

УДК 629.735

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-16-27

БОРТОВЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

С.В. КУЗНЕЦОВ¹

¹*Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия*

На современных воздушных судах все большее распространение получают беспроводные сети, основанные на принципе и технологии Wireless Avionics Intra-Communications (WAIC), то есть беспроводной авионики или беспроводной бортовой внутренней связи (ББВС). Разработка и внедрение на борт воздушного судна (ВС) ББВС (WAIC) – сложнейшая задача, так как ее решение непосредственно связано с обеспечением безопасности полетов. Это требует предварительного тщательного научного анализа. В статье определены три этапа внедрения таких систем. На первом этапе (он уже идет) на борту ВС появляются ББВС, осуществляющие новые по сравнению с традиционными сетями функции, например функции обеспечения пассажиров доступом в интернет. На втором этапе (этот этап также уже начался) на борт ВС внедряются ББВС, осуществляющие уже существующие функции традиционных бортовых сетей наряду с ними. Например, функции технического обслуживания. На третьем этапе (он еще впереди) ББВС осуществляют функции, полностью или частично заменяя традиционные проводные сети. Например, выполнение функции управления полетом самолета без проводов. Примерно так же происходило внедрение управления полетом с помощью электродистанционных систем вместо традиционных механических. На основе анализа систем бортового оборудования в части возможности и целесообразности применения в них ББС определены параметры ХУ перспективных сетей свыше десяти самолетных систем. Наиболее перспективными системами для применения ББС являются топливная система, пожарное оборудование и шасси. Дальнейшие исследования требуют разработки беспроводных датчиков с автономным электропитанием, концентраторов информации, соответствующего программного обеспечения вычислителей, оценки влияния беспроводной передачи информации на надежность, отказоустойчивость и отказобезопасность как тех систем, где такая информация передается, так и смежных самолетных систем.

Ключевые слова: бортовые беспроводные сети, беспроводная бортовая внутренняя связь, беспроводные сенсорные сети, бортовые гетерогенные сети, электродистанционные системы управления полетом.

ВВЕДЕНИЕ

Борт современного воздушного судна (ВС) насыщен многочисленными сетями. Существует большое разнообразие бортовых сетей, решающих различные функциональные задачи. Информационно-вычислительные системы (ИВС) и информационно-управляющие системы (ИУС) ВС составляют основу комплекса бортового оборудования (КБО). Такие сети, как правило, содержат большое количество датчиков (сенсоров), вычислителей, управляющих устройств (сервоприводов), а также индикаторов, обеспечивающих автоматизированное и автоматическое управление полетом ВС на всех этапах и во всех режимах полета.

Частным случаем ИВС и ИУС ВС является сенсорная сеть (СС), состоящая из миниатюрных датчиков и вычислительных устройств. Традиционно бортовые сети являются сложными структурами, объединенные электропроводками, информационными проводами, заключенными в электрожгуты и представляющими собой фидер самолета. Их можно назвать бортовыми проводными сетями, хотя в силу традиций определение «проводные» здесь кажется излишним, поскольку наличие в сети проводов считается само собой разумеющимся.

Однако в связи с развитием в последнее время беспроводных технологий, нашедших свое применение в первую очередь в вычислительных сетях общего назначения (то есть не бортовых сетях), телефонных и интернет-сетях, возникла возможность использования беспроводных технологий и в бортовых сетях [1–4].

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БОРТОВОЙ СЕТИ ВС

В связи с вышеизложенным термин бортовые беспроводные сети (ББС) влечет за собой появление и термина бортовые проводные сети (БПС), хотя таковые, безусловно, существовали и развивались с момента появления первого управляемого летательного аппарата. Концепция ББС лежит в основе проектирования беспроводных ИВС (БИВС), беспроводных ИУС (БИУС), которые, в свою очередь, включают беспроводные сенсорные сети (БСС), или Wireless Sensor Networks (WSN).

БСС включают в себя большое количество относительно близкорасположенных миниатюрных интеллектуальных сенсорных узлов, которые способны измерять различные физические параметры, а также осуществлять предварительную обработку и передачу информации. Основные области применения таких сетей – распределенные бортовые системы управления, контроль технического состояния ВС, психофизиологического состояния экипажа, состояния окружающей обстановки в кабине и салоне, аутентификация аппаратного обеспечения при проведении технического обслуживания и ремонта, контроль доступа на борт ВС и т. д.

БСС – это беспроводная система, представляющая собой распределенную, самоорганизующуюся и устойчивую к отказам отдельных элементов сеть миниатюрных вычислительных устройств с автономным источником питания [1].

Следующим шагом в развитии БИВС и БИУС является появление на борту беспроводных сетей, основанных на принципе и технологии Wireless Avionics Intra-Communications (WAIC), то есть беспроводной авионики или, как ее называют в отечественной научно-технической литературе, беспроводной бортовой внутренней связи (ББВС)^{1,2}.

Наличие двух типов бортовых сетей на ВС требует введения термина бортовая гетерогенная сеть (БГС). То есть бортовая неоднородная сеть, состоящая как минимум из двух однородных частей: традиционной проводной сети и дополняющей (или заменяющей) ее беспроводной сети.

В традиционном смысле гетерогенная компьютерная сеть – это сеть, объединяющая вычислители и другие устройства с различными операционными системами и протоколами обмена данными. В этом смысле бортовые сети современных ВС уже давно являются гетерогенными, так как на борту существует большое разнообразие функциональных систем с вычислителями, работающими в своей операционной системе, а обмен информацией происходит в соответствии с большим разнообразием протоколов. Однако в отношении беспроводных вычислительных сетей (БВС) термин гетерогенный предполагает еще и наличие различных технологий подключения. Это может быть и сотовая связь.

То есть появление первой бортовой беспроводной сети на борту ВС, имеющего традиционные проводные сети, делает его сеть гетерогенной как в смысле разнообразия операционных систем и протоколов обмена, так и в смысле разнообразия соединения и подключения составных частей этой сети. В дальнейшем возникает лишь проблема нахождения оптимального соотношения между объемом проводной и беспроводной частей бортовой гетерогенной сети по определенному критерию.

Очевидно, что эта задача непростая и требует тщательного научного анализа. В частности, требуется анализ состояния проблемы проектирования бортовых гетерогенных проблемно-

¹ Рекомендация МСЭ-R М.2067-0. 02/2015. Технические характеристики и критерии защиты систем беспроводной бортовой внутренней связи. Серия М. Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы / Международный союз электросвязи (ITU). 6 с.

² Рекомендация МСЭ-R М.2085-0. 09/2015. Технические условия использования систем беспроводной бортовой внутренней связи, работающих в воздушной подвижной (R) службе в полосе частот 4200–4400 МГц. Серия М. Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы / Международный союз электросвязи (ITU). 4 с.

ориентированных систем и информационного обмена между ними, а также должны быть проведены исследования по использованию беспроводных сетей на борту ВС с учетом влияния разнообразных факторов и особенностей каждой функциональной системы, где такая сеть предполагается к применению.

В последние десятилетия на современных ВС нашли широкое применение принцип и технология Fly-by-Wire (FBW) – управление самолетом без механической проводки (то есть по электрическим проводам). Бортовые системы на основе FBW у нас называют электродистанционными системами управления (ЭДСУ) полетом. В настоящее время для перспективных ВС рассматривается задача внедрения на борт ВС принципа и технологии Fly-by-Wireless (FBWL) – управление ВС беспроводно, то есть без электропроводки. Система, реализующая такой принцип управления ВС, – беспроводная система управления (БСУ) полетом.

Разработка и внедрение на борт ВС беспроводной системы управления полетом на основе ББВС (WAIC) – сложнейшая задача, так как ее решение непосредственно связано с обеспечением безопасности полетов. Это требует предварительного тщательного научного анализа.

Очевидно, что это будет происходить в три этапа [5–7].

На первом этапе (он уже идет) на борту ВС появляются ББВС, осуществляющие новые по сравнению с традиционными сетями функции, например функции обеспечения пассажиров доступом в интернет.

На втором этапе (этот этап также уже начался) на борт ВС внедряются ББВС, осуществляющие уже существующие функции традиционных бортовых сетей наряду с ними. Например, функции технического обслуживания.

На третьем этапе (он еще впереди) ББВС осуществляют функции, полностью или частично заменяя традиционные проводные сети. Например, выполнение функции управления полетом самолета без проводов. Примерно так же происходило внедрение управления полетом с помощью электродистанционных систем вместо традиционных механических.

Применения WAIC можно разделить на две широкие категории, соответствующие требованиям к скорости передачи данных применений. Для этого используются следующие определения:

- низкоскоростные (L) применения имеют скорости передачи данных ниже 10 кбит/с;
- высокоскоростные (H) применения имеют скорости передачи данных выше 10 кбит/с.

Эти категории обозначаются символами "L" и "H" соответственно. Низко- и высокоскоростные системы WAIC имеют различные технические характеристики.

Место установки передатчика WAIC влияет на величину РЧ-энергии, излучаемой в направлении от ВС. Поэтому системы WAIC, которые закрыты конструкцией ВС, например фюзеляжем или крылом, классифицируются как внутренние (I), а применения, которые не закрыты, классифицируются как внешние (O).

Применения WAIC можно описать с помощью параметров XY в соответствии с ранее приведенными определениями. Параметр X соответствует скорости передачи данных (H, L), а параметр Y соответствует местоположению (I, O). Например, типовой категорией является категория LI, которая соответствует применению системы с низкой скоростью передачи данных, расположенной на внутренней части конструкции воздушного судна. В связи с этим возникает задача анализа систем бортового оборудования в части возможности и целесообразности применения в них ББС и определения параметров XY таких перспективных сетей.

АНАЛИЗ ББС СУЩЕСТВУЮЩИХ ВС

Рассмотрим ББС самолета A350. Внутренняя беспроводная система передачи данных (Internal Wireless Datalink System – IWDS) этого самолета предоставляет необходимые ресурсы для беспроводных соединений в кабине и пассажирском салоне. Пассажиры могут использовать

эту функцию, если данные услуги доступны. Функциональная схема внутренней беспроводной системы передачи данных показана на рис. 1. Система включает:

- антенны, расположенные в негерметичной части фюзеляжа;
- адаптеры – блоки беспроводной локальной сети (Wireless LAN Units WLU);
- радиочастотный объединитель (Radio Frequency Combiner);
- программное приложение для беспроводной связи (Wireless Manager Application).

Внутренняя беспроводная система передачи данных является частью основной (центральной) бортовой информационной системы (core Onboard Information System (OIS)) и системы информационного обслуживания авиакомпании AISD (Airline Information Services Domain (AISD)).

Основная бортовая информационная система разделена на две системы (домена):

- систему управления самолетом (Aircraft Control Domain (ACD));
- систему информационного обслуживания авиакомпании (Airline Information Services Domain (AISD)).

Каждая из этих систем ACD и AISD (на рисунке обозначено – доменов) в свою очередь состоит из двух частей.

Система управления самолетом ACD включает:

– систему управления полетом (Flight Domain) – составную часть самолетных систем. Она включает легкоъемные блоки авионики (Line Replaceable Units (LRU)) этих систем и не входит в бортовую информационную систему OIS;

– кабинет серверных функций авионики (Avionics Server Function Cabinet (ASFC)), который содержит приложения функций управления полетом, технического обслуживания и связи.

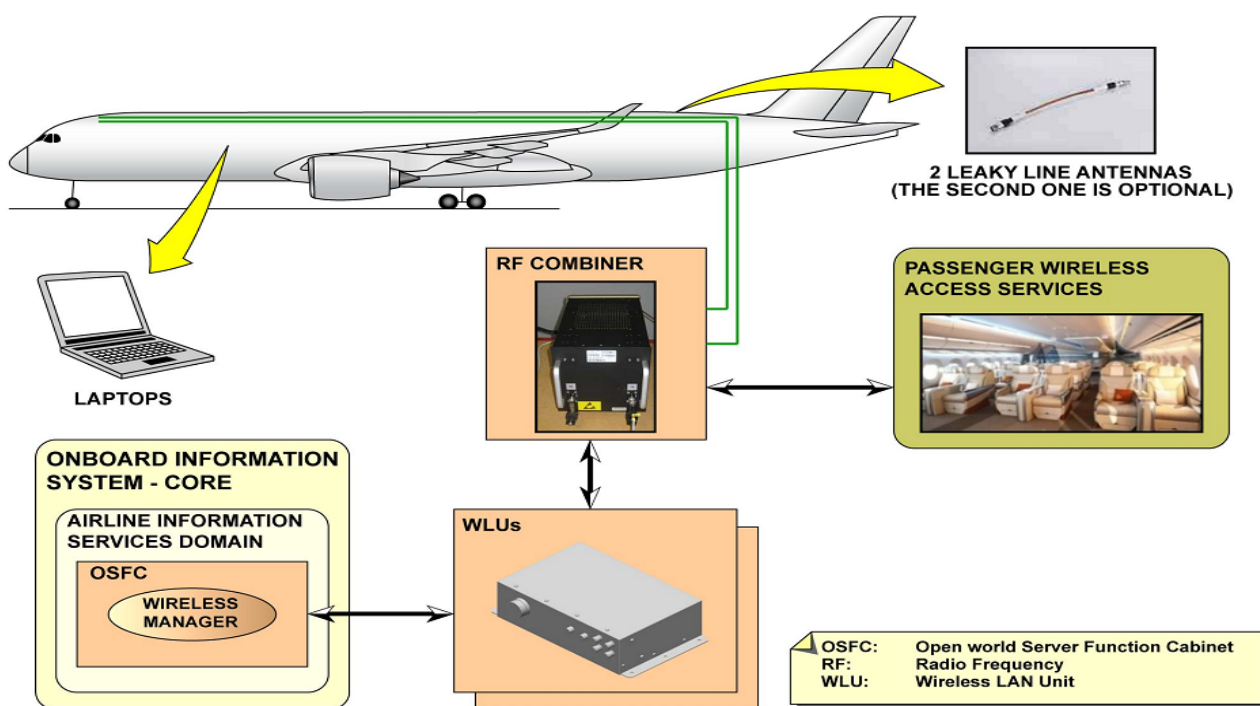


Рис. 1. Функциональная схема внутренней беспроводной системы передачи данных A350
Fig. 1. Functional diagram of internal wireless data transmission system A350

Две составные части системы управления ACD соединены друг с другом посредством двух коммуникационных интерфейсов безопасности (Secure Communication Interfaces (SCIs)), предотвращающих несанкционированный доступ и ввод данных в самолетные системы извне.

Система информационного обслуживания авиакомпании AISD включает:

– кабинет открытых для доступа серверных функций (Open world Server Function Cabinet (OSFC)), где содержатся открытые для доступа приложения функций управления полетом, технического обслуживания, связи и обслуживания пассажирского салона. Информация от ASFC в OSFC может передаваться только в одну сторону (на схеме показан «диод»);

– аппаратные разъемы (docking stations), установленные в кабине экипажа, с помощью которых летный экипаж может подключить свои ноутбуки – электронные полетные планшеты (Electronic Flight Bag (EFB) laptops) к кабинету открытых для доступа серверных функций OSFC и получить доступ к его приложениям и необходимой для электронного планшета информации.

Функции ТО электронного бортового журнала (electronic-logbook) аналогичны функциям обычного бумажного бортового журнала. Они включают:

- сообщения об отказах (defect reporting);
- сообщения о выполненных работах по ТО (maintenance action reporting);
- заключение о выпуске самолета в полет после ТО (aircraft release after maintenance).

Приложение функции ТО электронного бортового журнала загружено в кабинет открытых для доступа серверных функций OSFC.

Оно используется для ввода и хранения информации, поступающей от:

- летного экипажа, инженерно-технического состава (ИТС) и кабинного экипажа;
- самолетных систем (с их легкоъемных блоков LRU), кабинета серверных функций авионики ASFC, системы обслуживания пассажиров, включая информацию о статусе самолета и его идентификационных данных.

Это приложение имеет интерфейс с системами связи самолета (communication systems) и может получать и выдавать информацию от/на наземные устройства авиакомпании (Airline Ground Tools). ИТС имеет доступ к приложению, осуществляющему функции ТО, с бортовой системы технического обслуживания БСТО с помощью бортового пульта человеко-машинного интерфейса (Onboard Maintenance System (OMS) Human-Machine Interface HMIs). Кроме того, ИТС имеет доступ к приложению с помощью портативного многоцелевого терминала доступа (Portable Multy-Purpose Access Terminal), представляющего собой ноутбук. Он также может выполнять функции электронного полетного планшета (Electronic Flight Bag EFB).

Функция приложения программирования статусов программного обеспечения (Software Pin Programming (SPP)) реализуется в кабинете серверных функций авионики ASFC. Она позволяет:

- передавать информацию SPP в БСТО (OSFC), в коммуникационные интерфейсы безопасности (SCI) и через них в самолетные системы (LRU);
- получать статусы SPP от самолетных систем;
- индексировать статусы SPP.

Таким образом, приложение SPP связано с БСТО и самолетными системами через интерфейсы безопасности SCI.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК БОРТОВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ВС

Рассмотрим перспективные гетерогенные бортовые сети с применением беспроводных технологий для различных самолетных систем. В качестве типовой самолетной системы предлагается топливная система с системой управления и измерения топлива.

Система управления и измерения топлива (СУИТ) – один из наиболее перспективных кандидатов на реализацию концепции беспроводной сенсорной сети БСН (WSN). Это обусловлено наличием в ее составе большого количества датчиков и размещением их в крыле. Отказ от проводов, обеспечивающих передачу информационных сигналов на значительное расстояние (от крыла до технического отсека), позволил бы в полной мере воспользоваться преимуществами БСН. Рассмотрим типовую СУИТ. Она, в зависимости от типа ВС, как правило, включает:

- кабинный пульт контроля и управления заправкой топливом,
- фюзеляжный пульт контроля и управления заправкой топливом,
- блок вычисления количества топлива,
- датчики топливомера двух типов с датчиком температуры (5–10 шт.) и без него (20–30 шт.), всего – более 25 шт.,
- датчики характеристик топлива с датчиками температуры – 2–4 шт.,
- сигнализаторы уровня – 5–10 шт.,
- сигнализаторы уровня дренажного бака – 2–4 шт.,
- сигнализаторы свободной воды в топливе – 2–4 шт.

В правом полукрыле местоположение датчиков и сигнализаторов симметрично. Топливомеры установлены в каждом баке и отсеке. Каждый датчик топливомера представляет собой конденсатор, электроемкость которого зависит от уровня топлива в баке. Датчики объединены в 6 групп. Одна обкладка каждого датчика одной группы заведена на общий сигнальный провод. Для повышения надежности в каждом баке две группы измерения – при отказе одной группы измерение ведется второй.

Датчик характеристик топлива (по одному в каждом крыльевом баке) представляет собой три датчика, собранных в едином корпусе (датчик температуры, плотномер и датчик диэлектрической проницаемости).

Для измерения температуры топлива в баках в каждом баке и отсеке установлены до десяти датчиков температуры. Часть из них конструктивно встроены в топливомеры, а часть входят в состав датчиков измерения характеристик топлива.

Для управления заправкой предназначены сигнализаторы предельного уровня топлива в баках (по одному на каждый крыльевой и центральный бак) и сигнализаторы наличия топлива в дренажных баках. Сигнализатор уровня представляет собой резистор, сопротивление которого меняется в зависимости от среды (воздух-топливо). В случае срабатывания одного из трех сигнализаторов автоматически закрывается кран заправки того бака, в котором достигнут предельный уровень заправки. Также на самолете в каждом крыльевом баке установлены сигнализаторы уровня топлива, выдающие сигналы о минимальном остатке топлива.

Для определения наличия свободной воды в баках установлены датчики (по одному в правом и левом крыльевых баках и в центральном баке). Сигнализатор свободной воды в топливе представляет собой резистор, сопротивление которого меняется в зависимости от среды (вода-топливо).

Схема гетерогенной СУИТ с беспроводной связью датчиков топливомера выглядит, как это показано на рис. 2.

Техническая возможность и целесообразность реализации такой схемы требуют дальнейших научных исследований.

Аналогичным образом был проведен анализ возможности и целесообразности реализации гетерогенных систем самолетного оборудования. Результаты анализа сведены в табл. 1.

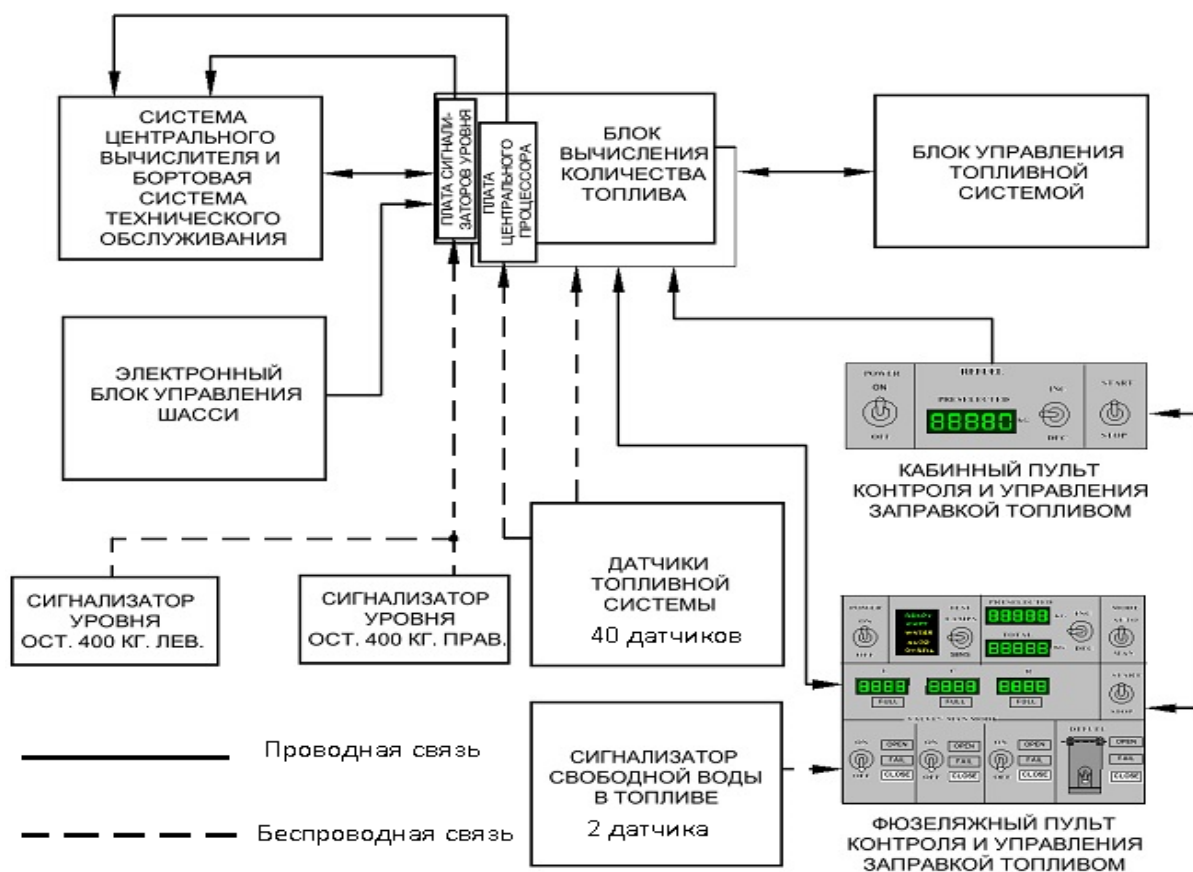


Рис. 2. Функциональная схема гетерогенной СУИТ с беспроводными связями датчиков
Fig. 2. Functional diagram of a heterogeneous fuel control and measurement system with wireless sensor connections

Таблица 1
Table 1

Перечень перспективных систем для WSN и WAIC
List of prospective systems for WSN and WAIC

Глава АТА	Раздел руководства по технической эксплуатации	Перспективная система для WSN и WAIC	Количество датчиков	Тип датчиков	Категория системы WAIC
21	СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА	Система регулирования расхода воздуха	6–10	датчики давления, датчик расхода, датчик расхода Вентури	LI
		Система вентиляции блоков авионики	6–10	датчики температуры, датчики расхода	LI
26	ПОЖАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	Система сигнализации пожара и перегрева в гондолах двигателей и отсеке ВСУ	15–30	датчики пожара-перегрева	LO

Продолжение таблицы 1
Continuance of Table 1

		Система сигнализации обнаружения дыма в отсеках и туалетах	10–20	датчики дыма	LI
28	ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА	Система управления и измерения топлива	40–50	датчики топливомера, датчики температуры, сигнализаторы уровня основных баков и дренажного бака, сигнализаторы уровня остатка топлива, сигнализаторы свободной воды	LI
29	ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА	Система контроля уровня жидкости	3–5	датчики уровня гидрожидкости	LI
		Системы контроля давления гидрожидкости	3–5	датчики давления гидрожидкости	LI
		Система контроля давления гидроаккумулятора	3–5	датчики давления газа	LI
		Система сигнализации давления за источниками гидропитания	7–10	сигнализаторы давления	LI
		Система контроля и сигнализации температуры гидрожидкости	6–12	датчики температуры гидрожидкости, сигнализаторы температуры	LI
		Система контроля засорения фильтров	5–10	сигнализаторы засорения фильтров	LI
30	ПРОТИВООБЛЕДЕНТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА	Противообледенительная система планера и воздухозаборников	8–15	датчики давления, сигнализаторы обледенения, сигнализаторы давления	LO
		Система обогрева приемников давлений, датчиков угла атаки и температуры	–	нет	
		Система обогрева стекол и форточек	10–20	датчики температуры	LO

Окончание таблицы 1
End of Table 1

32	ШАССИ	Система индикации и сигнализации положения опор шасси	15–25	датчики замка, датчики обжатия, датчики открытого положения	LO
		Основная тормозная система	10–20	датчики скорости вращения колеса, датчик перемещения педали, датчики давления, датчики температуры тормоза	LO
38	СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ ОТХОДОВ	Система индикации количества воды и давления в баке	10–20	датчики уровня, вакуумные датчики, сигнализаторы давления воздуха	LI
47	СИСТЕМА НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА	Система индикации и контроля нейтрального газа	5–10	датчики температуры, датчики давления, кислородный датчик, термореле	LI
52	ДВЕРИ, ЛЮКИ, СТВОРКИ	Система сигнализации дверей и люков	20–30	датчики входных дверей, датчики грузовых дверей, датчики люков	LI
77	ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЯ	Система контроля мощности	4–8	датчики частоты вращения	НО
		Система контроля температуры	10–20	датчики температуры	НО
		Система контроля вибрации	6–12	датчики вибрации	НО
79	МАСЛЯНАЯ СИСТЕМА	Система индикации масляной системы	10–20	датчики уровня масла, датчики давления масла, датчики температуры масла, датчики засорения масляного фильтра, магнитные датчики стружки	LO

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа систем бортового оборудования в части возможности и целесообразности применения в них ББС определены параметры ХУ перспективных сетей для более чем десяти самолетных систем.

Наиболее перспективными системами для применения ББС являются топливная система, пожарное оборудование, шасси, а также ряд других систем.

Дальнейшие исследования требуют разработки беспроводных датчиков с автономным электропитанием, концентраторов информации, соответствующего программного обеспечения вычислителей, оценки влияния беспроводной передачи информации на надежность, отказоустойчивость и отказобезопасность как тех систем, где такая информация передается, так и смежных самолетных систем.

Предварительные результаты исследований представлены в [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Восков Л.С.** Беспроводные сенсорные сети и прикладные проекты // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2009. № 2. С. 3.
2. **Падалко С.Н., Терентьев М.Н.** Автоматизированное проектирование адаптивных дискретных беспроводных сенсорных сетей для космических систем: учебное пособие. М.: МАИ, 2013. 128 с.
3. **Терентьев М.Н.** Обзор публикаций, посвященных самоорганизации беспроводных сенсорных сетей // Труды МАИ. 2017. № 94. С. 28.
4. **Гуревич О.С.** Современные беспроводные технологии: проблемы применения на авиационном борту / М.Г. Кессельман, А.С. Трофимов, В.И. Чернышов // Труды МАИ. 2017. № 94. С. 112–132.
5. **Федосов Е.А.** Основные направления формирования научно-технического задела в области бортового оборудования перспективных ВС // Материалы докладов 4-й Международной конференции «Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов», г. Жуковский Московской обл., Дом ученых ФГУП «ЦАГИ», 2017. С. 6–14.
6. **Canaday Н.** War on wiring [Электронный ресурс] // Aerospace America. 2017. May. Режим доступа: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/war-on-wiring/> (дата обращения: 10.06.2018).
7. **Elliott К.** Development of wireless avionics intra-communications [Электронный ресурс] // Avionics. 2017. Juny/July. Режим доступа: <http://interactive.aviationtoday.com/avionicsmagazine/june-july-2017/development-of-wireless-avionics-intra-communications/> (дата обращения: 09.06.2018).
8. **Кузнецов С.В.** Перспективы развития бортовых гетерогенных информационно-вычислительных и управляющих сетей воздушного судна // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сб. тезисов докладов международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию гражданской авиации. Москва, 16–17 мая 2018 г. 2018. С. 41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Кузнецов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов Московского государственного технического университета гражданской авиации, s.kuznetsov@mstuca.aero.

ON-BOARD HETEROGENEOUS INFORMATION COMPUTER NETWORKS OF PERSPECTIVE AIRCRAFT

Sergei V. Kuznetsov¹

¹Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

ABSTRACT

Wireless networks based on the principle and technology of Wireless Avionics Intra-Communications (WAIC), that is, wireless avionics or wireless onboard intercom are becoming increasingly widespread on modern aircraft. The development and deployment of WAIC on board is a complex task, as its solution is directly related to ensuring safety of flights. It requires preliminary careful scientific analysis. The article defines three stages of the implementation of such systems. At the first stage (it is already going on) there are WAIC on board of the aircraft, carrying out new functions that are new in comparison with traditional networks, for example, the functions of providing passengers with Internet access. At the second stage (this stage has also already begun), the WAIC is being deployed on board of the aircraft, carrying out the already existing functions of traditional on-board networks along with them. For example, the maintenance functions. At the third stage (it is still ahead), WAIC performs functions, completely or partially replacing traditional wired networks. For example, performing the flight control function without wires (FBW). We could see approximately the same process when electric-distance systems were installed on the aircraft instead of traditional mechanical ones. The parameters of XY prospective networks of more than ten aircraft systems have been determined basing on the analysis of onboard equipment systems, in terms of the possibility and expediency of using WAIC in them. The most promising systems for the use of WAIC are the fuel system, fire equipment and gears. Further research calls for the development of wireless sensors with autonomous power supply, information concentrators, appropriate computer software, assessing the impact of wireless information transmission on reliability, fault tolerance and fail-safety of the systems where such information is transmitted and adjacent aircraft systems.

Key words: on-board wireless networks, wireless avionics intra-communications, wireless sensor networks, on-board heterogeneous networks, electric remote control flight systems.

REFERENCES

1. Voskov, L.S. (2009). *Besprovodnyye sensornyye seti i prikladnyye proyekty* [Wireless sensor networks and applied projects]. *Avtomatizatsiya i IT v energetike* [Automation and IT in the energy sector], no. 2, p. 3. (in Russian)
2. Padalko, S.N. and Terentev, M.N. (2013). *Avtomatizirovannoye proyektirovaniye adaptivnykh diskretnykh besprovodnykh sensornykh setey dlya kosmicheskikh system* [Automated design of adaptive discrete wireless sensor networks for space systems]. *Uchebnoye posobiye* [A tutorial]. Moscow: MAI, 128 p. (in Russian)
3. Terentev, M.N. (2017). *Obzor publikatsiy, posvyashchennykh samoorganizatsii besprovodnykh sensornykh setey* [A review of publications on the self-organization of wireless sensor networks]. *Trudy MAI* [Proceedings of the MAI], no. 94, p. 28. (in Russian)
4. Gurevich, O.S., Kesselman, M.G., Trofimov, A.S. and Chernyshov, V.I. (2017). *Sovremennyye besprovodnyye tekhnologii: problemy primeneniya na aviatsionnom bortu* [Modern wireless technologies: application problems on board the aircraft]. *Trudy MAI* [Proceedings of the MAI], no. 94, p. 27. (in Russian)
5. Fedosov, Ye.A. (2017). *Osnovnyye napravleniya formirovaniya nauchno-tekhnicheskogo zadela v oblasti bortovogo oborudovaniya perspektivnykh* [The main directions of the formation of a scientific and technical reserve in the field of on-board equipment of the prospective aircraft]. *Materialy dokladov 4-y Mezhdunarodnoy konferentsii «Perspektivnyye napravleniya razvitiya bortovogo oborudovaniya grazhdanskikh vozдушnykh sudov»*, g. Zhukovskiy Moskovskoy obl., Dom uchenykh FGUP «TSAGI», 2017 g. [Report at the 4th International Conference "Prospective Directions for the Development of Airborne Equipment of Civil Aircraft". Zhukovsky, Moscow Region, House of Scientists of TsAGI]. (in Russian)

6. **Canaday, H.** (2017). *War on wiring*. Aerospace America, iss. May. URL: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/war-on-wiring/> (accessed 10.06.2018).

7. **Elliott, K** (2017). *Development of wireless avionics intra-communications*. Avionics, Juny/July. URL: <http://interactive.aviationtoday.com/avionicsmagazine/june-july-2017/development-of-wireless-avionics-intra-communications/> (accessed 09.06.2018).

8. **Kuznetsov, S.V.** (2018). *Perspektivy razvitiya bortovykh geterogennykh informatsionno-vychislitelnykh i upravlyayushchikh setey vozduhnogo sudna* [Prospects for the development of on-board heterogeneous information computer and control networks of an aircraft]. *Grazhdanskaya aviatsiya na sovremennom etape razvitiya nauki, tekhniki i obshchestva: sbornik tezisov dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu grazhdanskoy aviatsii. Moskva, 16–17 Maya, 2018 g.* [Civil aviation at the present stage of development of science, technology and society: coll. of abstracts of the International Scientific and Technical Conference devoted to the 95th anniversary of civil aviation, Moscow, the 16th – the 17th of May 2018], p. 41. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sergei V. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair of Aircraft Electrical Systems and Avionics Technical Operation, Moscow State Technical University of Civil Aviation, s.kuznetsov@mstuca.aero.

Поступила в редакцию 12.07.2018
Принята в печать 21.03.2019

Received 12.07.2018
Accepted for publication 21.03.2019