации отчетов об отказах;
- взаимодействие с БСД через проводное и беспроводное соединение;
- просмотра документов из электронной библиотеки



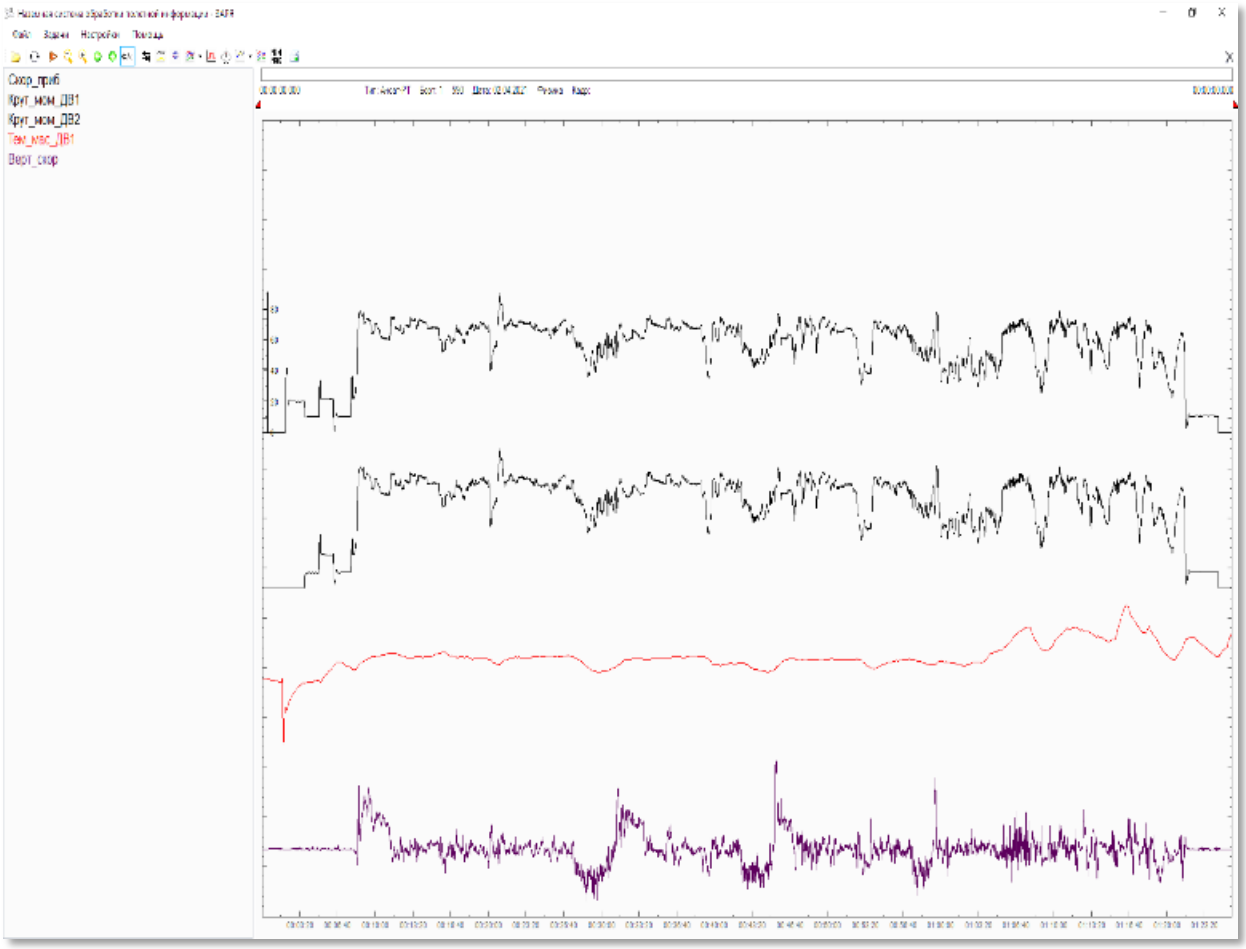
ПО редактора интерактивных страниц предназначено для:

– создания и редактирования интерактивных страниц, реализующих тестирование КС, для интеграции в базу данных БИС



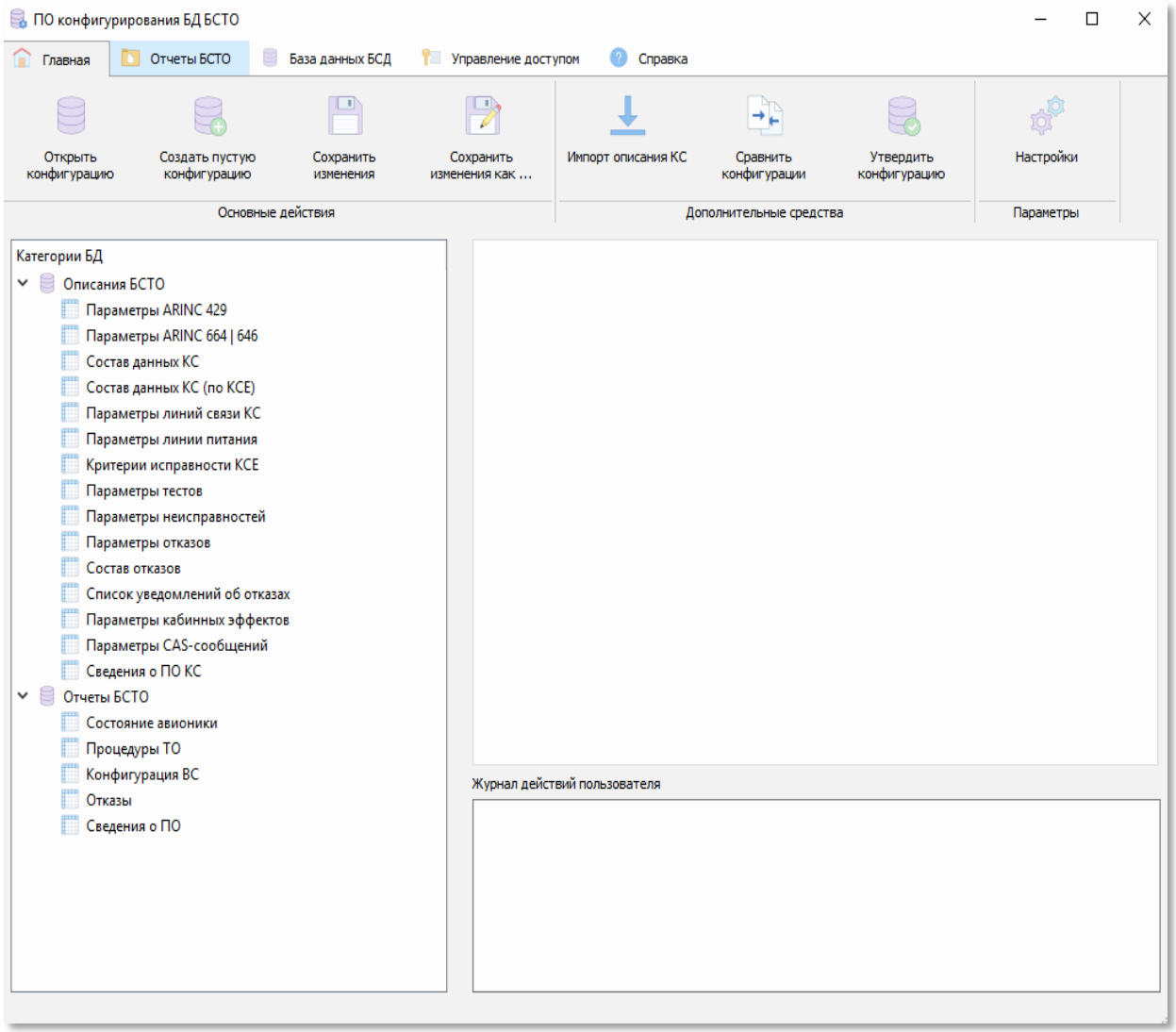
ПО обработки и анализа информации предназначено для:

- автоматизированной обработки бортовой информации;
- представления персоналу информации для анализа;
- документирования результатов анализа;
- структурированного представления отчетов по категориям и с привязкой к этапам полета;
- создания и сопровождения базы данных обработанной информации по каждому борту;
- выдачи рекомендаций по восстановлению ВС



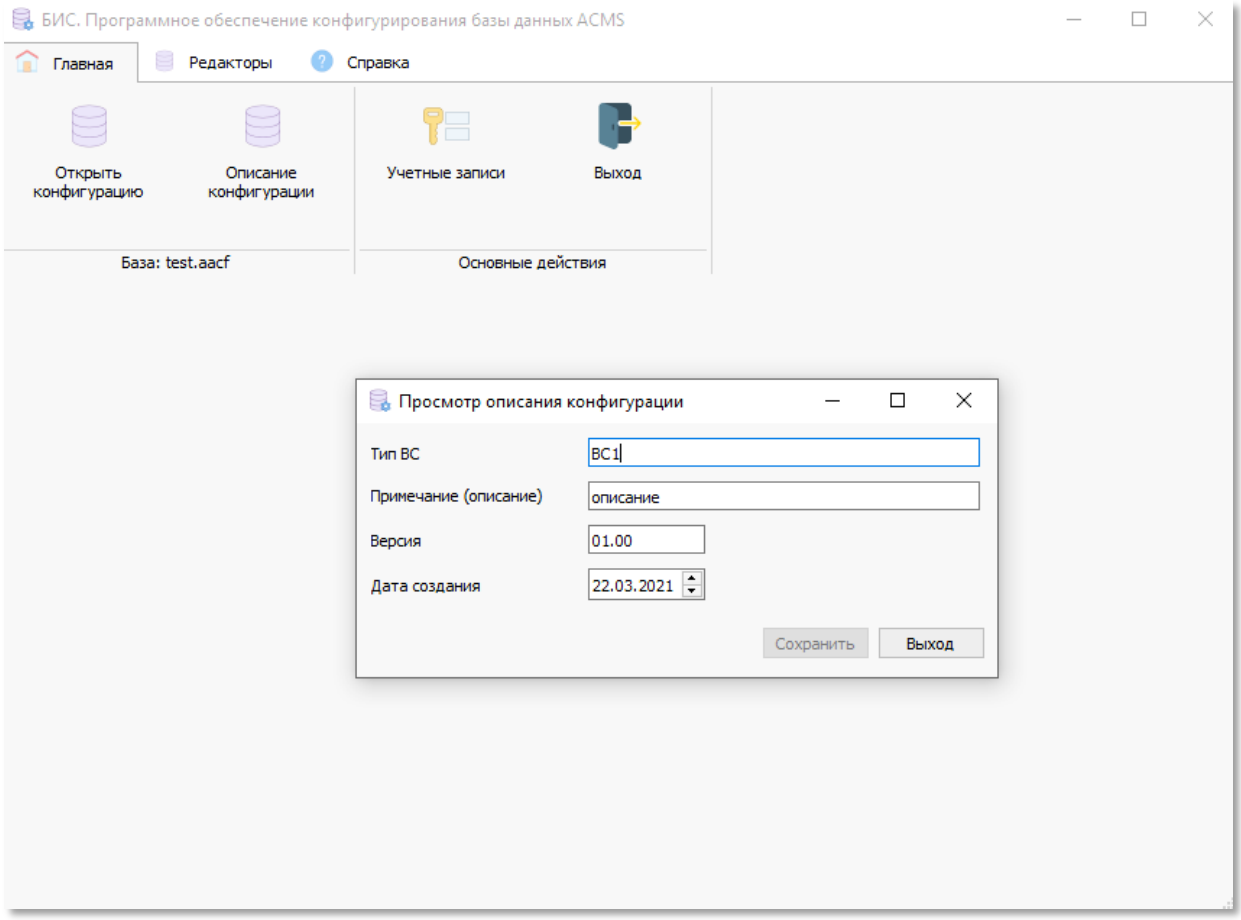
ПО конфигурирования БД БСТО предназначено для:

- управления конфигурацией БД БСД в части БСТО;
- ввода, редактирования алгоритмов обработки и генерирования бортовой информации;
- создания выходных конфигурационных файлов для установки на борт;
- импорта/экспорта БД в БСД



ПО конфигурирования БД ACMS предназначено для:

- управления конфигурацией БД БСД в части ACMS;
- создания выходных конфигурационных файлов для установки на борт;
- ввода, редактирования алгоритмов обработки и генерирования бортовой информации



4. Описание принципа работы системы БИС

БИС выполняет функции:

- мониторинга самолетных систем (ACMS);
- бортовой системы технического обслуживания
- загрузчика данных (DLD);
- получения инженерных данных (NVM);
- брандмауэра;
- хранения баз данных ПО и эксплуатационной документации самолета;
- управления конфигурацией самолета и бортового сервера данных;
- поддержки человеко-машинного интерфейса;
- обработку записанной информации

Согласно разработанной Зиминым Е.С. функциональной схеме, (рисунок 3), функции БИС распределяются между вычислителями согласно подключенной к ним периферии и мезонинами расширения.

Связь БИС с КС осуществляется:

- напрямую по стандарту ARINC 429 (функции БСТО, мониторинга самолетных систем, получения инженерных данных);
- по стандарту ARINC 429 через авионику (функции БСТО, мониторинга самолетных систем, получения инженерных данных);
- по стандарту ARINC 429 через Пульт ТО (функция загрузчика данных);
- по стандарту ARINC 664 (AFDX) (функции БСТО, мониторинга самолетных систем, получения инженерных данных)

Системы самолета:

- обнаруживают внутренние неисправности, а также неисправности на входах и выходах;
- предупреждают другие системы и экипаж, предоставляют информацию о состоянии, ухудшении данных и в некоторых случаях непосредственно индикацию в кабине;
- предоставляют диагностическую информацию о неисправностях для технического обслуживания;
- проводят встроенный самоконтроль;

предоставляют информацию о конфигурации, необходимую для технического обслуживания.

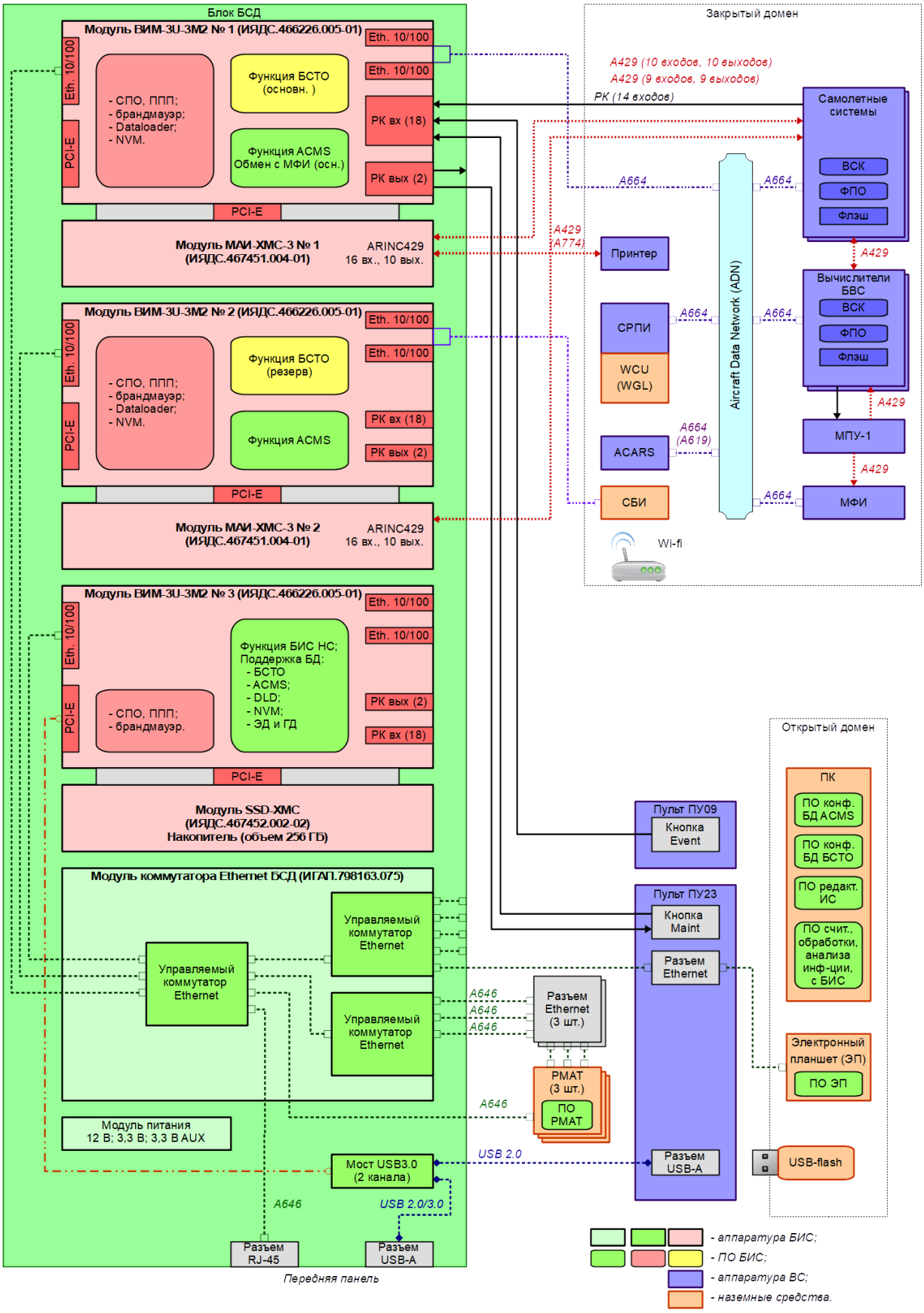


Рисунок 3. Функциональная схема БИС

4.1 Задачи, решаемые функциями БИС.

Задачи функции БСТО

- БСТО является единым центром для выполнения ТО и интерфейсом между инженером/техником ВС и самолетной системой;
- БСТО содержит информацию о состоянии систем, о поступивших отказах от самолетных систем
- БСТО выполняет интерактивное, диалоговое взаимодействие с системами самолета, при этом интерфейс взаимодействия формирует Поставщик системы при помощи сервисного ПО из комплекта БИС (редактора интерактивных страниц), а БИС обеспечивает работу созданного интерфейса (заменяющего КПА) на МФИ, портативном терминале.
- БСТО рассылает общесамолетную информацию в самолетные системы
- БСТО рассылает данные для трансляции на землю посредством ACARS.

Задачи функции мониторинга самолетных систем

- мониторинг состояния самолета: просмотр информации в подключенных шинах в режиме реального времени на МФИ, портативном терминале, ЭП
- контроль состояние бортовых систем и оборудования, изменения условий полета и работы оборудования;
- автоматическое формирование отчетов, отправка наземным службам по беспроводному каналу связи посредством WCU.

Задачи функции загрузчика данных

- загрузчик данных реализует функцию загрузки ПО в КС в «полевых» условиях;
- загрузчик данных обеспечивает контроль загруженного ПО по контрольным суммам.

Задачи функции получения инженерных данных

- Функция получения инженерных данных обеспечивает выгрузку инженерных данных из энергонезависимой памяти КС для передачи разработчику КС с целью детального и углубленного анализа технического состояния КС.

Задачи функции брандмауэра

- Брандмауэр предназначен для обеспечения контроля доступа со стороны внешних устройств в закрытую сеть авионики, а также к ресурсам БСД.

4.2 Интерактивное тестирование систем через БСТО

Системой БИС рассматривается 3 типа встроенной системы контроля (BIT – Built In Test) систем и компонентов:

– PBIT – тестирование при подаче питания;
– CBIT – постоянное тестирование работы системы;
– IBIT – интерактивное тестирование, инициированное персоналом ТО.

IBIT является расширенным интерактивным тестом, в выполнении которого может принимать участие персонал ТО. При этом на экране БСТО, посредством МФИ, РМАТ технику доступны органы управления тестирования, вывод параметров, инструкций, иллюстраций, подсказок по выполнению теста.

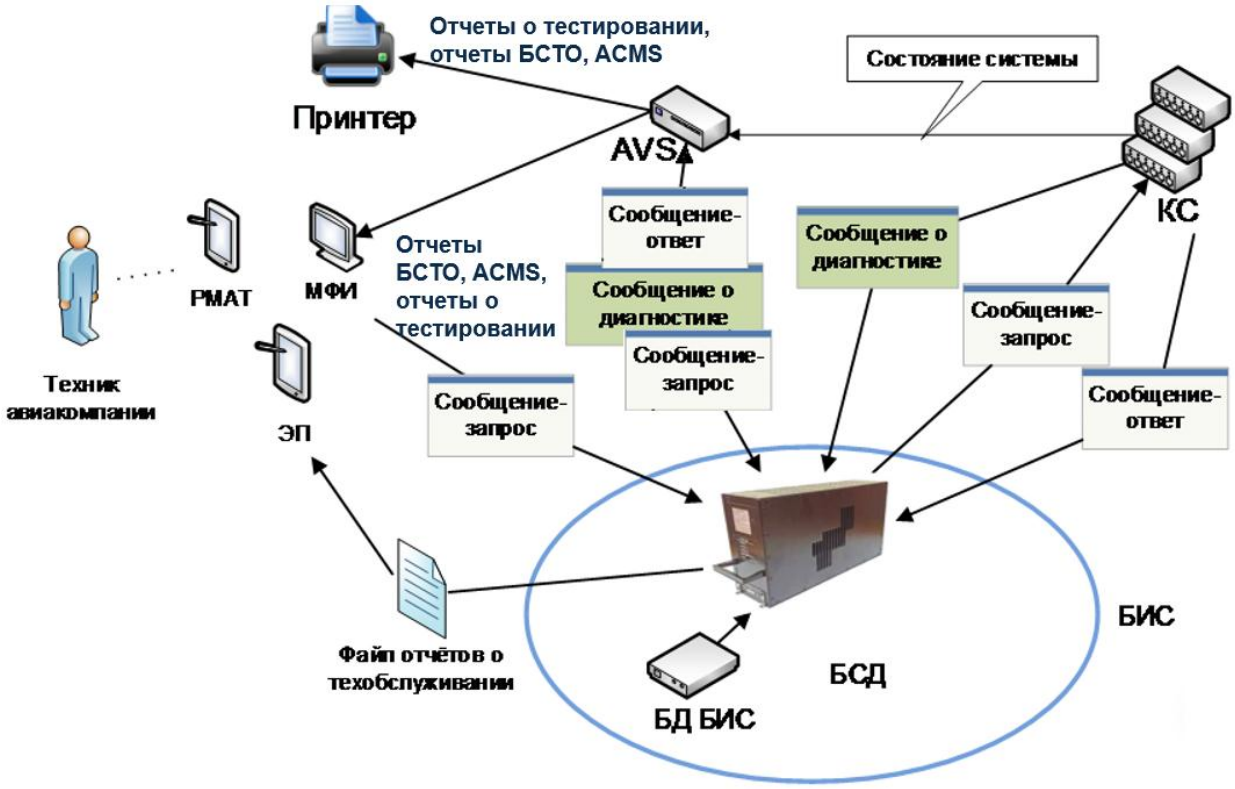


Рисунок 4. Схема взаимодействия БИС.

4.3 База данных БСТО

Одним из основных элементов БИС является база данных, содержащая данные для функций БСТО и ACMS.

База данных БСТО формируется из:

- файлов описания КС (шаблонов КС) в формате Excel, содержащих полное описание КС;
- шаблонов интерактивных страниц (ИС) в формате XML, содержащих сценарии тестирования КС;
- файла описания конфигурации ВС, содержащий список КС

Файл описания КС и шаблон ИС заполняются поставщиком КС и предоставляются разработчику БСТО и разработчику самолета для сборки базы данных БСТО.

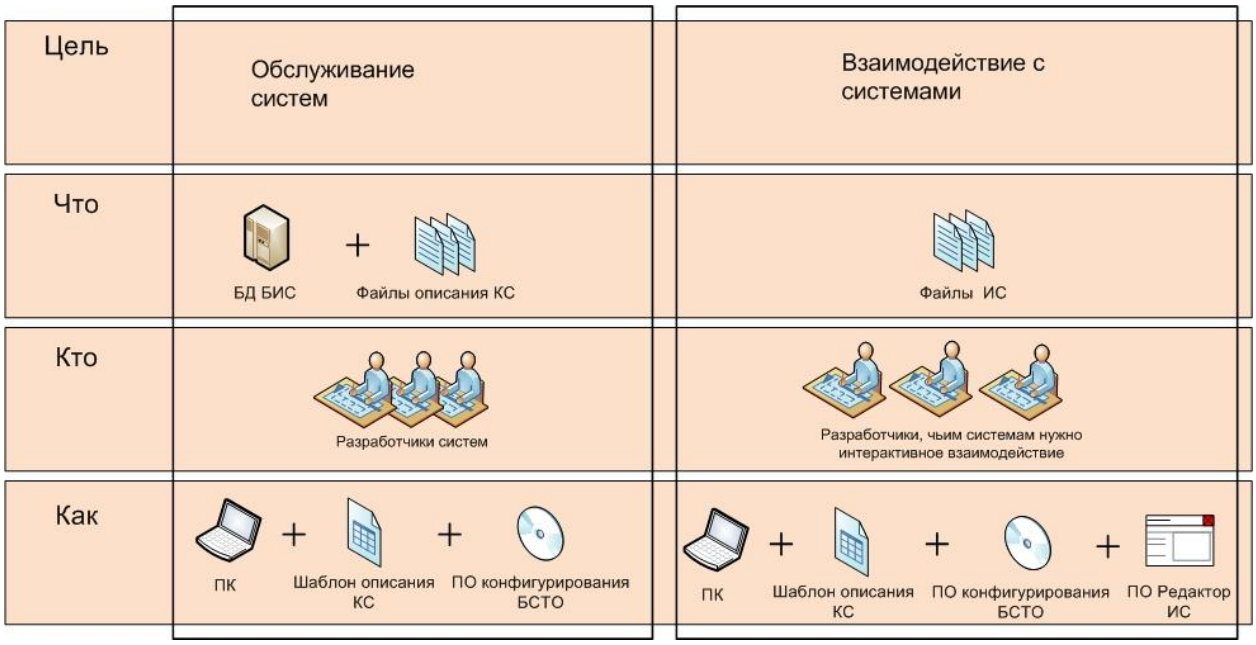


Рисунок 5 Схема формирования БД ДСТО

Структура БД БСТО

Технология БИС предусматривает формирование Поставщиком КС «Карточки системы», которая включает:

- файл описания КС в шаблоне КС;
- файл ИС в Редакторе ИС;

Разработчик БИС формирует данные для ACMS по информации в протоколах информационного взаимодействия систем.

Разработчик системы реализует протокол взаимодействия с БСТО.

Процесс создания БД БСТО представлен на рисунке 6

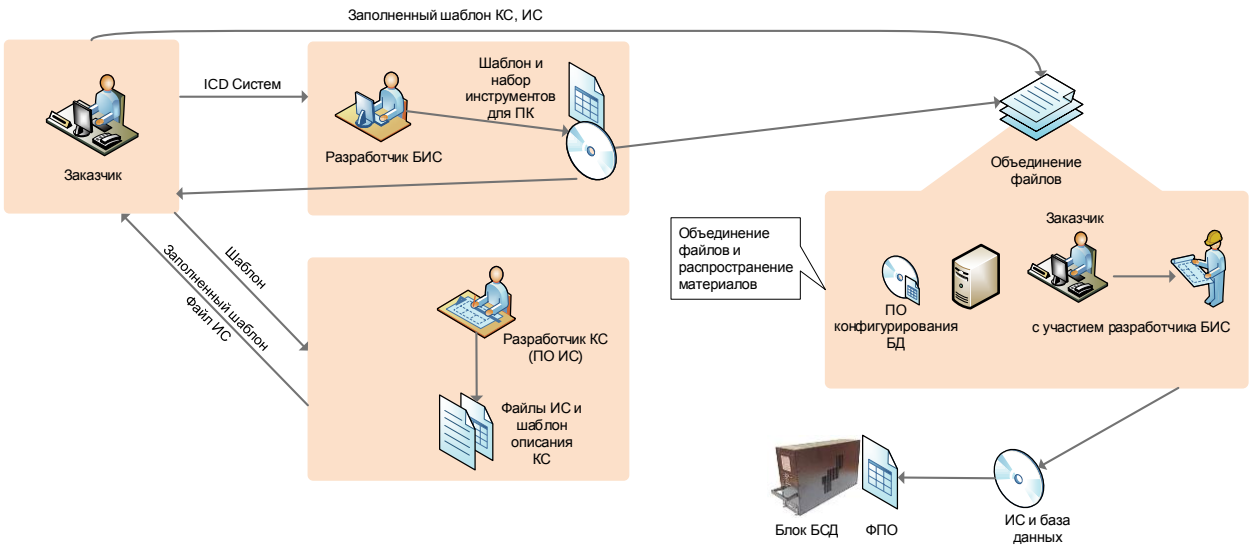


Рисунок 6 Процесс создания БД БСТО

Файл описания КС предназначен для обеспечения импорта данных описания КС в базу данных БСТО. Он содержит необходимую информацию о КС: название, порядковый номер экземпляра системы, список конструктивно-съемных единиц, информация о линиях связи, описания тестов, отказов и т.д.

Для создания используется файл шаблона КС в формате MS Excel (*.xlsx), разрабатываемый и сопровождаемый АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова»

5. Ключевые особенности и преимущества БИС

Основными преимуществами бортовой информационной системы БИС является следующее:

- проектно-компонуемая структура, позволяющая применить её для различных воздушных судов гражданской авиации;
- применение современных технических решений, материалов и технологий, обеспечивающий высокий технический уровень не хуже западных аналогов;
- решение задач, направленных на поддержание жизненного цикла воздушного судна с использованием сервисных программных приложений собственной разработки для портативных и стационарных терминалов обслуживания самолета;
- аппаратура, реализованная в перспективном конструктивном исполнении ARINC 600;
- применение концепции работы с передовыми технологиями беспроводной связи для парка ВС в пределах аэропорта;
- реализация бортового технического обслуживания систем ВС по международному стандарту ARINC624.

6. Результаты НИОКР на текущий момент

На настоящее время выполнены следующие работы:

1. Разработана конструкторская, технологическая и текстовая документация.
2. Изготовлены опытные образцы блоков (компонентов) системы БИС.
3. Проведены предварительные (лабораторные) испытания БИС.
4. Разработан пакет сертификационной документации.
5. Разработан и изготовлен стенд Главного конструктора для отработки системы БИС.

Рисунок 7. Система БИС

Основываясь на вышеприведенной информации, можно смело утверждать, что все технические требования, предъявляемые в ТЗ к системе БИС выполнимы в рамках данной разработки.