

О ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ СТАНДАРТА «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ»

¹Олейников А.Я., ²Скрипник И.В., ²Милов В.Р., ³Ананьев А.В., ⁴Фомин И.А.

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук» (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН), 125009, г. Москва, улица Моховая, д. 11, корп. 7, e-mail: olein39@gmail.com

²Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «ПРИМА» (ООО НПП «ПРИМА»), 603950, г. Нижний Новгород, Сормовское шоссе, д. 1Ж, e-mail: skripnikigor83@gmail.com, vladimir.milov@gmail.com

³Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»), 394052, г. Воронеж, ул. Маршала Неделина, д. 133, e-mail: Ananyev-Alexandr@yandex.ru

⁴Федеральное государственное бюджетное учреждение «3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» (3 ЦНИИ МО РФ), 107564, г. Москва, Погонный проезд, д. 10, e-mail: fomin-for-job@yandex.ru

Актуальность разработки национального стандарта «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы. Интероперабельность» обусловлена наличием множества несовместимых технических решений различных производителей и следует из Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. Эффективное развитие систем связи пилотируемой и беспилотной авиации затруднено, в первую очередь, по причине отсутствия единых протоколов информационно-логического взаимодействия и представляет сложную научно-техническую и организационно-методическую проблему. Предложен подход к разработке национального стандарта «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы. Интероперабельность». Рассмотрена методика обеспечения интероперабельности беспилотных авиационных систем, включающая ряд этапов в соответствии с ГОСТ Р 55062. Применительно к беспилотным авиационным системам описаны этапы разработки концепции интероперабельности, архитектуры, проблемно-ориентированной модели, планирования разработки национальных стандартов, анализа и отбора существующих стандартов, формирования, реализации и аттестационного тестирования профиля интероперабельности. Выполнен обзор стандартов, относящихся к области интероперабельности беспилотных авиационных систем, включая ряд стандартов ISO/IEC и STANAG. Статья подготовлена на основе материалов и доклада, представленного на XIII Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2024» [1].

Ключевые слова: беспилотная авиационная система, беспилотный летательный аппарат, интероперабельность, стандарты, модель, профиль интероперабельности, сетевые информационно-управляющие системы, линии связи, протоколы.

ON STANDARDISATION IN THE FIELD OF INTEROPERABILITY OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

¹Oleynikov A.Ya., ²Skripnik I.V., ²Milov V.R., ³Ananyev A.V., ⁴Fomin I.A.

¹Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences, 11-7, Mokhovaya str., Moscow 125009, e-mail: olein39@gmail.com

²PRIMA Research & Production Enterprise, LLC, 1Zh, Sormovskoye Shosse, Nizhny Novgorod, 603950 e-mail: skripnikigor83@gmail.com, vladimir.milov@gmail.com

³Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Professional Education Military Training and Research Centre of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", 133, Marshala Nedelina str., Voronezh, 394052 e-mail: Ananyev-Alexandr@yandex.ru

Relevance of the development of the national standard "Information technologies. Unmanned Aviation Systems. Interoperability" is determined by the presence of a variety of incompatible technical solutions of different manufacturers and follows from the Strategy for the development of unmanned aviation of the Russian Federation for the period up to 2030 and in the perspective up to 2035. Effective development of communication systems for manned and unmanned aviation is hampered primarily due to the lack of unified protocols for information-logical interaction and represents a complex scientific, technical, organizational and methodological problem. The approach to the development of the national standard "Information Technologies. Unmanned Aviation Systems. Interoperability" is described. The methodology of ensuring interoperability of unmanned aircraft systems (UAS) including a number of stages in accordance with GOST R 55062 is considered. The stages of interoperability concept development, architecture, problem-oriented model, planning of national standards development, analysis and selection of existing standards, formation, realization and attestation testing of interoperability profile are described for UAS. A review of standards relevant to the field of UAS interoperability was performed, including a number of ISO/IEC and STANAG standards. The article was prepared on the basis of materials and a report presented at the XIII international scientific conference "IT-Standard 2024" [1].

Keywords: unmanned aircraft system, unmanned aerial vehicle, interoperability, standards, model, interoperability profile, network-centric information and control systems, communication links, protocols.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации реализуется Национальный проект «Беспилотные авиационные системы». В связи с этим, а также отсутствием единого стека телекоммуникационных протоколов и протоколов информационного взаимодействия в области беспилотных авиационных систем (БАС) разработка стандарта «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы. Интероперабельность» представляется актуальной, что подтверждается и включением разработки данного стандарта в план мероприятий по реализации Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р), а конкретно, в направлении «Разработка, стандартизация и серийное производство БАС и комплектующих».

Основные этапы разработки стандарта

Проблема интероперабельности организационно-технических систем подробно описана в монографии [2].

Вопросы обеспечения интероперабельности для беспилотных летательных аппаратов нашли отражение в работах авторов [3, 4, 5], а также в недавно опубликованной статье [6], в которой представлено авторское видение разработки и внедрения профиля интероперабельности в интересах повышения автоматизации управления пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами военно-космических сил (ВКС, а также создания единого информационного пространства ВКС.

Научно-технический задел и опыт создания систем связи, в том числе для пилотируемой и беспилотной авиации, достаточно подробно отражен в работах авторов [7 – 11], которые могут быть полезны при определении объектов стандартизации.

Подход к разработке стандарта «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы. Интероперабельность» основан на положениях ГОСТ Р 55062. Последовательность этапов обеспечения интероперабельности, указанная в ГОСТ Р 55062-2021, уточнена применительно к области БАС и представлена на рис.1 в нотации унифицированного языка моделирования UML [12].

Отличие последовательности этапов обеспечения интероперабельности БАС (рис. 1) от алгоритма, приведённого в рамочном стандарте ГОСТ Р 55062-2021 на рис. 2, состоит в учете особенностей предметной области, в первую очередь в детализации этапа 8, направленного на анализ международных стандартов серии ISO/IEC 4005 и стандартов STANAG.

Концепция интероперабельности БАС (этап 1 на рис. 1). В основу разработки концепции должны быть положены положения Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. Важно отметить следующие два момента.

1. БАС и ее составляющие могут рассматриваться, как компоненты сетцентрической информационно-управляющей системы (СЦИУС).

2. Наблюдается тенденция объединения разнотипных с точки зрения программно-аппаратных средств БпЛА в группировки. Основное положение: СЦИУС, включая БАС, представляет собой гетерогенную систему, в которой обеспечение интероперабельности служит ключевым требованием. При этом следует учесть, что согласно ГОСТ Р 57258-2016 «беспилотная авиационная система (unmanned aircraft system) определена как комплекс, включающий одно или несколько беспилотных воздушных судов (ВС), оборудованных системами

навигации и связи, средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи – получения данных, используемые для управления полетом и обмена данными о параметрах полета, служебной информацией и информацией о полезной нагрузке такого или таких ВС, и канал связи со службой управления воздушным движением».

В соответствии с этим определением должна быть обозначена область применения предлагаемого стандарта – БАС, беспилотные летательные аппараты (БпЛА) всех типов и группировки, включая связи между ними как компоненты СЦИУС, применяемые в самых различных областях.

Разрабатываемый стандарт следует рассматривать, как стандарт двойного назначения в связи с широким применением БпЛА для решения специальных задач.

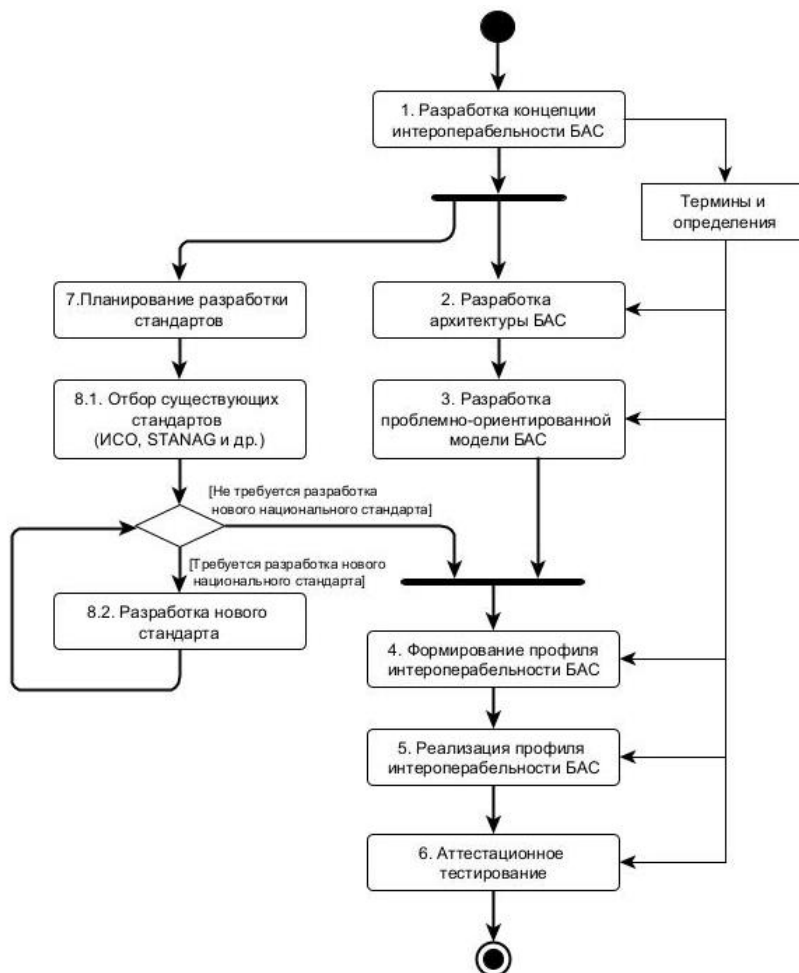


Рисунок 1 – Этапы обеспечения интероперабельности беспилотных авиационных систем

Архитектура БАС (этап 2 на рис. 1) в упрощенном виде приведена на рис. 2. В состав БАС, в общем случае, входят несколько БпЛА или беспилотных воздушных судов (БВС) различных классов, полет которых выполняется под контролем (управлением) наземных пунктов управления (НПУ) с использованием командных радиолиний. Таким образом, простейшая БАС состоит из БВС и наземного пункта управления, взаимодействующих посредством информационно-командной радиолинии.

Для включения беспилотной авиации в единое воздушное пространство и обеспечения безопасности полетов необходима речевая связь внешних пилотов с диспетчером управления воздушным движением (УВД), который размещается на пункте органа Единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) РФ. Для стационарных НПУ такая связь может быть обеспечена через наземные проводные сети связи. Для мобильных НПУ речевая связь внешних пилотов с диспетчером УВД может обеспечиваться по каналам связи, организуемым через БпЛА, в том числе с использованием ретрансляторов. Обмен данными между БпЛА, необходимый в случаях группового применения, обеспечивается сетями воздушной радиосвязи. Взаимодействие с БпЛА за пределами прямой видимости может обеспечиваться по линиям спутниковой связи. Однако высокие массогабаритные характеристики бортовых терминалов спутниковой связи позволяют применять их лишь на

БПЛА с достаточно большой грузоподъемностью. Задачи навигации БПЛА решаются, как правило, с помощью глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. В отдельных случаях возможно также применение системы глобального позиционирования GPS.

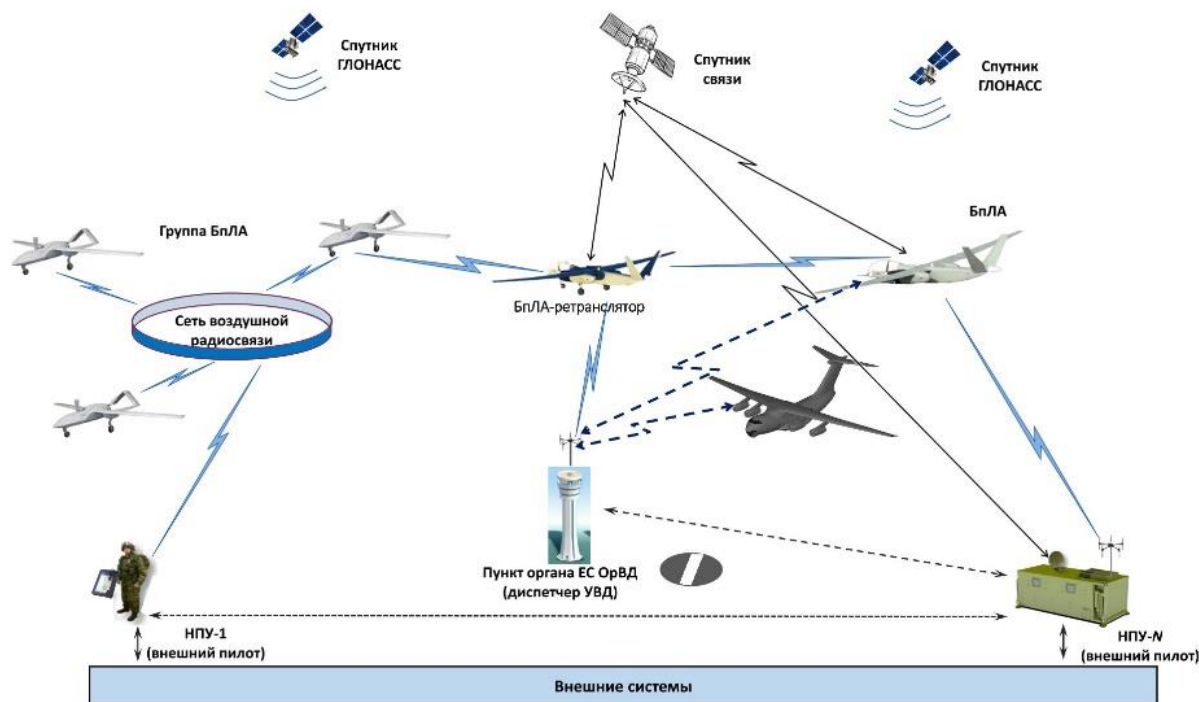


Рисунок 2 – Архитектура беспилотной авиационной системы

Проблемно-ориентированная модель интероперабельности БАС (этап 3 на рис.1) должна быть разработана на базе трехуровневой эталонной модели, включающей технический, семантический и организационный уровни, и представленной в ГОСТ Р 55062. Учитывая, что БАС может рассматриваться, как сложная система, для построения проблемно-ориентированной модели интероперабельности БАС целесообразно учитывать модель, представленную в ГОСТ Р 59797-2021 на рис. 4.

Поскольку БАС рассматривается, как компонент СЦИУС, при формировании модели интероперабельности БАС предлагается учитывать проблемно-ориентированную модель интероперабельности для СЦИУС (рис. 3), приведенную в ГОСТ Р 70569-2022.

Представленные на рис. 3 разделы, соотношенные с характеристиками рассматриваемой системы на различных уровнях (технический, семантический, организационный), предлагается в дальнейшем конкретизировать в части внутренней и внешней интероперабельности БАС. Аспекты внешней интероперабельности связаны с назначением и конкретным видом БАС, определяющими взаимодействия БАС в составе надсистемы, рассматриваемой как СЦИУС. Внутренняя интероперабельность БАС определяется посредством анализа отдельных характеристик взаимодействия между элементами БАС, в первую очередь, между НПУ и БПЛА, а также между различными БПЛА.

Проверка выполнения отдельных условий позволит формировать оценки степени интероперабельности на различных уровнях.

При построении **профиля интероперабельности** (этап 4 на рис. 1) должны быть выявлены все объекты стандартизации, которые следуют из рис. 2. Согласно ГОСТ Р 1.12-99 и ГОСТ 1.1-2002, объектами стандартизации служат продукция, услуги и процессы, которые подвергаются стандартизации. К объектам стандартизации в области БАС относятся, в частности, линии связи, форматы передаваемых сообщений и протоколы передачи информации.

Направления дальнейших исследований могут быть связаны с обобщением вариантов сетевого взаимодействия на различных этапах выполнения миссии БПЛА.

На основании выявленных объектов стандартизации составляется профиль интероперабельности – набор стандартов, расположенных по уровням модели. Согласно Федеральному закону «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 N 162-ФЗ в профиль должны входить только национальные стандарты.

Следует отметить, что профиль интероперабельности может быть оформлен как самостоятельный нормативно-технический документ и может получать версии по мере появления новых и отмены старых стандартов. Примером может служить документ Росстандарта Р 50.1.022-2000 «Информационные технологии. Государственный профиль взаимосвязи открытых систем России» версия 2.



Рисунок 3 – Проблемно-ориентированная модель интероперабельности согласно ГОСТ Р 70569-2022

Планирование разработки национальных стандартов, которые должны войти в профиль (этап 7 на рис. 1), осуществляется на основе выявления имеющихся ГОСТ Р, анализа международных стандартов и стандартов STANAG.

В результате анализа должен быть выполнен обзор существующих стандартов (этап 8.1 на рис. 1) – установлены имеющиеся национальные аналоги выявлены и отобраны необходимые стандарты, как международные, так и зарубежные, для которых следует разработать недостающие национальные стандарты.

С учетом отобранных стандартов (этап 8.1 на рис. 1), в случае выявленной необходимости осуществляется разработка новых национальных стандартов (этап 8.2 на рис. 1).

Рассмотрим далее технический, семантический и организационный уровни интероперабельности.

На техническом уровне при разработке обсуждаемого стандарта основными объектами стандартизации являются:

- протоколы (взаимодействия) – частный случай алгоритма, описывающего передачу данных между двумя устройствами (п. 7.1.4 ГОСТ Р 52292-2004 «Информационная технология. Электронный обмен информацией. Термины и определения»);

- протоколы (телекоммуникации) – набор правил, который определяет поведение функциональных единиц при выполнении коммуникативных функций (п. 4.1109 ГОСТ 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015)

«Информационные технологии. Словарь»).

В качестве международных стандартов, положения которых в соответствии с Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 N 162-ФЗ могут быть использованы при разработке данного стандарта, следует изучить недавно появившийся стандарт ISO/IEC 4005-2023 «Telecommunications and information exchange between systems – Unmanned aircraft area network (UAAN)», опубликованный в четырех частях, описывающий телекоммуникационные технологии и информационное взаимодействие между системами применительно к сетям БЛА, разработанным подкомитетом SC6/JTC1 «Telecommunications and information exchange between systems».

В первой части стандарта ISO/IEC 4005-1:2023 «Telecommunications and information exchange between systems – Unmanned aircraft area network (UAAN) – Part 1: Communication model and requirements» представлены модель распределенного взаимодействия между элементами БАС и требования к этой модели. В этой части стандарта отмечается, что функционирование БАС требует множества услуг, для поддержки которых необходимы три различных подсистемы связи, обеспечивающие

1. информационный обмен, между абонентами БАС;
2. управление БВС;
3. передачу видеoinформации.

Отметим, что информационный обмен между абонентами БАС, в общем случае носит распределенный сетевой характер. Сеть связи обеспечивает функционирование ряда служб, включая службы обнаружения, уведомления о местоположении БВС, дистанционного управления целевыми нагрузками, обнаружения препятствий, оповещения о чрезвычайных ситуациях, определения местоположения, автоматической посадки и др. Кроме того, в случае временного отказа канала управления БВС сеть связи позволяет получать данные о местоположении от БВС и передавать команды управления внешнего пилота.

Линия управления БВС обеспечивают двусторонний обмен с передачей команд управления от внешнего пилота, который может размещаться на НПУ.

Передача видеoinформации, а в общем случае – информации от целевых нагрузок БВС, осуществляется по высокоскоростным радиопередачами, как правило реализуемым в диапазоне СМВ.

Основные взаимодействующие устройства (абоненты) БАС согласно ISO/IEC 4005-1:2023, варианты и направления радиосвязи представлены на рис. 4. Возможность указанного взаимодействия обеспечивается посредством применения единых телекоммуникационных протоколов, что отражено на семантическом уровне проблемно-ориентированной модели интероперабельности (см. рис. 3) в разделе «Согласованность протоколов и интерфейсов».

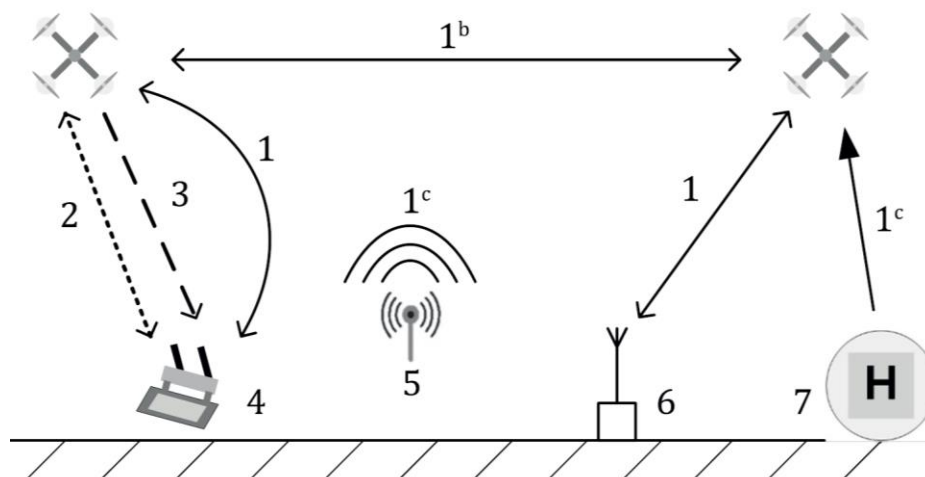


Рисунок 4 – Варианты взаимодействия элементов БАС согласно ISO/IEC 4005-1:2023

На рис. 4 приняты следующие обозначения:

- 1 – сеть связи для обмена данными между абонентами БАС;
- 1^b – канал передачи местоположения и обмена данными;
- 1 – канал (сеть) широковещательной передачи;
- 2 – линия передачи команд управления;
- 3 – линия передачи видеoinформации;
- 4 – контроллер, с помощью которого внешний пилот (оператор) осуществляет управление БВС;

5 – устройство для обнаружения препятствий, передающее соответствующую информацию, например, о местоположении и размерах препятствия, которое крепится к препятствию, расположенному на земле или в воздухе.

6 – наземное оборудование, собирающее информацию о полете БВС;

7 – посадочное устройство с возможностью автоматической посадки.

Во второй части стандарта ISO/IEC 4005-2:2003 «Telecommunications and information exchange between systems – Unmanned aircraft area network (UAAN) – Part 2: Physical and data link protocols for shared communication» описаны протоколы физического и канального уровней для распределенного (сетевое) взаимодействия.

В третьей части стандарта ISO/IEC 4005-3:2023 «Telecommunications and information exchange between systems – Unmanned aircraft area network (UAAN) – Part 3: Physical and data link protocols for control communication» описаны протоколы физического и канального уровней для командной радиолинии.

В четвертой части стандарта ISO/IEC 4005-4:2023 «Telecommunications and information exchange between systems – Unmanned aircraft area network (UAAN) – Part 4: Physical and data link protocols for video communication» описаны протоколы физического и канального уровней для передачи видеoinформации.

Кроме перечисленных международных стандартов предстоит внимательно изучить стандарты НАТО STANAG. Основным стандартом по интероперабельности БпЛА является STANAG 4586 – Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability, в котором описана архитектура, интерфейсы, протоколы связи, элементы данных, форматы сообщений.

Имеется еще ряд важных стандартов НАТО, которые следует тщательно проанализировать с точки зрения целесообразности учета их положений при разработке национального стандарта по интероперабельности БАС, включая:

- STANAG 4607 – NATO Ground Moving Target Indicator Format (GMTI) Format регламентирует формат представления данных разведки наземных движущихся объектов;

- STANAG 4609 – NATO Digital Motion Imagery Standard регламентирует качество представления мультимедийных данных, формат цифрового изображения;

- STANAG 4660 – Interoperable Command And Control Data Link For Unmanned Systems (IC2DL) стандартизирует технологии построения каналов передачи данных;

- STANAG 7023 – Air Reconnaissance Primary Imagery Data Standard определяет основной стандарт видео;

- STANAG 7085 – NATO Interoperable Data Links for ISR Systems описывает широкополосный канал передачи данных;

- STANAG 4559 – NATO Standard ISR Library Interface (NSILI) определяет библиотеки изображений;

- STANAG 4545 – NATO Secondary Imagery Format (NSIF) описывает формат представления вторичных изображений.

Наконец, в свободном доступе имеется документ НАТО «NATO Interoperability Standards and Profiles» (NISP) в трех томах, последняя версия которого имеет дату 18 августа 2023 г. Его следует проанализировать на наличие разделов, относящихся к беспилотным авиационным системам.

На семантическом уровне, по всей видимости, может быть использован ГОСТ Р ИСО/МЭК 10746-4-2004 «Архитектурная семантика», содержащий набор семантических и синтаксических правил, определяющий открытую распределенную обработку.

Кроме того, для обеспечения интероперабельности БАС на семантическом уровне могут быть использованы:

- ГОСТ Р 60.0.0.8-2023 «Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Общие положения, основные понятия, термины и определения»;

- ГОСТ Р 60.0.0.10-2023 «Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие действия и взаимодействия в физической среде»;

- ГОСТ Р 60.0.0.11-2023 «Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие функциональность и поведение».

Так в ГОСТ Р 60.0.0.11-2023 представлены два варианта таксономии понятий, связанных с понятиями «функциональность робота» (рис. 5) и «поведение робота» (рис. 6).

В обоих вариантах центральное место занимает понятие технологической операции (ТОП), которая определена в ГОСТ Р 60.0.0.11-2023 как элементарный целенаправленный процесс, выполняемый роботом-агентом. При этом совокупность ТОП полностью определяет возможные роли и поведение робота в контексте решаемой задачи.

На данный момент требуется дальнейшая проработка вопросов семантического уровня интероперабельности БАС.

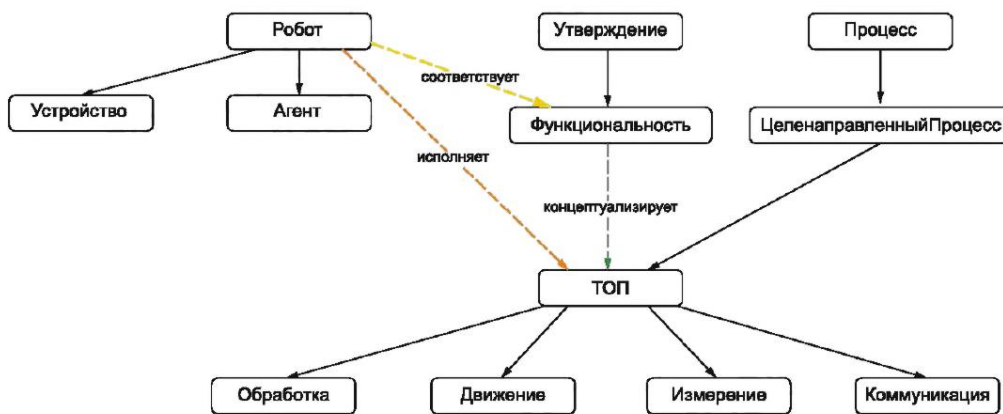


Рисунок 5 – Таксономия понятий, связанных с понятием «функциональность робота»

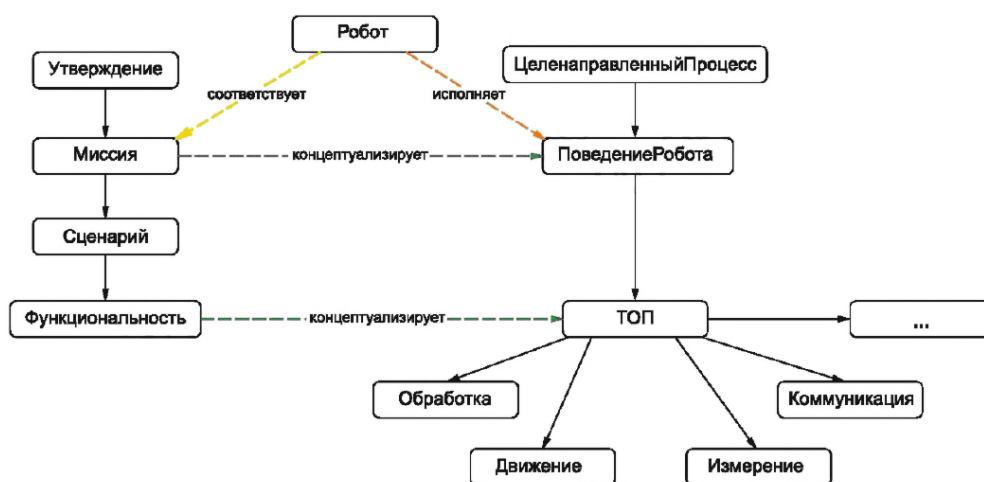


Рисунок 6 – Таксономия понятий, связанных с понятием «поведение робота»

На организационном уровне в качестве определяющих документов следует ориентироваться на Постановление Правительства Российской Федерации от 09.02.2023 № 190 «О Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем» [13], Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р. Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года [14].

Для реализации этой стратегии в России реализуется национальный проект «Беспилотные авиационные системы» (БАС) [15]. Национальный проект предусматривает реализацию пяти федеральных проектов:

- «Стимулирование спроса на отечественные БАС»;
- «Разработка, стандартизация и серийное производство БАС и комплектующих»;
- «Развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и формирование специализированной системы сертификации БАС»;
- «Кадры для беспилотных авиационных систем»;
- «Фундаментальные и перспективные исследования в сфере БАС».

Реализация профиля интероперабельности (этап 5 на рис. 1). На этом этапе важную роль могут сыграть предприятия, занимающиеся практической разработкой техники средств авиационной радиосвязи и управления для беспилотной и пилотируемой авиации, в первую очередь ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) и НПП «ПРИМА» (г. Нижний Новгород).

Аттестационное тестирование (этап 6 на рис. 1). Этот этап предусмотрен в Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. Для проведения тестирования потребуется разработать соответствующие аттестованные методики, выделить необходимое оборудование и обученный персонал.

На всех перечисленных этапах должен использоваться единый тезаурус, обозначенный на рис. 1 «**Термины и определения**», основанный в первую очередь в области интероперабельности на ГОСТ Р 59796-2021

«Информационные технологии. Интероперабельность. Термины и определения», а в области БАС – на ГОСТ Р 57258-2016 «Системы бесплотные авиационные. Термины и определения».

Заключение

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

Актуальность разработки национального стандарта «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы. Интероперабельность» определяется наличием разнообразных несовместимых технических решений различных производителей (в том числе, в части информационно-управляющих систем и систем связи) и следует из Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года;

Эффективное развитие систем связи пилотируемой и беспилотной авиации затруднено, в первую очередь, по причине отсутствия единых протоколов информационно-логического взаимодействия и представляет сложную научно-техническую и организационно-методическую проблему;

Созданный задел определяет надежную основу для успешного решения актуальной задачи по разработке стандарта ГОСТ Р с рабочим названием «Информационные технологии. Беспилотные авиационные системы, Интероперабельность».

Список литературы

1. Олейников А.Я., Скрипник И.В., Милов В.Р., Фомин И.А., Ананьев А.В. О разработке стандарта «беспилотные авиационные системы. Интероперабельность» // Сборник трудов XIII Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2024». – М.: Проспект, 2024. – С.13-23.

2. Макаренко С.И. Интероперабельность организационно-технических систем. – СПб.: Научные технологии, 2024. – 313 с.

3. Белов С.Г., Олейников А.Я., Якименко Е.Е. Вопросы обеспечения интероперабельности в группировках авиационных беспилотных летательных аппаратов в РФ // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2020. – № 4. – С. 3-16.

4. Каменщиков А.А. Проблема интероперабельности в области беспилотников // ИТ-Стандарт. – 2019. – №3 (20). – С.42-49.

5. Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности авиационных беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 4. – С. 3-11.

6. Козлов К.В., Макаренко С.И., Скрипник И.В., Милов В.Р., Дисенов А.А. Проблемные вопросы развития и обеспечения интероперабельности систем связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления авиацией Военно-воздушных сил // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2024. – № 30. – С. 84-95.

7. Ананьев А.В., Иванников К.С., Филатов С.В. Основные принципы построения систем связи на базе беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. – 2022. – № 125.

8. Методы проектирования информационно-управляющих и телекоммуникационных систем / Под ред. В.Р. Милова, В.Г. Баранова. – М.: Радиотехника, 2016. – 216 с.

9. Скрипник И.В. Опыт разработки и направления развития радиосвязного оборудования для пилотируемой и беспилотной авиации // Электросвязь. – 2022. – № 3. – С. 24-29.

10. Скрипник И.В., Андреев Д.Е., Милов В.Р., Потапов Н.Н. Сетевые режимы ДМВ-радиосвязи для пилотируемой и беспилотной авиации // Труды XXI Российской межведомственной научно-технической конференции «Новые информационные технологии в системах связи и управления». – Калуга: Ноосфера, 2022. – С. 181-183.

11. Скрипник И.В. Задачи разработки самоорганизующейся сети связи беспилотных летательных аппаратов // Материалы XXVI Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» (ИСТ – 2020). – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2020. – С. 179-183.

12. Unified Modeling Language URL: <http://uml.org/> (дата обращения: 12.07.2024)

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 09.02.2023 № 190 «О Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем» URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202302130022> (дата обращения: 02.07.2024)

14. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.06.2023 № 1630-р «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации» URL: <https://clck.ru/3C7X63> (дата обращения: 02.07.2024)

15. Национальный проект «Беспилотные авиационные системы» URL: <https://clck.ru/3C7XBo> (дата

References

1. Olejnikov A.YA., Skripnik I.V., Milov V.R., Fomin I.A., Anan'ev A.V. O razrabotke standarta «bespilotnye aviacionnye sistemy. Interoperabel'nost'» // Sbornik trudov XIII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «IT-Standart 2024». – M.: Prospekt, 2024. – S.13-23.
2. Makarenko S.I. Interoperabel'nost' organizacionno-tehnicheskikh sistem. – SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2024. – 313 s.
3. Belov S.G., Olejnikov A.YA., YAkimenko E.E. Voprosy obespecheniya interoperabel'nosti v gruppirovkah aviacionnyh bespilotnyh letatel'nyh apparatov v RF // Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. – 2020. – № 4. – S. 3-16.
4. Kamenshchikov A.A. Problema interoperabel'nosti v oblasti bespilotnikov // IT-Standart. – 2019. – №3 (20). – S.42-49.
5. Olejnikov A.YA. Obespechenie interoperabel'nosti aviacionnyh bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. – 2021. – № 4. – S. 3-11.
6. Kozlov K.V., Makarenko S.I., Skripnik I.V., Milov V.R., Disenov A.A. Problemnye voprosy razvitiya i obespecheniya interoperabel'nosti sistem svyazi, radiotekhnicheskogo obespecheniya i avtomatizacii upravleniya aviaciej Voenno-vozdushnyh sil // Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika. – 2024. – № 30. – S. 84-95.
7. Anan'ev A.V., Ivannikov K.S., Filatov S.V. Osnovnye principy postroeniya sistem svyazi na baze bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Trudy MAI. – 2022. – № 125.
8. Metody proektirovaniya informacionno-upravlyayushchih i telekommunikacionnyh sistem / Pod red. V.R. Milova, V.G. Baranova. – M.: Radiotekhnika, 2016. – 216 s.
9. Skripnik I.V. Opyt razrabotki i napravleniya razvitiya radiosvyaznogo oborudovaniya dlya pilotiruemoj i bespilotnoj aviacii // Elektrosvyaz'. – 2022. – № 3. – S. 24-29.
10. Skripnik I.V., Andreyanov D.E., Milov V.R., Potapov N.N. Setevye rezhimy DMV-radiosvyazi dlya pilotiruemoj i bespilotnoj aviacii // Trudy XXI Rossijskoj mezhdovedstvennoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Novye informacionnye tekhnologii v sistemah svyazi i upravleniya». – Kaluga: Noosfera, 2022. – S. 181-183.
11. Skripnik I.V. Zadachi razrabotki samoorganizuyushchiesya seti svyazi bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Materialy XXVI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Informacionnye sistemy i tekhnologii» (IST – 2020). – N.Novgorod: NGTU im. R.E. Alekseeva, 2020. – S. 179-183.
12. Unified Modeling Language URL: <http://uml.org/> (data obrashcheniya: 12.07.2024)
13. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 09.02.2023 № 190 «O Pravitel'stvennoj komissii po voprosam razvitiya bespilotnyh aviacionnyh sistem» URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202302130022> (data obrashcheniya: 02.07.2024)
14. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 21.06.2023 № 1630-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya bespilotnoj aviacii Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2035 goda i plana meropriyatij po ee realizacii» URL: <https://clck.ru/3C7X63> (data obrashcheniya: 02.07.2024)
15. Nacional'nyj proekt «Bespilotnye aviacionnye sistemy». URL: <https://clck.ru/3C7XBo> (data obrashcheniya: 02.07.2024)