

Вопросы обеспечения интероперабельности в группировках авиационных беспилотных летательных аппаратов в РФ*

С. Г. Белов^{1,II}, А. Я. Олейников^{II}, Е. Е. Якименко^{II,III}

^I Акционерное общество «Концерн радиостроения «Вега», г. Москва, Россия

^{II} Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия

^{III} Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)», Москва, Россия

Аннотация. Отмечено, что во всём мире и в РФ разрабатывается большое количество разнотипных авиационных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Показано, что настоящее время в области БЛА наблюдаются две тенденции: первая - объединение БЛА разных типов, взаимодействующих через радиоканалы, в группировки и вторая - использование в БЛА вычислительных систем разной реализации. Такие группировки можно рассматривать как «летающие» распределенные гетерогенные информационные системы, для которых актуальна проблема интероперабельности. На основе зарубежного и отечественного опыта было сформировано предложение по решению проблемы интероперабельности группировок БЛА в рамках общих положений ГОСТ Р 55062-2012.

Ключевые слова: интероперабельность, стандартизация, авиационные беспилотные летательные аппараты, киберфизические системы.

DOI 10.14357/20718632200401

Введение

Во всём мире и в Российской Федерации, в том числе, разрабатывается большое число типов авиационных БЛА гражданского и военного назначения, которые потенциально могут быть использованы при построении группировок, предназначенных для решения различных задач.

Применение группировок БЛА по сравнению с использованием одиночных БЛА обеспечивает ряд существенных преимуществ, таких как:

- расширение перечня решаемых задач за счет использования пространственно-распределенной группировки разнородных БЛА;

- способность группировки к быстрому восстановлению работоспособности при выходе из строя отдельных беспилотных компонентов за счет возможности оперативного включения в систему БЛА-дублёров;

- возможность использования многопозиционных режимов радиолокационного и оптического мониторинга с размещением различных позиций на разных БЛА, обеспечивающая значительное повышение точностей определения местоположения и сопровождения наблюдаемых объектов.

Функционирование современных БЛА немислимо без широкого использования инфор-

*Работа выполнена в рамках Госзадания

мационно-коммуникационных технологий (ИКТ), применяемых при решении всех задач, возлагаемых на БЛА: планировании и управлении полетом, мониторинге окружающего пространства, обмене с другими объектами, обработке добываемой информации и др. Большинство современных БЛА включают вычислительные системы, реализуемые на различных программно-аппаратных платформах.

Следует отметить, что в настоящее время отечественные БЛА предназначены для автономного применения в составе определенных «комплексов с БЛА», включающих в себя пункт управления и обработки данных наземного, воздушного или морского базирования и сами БЛА с размещаемой на них бортовой аппаратурой мониторинга. При этом в каждом комплексе с БЛА реализованы уникальные способы и протоколы взаимодействия между пунктом управления и БЛА, несовместимые для различных комплексов. Поэтому в отличие от роев БЛА, создаваемых на основе однородных БЛА, для группировок, создаваемых из БЛА разных типов, необходимо обеспечить использование унифицированных протоколов взаимодействия с БЛА.

Как известно, при создании информационных систем (ИС), состоящих из большого количества разнотипных объектов, в частности, БЛА, возникает гетерогенная ИКТ-среда, в которой неизбежно возникает проблема совместимости и взаимодействия объектов, получившая название «проблемы интероперабельности».

Ранее было показано [1-3], что проблема интероперабельности актуальна для систем самого широкого класса. На основе обобщения этих работ был предложен единый подход к обеспечению интероперабельности, зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012 [4]. Настоящая статья представляет собой развитие предыдущих работ по проблеме интероперабельности [5-8], в которых было показано, что проблема интероперабельности актуальна для ИС самого широкого класса, всех назначений и масштаба (от нано-систем до сверхбольших систем [8]). Предложенный подход признан научной общественностью как эффективный отечественный подход [9, 10]. В течение последних лет была проработана возможность применения этого

подхода к различным областям - системы военного назначения, электронные библиотеки, электронная торговля и др. [6, 7, 11-13]. Один из последних объектов исследования – проблема интероперабельности в области сетевых информационных-управляющих систем [5, 14]. Группировки авиационных БЛА, проблема интероперабельности которых рассматривается в статье, являются одним из видов сетевых информационных-управляющих систем. Кроме того, группировки БЛА можно рассматривать и как киберфизические системы, под которыми, согласно [15], понимаются системы, где вычислительная компонента распределена по всей физической системе, которая является её носителем, и синергетически увязана с составляющими её элементами.

Следует отметить, что в РФ не уделяется достаточного внимания проблеме интероперабельности. Зачастую эта проблема просто не осознается и подменяется задачей стандартизации.

При этом имеются примеры, когда в рамках решения задач стандартизации решаются по сути задачи обеспечения интероперабельности. Это происходит тогда, когда разрабатываются не какие-то новые системы, а системы взаимодействия между существующими системами, при этом, естественным образом, стандартизации подвергаются непосредственно процессы межсистемного взаимодействия. Одним из таких примеров является Система межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ), обеспечивающая функционирование федерального портала государственных услуг (<https://smev.gosuslugi.ru/portal/>). При этом в регламентирующих документах для разработчиков взаимодействующих ведомственных систем предъявляются требования к стандартам взаимодействия на различных уровнях (организационном, семантическом, техническом), а термин интероперабельность не употребляется.

В связи со сказанным при разработке систем, которые потенциально смогут взаимодействовать с другими системами, например, при разработке разнотипных авиационных БЛА, из которых может быть сформирована группировка, вопросы интероперабельности БЛА должны решаться в безусловном порядке вплоть до обязательности наличия раздела про интеропера-

бельность в ТТЗ на разработку системы. Причем, эти вопросы должны решаться комплексно в соответствии с [4].

Целью данной работы является формирование предложений по решению проблемы интероперабельности авиационных БЛА на основе общих положений к обеспечению интероперабельности, зафиксированных в [4].

В статье проведен краткий анализ состояния проблемы интероперабельности в РФ и за рубежом, проанализировано текущее состояние проблемы интероперабельности БЛА за рубежом, рассмотрено применение подхода из [4] к решению проблемы интероперабельности в области авиационных БЛА и описаны задачи, требующие решения.

1. Интероперабельность. Основные понятия. Состояние проблемы

Согласно общепринятому определению: «Интероперабельность - способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена (ISO/IEC/IEEE 24765:2010 [16], ГОСТ Р 55062-2012 [4]). В [4] изложены и другие основные понятия. В основе достижения интероперабельности лежит использование ИКТ-стандартов. К ключевым понятиям относятся также понятия – «модель интероперабельности» и «профиль интероперабельности». Для систем разных классов решения проблемы интероперабельности проявляются в конечном счете в составе стандартов, входящих в профиль. Обеспечение интероперабельности – сложная комплексная научно-техническая и организационно-методическая проблема, имеющая фундаментальные и прикладные аспекты, не решенная до конца во всем мире. Причина состоит в том, что использование ИКТ-стандартов – необходимое, но недостаточное условие обеспечения интероперабельности, необходимо обеспечить интероперабельность на более высоких уровнях – семантическом и организационном.

В [4] отмечено, что необходимо различать «внутреннюю» интероперабельность – внутри одной системы, и «внешнюю» интероперабельность – между разными системами. Важно от-

метить, что технология достижения интероперабельности относится к инновационным технологиям двойного назначения, дающим значительный экономический эффект.

Во многих странах, не только в развитых, но и в развивающихся, обеспечение интероперабельности составляет часть государственной политики в области развития и применения ИКТ, как в гражданской [17], так и военной области [18]. Бизнес, в том числе промышленные предприятия также считают обеспечение интероперабельности ключевой задачей [5,7]. Имеются специально созданные организации, занимающиеся решением проблемы интероперабельности, и соответствующие постоянно актуализируемые документы концептуального и реализационного уровня. В Евросоюзе таким органом служит Техническая Комиссия. Основным документом следует считать документ «Европейская концепция интероперабельности» (European Interoperability Framework) [19]. В структуре НАТО имеется подразделение по разработке профилей интероперабельности при Совете НАТО по Консультированию, Командованию и Контролю (NATO Consultation, Command and Control Board Interoperability Profiles Capability Team), основным результатом деятельности которого является ежегодно обновляемый документ «Стандарты и профили интероперабельности НАТО» (NATO Interoperability Standards and Profiles – NISP) [20]. Проблемами интероперабельности в области космических исследований на международном уровне занимается Международный Консультативный Комитет по космическим системам передачи данных (Consultative Committee for Space Data Systems – CCSDS), образованный в 1982 году. В настоящее время объединяет 11 космических агентств [21, 22].

В РФ, к сожалению, проблема интероперабельности лишь упомянута в Программе «Цифровая экономика РФ» (2017 г), но, ни органа, ни документов, аналогичных зарубежным, не существует. Надо отдать должное, проблема интероперабельности включена в Программу фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. (п.34), но это совершенно не соответствует важности проблемы. В 2009 г. специальный выпуск жур-

нала «Информационные технологии и вычислительные системы» был посвящен проблеме интероперабельности

(http://www.jitcs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=310). Следует ещё раз подчеркнуть, что методика обеспечения интероперабельности относится к технологиям двойного назначения.

2. Опыт решения проблемы интероперабельности авиационных БЛА за рубежом

Проблема интероперабельности БЛА во всем мире обсуждается достаточно давно, более 15 лет. При этом надо помнить, что у авиационных БЛА много общего с беспилотниками других сред. Известно, что БЛА и их группировки применяются наиболее широко благодаря их мобильности, свободе перемещения и возможности адаптации для целей широкого класса. Все доступные материалы можно разделить на две категории: публикации, которые всегда носят дискуссионный характер, и доку-

менты, которые прошли определенное согласование. Важен также статус документа, чем он выше, тем важнее его значение. Здесь мы ограничимся лишь ссылками на научные публикации в зарубежной печати [23–26]. Большой интерес представляет обстоятельный обзор по авиационным БЛА [23], содержащий 290 ссылок. В Таб. 1 сведены данные по ряду документов, главным образом, это технические отчеты.

На основе анализа этих документов можно сделать следующие выводы:

- за рубежом проблема интероперабельности в области авиационных БЛА прорабатывается достаточно давно, главным образом применительно к военной области, более того, в США, НАТО, Евросоюзе имеются нормативные документы, из которых наибольший интерес представляет стандарт НАТО STANAG 4586. Этот стандарт интересен тем, что в нём приведены 5 уровней интероперабельности БЛА, которые можно рассматривать как расширение технического уровня трёхуровневой эталонной модели [4]. Можно сделать вывод, что данный стандарт - документ, многие

Табл. 1. Зарубежные документы по интероперабельности авиационных БЛА

№ п.п.	Наименование	Дата выпуска	Краткое содержание	Электронный адрес
США				
1.	Технический отчет, подготовленный Военно-морской школой последипломного образования «Стандарты интероперабельности беспилотных систем» (Unmanned systems interoperability standards)	2016 г.	Отмечается, что, несмотря на понимание многими военными и гражданскими организациями важности проблемы интероперабельности в области беспилотников, попытки её решения являются разрозненными в США и во всём мире. Обсуждаются результаты работ, выполненных в 2016 г. по действующим и разрабатываемым стандартам интероперабельности.	https://core.ac.uk/download/pdf/81222182.pdf
2.	Отчет, подготовленный национальным институтом авиации США, «Дорожная карта интегрированных беспилотных систем на 2017-2042 гг.» (Unmanned Systems Integrated Roadmap 2017-2042)	2018 г.	Изложена стратегия интеграции беспилотных систем вообще, а не только БЛА в структуры Минобороны США на долгосрочную перспективу, подчеркивается, что интероперабельность исторически была и продолжает оставаться главным фактором при процессе интеграции и функционировании беспилотных систем.	https://news.usni.org/2018/08/30/pentagon-unmanned-systems-integrated-roadmap-2017-2042
3.	Отчет RAND-корпорации за 2017 г. «Оценка распространения некоторых дистанционно пилотируемых авиационных систем» (Assessment of the Proliferation of Certain Remotely Piloted Aircraft Systems)	2018 г.	Сделана оценка положительных и отрицательных факторов от распространения БЛА среди союзников и партнеров США. В том числе отдельная глава посвящена роли интероперабельности. Подчеркивается, что тактическая и оперативная интероперабельность БЛА различного производства является критической.	https://mipsite.lsec.dnd.ca/Pages/Default.aspx

Табл. 1. (продолжение)

№ п.п.	Наименование	Дата выпуска	Краткое содержание	Электронный адрес
Евросоюз				
4.	Европейский мастер-план развития и менеджмента воздушного движения (EUROPEAN ATM MASTER PLAN 2020)	2020 г.	Концепция развития европейской авиации во всех направлениях. Подчеркивается важность обеспечения интероперабельности и координации в разработке и применения стандартов.	https://www.atmmassterplan.eu/downloads/A9:H11F10B9:H11A8:H11A7:H11F10B9:H11A6:H11F10B9:H11A3:H11+B9:H11
НАТО				
5.	Стандарт НАТО STANAG 4586 «Стандартные интерфейсы UCS для интероперабельности БЛА НАТО» (Standard Interfaces of UCS for NATO UAV Interoperability)	2005 г.	STANAG 4586 служит основополагающим обязательным для участников НАТО стандартом для обеспечения интероперабельности в области БПА. Приведены уровни интероперабельности и стандартные интерфейсы необходимые для обеспечения интероперабельности на каждом уровне.	https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-271/EN-SCI-271-03.pdf

положения которого могут быть использованы в нашей работе по обеспечению интероперабельности БЛА в РФ;

- из обзора состояния проблемы интероперабельности авиационных БЛА за рубежом следует необходимость форсирования работ по данной тематике в РФ.

Первые отечественные публикации по проблеме интероперабельности авиационных БЛА были сделаны на конференциях ИТ-стандарт в 2019 и 2020 [27-29].

Следующий раздел посвящен исследованию возможности применения единого подхода к области авиационных БЛА.

3. Предложения по решению проблемы интероперабельности авиационных БЛА в рамках единого подхода, определяемого ГОСТ Р 55062-2012

В соответствии с единым подходом [4] методика обеспечения интероперабельности включает основные этапы (концепция, архитектура, проблемно-ориентированная модель, профиль и аттестационное тестирование) и вспомогательные этапы (план или дорожная карта разработки стандартов, сама разработка и глоссарий). Далее рассматриваются этапы указанной методики применительно к авиационным БЛА.

3.1. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности группировок авиационных БЛА

Взаимодействие внутри одной группировки БЛА относится, согласно принятой терминологии (п.1.) к «внутренней» интероперабельности. С учетом же того, что группировка может взаимодействовать с подобными группировками одного ранга, а также с пилотируемыми летательными аппаратами и космическими аппаратами (Рис. 1), возникают многограновые гетерогенные сети (системы), в предельном случае представляющие системы систем (Systems of Systems - SoS) [8]. Для таких систем следует говорить о «внешней» интероперабельности. Проблема интероперабельности в области авиационных БЛА особенно актуальна и одновременно трудна в решении, и должна решаться поэтапно, начиная с решения проблемы «внутренней» интероперабельности группировки БЛА, что и составляет предмет данной работы.

Создаваемые группировки БЛА находят применение, как в гражданской, так и в военной области. Поэтому решение проблемы интероперабельности должно быть универсальным и достаточно гибким, чтобы удовлетворить потребности обеих областей.

Особенности разработки БЛА, ориентированных на использование в составе группировок, состоят в необходимости:

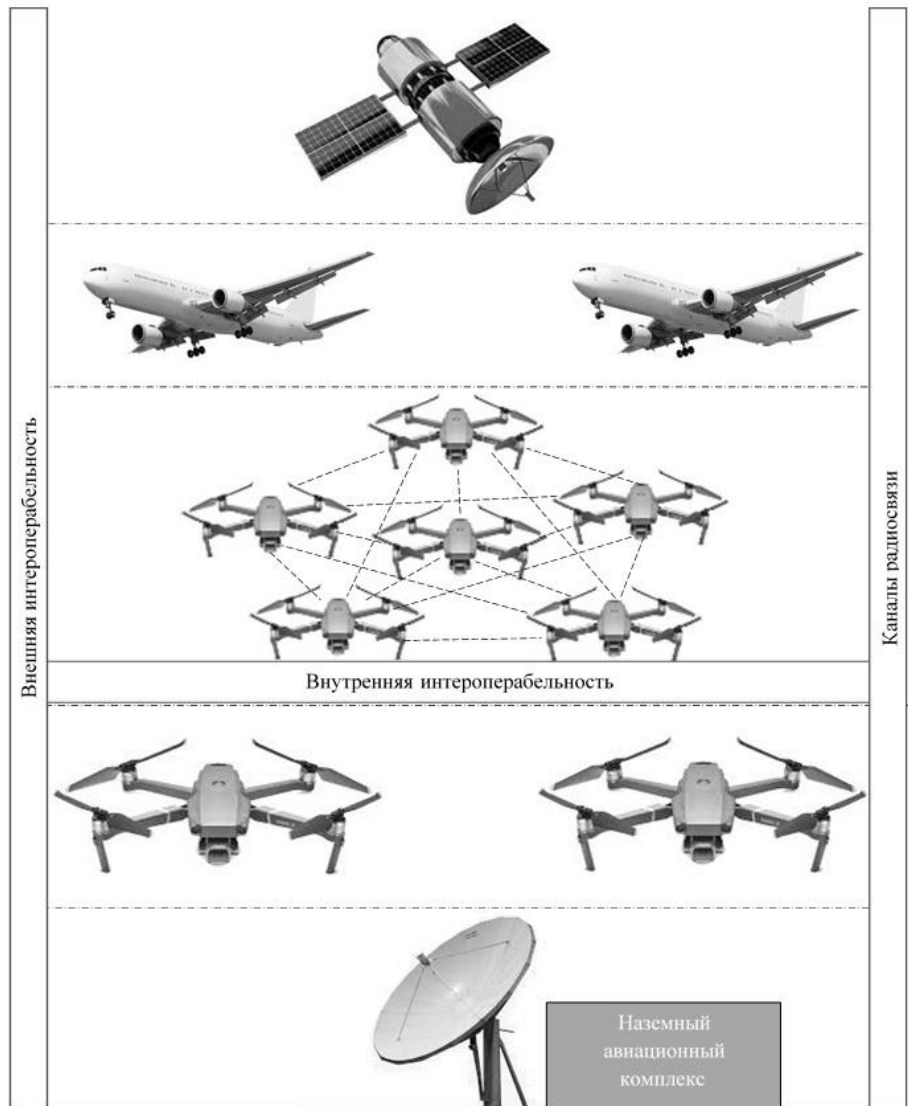


Рис. 1. Взаимодействие группировки авиационных БЛА с внешними системами

- использования программных интерфейсов, унифицированных для различных включаемых в группировку типов БЛА;
- рассмотрения БЛА как киберфизических систем [15, 23];
- обеспечения интероперабельности на трех уровнях (организационном, семантическом и техническом) с включением нормативно-технических (стандартов) и нормативно-правовых документов предпочтительно национального уровня.

Обеспечение интероперабельности позволит достичь экономического эффекта за счет

исключения необходимости разрабатывать дополнительные модули сопряжения при включении в группировку БЛА различных типов.

3.2. Архитектура группировок авиационных БЛА

На следующем этапе обеспечения интероперабельности системы выполняется разработка её архитектуры [4], под которой понимается совокупность базовых принципов организации системы, определяющих состав и назначение образующих её компонентов, взаимосвязи между ними, правила реализации межкомпо-

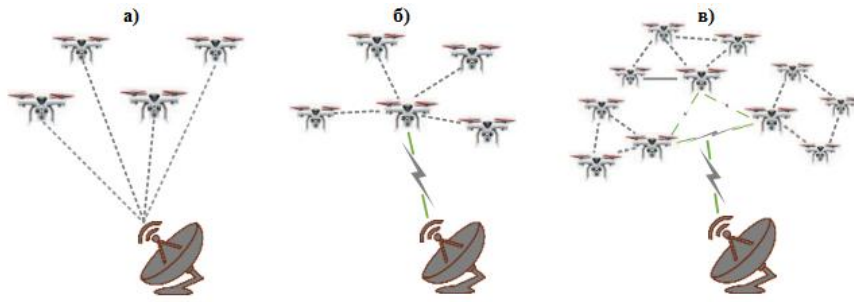


Рис. 2. Варианты топологий построения группировок БЛА

а) командное управление группировкой, б) управление группировкой через БЛА-лидера, в) мультиагентное управление

нентных взаимодействий и взаимодействий системы с внешней средой в процессе функционирования [10].

Следует отметить, что группировки БЛА могут иметь разные архитектуры. На Рис. 2 представлены возможные варианты таких архитектур, отличающиеся различными топологиями построения группировки [23]:

а) группировка БЛА, в которой из пункта управления осуществляется командное управление каждым БЛА;

б) группировка БЛА, в которой из пункта управления осуществляется управление БЛА-лидером, который, в свою очередь, управляет остальными БЛА;

в) группировка БЛА, в которой управление осуществляется по мультиагентному принципу [30].

Далее ограничимся рассмотрением варианта командного управления группировкой БЛА (вариант а). При этом будем иметь в виду, что

такое управление может осуществляться с наземного, воздушного или морского пункта управления и обработки данных. Более детальная топология архитектуры группировки этого типа приведена на Рис. 3.

В группировке командного типа на борту каждого БЛА размещаются системы мониторинга и аппаратура передачи данных. Пункт управления и обработки (ПУО) может иметь воздушный, наземный или морской тип базирования и включает приемную часть радиоканала передачи данных от БЛА и информационно-управляющую систему (ИУС) группировки.

ИУС представляет собой совокупность программных систем, функционирующих на аппаратных вычислительных средствах и решающих широкий круг задач, связанных с управлением БЛА и обработкой данных. Типовой состав программных систем (компонентов), входящих в ИУС группировки, отражен на Рис. 3 и включает в себя [28]:

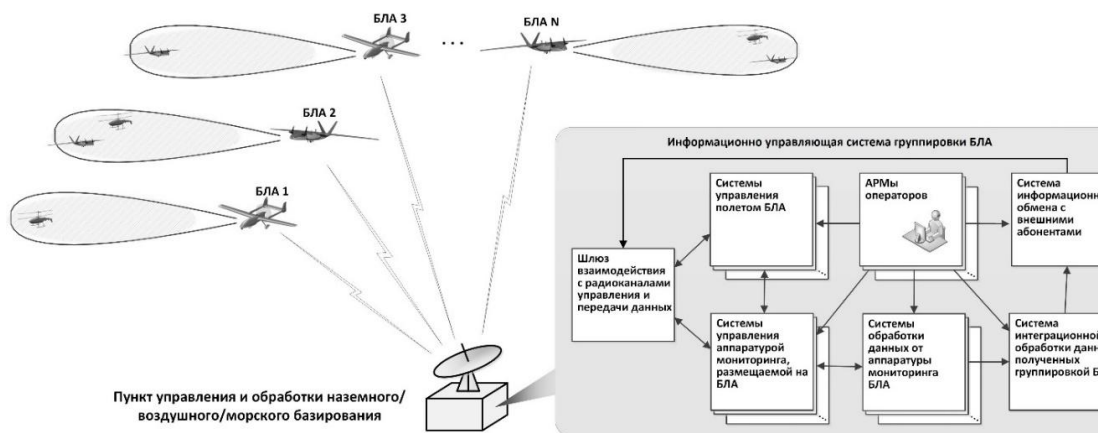


Рис. 3. Детализированная архитектура группировки БЛА с командным типом управления

- системы управления полетом БЛА;
- системы управления аппаратурой мониторинга, размещаемой на БЛА;
- системы обработки данных от аппаратуры мониторинга БЛА;
- систему интеграционной (совместной) обработки данных, полученных группировкой БЛА;
- систему информационного обмена с внешними абонентами;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов группировки БЛА.

Из архитектуры группировки вытекают различные виды взаимодействий между её компонентами, а именно взаимодействия между:

- ПУО и БЛА при управлении полетом;
- ПУО и БЛА при управлении аппаратурой мониторинга;
- ПУО и БЛА при приеме данных от аппаратуры мониторинга, например, по широкополосному радиоканалу;
- подсистемами ИУС ПУО при объединении информации, получаемой от различных БЛА.

Эти виды взаимодействий должны быть учтены при построении проблемно-ориентированной модели интероперабельности группировки БЛА.

3.3. Проблемно-ориентированная модель интероперабельности группировок авиационных БЛА

Проблемно-ориентированная модель интероперабельности группировок БЛА может быть получена расщеплением уровней эталонной модели интероперабельности [4] на подуровни:

- технический уровень интероперабельности может быть расширен за счет уровней, описанных в STANAG 4586 [31];
- семантический уровень интероперабельности описывает структуры и форматы данных [4], поэтому для каждого из типов информационного обмена выделен отдельный подуровень.
- организационный уровень определяет нормативно-правовые взаимодействия между участниками (организациями), вовлеченными в разработку авиационного БЛА.

Представление проблемно-ориентированной модели интероперабельности авиационных БЛА в виде схемы приведено на Рис. 4.

3.4. Профиль интероперабельности авиационных БЛА

Следующим шагом при обеспечении интероперабельности [4], должен служить этап построения профиля в терминах проблемно-ориентированной модели интероперабельности. Профиль может быть оформлен как отдельный документ и иметь самостоятельное значение (например [32]). Для БЛА этот этап представляется крайне сложным. Во-первых, согласно мировой практике, принятой и в РФ, разработка профилей ведётся группой экспертов по строго регламентированным правилам [33]. Во-вторых, согласно Федеральному закону «О стандартизации» на территории РФ должны, в первую очередь, применяться национальные стандарты (ГОСТ Р), а их очень мало. Доля национальных ИКТ-стандартов составляет не более 5% от числа международных, и имеет тенденцию уменьшаться [34]. В отсутствие национальных стандартов на первом этапе разрешается в качестве временной меры использовать международные и другие зарубежные стандарты, но как видно из документа НАТО для военной области, этот документ [20] содержит несколько сотен стандартов. Поэтому привести профиль интероперабельности БЛА, с учетом двойного применения БЛА, в рамках статьи, которая неизбежно носит дискуссионный характер, не представляется возможным. Пока с наибольшей уверенностью можно сказать, что авторы внимательно изучили документ НАТО «Standard Interfaces of UCS for NATO UAV Interoperability» (Табл. 1, п. 5) многие положения которого, несмотря на дату создания (2005 г.) несомненно могут быть использованы при разработке профиля авиационных БЛА.

3.5. Остальные этапы

В данном подразделе кратко рассмотрим остальные (вспомогательные) этапы обеспечения интероперабельности [4].

Реализация (этап 5 в [4]) - реализация всех компонентов профиля интероперабельности БЛА должна осуществляться в соответствии с профилем, и является уже работой другого масштаба, требующая привлечения инженерно-конструкторских сил и производственных мощностей.



Рис. 4. Проблемно-ориентированная модель интероперабельности авиационных БЛА

Аттестационное тестирование (этап 6 [4]) – общая методика тестирования известна (например [1]). Применительно к БЛА эта методика должна учитывать специфику области БЛА.

План разработки национальных стандартов или Дорожная карта (этап 7 [4]) должен быть построен на основе профиля интероперабель-

ности. В Табл. 2 приведены документы, которые обязательно должны войти в Дорожную карту разработки стандарта по интероперабельности авиационных БЛА.

Глоссарий (этап 9 в [4]) – глоссарий необходимо использовать в течение всей методики обеспечения интероперабельности. В качестве

основы можно взять термины и определения из ГОСТ Р 55062-2012.

Табл. 2. Документы, которые должны войти в Дорожную карту стандарта интероперабельности БЛА

№	Название документа	Назначение документа
Организационный уровень интероперабельности		
1.	Регламент организационного взаимодействия между участниками, задействованными в создании и эксплуатации группировки БЛА	Определяет порядок коммуникаций между заказчиками, владельцами, разработчиками и эксплуатантами системы на всех этапах её жизненного цикла (разработки, тестирования, внедрения и эксплуатации)
2.	Регламент взаимодействия группировки БЛА с потребителями результатов мониторинга	Определяет порядок предоставления доступа внешних потребителей информации к результатам мониторинга с использованием унифицированных интерфейсов взаимодействия
3.	Регламент взаимодействия с разработчиками БЛА, включаемых в группировку	Определяет порядок включения в систему новых БЛА, предусматривающий реализацию унифицированных интерфейсов взаимодействия
4.	Регламент взаимодействия с разработчиками систем мониторинга, включаемых в группировку	Определяет порядок включения в систему новых систем мониторинга, предусматривающий реализацию унифицированных интерфейсов взаимодействия
5.	Регламент взаимодействия с разработчиками радиоканалов передачи данных, включаемых в группировку	Определяет порядок включения в систему новых радиоканалов передачи данных, предусматривающий реализацию унифицированных интерфейсов взаимодействия
6.	Регламент взаимодействия с разработчиками программных систем, включаемых в группировку	Определяет порядок включения в группировку новых программных систем, предусматривающий реализацию унифицированных интерфейсов взаимодействия в рамках сервисного подхода
Семантический уровень интероперабельности		
1.	Стандарт, описывающий структуры данных информационного обмена с потребителями результатов мониторинга	Определяет унифицированные структуры данных информационного обмена со всеми внешними потребителями результатов мониторинга
2.	Стандарт, описывающий структуры данных информационного обмена при управлении БЛА	Определяет унифицированные структуры данных информационного обмена со всеми типами БЛА, включаемых в группировку БЛА
3.	Стандарт, описывающий структуры данных информационного обмена с системами мониторинга, размещаемыми на БЛА	Определяет унифицированные структуры данных информационного обмена со всеми типами систем мониторинга, включаемых в группировку БЛА
4.	Стандарт, описывающий структуры данных, формируемых системами обработки информации из состава группировки	Определяет унифицированные структуры данных, формируемых различными системами обработки информации из состава группировки (обработки информации от различных систем мониторинга и интеграционной обработки информации от группировки БЛА)
Технический уровень интероперабельности		
1.	Стандарт косвенного приема и / или передачи информации с датчиков БЛА и связанных метаданных	Все стандарты определяют правила взаимодействия между системами на техническом уровне.
2.	Стандарт непосредственного получения данных об информации с датчиков и соответствующих метаданных от БЛА	
3.	Стандарт контроля и мониторинга полезной нагрузки БЛА, если не указано только для мониторинга	
4.	Стандарт контроля и мониторинга БЛА, если не указано только как мониторинг, за исключением запуска и восстановления	
5.	Стандарт контроля и мониторинга запуска и восстановления БЛА, если не указано только для мониторинга	

Заключение

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

- В области беспилотных авиационных летательных аппаратов (БЛА) проблема интероперабельности имеет высокую актуальность, поскольку в общем случае объединение БЛА представляет собой распределенную гетерогенную ИКТ-среду или киберфизическую систему.
- Осуществлено применение подхода к обеспечению интероперабельности, зафиксированного в ГОСТ Р 55062-2012 к авиационным БЛА, объединённым в группировки.
- Дальнейшее развитие работ требует рассмотрения взаимодействия группировок авиационных БЛА с другими компонентами системы (наземными и летательными), т. е. внешней интероперабельности, учета проблемы информационной безопасности, создания национальных стандартов и построение профиля с применением методов формализации.

Литература

1. Технология открытых систем. / Под общей редакцией Олейникова А.Я., Москва 2004, Янус-К 288с.
2. Журавлёв Е.Е., Корниенко В.Н., Олейников А.Я., Широбокова Т.Д. Разработка первого стандарта для обеспечения интероперабельности в GRID-среде // Журнал радиоэлектроники. 2011. № 2. С. 6.
3. Гуляев Ю.В., Журавлев Е.Е., Олейников А.Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2012. № 3. С. 1.
4. ГОСТ Р 55062-2012. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. [Электронный ресурс]: профессиональные справочные системы «Техэксперт». / Консорциум Кодекс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> (дата обращения: 30.09.2020).
5. А. А. Башлыкова, С. В. Козлов, С. И. Макаренко, А. Я. Олейников, И. А. Фомин. Подход к обеспечению интероперабельности в сетцентрических системах управления // Журнал радиоэлектроники. №6, 2020.
6. Башлыкова А.А., Каменщиков А.А., Олейников А.Я. О подходах к разработке профилей интероперабельности в военной области // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 112-121.
7. Олейников А.Я., Разинкин Е.И. Особенности подхода к обеспечению интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. 2012. № 3. С. 82-92.
8. А.А. Каменщиков, А.Я. Олейников, Т.Д. Широбокова Исследование особенностей проблемы интероперабельности в крупномасштабных информационных системах // Информационные технологии и вычислительные системы. 2018. № 3. С. 16-24.
9. Акаткин Ю.М., Ясиновская Е.Д. Цифровая трансформация государственного управления: Датацентричность и семантическая интероперабельность Цифровая трансформация государственного управления: Датацентричность и семантическая интероперабельность URSS. 2019. 724 с. ISBN 978-5-9710-6185-4.
10. Верба В. С., Меркулов В. И., Белов С. Г. и др. Научные школы АО «Концерн Вега». Информационно-измерительные и управляющие радиоэлектронные системы. Юбилейная монография к 75-летию АО «Концерн Вега» / Под ред. Вербы В. С. — М.: Радиотехника, 2019. 459 с.
11. Башлыкова А.А., Каменщиков А.А., Олейников А.Я., Широбокова Т.Д. Подход к обеспечению интероперабельности в высокопроизводительной среде на примере E-SCIENCE // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 11. С. 17.
12. Башлыкова А.А., Каменщиков А.А., Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности как средства бесшовной интеграции функциональных подсистем в составе перспективных автоматизированных систем военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2018. № 9. С. 18.
13. Башлыкова А.А., Зацаринный А.А., Каменщиков А.А., Козлов С.В., Олейников А.Я., Чусов И.И. Интероперабельность как научно-методическая и нормативная основа бесшовной интеграции информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. № 4. С. 61-72.
14. Козлов С.В., Макаренко С.И., Олейников А.Я., Растягаев Д.В., Черницкая Т.Е. Проблема интероперабельности в сетцентрических системах управления // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 12. С. 16.
15. R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016. — ISBN 978-1-4822-6333-6
16. ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering – Vocabulary [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cse.msu.edu/~cse435/Handouts/Standards/IEE24765.pdf> (дата обращения: 30.09.2020)
17. Башлыкова А.А., Каменщиков А.А., Олейников А.Я., Широбокова Т.Д., Чусов И.И. Проблема интероперабельности в электронных библиотеках // Журнал радиоэлектроники. 2017. № 12. С. 13.
18. Каменщиков А.А., Олейников А.Я., Чусов И.И., Широбокова Т. Д. Проблема интероперабельности в информационных системах военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2016. № 11. С. 16.
19. European interoperability framework [Электронный ресурс] URL: https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif_brochure_final.pdf (дата обращения: 30.09.2020)

20. NATO Interoperability Standards and Profiles [Электронный ресурс]. URL: <https://nhqc3s.hq.nato.int/Apps/Architecture/NISP/> (дата обращения: 30.09.2020).
21. International Deep Space Interoperability Standards [Электронный ресурс]. URL: <https://www.internationaldeepspacestandards.com/> (дата обращения: 30.09.2020).
22. CCSDS File Delivery Protocol (CFDP)— Part 3 Interoperability Testing Final Report [Электронный ресурс]. URL: <http://ccsds.cosmos.ru/publications/archive/720x3g1.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
23. Haijun Wang, Haitao Zhao, Jiao Zhang, Dongtang Ma, Jiaxun Li, and Jibo Wei Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks: A Cyber Physical System Perspective [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1812.06821> (дата обращения: 30.09.2020).
24. UAV IoT Framework Views and Challenges: Towards Protecting Drones as “Things” [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/11/4015/html> (дата обращения: 30.09.2020).
25. Enabling Multi-Mission Interoperable UAS Using Data-Centric Communications [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210890/pdf/sensors-18-03421.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
26. White paper: drones Prioritising safety in unmanned aircraft system traffic management [Электронный ресурс]. URL: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/37_ATM_Whitepaper_drones_1017.pdf (дата обращения: 30.09.2020).
27. Каменщиков А.А. Проблема интероперабельности в области беспилотников [Электронный ресурс]. URL: <http://journal.tc22.ru/wp-content/uploads/2020/01/The-problem-of-interoperability-in-the-field-of-UAVs.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
28. Белов С.Г. Обеспечение интероперабельности открытой многопозиционной авиационной системы воздушного мониторинга воздушного пространства на базе беспилотных летательных аппаратов «ИТ – СТАНДАРТ 2020», РТУ МИРЭА, М.: TCDprint, 2020.
29. Якименко Е.Е. Применение единого подхода к решению проблемы интероперабельности беспилотников. Сборник трудов X Международной научной конференции «ИТ – СТАНДАРТ 2020», РТУ МИРЭА, М.: TCDprint, 2020, стр. с 231-237.
30. В.И. Городецкий, О.В. Карсаев, В.В. Самойлов, С.В. Серебряков Прикладные многоагентные системы группового управления [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isa.ru/aidt/images/documents/2009-02/3-24.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
31. Standard Interfaces of UCS for NATO UAV Interoperability [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-271/EN-SCI-271-03.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
32. Р 50.1.022-2000 Информационная технология. Государственный профиль взаимосвязи открытых систем России (Госпрофиль ВОС России). Версия 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032461> (дата обращения: 30.09.2020).
33. Р 50.1.041-2002 Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии. Руководство по проектированию профилей среды открытой системы (СОС) организации-пользователя [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085912> (дата обращения: 30.09.2020).
34. С.А. Головин, А.А. Зацаринный, С.В. Козлов. Научно-методические подходы к совершенствованию нормативной базы для создания и развития информационно-телекоммуникационных систем. // Системы и средства информатики. 2017. Т. 27. No2. С. 98-112.

Якименко Елизавета Евгеньевна. Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», инженер, магистрант 1-го курса. Количество печатных работ: 1. Область научных интересов: информационные технологии. E-mail: e.yaaki@gmail.com

Белов Сергей Геннадьевич. Концерн радиостроения «Вега», начальник отдела, к.т.н. Количество печатных работ: более 100 (в т.ч. 3 монографии). Область научных интересов: открытые архитектуры построения авиационных систем. E-mail: segeyros@gmail.com

Олейников Александр Яковлевич. Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук. Главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель наук РФ. Количество печатных работ: более 240 (в т.ч. 3 монографии). Лауреат премии Совета министров СССР. Область научных интересов: методология стандартизации информационных технологий. E-mail: olein@gmail.com

Application Of a Unified Approach to Ensure the Interoperability of Unmanned Aerial Vehicles Combined into a Group

S. G. Belov^{1, II}, A. Ya. Oleinikov^{II}, E. E. Yakimenko^{II, III}

¹ Joint-stock company "Concern of radio engineering" Vega", Moscow, Russia

^{II} Kotel'nikov institute of radio engineering and electronics of RAS, Moscow, Russia

^{III} Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)", Moscow, Russia

Abstract. It is noted that a large number of different types of unmanned aerial vehicles (UAVs) are being developed all over the world and in the Russian Federation. It is shown that currently two trends are observed in UAVs: 1. unification of UAVs of different types, interacting through radio channels, into groups and 2. use of computer systems of different implementations in UAVs. Such groups can be considered as "flying" distributed heterogeneous information systems, for which the problem of interoperability is urgent. On the basis of foreign and domestic experience, a proposal was formed to solve the problem of interoperability of UAV groups within the framework of a unified approach defined by GOST R 55062-2012.

Keywords: interoperability, standardization, unmanned aerial vehicles, cyber-physical systems.

DOI 10.14357/20718632200401

References

1. Technology of open systems. / Under the general editorship of Oleinikov A.Ya., Moscow 2004, Janus-K 288s.
2. Zhuravlev E.E., Kornienko V.N., Oleinikov A.Ya., Shirobokova T.D. Development of the first standard to ensure interoperability in the GRID environment // Journal of Radioelectronics. 2011. No. 2.P. 6.
3. Gulyaev Yu.V., Zhuravlev EE, Oleinikov A.Ya. Standardization methodology for ensuring the interoperability of information systems of a wide class. Analytical review // News of higher educational institutions of Russia. Radio electronics. 2012. No. 3.P. 1.
4. GOST R 55062-2012. Industrial automation systems and their integration. Interoperability. Basic provisions. [Electronic resource]: professional reference systems "Techexpert". / Consortium Codex. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> (date accessed: 09/30/2020).
5. A. A. Bashlykova. S. V. Kozlov, S. I. Makarenko, A. Ya. Oleinikov, I. A. Fomin. An approach to ensuring interoperability in network-centric control systems // Journal of Radioelectronics. No. 6, 2020.
6. Bashlykova A.A., Kamenshikov A.A., Oleinikov A.Ya. About approaches to the development of profiles of interoperability in the military field // Information technologies and computing systems. 2017. No. 4. S. 112-121.
7. Oleinikov A.Ya., Razinkin E.I. Features of the approach to ensuring interoperability in the field of electronic commerce // Information technologies and computing systems. 2012. No. 3. S. 82-92.
8. A.A. Kamenshchikov, A. Ya. Oleinikov, T. D. Shirobokova Investigation of the peculiarities of the problem of interoperability in large-scale information systems // Information technologies and computing systems. 2018.No. 3.P. 16-24.
9. Akatkin Yu.M., Yasinovskaya E.D. Digital Transformation of Public Administration: Datacentricity and Semantic Interoperability Digital Transformation of Public Administration: Datacentricity and Semantic Interoperability of URSS. 2019.724 p. ISBN 978-5-9710-6185-4.
10. Verba V. S., Merkulov V. I., Belov S. G. et al. Scientific schools of JSC "Concern Vega". Information-measuring and control radio-electronic systems. Anniversary monograph for the 75th anniversary of JSC "Concern Vega" / Ed. Verba V.S. - M.: Radiotekhnika, 2019.459 p.
11. Bashlykova A.A., Kamenshikov A.A., Oleinikov A.Ya., Shirobokova T.D. An approach to ensuring interoperability in a high-performance environment on the example of E-SCIENCE // Journal of Radioelectronics. 2019.No. 11.P. 17.
12. Bashlykova A.A., Kamenshikov A.A., Oleinikov A.Ya. Ensuring interoperability as a means of seamless integration of functional subsystems as part of promising automated military systems // Journal of Radioelectronics. 2018.No. 9.P. 18.
13. Bashlykova A.A., Zatsarinny A.A., Kamenshchikov A.A., Kozlov S.V., Oleinikov A.Ya., Chusov I.I. Interoperability as a scientific, methodological and normative basis for the seamless integration of information and telecommunication systems // Systems and means of informatics. 2018.Vol. 28.No. 4.P. 61-72.
14. Kozlov S.V., Makarenko S.I., Oleinikov A.Ya., Rastyagaev D.V., Chernitskaya T.E. The problem of interoperability in network-centric control systems // Journal of Radioelectronics. 2019.No.12.P. 16.
15. R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. - CRC Press, 2016. -- ISBN 978-1-4822-6333-6
16. ISO / IEC / IEEE 24765: 2010 Systems and software engineering - Vocabulary [Electronic resource]. URL: <https://www.cse.msu.edu/~cse435/Handouts/Standards/IEEE24765.pdf> (date accessed: 09/30/2020)
17. Bashlykova A.A., Kamenshchikov A.A., Oleinikov A.Ya., Shirobokova T.D., Chusov I.I. The problem of interoperability in electronic libraries // Journal of Radioelectronics. 2017.No.12. P.13.
18. Kamenshikov AA, Oleinikov A.Ya., Chusov II, Shirobokova TD The problem of interoperability in military information systems // Journal of Radioelectronics. 2016. No. 11.P.
19. European interoperability framework [Electronic resource] URL: https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif_brochure_final.pdf (date accessed: 09/30/2020)

20. NATO Interoperability Standards and Profiles [Electronic resource]. URL: <https://nhqc3s.hq.nato.int/Apps/Architecture/NISP/> (date accessed: 09/30/2020).
21. International Deep Space Interoperability Standards [Electronic resource]. URL: <https://www.internationaldeepspacestandards.com/> (date accessed: 09/30/2020).
22. CCSDS File Delivery Protocol (CFDP) - Part 3 Interoperability Testing Final Report [Electronic resource]. URL: <http://ccsds.cosmos.ru/publications/archive/720x3g1.pdf> (date accessed: 09/30/2020).
23. Haijun Wang, Haitao Zhao, Jiao Zhang, Dongtang Ma, Jiaxun Li, and Jibo Wei Survey on Unmanned Aerial Vehicle Networks: A Cyber Physical System Perspective [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/abs/1812.06821> (date accessed: 09/30/2020).
24. UAV IoT Framework Views and Challenges: Towards Protecting Drones as "Things" [Electronic resource]. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220>.
25. Enabling Multi-Mission Interoperable UAS Using Data-Centric Communications [Electronic resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210890/pdf/sensors-18-03421.pdf> (date accessed: 09/30/2020).
26. White paper: drones Prioritizing safety in unmanned aircraft system traffic management [Electronic resource]. URL: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/37_ATM_Whitepaper_drones_1017.pdf (date accessed: 09/30/2020).
27. Kamenshikov A.A. The problem of interoperability in the field of drones [Electronic resource]. URL: <http://journal.tc22.ru/wp-content/uploads/2020/01/The-problem-of-interoperability-in-the-field-of-UAVs.pdf> (date accessed: 09/30/2020).
28. Belov S.G. Ensuring the interoperability of an open multi-position aviation system of air monitoring of airspace based on unmanned aerial vehicles "IT - STANDARD 2020", RTU MIREA, Moscow: TCDprint, 2020
29. Yakimenko E.E. Application of a unified approach to solving the problem of UAV interoperability. Proceedings of the X International Scientific Conference "IT - STANDARD 2020", RTU MIREA, M.: TCDprint, 2020, pp. 231-237
30. Kamenshikov A.A., Oleinikov A.Ya., Shirobokova T.D. Investigation of the peculiarities of the problem of interoperability in large-scale information systems // Information technologies and computing systems. 2018.No. 3.P. 16-28.
31. V.I. Gorodetsky, O.V. Karsaev, V.V. Samoilov, S.V. Serebryakov Applied multiagent systems of group management [Electronic resource]. URL: <http://www.isa.ru/aidt/images/documents/2009-02/3-24.pdf> (date accessed: 09/30/2020).
32. Standard Interfaces of UCS for NATO UAV Interoperability [Electronic resource]. URL: <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Educational%20Notes/STO-EN-SCI-271/EN-SCI-271-03.pdf> (date accessed: 09/30/2020).
33. R 50.1.022-2000 Information technology. State profile of interconnection of open systems of Russia (State profile of VOS of Russia). Version 2 [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032461> (date accessed: 09/30/2020).
34. R 50.1.041-2002 Recommendations for standardization. Information Technology. Guidelines for the design of profiles of the open system environment (SOS) of the user organization [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085912> (date accessed: 09/30/2020).
35. S.A. Golovin, A.A. Zatsarinny, S.V. Kozlov. Scientific and methodological approaches to improving the regulatory framework for the creation and development of information and telecommunication systems. // Systems and means of informatics. 2017.Vol. 27.No2. S. 98-112.

Yakimenko E. E. Institute of Radio Engineering and Electronics. V.A. Kotelnikov of the Russian Academy of Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)", engineer, 1st year undergraduate student. Moscow, Russia. Number of publications: 1. Research interests: information technology. E-mail: e.yaaki@gmail.com

Belov S. G. Main place of work - Concern of radio engineering "Vega", head of department, Ph.D. Moscow, Russia. Author and co-author of over 100 scientific papers, including 3 monographs. Specialist in the field of information processing in aviation radio-electronic complexes. Research interests - open architectures for building aircraft systems. E-mail: segeyros@gmail.com

Oleinikov A. Y. Institute of Radio Engineering and Electronics. V.A. Kotelnikov of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation. Moscow, Russia. Author and co-author of over 240 scientific papers, including 3 monographs. Laureate of the USSR Council of Ministers Prize. A specialist in the field of creation, application and diagnostics of information systems for various purposes. Research interests - information technology standardization methodology. Chairman of the Subcommittee "Interoperability" PK206 / TK22 Rosstandart. E-mail: olein@gmail.com