

## ANALYSIS OF FUNCTIONAL REQUIREMENTS TO THE ON-BOARD MAINTENANCE SYSTEM SSJ 100 AIRCRAFT

I. E. Mukhin <sup>a</sup>, D. S. Koptev <sup>b</sup>, A. A. Knyazev <sup>c</sup>, S. M. Yurchikov <sup>d</sup>

*Southwest State University (SWSU)*

<sup>a</sup> ramonkursk@yandex.ru, <sup>b</sup> d.s.koptev@mail.ru, <sup>c</sup> 163497.12@mail.ru, <sup>d</sup> mister.pando4ka@yandex.ru

*Submitted 2021, September 24*

**Abstract.** The need for an on-board maintenance system on modern civil aviation aircraft is caused by an increase in the number of flights and a decrease in the duration of aircraft parking between flights. The efficiency of aircraft operation depends largely on the speed of the on-board maintenance system, the time for finding the cause of the malfunction and its elimination is significantly reduced, and the safety of civil aviation aircraft flights is also increased. The use of an on-board maintenance system makes it possible to reduce the economic costs of airlines for the purchase of additional ground maintenance facilities.

**Keywords:** BSTO; maintenance; flight safety management system; integrated modular avionics; on-board information system; built-in controls.

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К БОРТОВОЙ СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОЛЕТА SSJ 100

И. Е. Мухин <sup>а</sup>, Д. С. Коптев <sup>б</sup>, А. А. Князев <sup>в</sup>, С. М. Юрчиков <sup>г</sup>

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)*

<sup>а</sup> ramonkursk@yandex.ru, <sup>б</sup> d.s.koptev@mail.ru, <sup>в</sup> 163497.12@mail.ru, <sup>г</sup> mister.pando4ka@yandex.ru

*Поступила в редакцию 24.09.2021*

**Аннотация.** Потребность в бортовой системе технического обслуживания (БСТО) на современных самолетах гражданской авиации вызвана увеличением числа полетов и уменьшением продолжительности стоянки воздушного судна между полетами. От скорости работы бортовой системы технического обслуживания во многом зависит эффективность эксплуатации воздушных судов (ВС), существенно уменьшается время поиска причины неисправности и его устранения, а также увеличивается и безопасность полетов ВС гражданской авиации. Использование бортовой системы технического обслуживания позволяет снизить экономические затраты авиакомпаний на приобретение дополнительных наземных средств технического обслуживания.

**Ключевые слова:** БСТО; техническое обслуживание; система управления безопасностью полетов; интегрированная модульная авионика; бортовая информационная система; встроенные средства контроля.

## ВВЕДЕНИЕ

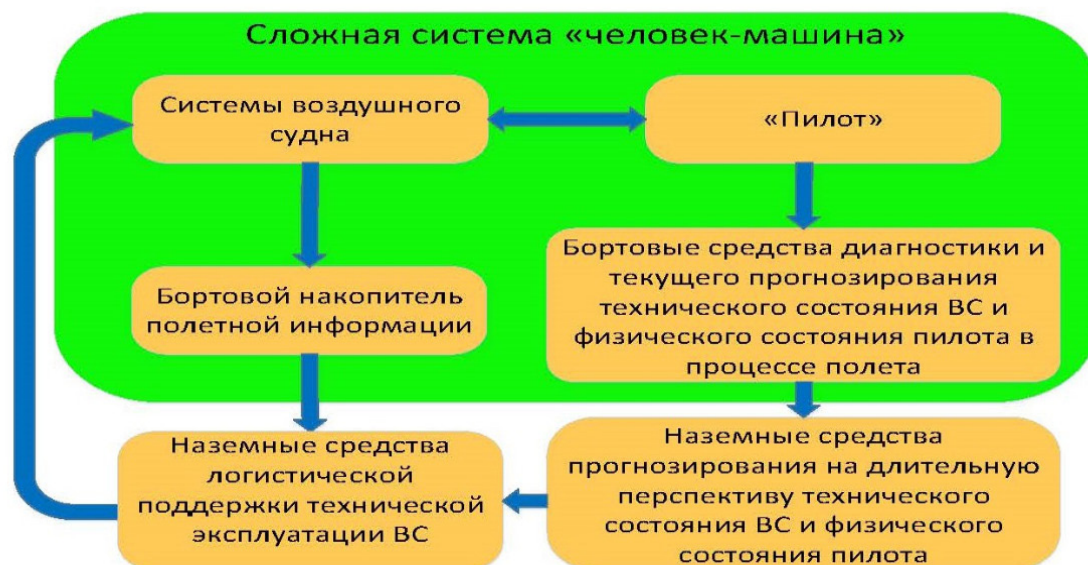
В настоящее время Российская Федерация занимает не самые ведущие позиции в мире в области безопасности воздушного движения. По данным международного авиационного комитета (МАК) [1], 73 % авиационных происшествий связано с летной деятельностью экипажей, а 27 % – с отказами авиационной техники и рядом других причин.

С 14 ноября 2013 года на законодательном уровне в Российской Федерации в соответствии с требованиями ИКАО официально действуют требования 101-й поправки ИКАО по обеспечению безопасности полетов воздушных судов (ВС). Это означает, что любая организация, ответственная за типовую конструкцию или изготовление ВС, должна внедрить систему управления безопасностью полетов (СУБП), в функции которой должно входить определение рисков для безопасности полетов, принятие коррективных действий, необходимых для поддержания согласованного уровня безопасности полетов, проведение постоянного мониторинга и регулярной оценки уровня безопасности полетов.

Функционирование СУБП должно быть направлено на существенное снижение влияния человеческого фактора в авиационных происшествиях как минимум на 80 % в течение 5–6 лет и повышение эффективности прогнозирования отказов авиационной техники. Другим немаловажным экономическим аспектом является снижение затрат на эксплуатацию ВС, который базируется на принципах эксплуатации по техническому состоянию и интегрированной логистической поддержки эксплуатации ВС на всем этапе его жизненного цикла. Формально-логическая схема интеграции этих аспектов представлена на рис. 1.

Исходя из объективного факта технической и функциональной сложности современных ВС, имеющих до нескольких тысяч параметров, подлежащих контролю, а также изменяющихся динамических условий полета, на экипаж ВС существенно возрастает информационная нагрузка и для ее парирования требуются высокоинтеллектуальные системы поддержки принятия решения, основой которых являются интеллектуальные системы диагностирования и прогнозирования технического состояния ВС. Такие системы не должны перегружать экипаж текущей информацией о состоянии ВС, а выдавать в реальном масштабе времени только необходимую для продолжения безопасного полета. То есть, такие системы должны взять на себя функции «умного» отсеивания ненужной для продолжения полета информации и выдачу экипажу только такой, которая непосредственно предупреждает о ближайшей опасности.

С другой стороны, применение наряду с бортовыми средствами контроля ВС наземных средств долговременного прогнозирования технического состояния обусловлено объективной необходимостью пространственного разделения относительно простых вычислительных ресурсов, предназначенных для контроля предаварийной ситуации на борту и сложных высокопроизводительных ресурсов для долговременного прогноза остаточного ресурса, которые могут быть в настоящее время размещены только в наземных условиях. Последние средства позволяют осуществлять длительный прогноз остаточного ресурса ВС, но в то же время требуют существенных вычислительных затрат и вычислительной мощности для формирования полного множества состояний контролируемых систем. Бортовыми вычислителями же в реальном масштабе времени могут решаться только задачи контроля по заложенным в базы данных структурам описания состояния систем. Кроме того, бортовые вычислители должны осуществлять подсчет различных наработок жизненно важных систем с ограниченным ресурсом. К весьма эффективным средствам обеспечения безопасности полетов относятся бортовые средства технического контроля (БСТО), применяемые на ряде зарубежных самолетов и вертолетов.



**Рис. 1.** Формально-логическая схема взаимодействия интеллектуальных систем диагностики текущего состояния ВС и пилота с системами долговременного прогнозирования и интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации ВС

Для обеспечения безопасной и наименее затратной эксплуатации гражданского самолета SSJ 100 необходима разработка специализированного БСТО на базе передовых цифровых информационных технологий.

#### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРИНЦИПОВ И ПУТЕЙ СОЗДАНИЯ БСТО

БСТО предназначена для технической диагностики сопряженных систем самолета. Сопряженной системой называется система, которая состоит из одного или нескольких конструктивно-съёмных единиц (КСЕ) и непосредственно связана с функцией БСТО либо для передачи сообщений об отказах, либо для интерактивного обмена данными. С точки зрения решения задач эксплуатационного контроля и технического обслуживания БСТО рассматривает сопряженные системы в виде иерархической структуры, на вершине которой – централизованный уровень БСТО. Функция БСТО реализуется в виде программного приложения, базирующегося на вычислительной платформе интегрированной модульной авионики (ИМА).

Основными задачами создания БСТО являются:

- создание централизованной точки входа для всех видов технического обслуживания самолетных систем, позволяющей принимать, хранить и передавать данные об отказах от всех контролируемых систем авионики;
- отображение сводных отчетов для четкой идентификации отказавшего сменного блока;
- обеспечение диалога между контролируемыми самолетными системами через стационарный или мобильный терминал;
- обеспечение нормального (полетного) и интерактивного (наземного) режима работы.

При этом БСТО функционально входит в состав более сложной системы: бортовой информационной системы (БИС), иерархическая структурная схема которой представлена на рис. 2.

БИС включает в себя набор следующих функций:

- функцию бортовой системы технического обслуживания (Centralized Maintenance Application – CMA);

- функцию загрузчика данных (Dataloader – DLD);
- функцию брандмауэра (Firewall);
- функцию системы мониторинга состояния ВС (Aircraft Condition Monitoring System – ACMS).

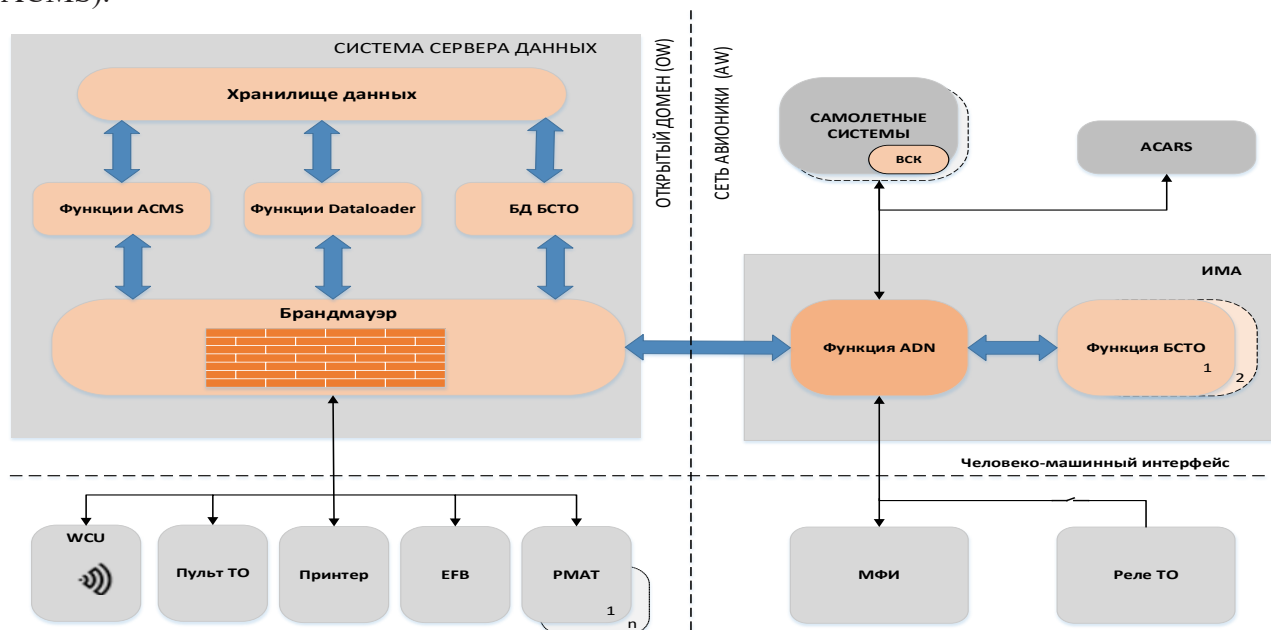


Рис. 2. Функциональная архитектура бортовой информационной системы

Функция загрузчика данных предназначена для обеспечения загрузки программного обеспечения (ПО) в вычислители самолетных систем.

Функция брандмауэра предназначена для обеспечения безопасного взаимодействия функций комплекса авионики (сеть AW) с функциями открытого домена (OW).

Функция мониторинга состояния ВС предназначена для получения, обработки, хранения и передачи параметров ВС в виде файлов зарегистрированной информации для их последующего использования в объективном контроле. Функция также позволяет генерировать, хранить и передавать отчеты о работе самолета и самолетных систем на сопряженные устройства.

Функция мониторинга состояния ВС используется для трендового анализа и прогнозирования состояния систем самолета для обеспечения его эксплуатации по техническому состоянию в режиме Aircraft Health Monitoring.

Централизованный уровень БСТО представлен в виде функции, реализованной на вычислительных ресурсах интегрированной модульной авионики (ИМА) (Бортовая ЦВМ).

Децентрализованный (распределенный) уровень средств технического обслуживания состоит из встроенных средств контроля (ВСК), конструктивно-сменных единиц (КСЕ) аппаратуры (блок, модуль, агрегат), которые объединяются в системы для выполнения определенных функций (рис. 3).

Общие требования, предъявляемые к БСТО, заключаются в следующем.

Централизованный уровень БСТО является единой точкой сбора и обработки данных по техобслуживанию сопряженных систем. Для этих целей создается база данных, в которой содержатся статические данные, необходимые для выполнения всех функций технического обслуживания. Эта информация включает в себя:

- данные об отказах и кабинных эффектах (FDE);
- логику обработки отказов;
- логику проведения наземных проверок;

- различные конфигурационные таблицы;
- страницы интерактивного обмена, файл с конфигурацией бортового оборудования, содержащий список установленного на борту оборудования.

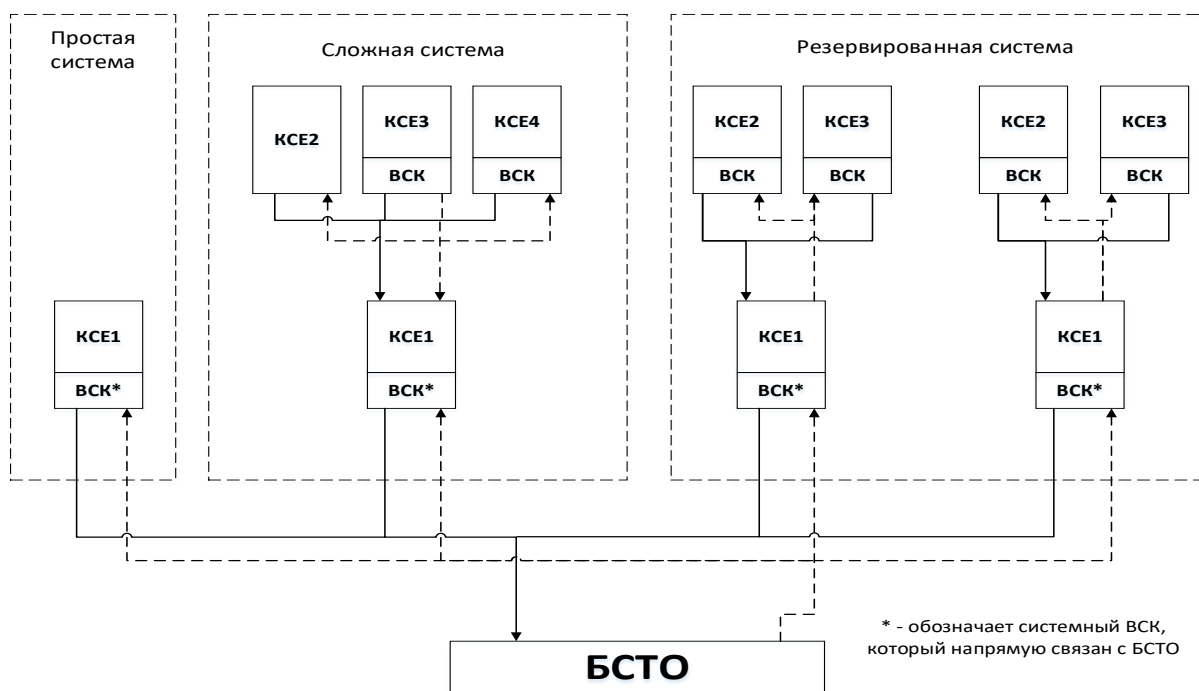


Рис. 3. Уровни БСТО и иерархия ВСК

Функция БСТО реализуется в виде программного приложения, базирующегося на вычислительной платформе ИМА.

Функция БСТО должна взаимодействовать с базой данных бортового сервера данных (БД), содержащей дополнительные конфигурационные данные для функции БСТО (параметры, контроля, логику тестирования (диагностирования), текст сообщений/рекомендаций персоналу, программную конфигурацию блоков и т.п.) для функций БСТО.

База данных БСТО должна располагаться на вычислительных ресурсах бортового сервера данных.

База данных БСТО должна формироваться из конфигурационных файлов каждой взаимодействующей системы, и, до разработки и верификации ПО, модификации БД и соответствующей функции БСТО.

Функция БСТО должна быть дублирована на разных вычислителях ИМА и распределена таким образом, чтобы удовлетворять всем требованиям функционального назначения и требованиям по отказобезопасности.

База данных и файлы ACMS должны располагаться на вычислительных ресурсах бортового сервера данных. База данных ACMS должна обеспечивать генерирование и публикацию отчетов, содержащих трендовый анализ состояния по средним значениям за крайние X полетов или Y часов работы системы, и предупреждение о необходимости проверки или обслуживания системы при резком изменении тренда.

Все функции БИС (БСТО, ACMS, DLD, Firewall) должны иметь интерфейс с многофункциональным индикатором (МФИ) кабины экипажа, принтеров, EFB, PMAT. При этом для каждой функции должен быть разработан интерфейс взаимодействия и человеко-машинный интерфейс.

Функциональные требования БСТО заключаются в следующем:

- прием данных об отказах, поступающих от ВСК сопряженных систем в соответствии с требованиями ARINC-624;
- прием информации о кабинных эффектах (Flight Deck Effect – FDE, звуковые, визуальные сигналы);
- периодическая выдача всем сопряженным системам вспомогательных данных (дата, время, фазы полета и др.);
- постоянный контроль и передача всем сопряженным системам состояния кнопки Event;
- комплексная обработка каскада отказов с целью локализации источника отказа с точностью до КСЕ, линии связи и отдельных программных компонентов;
- корреляция по времени между сообщениями об отказах и кабинными эффектами (FDE) (не более 100 мс);
- инициализация интерактивных тестов сопряженных систем;
- запоминание и хранение в энергонезависимой памяти объединенных данных об обнаруженных отказах не менее чем за 64 полета;
- запоминание и хранение в энергонезависимой памяти не менее 256 отказов за полет и не менее 1024 отказов за наземную обработку;
- выполнение стартового внутреннего самоконтроля (РВИТ);
- выполнение инициированного внутреннего самоконтроля в интерактивном режиме (ИВИТ);
- непрерывный внутренний самоконтроль в нормальном режиме (СВИТ);
- формирование и выдача отчетов об отказах и связанной с ними информации на многофункциональный индикатор (МФИ);
- передача информации об отказах наземным службам по цифровым каналам передачи данных (ACARS) в соответствии с ARINC-619;
- формирование и выдача отчетов по техническому состоянию оборудования на бортовое печатающее устройство;
- взаимодействие с бортовым сервером данных для хранения и доступа к базе данных и электронной библиотеке.

База данных БСТО должна содержать статические данные, необходимые для выполнения всех функций технического обслуживания:

- данные об отказах сопряженных систем и кабинных эффектах (FDE);
- логику обработки отказов;
- логику проведения наземных проверок;
- конфигурационные таблицы;
- страницы интерактивного обмена с сопряженными системами;
- файл с конфигурацией бортового оборудования, содержащий список установленного на борту оборудования и ПО (p/n, s/n), их версию и модификацию, а так же историю последних 10 изменений.

Должно быть предусмотрено СПО для ЭВМ на базе Windows для работы с базой данных БСТО, ее изменением и загрузкой в бортовой сервер данных.

БСТО в наземном режиме должна иметь возможность выполнять получение или стирание энергонезависимой памяти самолетных блоков в части баз данных, не влияющих на функционирование блока. БСТО должна иметь возможность назначать гиперссылку между идентификатором отказа или кабинного эффекта (FDE) и эксплуатационной документацией в электронной библиотеке.

БСТО должна обеспечивать в наземном режиме организацию запроса, приема и отображения конфигурационных данных сопряженных систем.

БСТО должна обеспечивать хранение и отображение как минимум следующего набора конфигурационных данных для борта и КСЕ.

Для борта:

- тип ВС;
- бортовой номер ВС;
- дата полета;
- номер смены;
- номер вылета.

Для КСЕ:

- заводской номер КСЕ;
- время в полете;
- время на земле;
- количество посадок;
- время работы на всех допустимых режимах;
- количество запусков;
- номер изделия (Part Number) КСЕ;
- серийный номер (S/N) КСЕ;
- версию и модификацию ПО КСЕ;
- тип программного обеспечения КСЕ;
- место установки КСЕ;
- название КСЕ;
- адрес КСЕ в бортовой сети;
- дату и время установки КСЕ на борт;
- наработку КСЕ.

БСТО должна обеспечивать хранение и отображение набора конфигурационных данных для не менее чем 10 КСЕ каждой сопряженной системы.

БСТО должна обеспечивать хранение и отображение информации по изменению конфигурационных данных КСЕ сопряженной системы не менее чем за 3 итерации.

БСТО должна обеспечивать сохранение информации в лог (журнал) по всем действиям пользователя в интерактивном режиме не менее чем за 10 последних интерактивных сессий.

БСТО должна обеспечивать возможность настраивать и выполнять подряд несколько разных интерактивных тестов и действий по поиску отказа (для нужд ТО) и выдачу информации о результатах работы.

БСТО должна иметь универсальный интерфейс взаимодействия с системами самолета, позволяющий подключить до 1000 (тысячи) различных систем.

БСТО должна обеспечивать следующие функциональные требования загрузчика данных:

- загрузку исполняемого ПО и баз данных в вычислители систем самолета;
- поддержку загрузки файлов в соответствии с протоколами ARINC-615, ARINC-615A.

Хранение загружаемых файлов ПО и баз данных загрузчика должно осуществляться на вычислительных ресурсах бортового сервера данных.

Загрузчик данных должен обеспечивать сохранение информации в лог (журнал) по всем действиям пользователя не менее чем за 10 последних загрузок. Загрузчик данных должен выполнять стартовый внутренний самоконтроль.

Функциональные требования брандмауэра:

- обеспечение обработки и передачи информации в режиме реального времени (RTOS);

– прием и передача информации от сопряженных систем по стандартам ARINC-646 и ARINC-664.

Загрузка ПО и данных на брандмауэр должна быть реализована в соответствии с ARINC-615A по стандарту ARINC-646.

БСТО должна обеспечивать следующие требования к человеко-машинному интерфейсу.

Для управления БИС технический персонал должен иметь возможность использовать одно из нескольких устройств:

– дисплей МФИ (многофункциональный индикатор) в кабине пилотов (с использованием интерфейса по ARINC-661) в качестве основного терминала;

– переносной терминал (PMAT);

– электронный полетный планшет (EFB).

Основной терминал должен поддерживать работу со всеми функциями БИС.

Вызов меню БСТО и Dataloader на всех устройствах должен быть заблокирован в полете.

БСТО должна предусматривать в интерфейсе пользователя возможность выполнять определенные поисковые запросы по отказам, кабинным эффектам, конфигурационным данным, их наборам и т.п.

БИС должна обеспечивать защиту входа в интерфейс пользователя путем предоставления паролей для различного уровня пользователей и вести журнал входа пользователей.

Помимо блокировки вызова меню БСТО в полетном режиме, должен быть предусмотрен контроль внешних дискретных сигналов (например, при использовании механического переключателя наземным персоналом), по которым БСТО активирует/деактивирует режим техобслуживания на земле.

Для загрузки и выгрузки ПО на бортовой сервер данных технический персонал может использовать одно из нескольких устройств:

– пульт загрузчика данных;

– переносной терминал (PMAT);

– электронный полетный планшет (EFB).

В качестве интерфейса для загрузки ПО в вычислители самолетных систем должен использоваться дисплей МФИ в кабине пилотов.

В интерфейсе пользователя загрузчика данных должна быть обеспечена защита входа путем предоставления паролей и должно быть обеспечено ведение журнала входа пользователей.

Вызов меню загрузчика данных на МФИ должен быть заблокирован в полете.

БСТО должна обеспечивать требования по информационному обмену:

– поддерживать взаимодействие с самолетными системами по информационным интерфейсам в соответствии со стандартами ARINC-429, ARINC-664;

– поддерживать прием внешних дискретных сигналов;

– прием и передачу данных с/на беспроводного передатчика данных (ACARS, Wi-fi, WGL (связи типа GSM)).

БСД должен обеспечивать доступ к загрузке и выгрузке информации посредством универсальной последовательной шины USB 3.0 и по протоколу ARINC-646.

Для передачи информации о состоянии оборудования БСД встроенными средствами контроля в БСТО должен обеспечиваться аperiodический обмен данными в соответствии с протоколом на основании ARINC 624-1.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бортовая система технического обслуживания является средством обобщения, объединения и корреляции результатов встроенного контроля всех бортовых систем самолета



с централизованным доступом к информации. БСТО контролирует как системы, оборудованные встроенными средствами контроля (BITE-системы, ARINC-604), так и системы, не оборудованные данными средствами, с помощью встроенных алгоритмов контроля путем анализа параметрической информации от этих систем.

В результате оснащения самолетов БСТО для авиакомпаний сократился объем работ по техническому обслуживанию летательных аппаратов и повысилась вероятность отправки самолетов в рейс по расписанию. БСТО-A148 устанавливается на самолеты Ан-148 и Ан-158, а ее модифицированная версия, БСТО-1A148, на самолеты Ан-178.

В настоящее время на самолете SSJ 100 при эксплуатации БСТО есть функция просмотра отчета о последнем полете, который в свою очередь дает возможность узнать о CAS сообщениях, которые появились в ходе выполнения полета, а также производить проверку оборудования на отсутствие ошибок.

Архитектура БСТО и входящих в нее функционального ПО и аппаратной части с применением концепции распределенной ИМА, позволяет разгрузить кабельную сеть самолета путем размещения основных вычислительных блоков в разных частях самолета, а также повысить надежность и помехозащищенность системы в целом.

Применение системы позволит:

- не обращаться постоянно к иногда устаревшей (неактуальной) эксплуатационно-технической и ремонтно-технической документации (в бумажном или сканированном виде);
- максимально устранить необоснованные демонтно-монтажные работы на борту;
- отказаться от последовательного перебора всех возможных причин при поиске неисправностей, что значительно экономит время;
- постоянно наращивать и актуализировать программный комплекс актуальной информацией по нахождению неисправностей в течение жизненного цикла парка самолетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ В 20570-88.** Изделия авиационной техники. Порядок нормирования и контроля показателей безопасности полета, надежности, контролепригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности. М.: Стандартиформ, 2009. 9 с. [ *Aviation products. The procedure for standardization and control of indicators of flight safety, reliability, testability, operational and repair manufacturability*, (in Russian), Federal standard V 20570-88, Moscow, Standartinform, 2009. ]
2. **ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД.** Виды и комплектность конструкторских документов. М.: Стандартиформ, 2014. 17 с. [ *Types and completeness of design documents*, (in Russian), Federal standard 2.102-2013, Moscow, Standartinform, 2014. ]
3. **ГОСТ 2.125-2008 ЕСКД.** Правила выполнения эскизных конструкторских документов. Общие положения. М.: Стандартиформ, 2009. 7 с. [ *Rules for the implementation of draft design documents. General provisions*, (in Russian), Federal standard 2.125-2008, Moscow, Standartinform, 2009. ]
4. **Квалификационные** требования КТ-160D. Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования / АР МАК. Москва, 2004. 324 с. [ *Qualification requirements for KT-160D. Operating and environmental conditions for airborne equipment*, (in Russian), AR MAK, Moscow, 2014. ]
5. **Руководство** по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры КТ-254. АР МАК, 2008. 84 с. [ *Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware*, (in Russian), AR MAK, 2008. ]
6. **Авиация:** Энциклопедия / под ред. Г. П. Свищев. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994. 736 с. [ G. P. Svishchev (ed.), *Aviation: Encyclopedia*, (in Russian). Moscow: Bolshaya Rossijskaya Enciklopediya, 1994. ]
7. **Кучерявый А. А.** Бортовые информационные системы: курс лекций. Ульяновск: УлГТУ, 2004. 505 с. [ A. A. Kucheryavy, *On-board information systems: a course of lectures*, (in Russian). Ulyanovsk: UIGTU, 2004. ]
8. **АУЦ ЕАТК:** Бортовая система технического обслуживания самолета RRJ-95B. М.: ЕАТК, 2013. 39 с. [ *ATC EATK: On-board maintenance system for RRJ-95B aircraft*, (in Russian). Moscow: EATK, 2013. ]
9. **Жадаев Б. Г.** 100% самоучитель Macromedia Flash MX. М.: Нижний Новгород, 2007. 101 с. [ B. G. Zhadaev, *100% tutorial Macromedia Flash MX*, (in Russian). Moscow: Nizhnij Novgorod, 2007. ]
10. **Руководство** по технической эксплуатации самолета RRJ-95B АММ. Раздел 45. ЗАО «Гражданские самолеты Сухого», 2011. 366 с. [ *Manual for the technical operation of the aircraft RRJ-95B АММ. Section 45*, (in Russian). ZAO "Sukhoi Civil Aircraft", 2011. ]

11. **Методологические** основы синтеза систем диагностики технического состояния космических и летательных аппаратов / И. Е. Мухин [и др.]. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2018. 212 с. [ I. E. Mukhin, *et al.*, *Methodological foundations for the synthesis of systems for diagnostics of the technical state of space and aircraft*, (in Russian). Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t, 2018. ]

12. **Разработка** архитектуры бортового сервера данных для применения в составе комплекса радиоэлектронного оборудования с применением концепции интегрированной модульной авионики / А. Г. Титов [и др.] // Труды МАИ. 2019. № 105. [Электронный ресурс]. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=104257> (дата обращения 11.11.2019). [ A. G. Titov, *et al.* (2019, Nov. 11), "Development of the architecture of the onboard data server for use as part of a complex of electronic equipment using the concept of integrated modular avionics" [Online], (in Russian), in *Trudy MAI*, no. 105, 2019. Available: <http://trudymai.ru/published.php?ID=104257> ]

13. **Коптев Д. С., Мухин И. Е.** Стратегия разработки систем диагностики и прогнозности технического состояния перспективных летательных аппаратов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2019. Т. 17, № 2. С. 65–70. [ D. S. Koptev, I. E. Mukhin, "Strategy for the development of systems for diagnostics and fore-casting of the technical condition of promising aircraft", (in Russian), in *Informacionno-izmeritel'ny'e i upravlyayushhie sistemy*, vol. 17, no. 2, pp. 65-70, 2019. ]

14. **Коптев Д. С., Мухин И. Е.** Характеристика концепции разработки интегрированных бортовых систем обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов, включая системы контроля функционального состояния пилота // Вестник УГАТУ. 2020. Т. 24, № 4 (90). С. 57–68. [ D. S. Koptev, I. E. Mukhin, "Description of the concept of development of integrated on-board systems for ensuring the safety of flights of air-craft, including systems for monitoring the functional state of the pilot", (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 24, no. 4 (90), pp. 57-68, 2020. ]

#### ОБ АВТОРАХ

**МУХИН Иван Ефимович**, проф. каф. КПиСС. Дипл. радиоинженер (Воронежск. пол. ин-т, 1977). Д-р техн. наук по специальности 20.01.09 Военные системы управления, связи и навигации (технические науки) (Военная академия связи им. С. М. Будённого, 2012). Иссл. в обл. диагностики и прогнозности технического состояния ответственных узлов летательных аппаратов.

**КОПТЕВ Дмитрий Сергеевич**, преп., асп. каф. КПиСС. Дипл. магистр (ЮЗГУ, 2018). Готовит дис. о системах контроля функционального состояния пилота.

**КНЯЗЕВ Александр Александрович**, студент каф. КПиСС.

**ЮРЧИКОВ Сергей Михайлович**, студент каф. КПиСС.

**MUKHIN, Ivan Efimovich**, Prof. of the KPIS Dept. Dipl. radio engineer (Voronezh polytechnic Institute, 1977). Doctor of Technical Sciences, specialty 20.01.09 Military Control Systems, Communications and Navigation (Technical Sciences) (S. M. Budyonny Military Academy of Communications, 2012). Research in the field of diagnostics and prognostics of the technical condition of the responsible components of aircraft.

**KOPTEV, Dmitry Sergeevich**, Rev., Postgrad, dept. KPIS. Master's degree (SWSU, 2018). Prepares dis. about systems for monitoring the functional state of the pilot.

**KNYAZEV, Alexander Alexandrovich**, student of the dept. KPIS.

**YURCHIKOV, Sergey Mikhailovich**, student of the dept. KPIS.

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 1 (95), pp. 92-101, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).