Автономная некоммерческая организация «Аналитический центр «АЭРОНЕТ»
(АНО «ЦЕНТР «АЭРОНЕТ»)

Анализ требований к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации. Предложения по их совершенствованию

Москва 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

А.Л. Аникин, д.т.н., профессор

Б.И. Резник

Ф.В. Евстигнеев

Д.В. Карнаухов

Е.Е. Мейлихов, к.ф.-м.н.

РЕФЕРАТ

Отчёт состоит из 5 глав. Общий объём отчёта — 194 страниц.

Иллюстраций — 24, таблиц — 10, количество использованных источников — 74.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, беспилотные воздушные суда, интеграция, воздушное пространство, технологии.

Целью исследования является разработка предложений по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.

Задачами исследования являются:

- анализ документов ИКАО, включая черновые и перспективные редакции, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем;
- анализ существующих и перспективных международных стандартов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем;
- идентификация общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов;
- идентификация общесистемных международных требования в части полётно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов;
- формирование предложений по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.
- Объектом исследований являются требования, относящиеся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.

Предметом исследований являются технологии интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы получены

следующие основные результаты:

- проведён анализ документов ИКАО, включая черновые и перспективные редакции, относящихся к интеграции беспилотных авиационных систем;
- проведён анализ существующих и перспективных международных стандартов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем;
- выполнена идентификации общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов;
- выполнена идентификации общесистемных международных требований в части полётно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов;
- сформированы предложения по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.

Область применения, потенциальные потребители – гражданская авиация, внешние пилоты беспилотных воздушных судов, эксплуатанты и разработчики беспилотных авиационных систем и их оборудования, органы Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации, федеральные органы исполнительной власти.

Содержание

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
РЕФЕРАТ 1
Содержание 5
Определения 8
Обозначения и сокращения 12
Введение 19
1. Анализ документов ИКАО, включая черновые и перспективные редакции, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем23
1.1. Анализ документов ИКАО, относящихся к навигационным технологиям беспилотных воздушных судов 26
1.2. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям связи беспилотных воздушных судов 40
1.3. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям наблюдения беспилотных воздушных судов 51
1.4. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям полётно-информационного обслуживания беспилотных авиационных систем 67
1.5. Выводы по разделу 75
2. Анализ существующих и перспективных международных стандартов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем 76
2.1. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям навигации беспилотных воздушных судов 77
2.2. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям связи беспилотных воздушных судов 88
2.3. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям наблюдения беспилотных воздушных судов 97

2.4. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям полётно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов 105

2.5. Выводы по разделу 113

3. Идентификация общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов; 115

3.1. Методология формирования требований 115

3.2. Схема идентификации 116

3.3. Источники, используемые для идентификации 116

3.4. Уровни зрелости 117

3.5. Способы использования воздушного пространства 117

3.6. Спецификация требований к связи, навигации и наблюдению 124

3.7. Выводы по разделу 155

4. Идентификация общесистемных международных требования в части полётно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов 156

4.1. Методология формирования требований 156

4.2. Схема идентификации 157

4.3. Источники, используемые для идентификации 157

4.4. Уровни зрелости 157

4.5. Способы использования воздушного пространства 157

4.6. Спецификация требований к полетно-информационному обслуживанию беспилотных воздушных судов 157

4.7. Выводы по разделу 174

5. Формирование предложений по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации 175

5.1. Предложения по совершенствованию требований к технологиям связи, навигации и наблюдения беспилотных воздушных судов 175

5.2. Предложения по совершенствованию требований к технологиям полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов 181

5.3. Выводы по разделу..... 183
Заключение 184
Список использованных источников 188

Определения

В настоящем документе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Беспилотная авиационная система	комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлёта и посадки, средства управления полётом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полётом одного или нескольких беспилотных воздушных судов
Беспилотное воздушное судно	воздушное судно, управляемое, контролируемое в полёте пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешним пилотом)
Воздушное пространство ОВД	воздушное пространство определённых размеров с буквенным обозначением, в пределах которого могут выполняться конкретные виды полётов и для которого определены обслуживание воздушного движения и правила полётов
Визуальный полёт в пределах прямой видимости (VLOS)	полёт, в ходе которого внешний пилот или наблюдатель БВС поддерживают непосредственный бес приборный визуальный контакт с БВС
Внешний пилот беспилотного воздушного судна	Лицо, которому поручено эксплуатантом выполнять необходимые обязанности по выполнению полёта беспилотного воздушного судна и которое взаимодействует с соответствующими органами обслуживания воздушного движения в течение времени полёта
Геофенсинг	Предоставляемая пользователям воздушного пространства информация до начала и в процессе выполнения полёта,

	содержащая статические и динамические данные, определяемые геозонами, в форме, которая может быть использована при планировании полёта, а также быть загружена в навигационную систему БАС, если БАС имеет функции геофенсинга
Конфликт	сближение беспилотного воздушного судна на менее, чем установленное нормативными документами расстояние при движении по маршруту с другим воздушным судном, естественным препятствием рельефа, искусственным препятствием местности, границей запретной для полётов зоны, границей запрещённого эшелона, границей минимально / максимально разрешённой высоты, зоной опасных метеоявлений
Коридор, воздушный коридор	ограниченная по ширине полоса воздушного пространства для полёта воздушных судов. Коридор может быть с односторонним или двусторонним движением; различают коридоры входные, выходные и обходные. Ширина коридора зависит от местных условий, высоты полёта и типа воздушных судов
Маршрут обслуживания воздушного движения	установленный маршрут, который предназначен для направления потока движения в целях обеспечения обслуживания воздушного движения и в соответствующих случаях обозначает воздушную трассу, маршрут зональной навигации, местную воздушную линию
Маршруты полётов воздушных судов	в контролируемом воздушном пространстве для выполнения полётов вне маршрутов обслуживания воздушного движения полёты воздушных судов выполняются по маршрутам
План полёта	определённые сведения о намеченном полёте или части полёта воздушного судна, представляемые органам

	обслуживания воздушного движения
Полёт за пределами прямой видимости (BVLOS)	полёт, в ходе которого ни внешний пилот, ни наблюдатель(и) БВС не могут невооружённым глазом поддерживать прямой визуальный контакт с БВС
Сближение воздушных судов	ситуация, в которой, по мнению пилота или персонала органа обслуживания воздушного движения, расстояние между воздушными судами, а также их относительное местоположение и скорость таковы, что безопасность данных воздушных судов может быть поставлена под угрозу. Сближение воздушных судов классифицируется следующим образом: риск столкновения - категория ситуаций, когда в результате сближения воздушных судов возникала серьёзная опасность столкновения; безопасность полёта не гарантировалась - категория ситуаций, когда в результате сближения воздушных судов безопасность этих воздушных судов могла быть поставлена под угрозу; риск столкновения отсутствовал - категория ситуаций, когда в результате сближения воздушных судов не существовало опасности столкновения; риск не определён - категория ситуаций со сближением воздушных судов, когда отсутствие достаточно полной информации не позволяет определить существовавший риск столкновения, или нет достаточно убедительных данных, или же имеющиеся данные противоречат друг другу и это не позволяет определить степень риска
Сегрегированное	воздушное пространство определённых размеров,

воздушное пространство	предназначенное для исключительного использования конкретным пользователем
Станция внешнего пилота	элемент беспилотной авиационной системы, включающий оборудование, используемое для пилотирования беспилотного воздушного судна
Структура воздушного пространства	совокупность ограниченных в вертикальной и горизонтальной плоскости элементов воздушного пространства, предназначенных для осуществления деятельности по использованию воздушного пространства
Эшелонирование	вертикальное, продольное или боковое рассредоточение воздушных судов в воздушном пространстве на установленные интервалы

Обозначения и сокращения

В настоящем книге применяют следующие обозначения и сокращения с соответствующими определениями.

1090 ES	1090 MHz Extended Squitter — расширенный сквиттер на 1090МГц
ABAS	Airborne-based Augmentation System — система функционального дополнения бортового базирования
ACARS	Airborne Communications Addressing and Reporting System — Адресно-отчётная система авиационной связи
ACAS	Airborne Collision Avoidance System — бортовая система предупреждения столкновений
ADS	Automatic Dependent Surveillance — автоматическое зависимое наблюдение
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance – Contract — автоматическое зависимое наблюдение контрактного режима
AeroMACS	Aeronautical Mobile Airport Communication System — авиационная мобильная аэропортовая коммуникационная система
AGL	Above Ground Level — над уровнем земли
AIM	Aeronautical information management — управление аэронавигационной информацией
AIRB	Airborne — бортовое наблюдение
AMS(R)S	Aviation Mobile Satellite (Route) Service — авиационная подвижная спутниковая (маршрутная) служба
AOC	Airline Operations Center — диспетчерский центр авиакомпании
APCH	Approach — заход на посадку
APV	Approach with Vertical Guidance — заход с вертикальным наведением

ASA	Airborne Surveillance Application — бортовые приложения наблюдения
ASBU	Aviation System Block Upgrades — Блочная модернизация авиационной системы
ASEPS	Advanced Surveillance Enhanced Procedural Separation — усовершенствованное процедурное эшелонирование с улучшенным авиационным наблюдением
ATN	Aeronautical Telecommunication Network — авиационная телекоммуникационная сеть
ATSC	Air Traffic Control Service Communications — связь в целях обслуживания воздушного движения
B2B	Business-to-Business — бизнес-бизнесу
B2C	Business-to-Customer — бизнес-клиенту
B2G	Business-to-Government — бизнес-правительству
BaroVNAV	Barometric Vertical Navigation — заход с использованием латеральной навигации ГНСС и вертикального барометрического наведения
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight — за пределами зоны прямой видимости
C2	Command and Control — командно-контрольная радиолиния
CDM	Collaborative Decision Making — совместное принятие решений
CDTI	Cockpit Display of Traffic Information — бортовой дисплей информации о движении
CNPC	Control and NonPayload Communications Link — командная линия связи, не относящаяся к полезной нагрузке
CNS/ATM	Communications/Navigation/Surveillance and Air Traffic Management — связь, навигация и наблюдение и организации воздушного движения
CONOPS	Concept of Operations — Эксплуатационная концепция
CORUS	Concept of Operations for European Unmanned Traffic

	Management (UTM) Systems — Эксплуатационная концепция европейских систем управления беспилотным движением
COTS	Commercial-of-the-shelf — коммерчески-доступные
CPDLC	Controller-Pilot Digital Link Communications — цифровая связь «диспетчер-пилот»
D-ATIS	Digital Automatic Terminal Information System — цифровая терминальная информационная система
D-FIS	Data Link Flight Information Service — служба передачи полётной информации по цифровым линия связи
D-HZWX	Digital Hazardous Weather — цифровая служба информации об опасной погоде
D-RVR	Digital Runway Visual Range — цифровая служба информации о дальности видимости на ВПП
DSP	Datalink Service Provider — поставщик сервисов связи
DSRC	Dedicated Short Range Communication — выделенная линия связи малой дальности
D-VOLMET	Digital VOLMET — цифровая система ВОЛМЕТ
D-WSW	Digital Wind Shear Warning — цифровое предупреждение о сдвиге ветра
D-WVW	Digital Wake Vortex Warning — цифровое предупреждение о спутном следе
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service — европейская геостационарная служба навигационного покрытия
EUROCAE	European Civil Aviation Equipment — Европейская организация по оборудованию гражданской авиации
EUROCONTROL	Европейская организация по безопасности аэронавигации
EVLOS	Extended Visual Line of Sight — расширенная зона прямой видимости
FAA	Federal Aviation Administration — Федеральная Авиационная

	Администрация
GANP	Global Air Navigation Plan — глобальный аэронавигационный план
GAST	GBAS Approach Service Type — класс службы GBAS для захода на посадку
GBAS	Ground-based augmentation system — система функционального дополнения наземного базирования
GLS	GBAS Landing System — система посадки по GBAS
GPS	Global Positioning System — глобальная система позиционирования
GUTMA	Global UTM Association — Глобальная ассоциация по управлению беспилотным движением
HF	High Frequency — высокая частота
HFDL	High-Frequency Data Link — ВЧ-линия передачи данных
IFR	Instrumental Flight Rules — правила полётов по приборам
ILS	Instrumental Landing System — инструментальная система посадки
IP	Internet Protocol — протокол интернета
LPV	Localizer Performance with Vertical Guidance — процедура точного захода по ГНСС
LTE	Long Term Evolution — долговременное развитие (класс стандартов сотовой связи)
МСЭ	Международный союз электросвязи
MET	Метеорологическая информация
METAR	Meteorological Report — метеорологическая сводка
MOPS	Minimal Operation Performance Specification/Standard — Спецификация минимальных эксплуатационных характеристик
OSED	Operational Service and Environment Definition — в описание эксплуатационных сервисов и окружающей среды

OSI	Open Systems Interface — интерфейс открытых систем
PBCS	Performance-based Communication and Surveillance — связь и наблюдение, основанные на характеристиках
PBN	Performance-based Navigation — навигация, основанная на характеристиках
RCP	Required Communication Performance — требуемые характеристики связи
RNAV	Area Navigation — зональная навигация
RNP	Required Navigation Performance — требуемые навигационные характеристики
RPAS	Remotely Piloted Aviation System
RSP	Required Surveillance Performance — требуемые характеристики наблюдения
RTCA	RTCA Inc. — разработчик индустриальных авиационных стандартов
RUNP	Required Unmanned Navigation Performance — требуемые навигационные характеристики БАС
SAR	Search and Rescue — поиск и спасание
SARPS	Standards and Recommended Practices — стандарты и рекомендованные практики
SASP	Separation and Airspace Safety Panel — Группа по эшелонированию и безопасности воздушного пространства
SATCOM	Satellite Communications — спутниковая связь
SATVOICE	Satellite Voice — спутниковая голосовая связь
SB	Space-based — космического базирования
SBAS	Satellite-based Augmentation System — Система функционального дополнения космического базирования
SESAR	Single European Sky Advanced Research — продвинутые исследования по единому европейскому небу
SID	Standard Instrument Departure — стандартная процедура вылета

SIGMET	Significant Meteorological Information — информация о существенной погоде
SIS	Signal-in-Space — сигнал в пространстве
SPR	Safety and Performance Requirements — требования к безопасности и производительности
STAR	Standard Arrival — стандартная процедура прибытия
SWIM	System-wide Information Management — общесистемная среда управления информацией
TAF	Terminal Area Forecast — прогноз для зоны аэродрома
TBO	Time-based Operations — операции, основанные на времени
TCAS	Traffic Collision Avoidance System — система предупреждения столкновений с воздушным движением
TSE	Total System Error — полная погрешность системы
UAT	Universal Access Transceiver — трансивер универсального доступа
UTM	Unmanned Aircraft System Traffic Management — управление беспилотным воздушным движением
VDL-4	Very High Frequency Data Link of Mode 4 — сверхвысокочастотная линия связи режима 4
VLL	Very Low Level — предельно малые высоты
VLOS	Visual Line of Sight — зона прямой видимости
VSA	Visual Separation on Approach — визуальное эшелонирование при заходе
ААС	Aviation Administrative Communications — авиационная административная связь
АЗН-В	Автоматическое зависимое наблюдение вещательного режима
АЗН-К	Автоматическое зависимое наблюдение контрактного режима
АНИ	Аэронавигационная информация
БАС	Беспилотная авиационная система
БВС	Беспилотное воздушное судно

ВОРЛ	Вторичный обзорный радиолокатор
ВП	Воздушное пространство
ВПП	Взлётно-посадочная полоса
ВС	Воздушное судно
ГЛОНАСС	Глобальная орбитальная навигационная система
ГНСС	Глобальная навигационная спутниковая система
ДЗЗ	Дистанционное зондирование земли
ДПАС	Дистанционно-пилотируемая авиационная система
ИВП	Использование воздушного пространства
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
КА	Космический аппарат
МПСН	Многопозиционная система наблюдения
ОВД	Организация воздушного движения
ОрВД	Организация воздушного движения
ПАНО	Поставщик аэронавигационного облуживания
ПВП	Правила визуальных полётов
ПДП	Пункт дистанционного пилотирования
ПОРЛ	Первичный радиолокатор
ППП	Правила полётов по приборам
РЛС	Радиолокационная станция
СВП	Станция внешнего пилотирования
СДКМ	Система дифференциальной коррекции и мониторинга
СКП	Среднеквадратическая погрешность
УВД	Управление воздушным движением
ФАР	Фазированная антенная решётка

Введение

Мировой рынок гражданских беспилотных авиационных систем (БАС), их комплектующих и услуг, оказываемых на их основе, испытывает взрывной рост. Согласно результатам проведённых статистических исследований, полученных из различных источников, объём мирового рынка гражданских БАС растёт с темпом роста (CAGR) 12,6% и в следующем десятилетии составит $88,3 млрд., взлетев с $4,9 млрд долларов США в 2019 году до $14,3 млрд. к 2028 году. Рынок коммерческого применения БАС в 2023 году превзойдёт потребительский рынок и вырастет более чем в восемь раз, достигнув $9,5 млрд долларов к 2028 году. В 2020 году мировые поставки коммерческих БАС составят около 526 000 единиц, что на 50% больше, чем в 2019 году и к 2023 году достигнут более 1,3 миллиона единиц [1, 2]. В авиационной индустрии появилась новая экосистема, включающая производителей БАС и их комплектующих, разработчиков программного обеспечения, интеграторов, поставщиков услуг в интересах применения БАС, страховые компании и торговые площадки.

Проведённые различными исследовательскими организациями оценки показывают, что объём мирового рынка БАС, комплексных решений и услуг к 2035 году может составить более 200 млрд. долларов (в текущих ценах) и будет предметом диверсификации различных отраслей экономики. Изменится не только структура рынка, но и запросы потребителей, под которые придётся адаптироваться новым лидерам в глобальной конкуренции. Доля России на этом развивающемся рынке может составить более 35–40 млрд. долларов. Возникнут крупные отечественные компании, которые создадут новые отраслевые стандарты в своих сегментах.

Однако сложившаяся в настоящее время практика коммерческого применения БАС в Российской Федерации значительно отличается от оптимистических прогнозов. Российская Федерация в настоящее время занимает всего 0,3% от объёма и 2% в стоимости мирового рынка БАС, а общий объём российского рынка оценивается в $163 млн. (9,5 миллиарда рублей). В

соответствии с оптимистическими прогнозами ведущих отечественных консалтинговых агентств количество беспилотных воздушных судов (БВС) с взлётной массой более 250 г, находящихся в базе данных государственной системы учёта Российской Федерации, может превысить 300 тыс. к 2025 г., при этом около 70 тыс. БВС будут применяться в коммерческих целях. Значительное отставание Российской Федерации от ведущих зарубежных государств в развитии коммерческого рынка БАС связано, прежде всего, с отсутствием технологий, обеспечивающих безопасную и эффективную интеграцию БВС в национальное воздушное пространство, включая совместное безопасное выполнение полётов пилотируемых и беспилотных воздушных судов в общем (несегрегированном) воздушном пространстве. Для интенсивного роста рынка массового коммерческого применения БАС необходимо скорейшее снятие существующих технологических, инфраструктурных и нормативных барьеров, сдерживающих его развитие.

Ключевым условием успеха внедрения беспилотной авиации в экономику Российской Федерации является совместное и компромиссное достижение интересов государства в лице нормативных регуляторов (федеральных органов исполнительной власти и органов сертификации) и бизнеса по внедрению эффективных технологий, обеспечивающих безопасную интеграцию БАС и развитие массового коммерческого рынка применения БАС.

Реализация безопасной и эффективной интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации будет представлять собой планомерную и поэтапную работу, предполагающую участие всех заинтересованных сторон в разработке нормативного правового и технического регулирования, создания и внедрения новых технологий, разработки и квалификации бортового и наземного оборудования, эксплуатационных процедур организации воздушного движения (ОрВД), обучения авиадиспетчеров, внешних пилотов и персонала, занятого в техническом облуживании БАС.

В настоящее время в международных организациях ИКАО, RTCA, EUROCONTROL, EASA, EUROCAE, GUTMA, а также в Минтрансе России,

Росавиации, Союзе авиапроизводителей России, предприятиях авиационной промышленности, научно-исследовательских организациях, различных бизнес-ассоциациях и некоммерческих объединениях ведутся постоянные дискуссии, на базе каких нормативных технических требований и технологических решений выполнять безопасную и эффективную интеграцию БАС в несегрегированное воздушное пространство. Общепризнанных, согласованных и одобренных государственными регуляторами решений в Российской Федерации на данный момент не существует.

Спутниковые и гибридные технологии связи, навигации, наблюдения и полётно-информационного обслуживания являются базовой основой безопасной интеграции БАС в воздушное пространство и развития массового рынка их коммерческого применения. В отличии от ведущих зарубежных стран (США, страны ЕС, Японии), в настоящее время отсутствуют технологические и инфраструктурные условия для массового развития беспилотной авиации, создание которых возможно только на основе применения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и спутниковых телекоммуникационных систем.

В 2019 г. по инициативе Президента Российской Федерации, озвученной на «Прямой линии» 7 июня 2018 г., в Госкорпорации «Роскосмос» стартовала программа создания новой взаимоувязанной многосистемной космической информационной инфраструктуры «Сфера». Стратегической целью программы является достижение необходимого уровня обеспечения спутниковыми услугами всех отраслей экономики России, создание условий для цифровизации экономических, производственных, образовательных, научных, административных и культурных процессов развития страны с помощью спутниковых технологий, расширение присутствия отечественных космических продуктов на международных рынках, максимальное использование возможностей существующих и перспективных космических систем и комплексов в интересах национальной, общественной и экономической безопасности страны. Полномасштабное развёртывание и введение в эксплуатацию информационной

инфраструктуры «Сфера» позволит обеспечить синергетический эффект в применении взаимоувязанных сервисов спутниковой связи, навигации и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) во всех отраслях экономики страны, в том числе, и беспилотном воздушном транспорте.

Реализация программы «Сфера» должна осуществляться с учётом потребностей и требований к системным характеристикам создаваемых перспективных и модернизируемых спутниковых систем связи, навигации и ДЗЗ, необходимых для технологического обеспечения интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации и гармонизированных с международными стандартами ИКАО, RTCA, EUROCAE, GUTMA.

В связи с этим актуальными задачами интеграции БАС являются: проведение анализа международных и национальных требований, относящихся к технологиям, прежде всего, спутниковым и гибридным, разработка предложений по их совершенствованию в интересах безопасного выполнения полётов БВС в несегрегированном воздушном пространстве Российской Федерации.

Роль и место НИР «Проведение анализа международных и национальных требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации и разработка предложений по их совершенствованию» заключается в систематизации существующих и перспективных международных требований к связи, навигации, наблюдению БВС и полётно-информационному обслуживанию внешних пилотов БВС, получении новых знаний и формировании перспективных направлений технологического развития в области интеграции БАС в национальное воздушное пространство.

1. Анализ документов ИКАО, включая черновые и перспективные редакции, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем

Обеспечение установленного уровня безопасности полётов и снижение рисков, связанных с выполнением полётов БВС, является наивысшим приоритетом интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации.

Любое воздушное судно, предназначенное для полёта без пилота на борту, относится ИКАО к БВС [3]. Нормативное регулирование БАС должно осуществляться на основе риск-ориентированного подхода, основанного на требуемых эксплуатационных характеристиках, которые, в свою очередь, определяются используемыми технологиями. Риск-ориентированный подход предполагает пропорциональную зависимость уровня доступа конкретного БВС в воздушное пространство от уровня создаваемого им риска при выполнении конкретного полёта.

Наиболее важными при проведении оценки эксплуатационных рисков БАС в зависимости от используемых технологий являются риски безопасности полётов. Риск безопасности полётов определён ИКАО как комбинация предполагаемой вероятности возникновения нежелательного результата при применении любого воздушного судна и связанной с ним серьёзности последствий или результатов опасности [4].

К рискам безопасности полётов относятся риск причинения вреда другим пользователям воздушного пространства, людям на земле и критической инфраструктуре. Другие риски, хотя и являются второстепенными, также должны приниматься во внимание при проведении оценки применимости конкретной технологии в интересах интеграции БАС с использованием риск-ориентированного подхода.

Интеграция БАС не должна приводить к снижению существующего уровня безопасности полётов пилотируемой авиации, снижению уровня авиационной безопасности, увеличению риска для третьих лиц в воздухе и на земле, наземной инфраструктуры.

Определение целевых показателей безопасности полётов базируется на расчётах максимально допустимой вероятности наихудшего возможного последствия, под которым предусматриваются случаи с летальным исходом при неуправляемом падении БВС на землю или столкновения БВС с пилотируемыми ВС и между собой [5]. Данная вероятность определяет целевой уровень безопасности полётов (TLS — Target Level Safety). Когда TLS задан, то технологические и технические решения должны быть разработаны таким образом, чтобы при заданной частоте возникновения опасностей, частота катастроф не превышала заданный целевой уровень безопасности.

Приведённые в [6, 7], исследования по анализу международных документов ИКАО по оценке безопасности полётов БВС, а также документов FAA, EASA, JARUS, GUTMA, показывают, что для выполнения совместных полётов пилотируемых и беспилотных ВС в контролируемом воздушном пространстве (классов A и C воздушного пространства Российской Федерации) по правилам полётов по приборам (ППП) целевой уровень безопасности полётов БАС должен соответствовать заданному TLS для коммерческой гражданской авиации, равному 10^{-9} за час полёта для любого БВС. При выполнении совместных полётов пилотируемых и беспилотных ВС в неконтролируемом воздушном пространстве (класса G воздушного пространства Российской Федерации) целевой уровень безопасности полётов БАС должен соответствовать заданному TLS для авиации общего назначения (АОН), равному 10^{-7} за час полёта.

При использовании методологии оценки безопасности полётов БАС в соответствии с [4] определение модели рисков безопасности полётов БВС для применения конкретного технологического решения является первым шагом в оценке применимости технологий в интересах интеграции БАС и определения целевого уровня гарантии проектирования (Design Assurance Level — DAL) бортового и наземного оборудования. При этом риски вероятностей возникновения и тяжести последствий необходимо оценивать для каждой типовой полётной операции в соответствующем классе воздушного пространства или ожидаемого эксплуатационного сценария применения БАС.

Учитывая высокий уровень автономности БВС в будущем, отсутствие пилота на борту, для безопасного использования БАС в воздушном пространстве Российской Федерации необходимы также разработка и внедрение технологий обеспечения киберзащищенности применяемых технических решений, авиационной экосистемы в целом и всех компонентов её инфраструктуры.

Внедрение новых сервисов аэронавигационного обслуживания при поэтапной интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации невозможно без разработки, апробации и внедрения соответствующих технологических решений.

К таким решениям, рассматриваемым в настоящем исследовании, относятся:

— системы навигации, связи (включая линии управления и контроля C2), и наблюдения БАС;

— - системы полётно-информационного обслуживания (Flight Information Service)

С учётом высоких темпов развития отрасли БАС и сокращения сроков их интеграции в воздушное пространство разработка и внедрение технологических решений должна быть гармонизирована с международной нормативной технической базой и осуществляться с учётом существующих и перспективных требований и стандартов ИКАО.

1.1. Анализ документов ИКАО, относящихся к навигационным технологиям беспилотных воздушных судов

В соответствии с документом ИКАО «Дистанционно пилотируемые авиационные системы. Эксплуатационная концепция для международных полётов по правилам полётов по приборам» (RPAS IFR CONOPS) [8], дистанционно пилотируемые воздушные суда при выполнении полётов по ППП должны быть оборудованы и иметь необходимые эксплуатационные разрешения для выполнения требуемых навигационных характеристик (RNP) в соответствии с требованиями воздушного пространства, в котором они планируют работать.

Традиционные для пилотируемой авиации навигационные средства наземного базирования не обеспечивают необходимое глобальное поле с требуемыми навигационными характеристиками. Существующая отечественная наземная инфраструктура навигации не обеспечивает возможность безопасной организации полётов большого числа БВС, особенно на предельно малых высотах.

Глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС и GPS доступны для решения задач навигации БАС во всех классах воздушного пространства независимо от географии выполнения полётов. Однако их автономное применение не обеспечивает требуемого для применения на всех этапах полёта уровня навигационных характеристик, определяемых соответствующими спецификациями RNP и RNAV Документа 9613 ИКАО «Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN)» [9].

Для их повышения используются бортовые системы функционального дополнения ABAS, наземные системы функционального дополнения наземного GBAS и спутниковые SBAS [10]. Следует отметить, что системы функционального дополнения наземного базирования GBAS имеют все ограничения, характерные для наземных радиотехнических систем навигации.

Проведённый при выполнении исследования анализ наиболее актуальных существующих и прогнозируемых потребностей беспилотной авиации в технологиях навигации в Российской Федерации показал, что к общей проблеме, решение которой требует безотлагательных решений и мероприятий, относится

необходимость выполнения заявленных в международных стандартах ИКАО и прогнозируемых международных требований к характеристикам сигнала в пространстве (Signal in Space — SIS) системы ГЛОНАСС и отечественной спутниковой системы функционального дополнения SBAS — СДКМ-КФД.

Разворачиваемые в настоящее время иностранные спутниковые навигационные группировки GALILEO (страны Евросоюза) и BEIDOU (Китай), а также системы их спутникового функционального дополнения EGNOS и BDSBAS не предусматривают надёжное навигационное обеспечение территории Российской Федерации [11]. Вместе с тем, планируемое совместное использование сигналов модернизируемой системы ГЛОНАСС с спутниковыми навигационными группировками GPS, GALILEO, BEIDOU и стандартизированными в соответствии с требованиями ИКАО отечественными функциональными дополнениями SBAS и GBAS в навигационной бортовой аппаратуре БВС позволит обеспечить требуемый уровень навигационных характеристик.

Таким образом, потребность в выполнении заявленных в международных, нормативных документах существующих и прогнозируемых требований к характеристикам сигнала в пространстве (SIS) глобальных спутниковых навигационных систем и систем их функциональных дополнений *является основополагающей* для реализации всех спутниковых навигационных услуг в интересах государственных (B2G), коммерческих (B2B) и частных «конечных» потребителей (B2C) в сегменте воздушного транспорта, в том числе, беспилотного.

Она обеспечивается гарантией государства по выполнению заявленных в Приложении 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь», томе I «Радионавигационные средства» [12] требований к характеристикам сигнала в пространстве (SIS) сертифицированных ГНСС и их функциональных дополнений, применяемых к типовым полётным операциям и требований к навигации воздушных судов, основанной на характеристиках (Performance Based Navigation - PBN) [9], а также их доведения до заданного перспективного уровня, приведённого в Глобальном аэронавигационном плане ИКАО (GANP ICAO), который рассчитан на период до

2035 года [13].

Далее проводится краткий анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям навигации, необходимым для интеграции БВС в воздушное пространство Российской Федерации.

Реализация концепции PBN [9] обеспечивает внедрение схем маршрутов зональной навигации (RNAV) с использованием стандартизированных навигационных спецификаций, предназначенных для определения требования к навигации ВС на всех этапах полёта, стандартным маршрутам вылета по приборам (SID), стандартных маршрутов прибытия по приборам (STAR) в районе аэродрома и захода на посадку. Навигационные спецификации включают требования к ВС (составу бортового навигационного оборудования, точности, целостности, непрерывности, функциональные требования), требования к лётному экипажу, а также процессу утверждения эксплуатантов ВС.

В концепции PBN указывается, что требования к характеристикам бортовых навигационных систем должны определяться на основании эксплуатационных требований к ВС в виде точности, целостности, эксплуатационной готовности, непрерывности и функциональных возможностей, необходимых для выполнения предполагаемых полётов в контексте концепции конкретного воздушного пространства (рис. 1).

Требования к навигационным характеристикам указываются в навигационных спецификациях, в которых также определяется, какие навигационные датчики и оборудование можно использовать для соблюдения этих требований к характеристикам. Эти навигационные спецификации излагаются достаточно подробно, с тем, чтобы обеспечить согласованность действий на глобальном уровне путём предоставления государствам и эксплуатантам конкретного инструктивного материала относительно реализации.

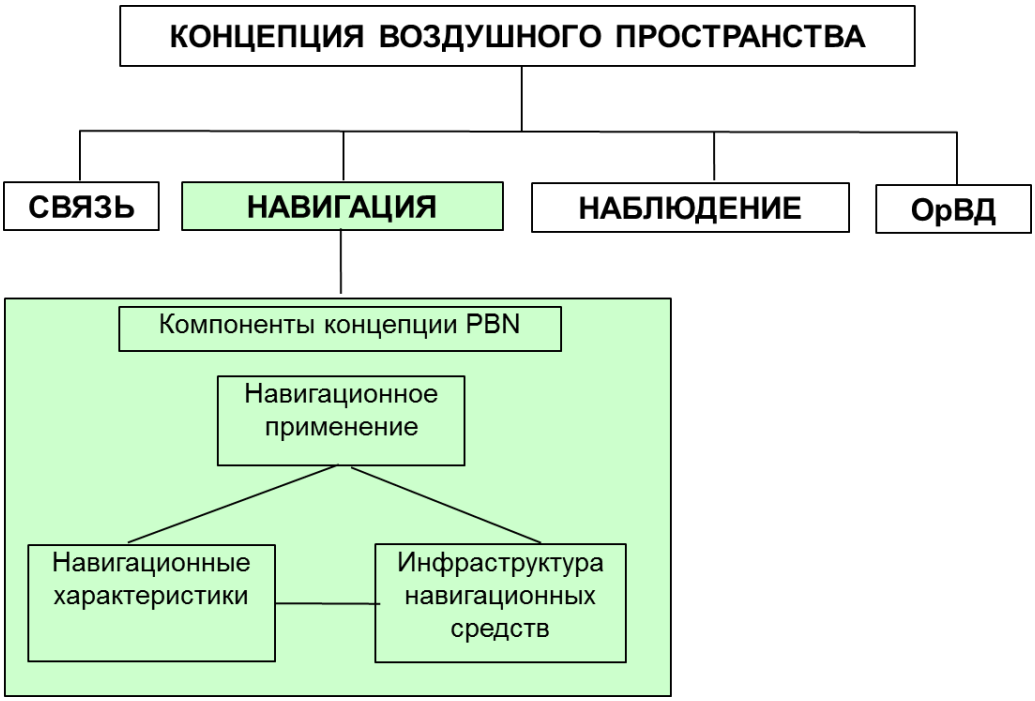

Рисунок 1— Компоненты концепции PBN

Типы RNP, применяемые в концепции PBN, приведены на рисунке 2.

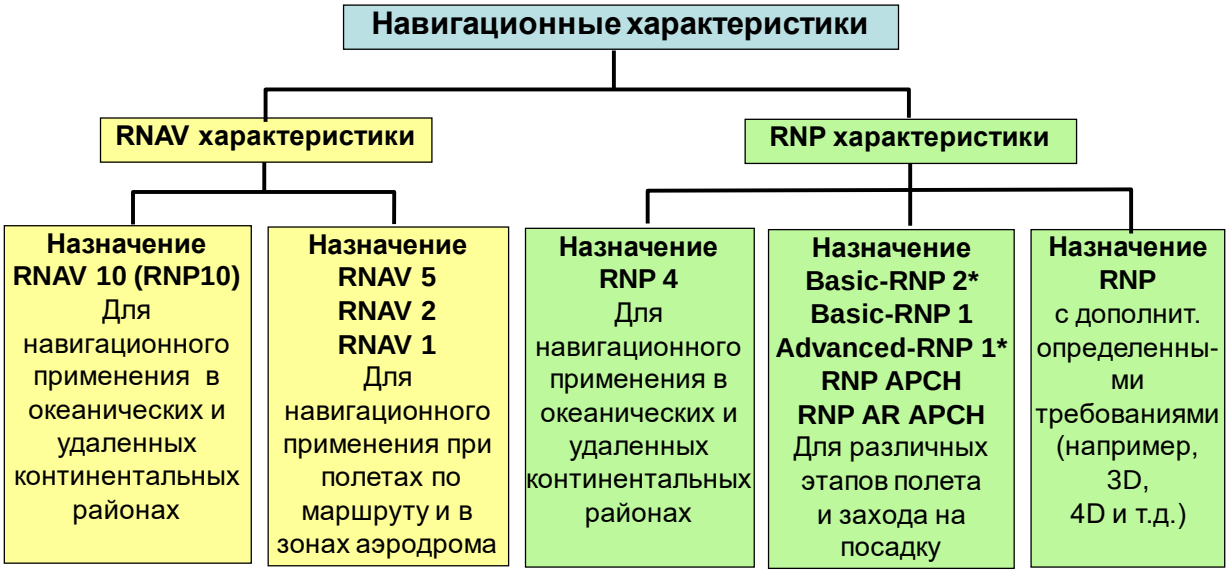

Рисунок 2 — Типы RNP, применяемые в концепции PBN

Перечень навигационных спецификаций, используемых на различных этапах полёта, в соответствии с документом [9] представлен в табл. 1. Цифры в таблице соответствуют обшей погрешности определения места ВС в морских милях (NM), понимаемой как способности системы с вероятностью 0,95 удерживать ВС в пределах суммарной погрешности системы (TSE).

Таблица 1 - Перечень навигационных спецификаций

Навигационное техническое требование	ЭТАПЫ ПОЛЕТА							
	Полет по маршруту		При-бытие	Заход на посадку				Вылет
	Океаническое ВП / удаленные р-ны конт.ВП	Континен-тальное ВП		Начальн. этап	Промежу-точный этап	Конечный этап	Уход на вто-рой круг	
RNAV-10	10							
RNAV-5		5	5					
RNAV-2		2	2					2
RNAV-1		1	1	1	1		1	1
RNP-4	4							
RNP-2	2	2						
RNP-1			1	1	1		1	1
RNP APCH				1	1	0.3	1	
RNP AR APCH				1–0.1	1–0.1	0.3–0.1	1–0.1	
Advance RNP	2	2 или 1	1	1	1	0,3	1	1
RNP-03		0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3

Основополагающим требованием при реализации любой спецификации PBN является бортовой контроль требуемых навигационных характеристик и возможность предупреждения экипажа (внешнего пилота БВС) в случае, когда заданные требования RNP не соответствуют фактическим.

На рис. 3 приведена классификация заходов ИКАО [8], и навигационных средств, их реализующих. В соответствии с приведённой классификацией все заходы делятся на два типа А и В с минимальным порогом высоты принятия решения более 250 футов и менее 250 футов соответственно. К типу А относятся неточные заходы и заходы с вертикальным наведением. К типу В относятся точные заходы.

В [14] определены следующие типы инструментальных заходов на посадку:

— неточные заходы: инструментальный заход и посадка по приборам, использующие горизонтальное наведение, но не использующие вертикальное наведение

— заходы вертикальным наведением: инструментальный заход и посадка по приборам, использующие горизонтальное и вертикальное наведение, но не отвечающие требованиям, установленным для точных заходов на посадку и посадки;

— точные заходы на посадку и посадка: инструментальный заход и посадка по

приборам, использующие высокоточное горизонтальное и вертикальное наведение, при выполнении минимумов, определяемых категорией посадки ИКАО. Подробное описание спецификаций PBN и требуемых навигационных характеристик навигационных посадочных систем, не относящихся к концепции PBN приведено в [9, 12, 14].

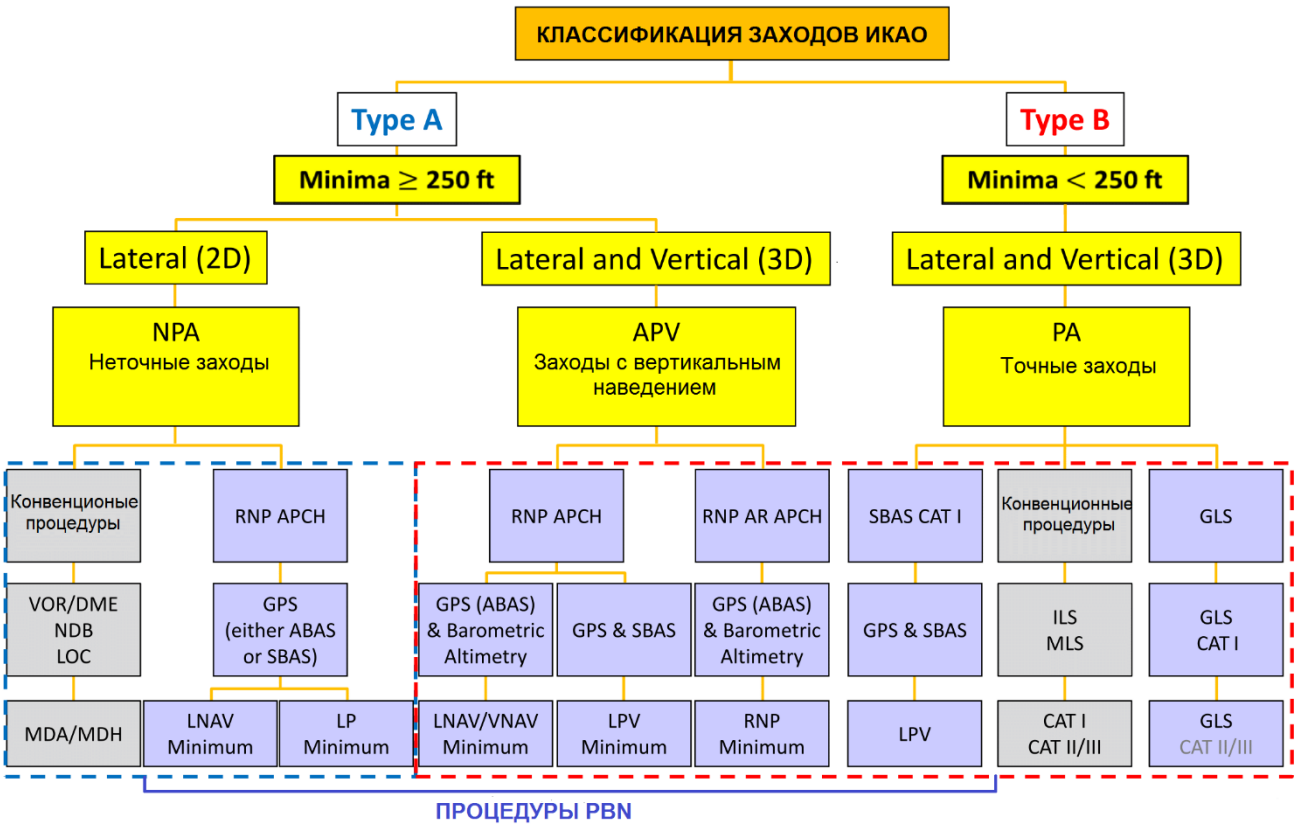

Рисунок 3— Классификация заходов ИКАО

Из приведённой классификации, очевидно, что ГНСС совместно с системами их функциональных дополнений реализуют все возможные типы заходов на посадку. Особо следует подчеркнуть, что международными стандартами ИКАО [9, 12] запрещено вертикальное наведение на основе ГНСС без использования SBAS и GLS (GBAS Landing System).

Основные требования ИКАО к характеристикам сигнала в пространстве (SIS), ГНСС и их функциональным дополнениям на различных этапах полёта в

соответствии с [12] приведены в таблице 2 и 3

Таблица 2 - Требования к характеристикам сигнала ГНСС в пространстве

Типовая операция	Точность в гор. плоск., м, P=0,95 (прим. 1-3)	Точность по вертикали, м, P= 0,95 (прим. 1-3)	Целостность (прим. 2)	Время до предупреждения, с. (прим. 3)	Непрерывность (прим. 4)	Эксплуатационная готовность (прим. 5)
На маршруте	3,7 км/ 2,0 NM	Не назначена	$1\text{-}10^{-7}$/ч	300	От $1\text{-}10^{-4}$/ч до $1\text{-}10^{-8}$/ч	От 0,99 до 0,99999
На маршруте и в зоне аэродрома	0,74 км/ 0.4 NM	Не назначена	$1\text{-}10^{-7}$/ч	15	От $1\text{-}10^{-4}$/ч до $1\text{-}10^{-8}$/ч	От 0,99 до 0,99999
Начальный заход, промежуточный заход, неточный заход (NPA), вылет	220 м/ 720 фут	Не назначена	$1\text{-}10^{-7}$/ч	10	От $1\text{-}10^{-4}$/ч до $1\text{-}10^{-8}$/ч	От 0,99 до 0,99999
Неточный заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	16 м/ 52 фут	20 м/ 66 фут	$1\text{-}2\cdot10^{-7}$ за заход	10	$1\text{-}8\cdot10^{-6}$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999
Неточный заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16 м/ 52 фут	8 м/ 26 фут	$1\text{-}2\cdot10^{-7}$ за любой заход	6	$1\text{-}8\cdot10^{-6}$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999
Точный заход на посадку по категории I	16 м/ 52 фут	6,0-4,0 м/ 20-13 фут	$1\text{-}2\cdot10^{-7}$ за любой заход	6	$1\text{-}8\cdot10^{-6}$ в любые 15с	От 0,99 до 0,99999
Точный заход на посадку по категории II, III (предварительные данные)	6,2- 3,6 м/ 20-12 фут	2,0-1,0 м/ 6-3 фут	$1\text{-}10^{-9}$ за любой заход	2	$1\text{-}2\cdot10^{-6}$ в любые 30 с	От 0,99 до 0,99999

В приведённых таблицах под характеристиками систем понимаются:

— точность — способность системы с вероятностью 0,95 определять местоположение ВС в пределах погрешности (NSE) в каждой точке установленной схемы полёта;

— целостность — мера доверия, которая может быть отнесена к правильности информации, выдаваемой системой в целом; целостность включает способность системы обеспечить пользователя своевременными и обоснованными предупреждениями (срабатывания сигнализации);

— непрерывность обслуживания — способность всей системы функционировать без перерывов в ходе выполнения намеченной операции;

— эксплуатационная готовность — способность всей системы выполнять свою функцию в момент начала намеченной операции;

— срабатывание сигнализации — индикация для любых систем ВС или предупреждение пилоту о том, что данный параметр навигационной системы находится вне допуска;

— порог срабатывания сигнализации — превышение допустимого отклонения для данного измеряемого параметра, вызывающее срабатывание сигнализации;

— задержка срабатывания сигнализации (время до предупреждения) — максимально допустимое время, прошедшее от наступления выхода системы за допустимые пороги до срабатывания сигнализации.

Отметим, что для точного захода на посадку на основе ГНСС и их функциональных дополнений SBAS и GBAS по категории I ИКАО определён диапазон значений точности по вертикали. Значение точности 4,0 м определяется техническими требованиями к инструментальной системе посадки (ILS) и представляет консервативный вариант этих требований [12].

Обозначения APV-I и APV-II относятся к двум различным уровням захода на посадку и посадки с вертикальным наведением (APV) и не предполагают обязательного эксплуатационного использования. В настоящее время помимо инструментальных заходов на посадку и посадки с вертикальным наведением APV-I и APV-II, одобренных ИКАО, существует новая концепция

инструментальных заходов на посадку с точностью курсового радиомаяка ILS с вертикальным наведением (LPV). LPV200 представляет собой инструментальный заход на посадку по приборам с вертикальным наведением, при котором наведение осуществляется до минимальной высоты принятия решения, равной 200 футов (60 метров), соответствующей точному заходу на посадку по категории CATI ИКАО.

Таблица 3 - Пороги срабатывания сигнализации для контроля целостности

Типовая операция	Порог срабатывания по горизонтали	Порог срабатывания по вертикали, м
На маршруте (океаническое/ континентальное воздушное пространство с низкой плотностью движения)	7,4 км/ 4 NM	Не назначено
На маршруте (континентальное воздушное пространство)	3,7 км/ 2 NM	Не назначено
На маршруте, в зоне аэродрома	1,85км/ 1 NM	Не назначено
NPA	556 м/ 0,3 NM	Не назначено
APV-I	40 м/ 130 фут	50 м/ 164 фут
APV-II	40 м/ 130 фут	20 м/ 66 фут
Точный заход на посадку по категории I	40 м/ 130 фут	35,0-10,0 м/ 115-33 фут
Точный заход на посадку по категории II, III (предварительные данные)	15,5-10,4 м/52-35 фут	10,0-2,6м/33-8 фут

Инструментальный заход на посадку LPV 200 одобрен для применения Федеральной авиационной администрацией (FAA) США, Европейской организацией по оборудованию для гражданской авиации (EUROCAE) для стран Евросоюза и основан на использовании только ГНСС и SBAS. Эта операция позволяет выполнять заходы с точностью горизонтального наведения, равной ILS, и обеспечивает значительные эксплуатационные преимущества по сравнению с существующими операциями APV. Данный типа захода не одобрен ИКАО и не входит в требования [12], но, в связи с его широким применением в США и странах Евросоюза, требуемые характеристики для поддержки этой операции приведены в таблицах 4-5 [15].

Таблица 4 - Требования к характеристикам SIS для LPV200

Тип захода на основе ГНСС+SBAS	Точность в горизонтальной плоскости, м, P=0,9	Точность по вертикали, м, P=0,95	Целостность	Время до предупреждения, с.	Непрерывность	Эксплуатационная готовность
Инструментальный заход на посадку с наведением в вертикальной плоскости LPV 200	16 м//2 фут	4	$1\text{-}2\cdot10^{-7}$ за заход (150 с)	6,2	$1\text{-}8\cdot10^{-6}$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999

Таблица 5 - Пороги срабатывания для контроля целостности LPV-200

Типовая операция	Порог срабатывания по горизонтали	Порог срабатывания по вертикали, м
LPV-200	40 м/ 130 фут	35 м/ 115 фут

Требования к заходу LPV200 операций выше, чем требования к APV-I и APV-II. Порог срабатывания по вертикали (VAL), равный 35 м, удовлетворяет требованиям пролёта препятствий, но не является достаточным для благополучного автоматического приземления воздушного судна на взлётно-посадочной полосе.

Соответствие характеристик SIS ГНСС и их функциональных дополнений требованиям RNP ИКАО на всех этапах полёта [12], [14] представлено в таблице 6. Из представленных данных, очевидно, что выполнение точных автоматических заходов, в том числе, БВС, по категориям CATII-III ИКАО с требуемыми эксплуатационными характеристиками, возможно только на основе применения ГНСС совместно с бортовым и наземным оборудованием GBAS (GLS).

Глобальный аэронавигационный план ИКАО (Документ 9750) [13] является высшим аэронавигационным стратегическим документом ИКАО и планом, призванным стимулировать эволюцию глобальной аэронавигационной системы в

соответствии с Документом 9854 ИКАО «Глобальная эксплуатационная концепция организации воздушного движения (GATMOC)» [16] и Документом 9882 ИКАО «Руководство по требованиям к системе организации воздушного движения» [17].

Таблица 6 - Соответствие требований RNP и характеристик SIS GNSS

Операция/этап полёта	Тип RNP	Общая архитектура функционального дополнения		
		Дополнительное средство	Основное средство	Самодостаточное средство
Полёт по маршруту	RNP 1 и выше	ABAS	ABAS	ABAS или ABAS+SBAS
Начальный или промежуточный участок захода на посадку, неточный заход на посадку, вылет	RNP 0.3	ABAS	ABAS или ABAS+ SBAS	ABAS или ABAS+SBAS или ABAS+GBAS
Неточный заход на посадку с наведением в вертикальной плоскости	RNP 0.3	ABAS	ABAS+SBAS	ABAS+SBAS или ABAS+GBAS
Точный заход на посадку по категории I	RNP 0.02	ABAS	ABAS+SBAS или ABAS+GBAS	ABAS+SBAS или ABAS+GBAS
Точный заход на посадку по категории II	RNP 0.01	ABAS+SBAS	ABAS+GBAS	ABAS+GBAS
Точный заход на посадку по категории III	RNP 0.003/z	ABAS+SBAS	ABAS+GBAS	ABAS+GBAS

В настоящее время действует 5-е издание GANP 2016 г. и заканчивается разработка 6-го издания [13]. GANP направлен на достижение глобальной

интероперабильной аэронавигационной системы для всех пользователей воздушного пространства на всех этапах полёта, которая будет соответствовать согласованным уровням безопасности, обеспечит оптимальные экономические операции, будет экологически устойчивой и удовлетворяющей требованиям национальной безопасности.

Реализация GANP осуществляется на основе «Блочной модернизации авиационной системы» (ASBU) [18], вытекающей из планов модернизации глобальной системы ОрВД и реальностей, связанных с ограниченным доступом к передовым технологическим усовершенствованиям во многих регионах развивающегося мира. ASBU ИКАО заключается в ряде усовершенствований, которые должны быть осуществлены в глобальном масштабе, начиная с определённого срока в целях улучшения эксплуатационных характеристик системы ОрВД. Каждый шестилетний блок, полная реализация которых рассчитана до 2037 года, составлен из модулей, и каждый модуль представляет собой конкретное, чётко ограниченное усовершенствование. Сроки реализации блоков ASBU [18]:

— Блок 0 — 2013 г;

— Блок 1 — 2019 г;

— Блок 2 — 2025 г;

— Блок 3 — 2031 г;

— Блок 4 — 2037 г.

Модули NAVS (навигационные системы) в GANP отражают усовершенствование технологий навигации. В предварительной черновой версии 6-й редакции GANP [18] приведены описания модулей NAVS-B0 — NAVS-B2.

В настоящее время в технологически готовы к внедрению следующие модули:

— NAVS-B0/1 GBAS - поддержка точных заходов на посадку на основе GBAS, операций посадки в конкретном аэропорту этапы прилёта и вылета с производительностью категории I ИКАО (CAT1) с использованием GBAS

типа C (GAST-C). Модуль реализован в Российской Федерации;

— NAVS-B0/2 SBAS -поддержка PBN на всех этапах полёта с повышенной точностью, целостностью и доступностью по сравнению с ABAS, увеличение точности и целостности ГНСС при вертикального наведения, поддержка всех навигационных спецификаций PBN с акцентом на развёртывание по RNP APCH до минимума LPV или LP при 250 футах (производительность APV I) или 200 футах/550 м (производительность категории CAT1). Модуль не реализован в Российской Федерации;

— NAVS-B0/3 ABAS – поддержка неточных (LNAV) и вертикальных (LNAV/VNAV) заходов с использованием латеральной навигации ГНСС и вертикального барометрического наведения (BaroVNAV), полётов в районе аэродрома и маршрутной навигации. Поддерживает все навигационные спецификации PBN, за исключением точных заходов RNP APCH до минимумов LPV/LP. Модуль реализован в Российской Федерации;

— NAVS-B0/4 MON (сети, обеспечивающие минимальную навигацию - (Navigation Minimal Operating Networks) – поддержка PBN на основе традиционных навигационных систем, расширенного использования ГНСС и процедур для обеспечения необходимых уровней устойчивости навигации. Позволяет рационализировать традиционную наземную навигационную инфраструктуру путём определения минимальных сетей наземных навигационных средств. Модуль реализован в Российской Федерации;

Модули, реализация которых находится на этапе стандартизации и эксплуатационной валидации требований:

— NAVS-B1/1 Extended GBAS – обеспечение точных заходов на посадку на основе GBAS и посадки в конкретном аэропорту, поддержка этапов прилёта и вылета, операции CATII с использованием GBAS типа C (GAST C) в сочетании с улучшенным ионосферным мониторингом и модернизацией бортового оборудования, операции CATII/III, поддерживаемые GBAS типа D (GAST D). Находится на этапе стандартизации.

— NAVS-B2/1 DF MC GBAS (двухчастотные мультисистемные GBAS) – обеспечение точных заходов на посадку и посадки по категориям CAT I-III на основе GBAS во всех регионах мира, устойчивость к атмосферным изменениям распространения радиоволн, предоставление дополнительной информации на основе использования новых созвездий (BEIDOU, GALILEO) и двухчастотных измерений, в том числе, GPS и ГЛОНАСС, расширение навигационных сервисов. Базируется на результатах блока 1, находится на этапе эксплуатационной валидации требований.

— NAVS-B2/2 DF MC SBAS (двухчастотные мультисистемные SBAS) – поддержка PBN на всех этапах полёта с повышенной точностью, целостностью и доступностью, обеспечение точных заходов на посадку и посадки по категориям CATI (возможно CATII) на основе SBAS во всех регионах мира, устойчивость к атмосферным изменениям распространения радиоволн, предоставление дополнительной информации на основе использования новых созвездий (BEIDOU, GALILEO) и двухчастотных измерений, в том числе, GPS и ГЛОНАСС, расширение навигационных сервисов. Базируется на результатах блока 0, находится на этапе эксплуатационной валидации требований.

— NAVS-B2/3 DF MC ABAS (двухчастотные мультисистемные ABAS) – предоставление более надёжные навигационных сервисов по сравнению с потерей одной частоты или одного созвездия ГНСС, использование новых алгоритмов целостности (A-RAIM). Ожидаются только горизонтальные (2D) улучшенные навигационные сервисы ABAS. Вертикальные (3D) улучшенные навигационные услуги ABAS будут внедрены в блоке 3. Базируется на результатах блока 0 и находится на этапе эксплуатационной валидации требований.

В настоящее время ИКАО не рассматривает вопросы технологического обеспечения БАС требуемыми навигационными характеристиками (RNP) в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты ниже 150 м (Very Low Level — VLL) до разработки соответствующих

концепций и стандартов по организации воздушного движения БАС (Unmanned Aircraft System Traffic Management — UTM) [20] в международных организациях по стандартизации в авиации RTCA, EUROCAE и GUTMA.

Одним из подходов к реализации UTM, очевидно, является передача концепции PBN для беспилотных применений. Однако, поскольку малые малых БАС (включающие БВС с максимальной взлётной массой 30 кг и менее) обычно используют коммерческое навигационное оборудование, которое обычно не сертифицировано для авиационных применений, необходимо определить, как перенести на них основной принцип концепции PBN. Главный вопрос остаётся открытым: если все аспекты концепции PBN можно перенести на операции БАС в неконтролируемом воздушном пространстве (в частности, VLL), возможно ли назначить определённые значения RNP в определённом неконтролируемом воздушном пространстве для выполнения полётов БВС? Результаты современных исследований, проводимых по данному вопросу в международных организациях по стандартизации в авиации RTCA, EUROCAE и GUTMA будут рассмотрены в последующих разделах настоящего исследования.

1.2. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям связи беспилотных воздушных судов

В соответствии с документом ИКАО RPAS IFR CONOPS [8], дистанционно пилотируемые воздушные суда при выполнении полётов по ППП должны быть оборудованы и иметь необходимые эксплуатационные разрешения для выполнения требуемых характеристик связи (RCP) в соответствии с требованиями воздушного пространства, в котором они планируют работать.

Существуют две основные категории видов авиационной связи [19]:

1) относящиеся к обеспечению безопасности полётов ВС виды связи, которые должны обладать высокой целостностью и низкой задержкой передачи сообщений:

— связь в целях обслуживания воздушного движения (ATSC), осуществляемая между органами организации воздушного движения или органом

ОрВД и ВС для обеспечения управления воздушным движением (УВД) в контролируемом воздушном пространстве, передачи полётной информации, предупреждающих сообщений в случае возникновения непредвиденных ситуаций и др.;

— связь в целях авиационного оперативного контроля (АОС), осуществляемая эксплуатантами воздушных судов для решения вопросов, связанных с безопасностью, регулярностью и эффективностью полётов;

2) не относящиеся к обеспечению безопасности полётов виды связи:

— авиационная административная связь (ААС), осуществляемая авиационным персоналом и/или авиационными организациями для решения административных и частных вопросов;

— авиационная связь для пассажиров (в настоящее время не используется в интересах БАС).

Кроме того, для передачи данных наблюдения и данных, обеспечивающих полётно-информационного обслуживания (Flight Information Service), используется прямая адресная связь и связь в режиме радиовещания.

Для передачи команд управления и другой информации по каналам «борт-земля», «борт-борт» пилотируемой авиации применяется наземное и бортовое оборудование авиационной радиосвязи, установленное в зоне аэропортов и аэродромов, а также на ВС. В этих целях Международным союзом электросвязи (МСЭ) и ИКАО выделены частоты 0,2-1,5 МГц, 2-30 МГц, 118-136 МГц, 220-400 МГц [20].

Безопасная интеграция БАС в воздушное пространство Российской Федерации предполагает использование новых технологических решений при реализации базовых принципов аэронавигационного обслуживания, в том числе усовершенствование полётно-информационного обслуживания пилотируемых и беспилотных воздушных судов в различных классах воздушного пространства на основе применения линий передачи данных (в том числе, и спутниковых) в интересах контроля и управления (С2) БАС, слежения (трекинга) за БВС, аварийного оповещения, действиях в случае непредвиденных ситуаций (отказах

наземной линии С2), а также сбора и передачи информации от полезных нагрузок БВС при коммерческом применении БАС.

Линия управления и контроля С2 – это линия передачи данных между БВС и станцией внешнего пилота в целях управления полётом. Линии управления и контроля С2 обеспечивают возможность внешнему пилоту контролировать, управлять БВС, получать необходимую телеметрию. В ИКАО, и МСЭ линию С2 относят к линии управления и связи, не относящейся к полезной нагрузке БВС (Control and Non-Payload Communications Link — CNPC).

При выполнении полётов в пределах прямой видимости (VLOS) по линии С2 выполняется непосредственно пилотирование БВС. При полётах за пределами прямой видимости (BVLOS) БВС может находиться в пределах прямой радиовидимости от станции внешнего пилота (RLOS) или за переделами радиовидимости (BRLOS). В этих случаях архитектура линий С2 и предъявляемые к ней требования существенно различаются.

Под архитектурой С2 BRLOS понимается любая конфигурация, в которой передатчики и приёмники не находятся в условиях RLOS, включающая в себя оборудование наземных или спутниковые систем радиосвязи, с помощью которых внешний пилот через станцию внешнего пилота пункт дистанционного пилотирования (ПДП) взаимодействует с БВС (рисунок 4) [21].

Рисунок 4 —Архитектуры линии С2

Основной вариант применения линии С2 для выполнения полётов в

несегрегированном воздушном пространстве предполагает наличие связи с центрами УВД. Это расширяет линию С2 до С3 (управление, контроль и связь в интересах УВД). В дальнейшем, под линией С2 будем понимать расширенную линию, обеспечивающую также связь в интересах УВД. Архитектуры линии С2, обеспечивающие полёты БАС, также различаются на RLOS и BRLOS. (рисунок 5).

Рисунок 5 — Архитектуры линии С3

Линия управления и контроля С2 обеспечивает решение следующих задач:

— управление передачей данных по линии связи «вверх» на борт БВС: данные, необходимые для изменения поведения и состояния БВС,

— управление передачей данных по линии связи «вниз» с борта БВС: данные, необходимые для определения местоположения и статуса БВС,

— передача информации в целях предотвращения столкновений в воздухе (DAA) по линии связи «вверх»: выбор датчика/управление с помощью датчика и, в соответствующих случаях, выбор режима автоматического реагирования (включён/выключен) и перевод в ручной режим (возможность отмены манёвра внешним пилотом),

— передача информации DAA по линии связи «вниз»: данные датчиков и обработанная информация датчиков (информация о воздушном движении, погодных условиях, рельефе местности и визуальные данные по аэропортам и т.д.), оповещение о конфликтных ситуациях, оповещение о близости земли/препятствиях и консультативные сообщения о выполнении манёвра и,

если применимо, автоматическое реагирование средств DAA (инициирование и описание) и т. д.,

— передача данных по линиям связи «вверх» и «вниз» в целях передачи управления между ПДП,

— передача данных по линиям связи «вверх» и «вниз» в целях выполнения требований к регистрации полётных данных,

— выполнение функций контроля технического состояния и статуса линий передачи данных, включая передачу периодических контрольных сообщений и подтверждение или не подтверждение приёма сообщений, обмен которыми осуществляется в обоих направлениях,

— осуществление обмена речевыми сообщениями и данными ОВД между БВС и станцией внешнего пилота.

В соответствии с концепцией внедрения систем связи, навигации наблюдения и организации воздушного движения CNS/ATM ИКАО связь с бортом воздушного судна в речевом режиме и передача данных в океаническом воздушном пространстве и удалённых районах континентального воздушного пространства осуществляется через спутниковые линии передачи данных в полосе частот, выделенной МСЭ и ИКАО авиационной подвижной спутниковой (маршрутной) службы (AMS(R)S) (1545–1555 МГц и 1646,5–1656,5 МГц), и с помощью ВЧ-линии передачи данных (2-30 МГц) [19].

Различные средства передачи данных (например, AMS(R)S, ВЧ-линии передачи данных, ОВЧ-линии передачи данных) в настоящее время объединены в рамках сети авиационной электросвязи (ATN). Несмотря на то, что по-прежнему широко используется речевая связь в диапазоне ОВЧ, предпочтение в соответствии с Глобальным аэронавигационным планом ИКАО к 2030 году будет отдаваться авиационным средствам цифровой связи, а не применяемым в настоящее время средствам аналоговой связи [13].

Основными направлениями ИКАО в модернизации авиационной радиосвязи для безопасности полётов являются: переход на спутниковые технологии связи, повышение помехоустойчивости и надёжности всех видов радиосвязи, а также

интегрирование в единый комплекс спутниковых средств навигации и радиосвязи [18].

В письме ИКАО Ref: AN 7/67.1.1-19/52 от 23.08.2019 г. [22], направленным государствам – участникам по результатам 11-го заседания 211-й сессии Аэронавигационная комиссии, состоявшегося 12 июня 2019 года, была предложены Поправка к тому V «Использование радиочастотного спектра» Приложению 10 к Конвенции о международной гражданской авиации [23], касающаяся распределения спектра радиочастот в интересах линии С2 БАС и проект первого издания тома VI «Системы и правила связи, относящиеся к линии С2 дистанционно пилотируемых авиационных систем».

В соответствии с предлагаемой поправкой с 28 ноября 2024 года службами связи по линии С2 ДПАС, указанными в главе 5 тома V Приложения 10 могут использоваться следующие выделенные защищённые частоты:

— частота 13,250 МГц;
— частота 136,925 МГц;
— диапазон частот 960–1215 МГц, первично выделенный для всенаправленных дальномерных радиомаяков (DME);
— диапазон частот 5030,4–5150,0 МГц.
— диапазоны частот AMS(R)S) 1610–1626,5 МГц и 5030–5091 МГц для спутниковой линии С2;
— ранее выделенные диапазоны частот подвижной спутниковой службы (ПСС), где операции AMS(R)S имеют приоритетный доступ, 1545–1555 МГц и 1646,5–1656,5 МГц;
— диапазоны частот, выделенные фиксированной спутниковой службе (FSS):
    — 10,95–11,2 ГГц (космос–Земля);
    — 11,45–11,7 ГГц (космос–Земля);
    — 11,7–12,2 ГГц (космос–Земля) в Районе 2;
    — 12,2–12,5 ГГц (космос–Земля) в Районе 3;
    — 12,5–12,75 ГГц (космос–Земля) в Районах 1 и 3;

— 19,7–20,2 ГГц (космос–Земля);

— 14,0–14,47 ГГц (Земля–космос);

— 29,5–30,0 ГГц (Земля–космос).

Указанные диапазоны радиочастот для спутниковых линий С2 были закреплены Резолюцией 155 Всемирной конференции радиосвязи МСЭ в 2015 г. (ВКР-15), утверждены Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2018 г. № 685-р «Об утверждении Регламента радиосвязи» и подтверждены ВКР МСЭ в 2019 г (ВКР-19) [24]. Будущие решения, МСЭ зависят от прогресса в разработке стандартов и рекомендуемой практики ИКАО (SARPS) по линиям С2 и идентификации потенциальных проблем, связанных с безопасностью полётов. В зависимости от накопленного опыта в результате работы ИКАО, резолюция 155 будет пересмотрена и обновлена в ходе ВКР-23.

В проекте первого издания тома VI «Системы и правила связи, относящиеся к линии С2 дистанционно пилотируемых авиационных систем» не приведены конкретные требования к характеристикам. Вместе с тем отмечено, что качество предоставленного обслуживания линии С2 должно быть достаточным, чтобы обеспечить для службы УВД соблюдение эксплуатационных требований и требований к характеристикам связи (RCP), навигации (RSP) и наблюдения (RSP), определяемых требованиями используемого воздушного пространства в планируемых и резервных районах эксплуатации ДПВС [22].

Документ 9869 ИКАО «Требования к характеристикам спутниковой связи и наблюдения (PBCS) [25] определяет требования и спецификации к характеристикам авиационной связи, в том числе, спутниковых линий передачи данных, на основании следующих параметров:

— время транзакции связи — максимальное время завершения транзакции эксплуатационной процедуры связи, по истечении которого инициатору следует приступить к выполнению альтернативной процедуры,

— непрерывность — вероятность того, что транзакция эксплуатационной связи может быть завершена в течение времени транзакции связи,

— эксплуатационная готовность — вероятность того, что транзакция

эксплуатационной процедуры связи может быть инициирована по мере необходимости,

— целостность — вероятность одной или нескольких необнаруженных ошибок в завершённой транзакции связи.

В таблице 7 приведены основные типы RCP, предусмотренные для общего применения авиационной связи [25].

Таблица 7 – Типы RCP

Тип RCP	Время транзакции (с)	Непрерывность (вероятность/ ч полета)	Готовность (вероятность/ ч полета)	Целостность (допустимая частота/ ч полета)
RCP 10	10	0,999	0,99998	10-5
RCP 60	60	0,999	0,9999	10-5
RCP 120	120	0,999	0,9999	10-5
RCP 240	240	0,999	0,999	10-5
RCP 400	400	0,999	0,999	10-5

Для достижения высокой степени готовности и эффективности системы каждое ВС должно поддерживать связь с диспетчерами службы ОВД через региональный центр связи, дающий возможность подключаться к любой наземной станции связи или станции сопряжения спутниковой системы связи.

Утверждённые требования ИКАО к эксплуатационным характеристикам линий С2 в настоящее время отсутствуют. Ожидается, что первый пакет стандартов (SARPS) ИКАО для наземных линий С2 будет принят в 2020 году, второй пакет для спутниковых линий С2 – в 2022 г.

Следует отметить, что спутниковая авиационная связь (SATCOM) в интересах AMS(R)S на текущий момент осуществляется только через геостационарные спутники системы Inmarsat и низкоорбитальные спутники системы Iridium. Указанные системы сертифицированы для применения в авиации, а их рабочие диапазоны радиочастот закреплены МСЭ. Использование AMS(R)S имеет особое практическое значение для контрактного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-К), голосовой и цифровой связи по линии «диспетчер-пилот» (CPDLC) для пилотируемых и беспилотных ВС, выполняющих полёты в океанических и/или удалённых районах континентального воздушного

пространства [19].

Модули COMI (коммуникационные инфраструктуры) и COMS (коммуникационные служб) в GANP отражают усовершенствование технологий связи [18].

В настоящее время в технологически готовы к внедрению следующие модули:

— COMI-B0/1 ACARS предоставляет сети для контроллера и пилота возможность обмениваться сообщениями канала передачи данных и, таким образом, обеспечивает резервное копирование для голосовой связи. Это также обеспечивает оперативное управление сообщениями авиакомпании.

— COMI-B0/2 ATN/OSI предоставляет альтернативный специальный протокол ATS для обмена сообщениями о безопасности полетев.

— COMI-B0/3 VDL Mode 0/A — подсеть передачи данных, которая поддерживает передачу сообщений канала передачи данных. Новые возможности:

— Внедрение канала связи для поддержки внутренних операций по передаче данных;

— дополнение к голосовой связи;

— Обмен авиационными данными (AOC, CPDLC и ADS);

— COMI-B0/4 VDL Mode 2 Basic - подсеть передачи данных, которая поддерживает передачу сообщений канала передачи данных. Она обеспечивает более высокую производительность, чем VDL-0/A. Новые возможности:

— Обеспечивает увеличение ёмкости данных по сравнению с режимом VDL-0/A;

— Обмен авиационными данными (AOC, CPDLC и ADS);

— Более эффективное использование спектра;

— COMI-B0/5 SATCOM (спутниковая связь) — поддержка улучшенного наблюдения и связи в воздушном пространстве, где применяется процедурное эшелонирование.

— COMI-B0/6 HFDL — среда связи, используемая для обмена сообщениями данных между оконечными системами воздушного судна и

соответствующими наземными станциями HFDL. Поддерживает улучшенное наблюдение в воздушном пространстве, где применяется процедурное эшелонирование;

— COMI-B1/1 ATN/IPS. Межсетевая сеть ATN/IPS состоит из узлов и сетей IPS, работающих в многонациональной среде для поддержки связи службы воздушного движения, а также связи авиационной промышленности, такой как авиационная административная связь и авиационная эксплуатационная связь. Её развитие будет способствовать расширению функций сотрудничества и координации между гражданским и военным сектором, если будут должным образом учтены аспекты совместимости и военной информационной безопасности;

— COMI-B1/2 Многочастотная VDL-2 (Multi-Frequency). VDL Mode 2 Multi-Frequency состоит из набора протоколов воздух-земля, которые увеличивают скорость передачи данных до 31.5 кбит. Они позволяет перейти от символьно-ориентированных протоколов к цифровым или битовым протоколам, используя при этом воздушный и наземный узкополосный приёмопередатчик ОВЧ, работающий в полосе ОВЧ защищённого авиационного спектра, который будет передавать текстовые данные в кабину и из кабины для поддержки обмена данными между пилотом и авиадиспетчером;

— COMI-B1/3 SATCOM. Система SATCOM представляет собой широкополосную систему связи на базе IP, которая обеспечивает передачу голоса и высокоскоростных данных между воздушным судном и авиадиспетчером.

— COMI-B1/4 AeroMACS — широкополосная система беспроводной связи. Она может обеспечить сетевое соединение на поверхности аэропорта для фиксированной беспроводной связи и может использоваться только для обеспечения безопасности и регулярности полёта. Фиксированные узлы сети, поддерживаемые AeroMACS, включают мультилатерационные датчики, погодные датчики, наземный радар и фиксированные навигационные средства.

— COMS-B0/1 CPDLC — в качестве дополнения к речевой связи связь между контроллером и пилот-каналом передачи данных (CPDLC) предоставляет контроллеру и пилоту возможность обмена данными посредством обмена

сообщениями канала передачи данных. Преимущества, связанные с CPDLC, включают:

- в определённом воздушном пространстве прямая связь между диспетчером и пилотом, где она ранее не была доступна;
- возможность лётному экипажу печатать сообщения;
- позволяет хранить и просматривать сообщения по мере необходимости;
- уменьшение ошибок ввода лётного экипажа;
- разрешение лётному экипажу запрашивать сложные разрешения маршрута, на которые диспетчер может ответить, не вводя вручную длинную строку координат;
- снижение загруженности лётного экипажа за счёт поддержки автоматически передаваемых отчётов при возникновении определённого события;

— COMS-B0/2 ADS-C. Для процедурного воздушного пространства. Функция ADS-C обеспечивает орган УВД автоматически, без вмешательства пилота, информацией, касающейся положения воздушного судна и прогнозируемого профиля полёта в промежутки времени, события или по требованию, так, как это обусловлено наземными потребностями.

Модули, реализация которых находится на этапе стандартизации и эксплуатационной валидации требований:

— COMI-B2/1 ATN/IPS «воздух-земля». Новая сетевая инфраструктура, основанная на интернет-протоколе (IP), которая обещает использовать продукты COTS для поддержки воздушных и наземных служб авиационной безопасности и регулярности полётов;

— COMI-B2/2 — подключение движущихся ВС к AeroMACS;

— COMS-B1/1 CPDLC, соответствующая PBCS для процедурного и внутреннего воздушного пространства. В процедурном воздушном пространстве сертифицированная по RCP-240 CPDLC предоставляет диспетчеру возможность вмешательства, позволяющую при использовании в сочетании с другими

необходимыми технологиями (например, ADS-C и возможностями навигации), уменьшить минимумы эшелонирования и, следовательно, увеличить пропускную способность. В воздушном пространстве внутри страны CPDLC, совместимый с RCP 130, обеспечивает дополнительные средства связи для регулярной связи по маршруту и расширение CPDLC для наземных операций (например, разрешение на вылет);

— COMS-B1/2 ADS-C, соответствующая PBCS для процедурного воздушного пространства. Сертифицированное по RSP-180 ADS-C обеспечивает гарантированное эшелонирование, позволяя при использовании вместе с другими необходимыми технологиями (например, CPDLC и навигационными возможностями) уменьшать минимумы разделения и, следовательно, увеличивать пропускную способность;

— COMS-B1/3 SATVOICE для процедурного воздушного пространства. Использование SATVOICE для всех типов связи ОВД (обычной и экстренной/срочной связи).

В настоящее время ИКАО не рассматривает вопросы технологического обеспечения БАС требуемыми характеристиками связи (RCP) в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты (VLL) до разработки соответствующих стандартов, относящихся к UTM. Результаты современных исследований, проводимых по данному вопросу в международных организациях по стандартизации в авиации RTCA, EUROCAE и GUTMA будут рассмотрены в последующих разделах настоящего исследования.

1.3. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям наблюдения беспилотных воздушных судов

В соответствии с документами ИКАО [8, 22], дистанционно пилотируемые воздушные суда при выполнении полётов по ППП должны быть оборудованы и иметь необходимые эксплуатационные разрешения для выполнения требуемых характеристик наблюдения (RSP) в соответствии с требованиями воздушного пространства, в котором они планируют работать.

Системы авиационного наблюдения [26] представляют данные о местоположении воздушных судов и другую соответствующую информацию в службы организации воздушного движения (ОрВД) и/или заинтересованным авиационным потребителям. В большинстве случаев система авиационного наблюдения даёт пользователю информацию о том, «кто» находится «где» и «когда». Требуемые данные и параметры технических характеристик систем авиационного наблюдения зависят от конкретных видов применения и определяются международными авиационными стандартами.

Минимальным эксплуатационным критерием системы авиационного наблюдения является предоставление информации о воздушных судах или транспортных средствах на аэродромах в установленное время. От характеристик систем авиационного наблюдения напрямую зависят минимальные безопасные расстояния, выдерживаемые между воздушными судами (нормы эшелонирования) и определяющие эффективность использования воздушного пространства.

В настоящее время системы авиационного наблюдения в континентальном воздушном пространстве традиционно используют инфраструктуру наземных сетей вторичных обзорных радиолокаторов (ВОРЛ), станций радиовещательного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В) и многопозиционной системы наблюдения (МПСН) [1].

Контрактное автоматическое зависимое наблюдение (АЗН-К) реализуется на основе использования спутниковых и ВЧ-линий передачи данных для обслуживания воздушного движения в океанических и удалённых континентальных районах [25]. Применение систем АЗН-К ориентировано на магистральные воздушные суда (ВС) совместно с спутниковыми линиями передачи данных «диспетчер – пилот» (CPDLC), позволяющими осуществлять цифровой обмен данными между органом управления воздушным движением (УВД) и экипажами ВС в качестве альтернативы речевой связи. При этом боковые/продольные интервалы эшелонирования составляют, как правило от 60/80 до 30/30 морских миль при среднем интервале обновления донесений о местоположении ВС, составляющим от 10 до 15 мин [27]. Архитектура

современной системы управления воздушным движением (УВД) при реализации контрактного спутникового АЗН-К приведена на рис. 6.

На сегодняшний день только две спутниковые телекоммуникационные системы сертифицированы на соответствие SARPS ИКАО для предоставления сервисов АЗН-К, CPDLC и голосовой связи в интересах ОрВД: Inmarsat и Iridium. При этом операторы этих систем не являются непосредственными поставщиками сервисов (Datalink Service Provider — DSP). DSP отвечает за перемещение цифровых и голосовых сообщений, донесений АЗН-К и CPDLC между наземной станцией (станциями) сопряжения спутниковой системы и комплексами средств автоматизации центров УВД и коммерческих эксплуатантов (авиакомпаний) на основе использования собственных сетей маршрутизации. Следует также отметить, что мировой рынок сервисов АЗН-К и CPDLC в настоящее время фактически занят двумя сертифицированными на соответствие стандартов ИКАО DSP (ARINC и SITA).

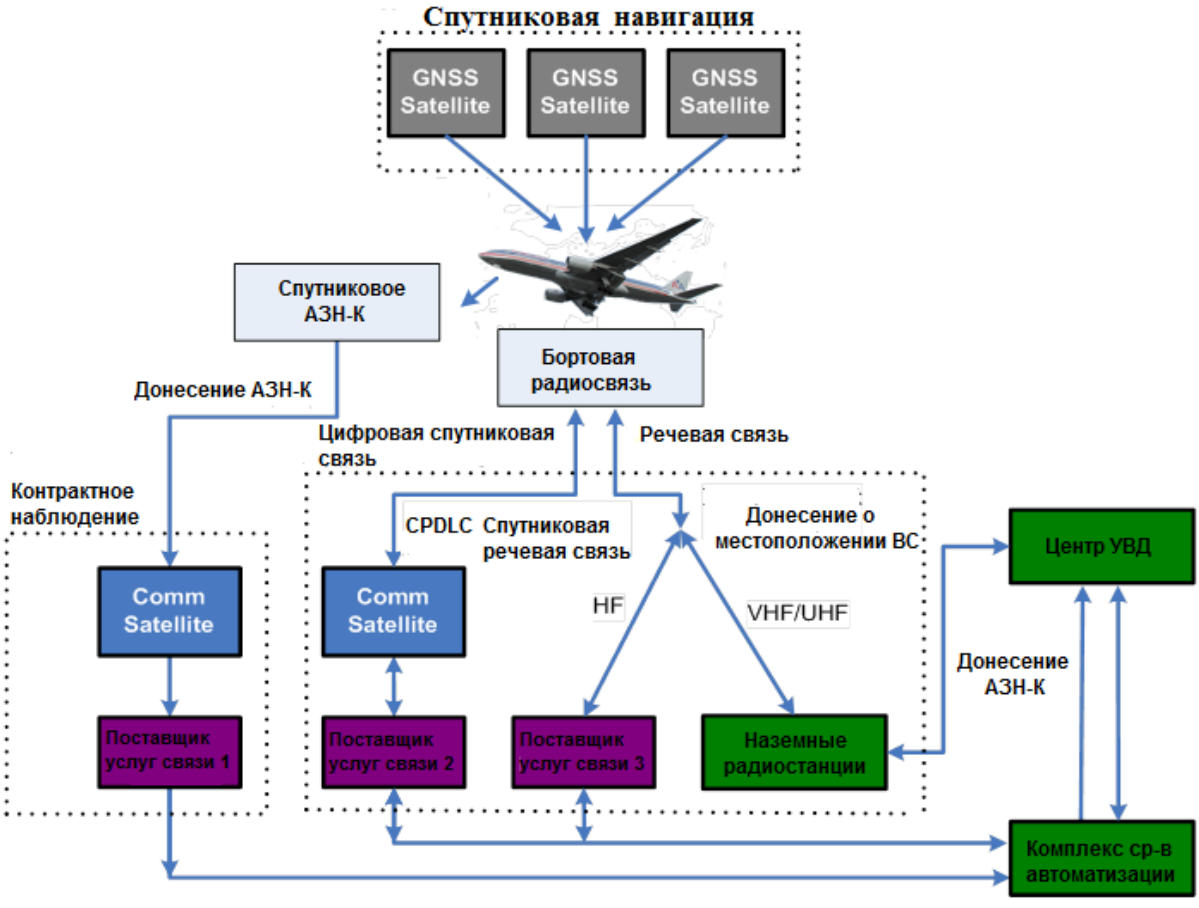

Рисунок 6 - Архитектура системы УВД при реализации спутникового АЗН-К

Радиовещательное автоматическое зависимое наблюдение (АЗН-В), основанное на применении глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС), в настоящее время приобретают стремительное развитие в гражданской авиации.

Реализация АЗН-В (рис. 7), использующего линию передачи данных формата 1090 ES, представляет собой радиовещательную передачу расширенного сквиттера длиной 112 бит на частоте 1090 МГц с борта ВС данных о его местоположении, абсолютной высоте, скорости, опознавательном индексе и другой информации, полученной от бортовых систем [26].

Существуют также линии передачи данных UAT (Universal Access Transceiver, несущая частота 978 МГц) и VDL-4 (Very High Frequency Data Link of Mode 4, диапазон рабочих частот 117,975-137 МГц), стандартизированные ИКАО для АЗН-В, но из-за их ограниченного регионального применения в мире в дальнейшем они не рассматриваются.

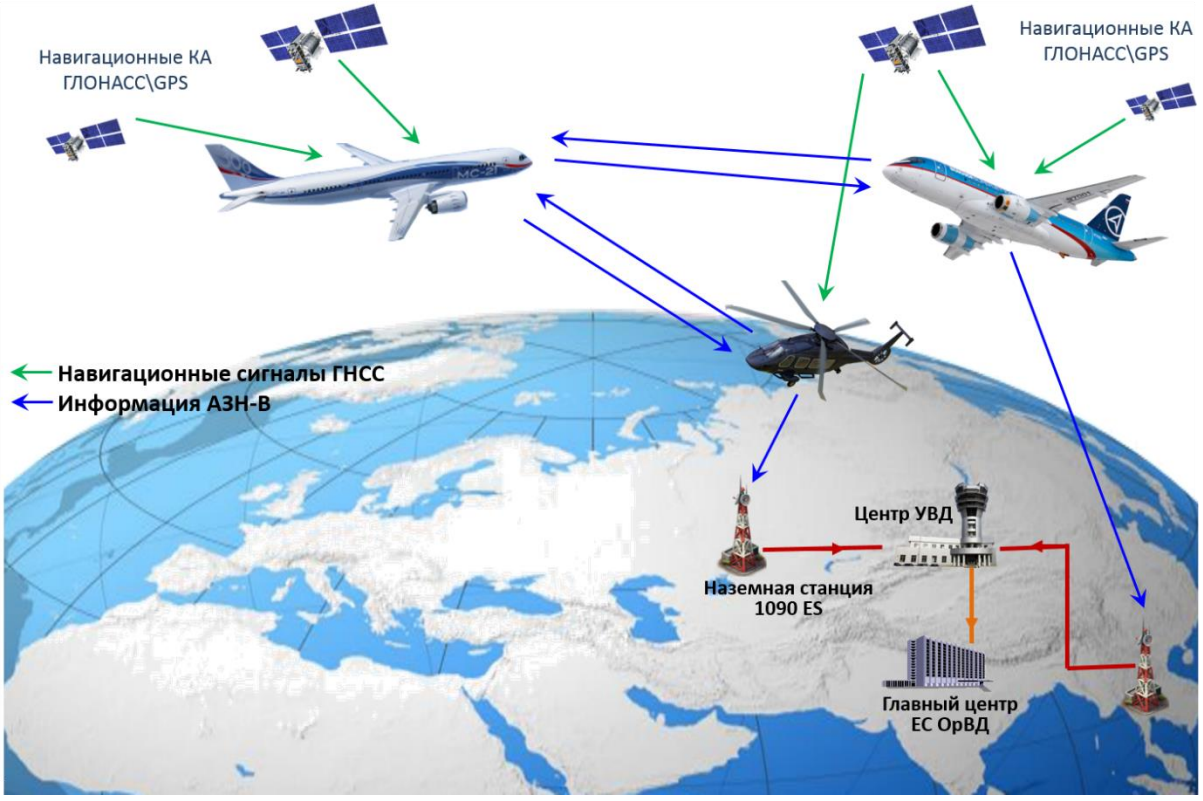

Рисунок 7 - Принцип реализации АЗН-В

Сообщения АЗН-В содержат показатели качества передаваемых данных, позволяющие пользователям определить выполнимость реализуемых сервисов. Данные о местоположении, скорости воздушного судна и связанные с ними показатели качества обычно получают от бортовой системы ГНСС. Существующие инерциальные датчики самостоятельно не обеспечивают требуемых параметров точности и целостности данных. Поэтому на современных ВС используются комплексные инерциально-спутниковые навигационные системы, поскольку инерциальные датчики и датчики ГНСС обладают взаимодополняющими характеристиками, компенсирующими недостатки каждой из них. Данные об абсолютной высоте ВС передаются от барометрического высотомера.

Технология АЗН-В поддерживает как наземные, так и бортовые приложения (ADS-B Out и ADS-B In). Для реализации наблюдения в интересах ОрВД создаются сети наземных станций, принимающих и обрабатывающих бортовые сообщения. При бортовых применениях приёмники АЗН-В, установленные на ВС, обрабатывают сообщения от других ВС для повышения ситуационной осведомлённости экипажа о воздушной обстановке, реализации бортовой функции наблюдения (ASA) и индикации экипажу информации о воздушном движении (CDTI).

Применение АЗН-В является обязательным в контролируемом воздушном пространстве США с января 2020 г., в странах ЕС станет обязательным с июля 2020 г., в Канаде - с января 2021 года. В Программе Минтранса России «Внедрение средств вещательного автоматического зависимого наблюдения (2011 — 2020 годы)» обязательное применение АЗН-В 1090 ES было запланировано с 1 января 2020 г. Распоряжением Минтранса России от 25 апреля 2018 г. № МС-68-р утверждены «Концепция внедрения автоматического зависимого наблюдения на основе единого стандарта с развитием до функционала многопозиционных систем наблюдения в Российской Федерации» и план мероприятий по её реализации, предполагающие завершение поэтапного оснащения укрупнённых центров Единой системы ОрВД компонентами системы МПСН на базе единого стандарта

АЗН-В 1090 ES в IV-м квартале 2024 года. На середину 2019 г. в России установлено 118 наземных станций АЗН-В и до конца 2019 года планировалось установить ещё 48 станций.

В настоящее время наземные станции АЗН-В не покрывают около 70% мирового воздушного пространства. На ВКР-15 по инициативе ИКАО полоса частот авиационной линии передачи данных формата 1090 ES с центром в 1090 МГц была глобально защищена МСЭ в целях применений *спутникового АЗН-В* [24]. Для реализации спутникового АЗН-В дополнительного оборудования на ВС не требуется, но для надёжного приёма сообщений АЗН-В на космических аппаратах (КА) сообщения должны передаваться с антенны, установленной сверху на воздушном судне. Расширенная архитектура современной системы УВД в океанических и удалённых районах при использовании спутникового АЗН-В приведена на рис. 8

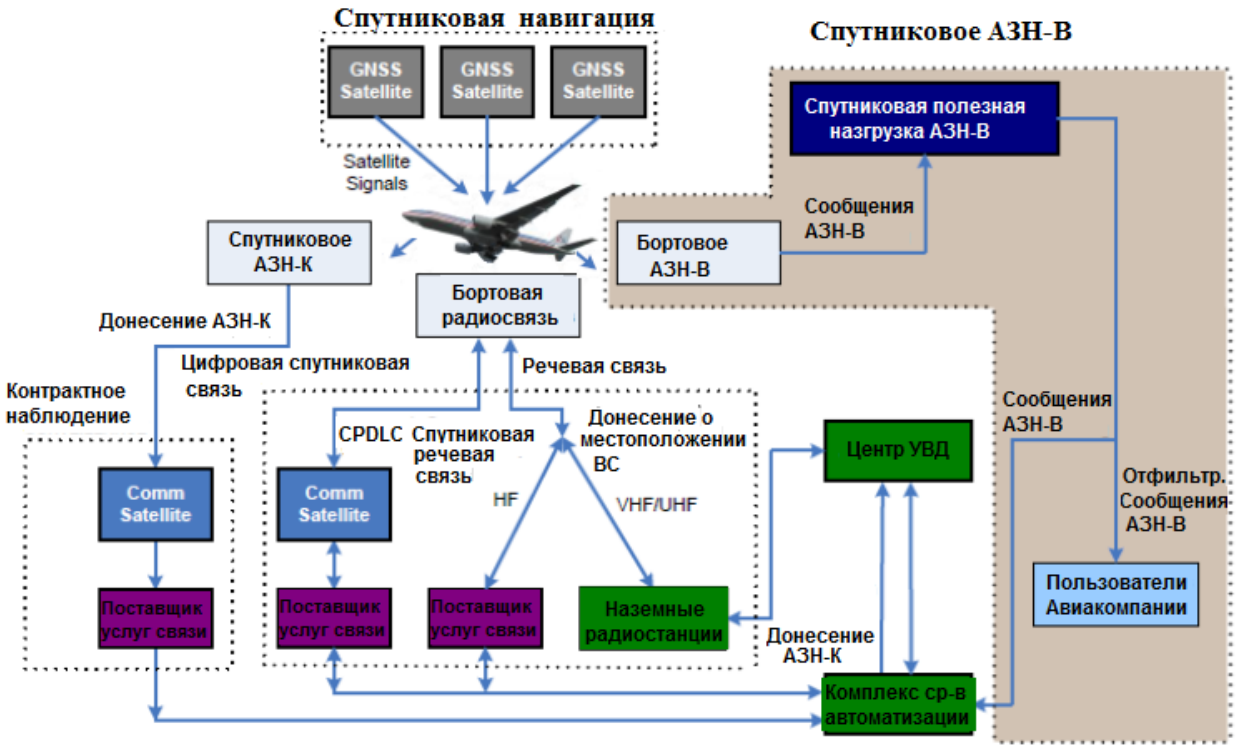

Рисунок 8 - Архитектура системы УВД при реализации спутникового АЗН-В

Поставщик сервисов спутникового АЗН-В, подключённый к наземной станции сопряжения спутниковой системы, обрабатывает принятую информацию с бортов ВС и реализует её доставку в центры УВД и другим заинтересованным

пользователям или передаёт эту информацию в сеть DSP, предоставляющих комплексные сервисы для поставщиков аэронавигационного облуживания (ПАНО) и авиакомпаний.

Спутниковое АЗН-В обеспечивает существенные преимущества для ПАНО по сравнению с использованием наземных станций [28], включая:

— расширенные зоны наблюдения АЗН-В и наблюдаемость ВС в соседних районах полётной информации;

— улучшенное обслуживание воздушного движения с сниженными минимумами эшелонирования ВС;

— снижение затрат на ОрВД за счёт отсутствия необходимости в расширении или создании дополнительной наземной инфраструктуры АЗН-В;

— повышение безопасности полётов, соответствие нормативным требованиям ИКАО к АЗН-В и повышенная ситуационная осведомлённость диспетчеров УВД;

— снижение времени реакции диспетчера на нештатные ситуации и более оперативное реагирование при проведении поисково-спасательных операций;

— точные данные о 4-D траекториях движении ВС для улучшения аналитики;

— более оперативное реагирование при проведении поисково-спасательных операций.

Благодаря устранению глобальных слепых зон наблюдения спутниковое АЗН-В обеспечивает повышенную безопасность полётов, снижение интервалов эшелонирования в океаническом и удалённом воздушном пространстве, следствием которого является увеличение пропускной способности воздушных трасс и значительная экономия топлива для авиакомпаний, более оперативное реагирование при проведении поисково-спасательных операций и более быстрые коммуникации «диспетчер-пилот».

Спутниковое АЗН-В обеспечивает существенные преимущества для авиакомпаний по сравнению с использованием наземных станций, включая:

— отсутствие необходимости в модернизации ВС для реализации

спутникового АЗН-В;

— расширенный доступ к предпочтительным для авиакомпаний маршрутам, высоте и скорости (снижение индекса стоимости полётов за счёт экономии топлива при выполнении полётов ВС);

— автоматическая реализация требований ИКАО к реализации Глобальной системы оповещения о бедствии и обеспечения безопасности воздушных судов (GADSS) [29], обеспечивающей возможность максимально быстрого реагирования в случае возникновения чрезвычайных и аварийных ситуаций за счёт непрерывного мониторинга перемещения ВС и реализации функции автоматического оповещения о бедствии, позволяющей предотвратить загадочные исчезновения пассажирских ВС, повысить безопасность полётов, а также существенное упростить процедуры обмена данными между авиакомпаниями и центрами УВД.

Группа ИКАО по эшелонированию и безопасности воздушного пространства (SASP) в настоящее время разрабатывает новые сокращённые стандарты продольного и бокового эшелонирования ВС, включающие усовершенствованное процедурное эшелонирование с улучшенным авиационным наблюдением (ASEPS), которое будет обеспечиваться спутниковым АЗН-В в сочетании с АЗН-К, CPDLC и коротковолновой авиационной радиосвязью (HF) [27].

Единственной компанией, предоставляющей сертифицированные услуги спутникового АЗН-В, является американская компания Aireon, образованная на основе государственно-частного партнёрства телекоммуникационных компаний, ведущих отечественных производителей космической индустрии и зарубежных ПАНО. Компания Iridium Communications Inc. является одним из главных акционеров компании Aireon. Система разрабатывалась и испытывалась более 10 лет. Инвестиции в проект составили более $400 млн при общих инвестициях в создание системы Iridium Next более $4 млрд [30].

Система спутникового АЗН-В 1090 ES Aireon функционирует на основе размещения собственной полезной нагрузки на 66 спутниках Iridium Next, введённых в начале 2019 г. в штатную эксплуатацию и функционирующих в

единой телекоммуникационной сети на основе использования межспутниковой линии передачи данных. Полезная нагрузка Aireon, разработанная американской компанией Harris, включает в себя фазированную антенную решётку с многолучевой ФАР и многоканальным приёмным устройством массой 50 кг.

В соответствии с выданным Европейским агентством по безопасности полётов (EASA) сертификатом, Aireon одобрена для обеспечения спутникового АЗН-В для любого из европейских ПАНО. На текущий момент Aireon оказывает сервисы спутникового АЗН-В для ПАНО, обслуживающих регионы полётной информации Канады, Дании, Ирландии, Италии и Великобритании. Информация спутникового АЗН-В предоставляется ПАНО через телекоммуникационные сети ARINC и SITA, с которыми Aireon заключила соответствующие соглашения и контракты [30].

В настоящее время выйти на международный рынок предоставления сервисов спутникового АЗН-В, помимо Aireon, пытаются выйти ещё несколько зарубежных компаний. Однако, чтобы создать эквивалентную глобальную зону покрытия Aireon спутниковой сетью космических аппаратов типа CubeSat, на которых размещены только одна антенна и одно приёмное устройство АЗН-В, потребуется около 1452 наноспутников [28]. Aireon предоставляет свои услуги в основном через телекоммуникационные сети ARINC и SITA, с которыми заключены соответствующие соглашения и контракты. Это делает Aireon практически недостижимой в ближайшие 5-10 лет для конкурентов, стремящихся к предоставлению спутникового АЗН-В в интересах ОрВД в глобальном масштабе.

В настоящее время глобальное слежение за воздушными судами реализуется в соответствии с Концепцией ИКАО по обеспечению будущего развития Глобальной системы оповещения о бедствии и обеспечения безопасности полётов воздушных судов (GADSS) [29] и Глобальным планом обеспечения безопасности полётов ИКАО [31] в ответ на произошедшие в последние годы трагические события, связанные с полётами ВС гражданской авиации, которые выявили серьёзные недостатки в системах обеспечения глобального авиационного поиска и спасания (SAR), помешавшие своевременному определению и установлению

местоположения терпящих бедствие ВС, а также воспрепятствовали эффективному проведению поисково-спасательных операций.

ИКАО приняла положения [29], касающиеся слежения за воздушными судами в штатном режиме, которые обязывают эксплуатанта следить за своими воздушными судами. В этих положениях рекомендуется отслеживать воздушное судно по крайней мере каждые 15 мин. в тех районах, где службы воздушного движения такое обслуживание не предоставляют. Положения ИКАО применяются повсеместно в качестве рекомендаций и являются требованиями над океаническими районами. В полёте с «нештатными» отклонениями и после возникновения аномальных событий, сообщения о местоположении от автономной, не зависящей от питания ВС системы должны отправляться через каждую минуту, что предусматривает определение местоположения авиационного происшествия в пределах радиуса 6 морских миль. При этом автономная система должна отправлять аварийное оповещение персоналу аварийно-спасательных служб. У эксплуатантов в настоящее время имеется возможность выбрать наиболее подходящую для их типов ВС систему, которая позволяет постоянно передавать данные о местоположении воздушного судна, независимо от других бортовых систем и источника питания.

В настоящее время сервисы глобального слежения за воздушными судами эксплуатантам ВС предоставляются на основе спутниковых систем Inmarsat и Iridium, в том числе и на основе спутникового системы АЗН-В Aireon. В декабре 2018 года на рынок данных сервисов вышла международная компания, Spire Global Inc. [30].

Объективная необходимость в реализации технологий и сервисов спутникового АЗН-В и глобального слежения (трекинга) за БВС в интересах интеграции БАС обусловлена стремительным ростом рынка коммерческих применений БАС в России и за рубежом. Одним из базовых сервисов систем UTM является трекинг БАС, являющийся фундаментальной основой для безопасной организации и управления полётами БВС, первичных уровней интерфейса и телекоммуникаций БВС с ОрВД/УВД и пилотируемой авиацией [5, 7, 6, 32].

В настоящее время для авиационного наблюдения за пилотируемыми ВС используются традиционные радиолокационные некооперативные первичные радиолокаторы (ПОРЛ), кооперативные ВОРЛ, АЗН-В и МПСН. Эти системы относятся к классу наземного базирования со всеми вытекающими ограничениями по зоне действия. Все эти средства разрабатывались для осуществления контроля органами ОВД за полётами ВС в контролируемом воздушном пространстве при наличии людей на борту ВС. Учитывая возможное изменение классификации воздушного пространства для обеспечения массовых полётов БВС, авиационное наблюдение за полётами БВС будет осуществляться не во всём воздушном пространстве.

В соответствии RPAS IFR CONOPS ИКАО [8] предполагается, что в классах А и С отечественной классификации воздушного пространства по-прежнему будет осуществляться диспетчерский контроль за полётами БВС с использованием традиционных систем авиационного наблюдения. Спутниковый трекинг в интересах UTM и контроля БВС со стороны эксплуатантов уже требуется в неконтролируемом воздушном пространстве класса G при выполнении полётов за пределами прямой радиовидимости наземных систем наблюдения.

Основные требования ИКАО к традиционным системам авиационного наблюдения приведены в [19, 20, 25, 26, 27, 33] и будут конкретизированы в последующих разделах работы. Верхнеуровневые требования и спецификации к характеристикам авиационного наблюдения (RSP) определены в Руководстве ИКАО PBCS на основании базовых параметров, аналогичных RCP (время транзакции; целостность непрерывность, эксплуатационная готовность [27]. Типы спецификаций RSP при использовании авиационного наблюдения, основанного на характеристиках (PBS), устанавливаются государствами на основе региональных аэронавигационных соглашений. При установлении государствами спецификации RSP для авиационного наблюдения, основанного на характеристиках, воздушные суда и органы ОВД обеспечиваются оборудованием, функционально способным обеспечить установленную спецификацию RSP.

Устанавливаемая спецификация RSP должна соответствовать уровню

обеспечиваемого обслуживания воздушного движения [25]. Методика расчёта требуемых характеристик наблюдения в зависимости от применяемых минимумов эшелонирования ВС приведена в [26].

В настоящее время ИКАО регламентирует применение только двух спецификаций RSP180 и RSP400, используемые для контрактного наблюдения АЗН-К, с временем транзакции 180 и 400 секунд соответственно [27]. Другие характеристики RSP полностью совпадают с характеристиками соответствующих RCP, приведёнными в таблице 7. В таблице 8 приведено соответствие назначения минимумов продольного эшелонирования ВС, основанного на характеристиках в океаническом и удалённом воздушном пространстве в зависимости от требуемых характеристик ИКАО к навигации (RNP), связи (RCP) и наблюдения (RSP) [25].

Таблица 8 – Минимумы продольного эшелонирования, основанные на характеристиках

Минимумы эшелонирования	*RNP*	*RCP*	*RSP*	*Максимальный интервал передачи периодического донесения ADS-C*
93 км (50 м. миль)	10	240	180	27 мин
	4	240	180	32 мин
55,5 км (30 м. миль)	2 или 4	240	180	12 мин
5 мин	2, или 4, или 10	240	180	14 мин

Утверждённых требований ИКАО к эксплуатационным характеристикам спутникового АЗН-В в настоящее время не существует, так как они находятся в стадии разработки и эксплуатационной валидации. В ряде рабочих документов ИКАО и Федеральной авиационной администрации США (FAA) к спутниковому АЗН-В предъявляются следующие эксплуатационные требования [28, 34, 35]:

— обеспечение эшелонирования, основанного на характеристиках, 15/15 морских миль в океаническом и удалённом (горном) воздушном пространстве;

— время транзакции (задержка) ≤ 2 - 5 с (от приёма последнего бита сообщения на приёмнике полезной нагрузки АЗН-В на спутнике до доставки первого бита соответствующего донесения АЗН-В в центр предоставления

сервисов ОрВД (SDP);

— целостность $\leq 10^{-5}$ на час полёта;

— эксплуатационная готовность ≥ 0,999;

— пропускная способность: 1000 ВС радиусе 300 морских миль;

— частота обновления ≤ 2 – 8 с секунд (с вероятностью 0,95 доставки сообщения в SDP для каждого ВС в объёме покрытия всей системы);

— масштабируемость: функция спутникового АЗН-В должна быть масштабируемой для будущих расширений объёмов предоставляемых сервисов;

— расширяемость: реализация спутникового АЗН-В должна быть основана на модульном построении, что позволяет улучшать или модернизировать отдельные компоненты системы без изменений других.

Обобщённые требования к спутниковому АЗН-В, сформированные Группой по эшелонированию и безопасности воздушного пространства (SASP) ИКАО приведены на рис. 9 [34]

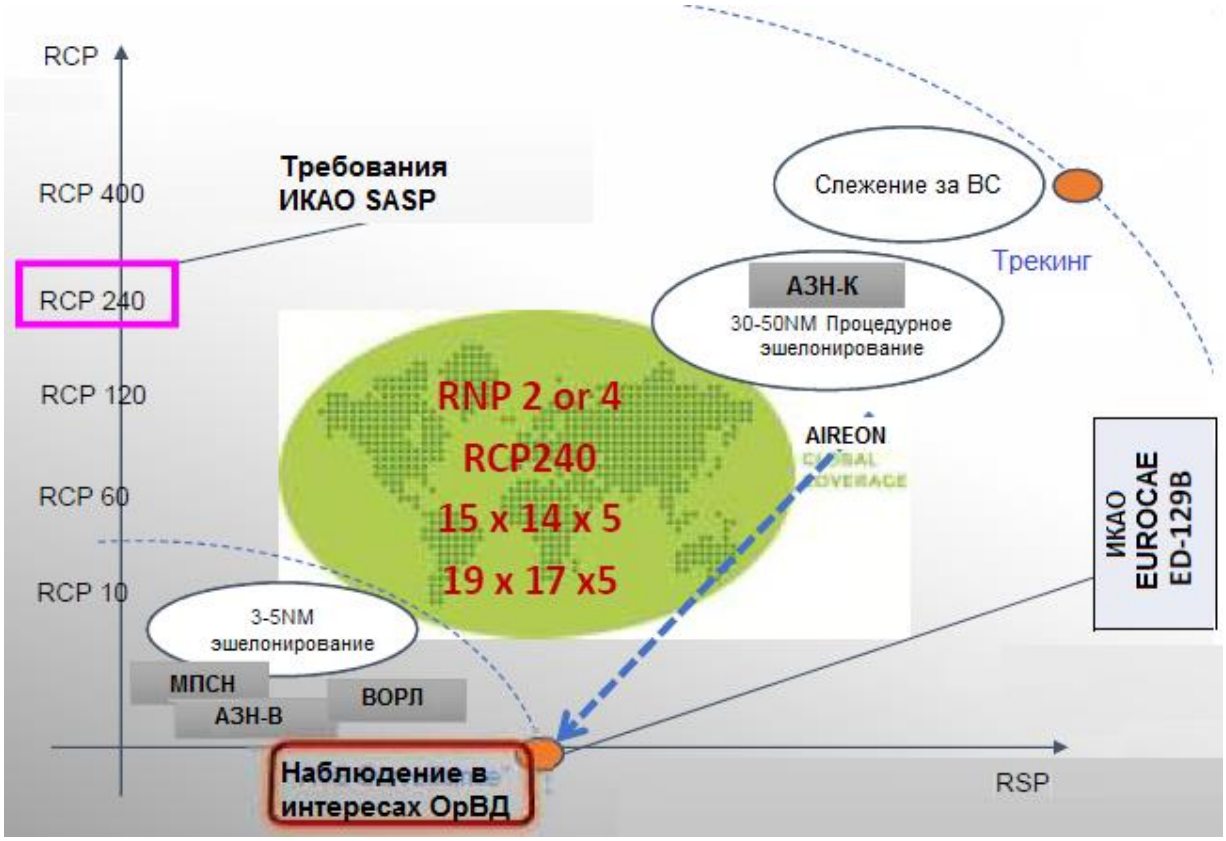

Рисунок 9 - Требования к спутниковому АЗН-В

Требования к автоматическому зависимому наблюдению и трекингу БВС в

неконтролируемом воздушном пространстве в настоящее время находятся в стадии разработки в ИКАО, RTCA, EUROCAE, GUTMA и по прогнозам ведущих экспертов указанных организаций составляют от единиц секунд до единиц минут по времени транзакции и частоте обновления данных в зависимости от типа выполняемых полётных операций [34].

Таким образом, новые спутниковые технологии наблюдения и трекинга БВС должны разрабатываться и внедряться с учётом использования международной практики и гармонизации с международными стандартами и руководящими документами ИКАО, а также обеспечивать требуемые характеристики наблюдения (RCP) для выполнения всех видов полётов различных типов БВС во всех классах воздушного пространства.

Модули ASUR (автоматическое наблюдение) в GANP отражают усовершенствование технологий наблюдения [18].

В настоящее время в технологически готовы к внедрению следующие модули:

— ASUR-B0/1 A3H-B — поддержка предоставления обслуживания воздушного движения и эксплуатационных приложений с меньшей стоимостью и с расширенным охватом наблюдения;

— ASUR-B0/2 Мультилатерационные кооперативные системы наблюдения (MLAT). MLAT позволяет осуществлять совместное наблюдение на пересечённой местности, например, в горных районах или на поверхностях аэропортов, где системы наблюдения, требующие вращающейся радиолокационной антенны, имеют худшие характеристики. Они также могут быть интегрированы с наземными станциями ADS-B для обеспечения возможности наблюдения, более устойчивой к отказу функций GNSS;

— CSEP-B1/1 Базовая бортовая ситуационная осведомлённость во время полётов (AIRB). AIRB облегчает визуальное обнаружение воздушного движения и ситуационную осведомлённость о движении за пределами дальности визуального обнаружения;

— CSEP-B1/2 — визуальное эшелонирование на подходе (VSA). Этот

элемент используется для поддержки существующих процедур, когда пилот может использовать отображение трафика для поддержки своего визуального сканирования предыдущего воздушного судна во время процедуры захода на посадку, если предшествующее воздушное судно передаёт данные наблюдения ADS-B Out;

— ACAS-B1/1 — улучшения БСПС. Система предупреждения о воздушном движении и предотвращения столкновений (TCAS) версии 7.1 обеспечивает краткосрочные улучшения существующих бортовых систем предотвращения столкновений (ACAS), для того, чтобы уменьшить количество ложных предупреждений, а также улучшить логику для некоторых геометрий. Это уменьшит отклонения от траектории и повысит безопасность в тех случаях, когда происходит нарушение разделения.

Модули, реализация которых находится на этапе стандартизации и эксплуатационной валидации требований:

— ASUR-B1/1 Спутниковое АЗН-В (SB ADS-B). SB ADS-B предоставляет точную информацию о местоположении / скорости в воздушном пространстве, где нецелесообразно и даже практически невозможно разместить наземную инфраструктуру наблюдения;

— ASUR-B2/1 Эволюция АЗН-В и режима S. Новая информация о воздушных судах/атмосфере предоставляется посредством АЗН-В и/или совместного радиолокационного опроса для поддержки новых приложений ПАНО/МЕТ и между воздушными судами для начальной реализации процедур, основанных на временных траекториях (ТВО);

— ACAS-B2/2 Новая возможность предотвращения столкновений как часть общей системы обнаружения и предотвращения для БАС. Будет внедрена как часть системы DAA, в целях обеспечения функции предотвращения столкновений в воздухе в качестве крайней меры безопасности для пилотов БАС. Внедрение новой функции предотвращения столкновений в воздухе в системе обнаружения и предотвращения позволит создать новые возможности для БАС. Системы будут адаптированы как последнее средство предотвращения столкновений, и будут

включать рекомендации по горизонтальному разрешению конфликтов (в дополнение к рекомендациям по вертикальному разрешению, предоставляемым существующими системами предотвращения столкновений). Системы ACAS для БАС используют несколько входов от датчиков наблюдения для определения местоположения и скорости ближайшего воздушного судна. Реализация минимизирует «неприятные оповещения» при сохранении безопасности и быстро адаптируется к изменениям процедур и окружающей среды. Кроме того, эта система должна учитывать особенности БАС;

— CSEP-B2/2 Кооперативное эшелонирование на малых высотах. Для БАС предоставляется специальная функция для поддержки гарантии эшелонирования, которая поддерживается возможностью обнаружения, а также наведением, позволяющим избежать любых других БВС. БАС способна построить картину движения, связанную с функцией гарантированного эшелонирования, позволяющую установить и поддерживать требуемое эшелонирование от любого другого воздушного судна, иначе говоря, «держаться достаточно далеко», с использованием АЗН-В IN для пилотируемой авиации и радиовещательных технологий, которые будут определены для кооперативного наблюдения между БВС;

— CSEP-B2/3 — кооперативное эшелонирование на больших высотах позволит БАС самостоятельно поддерживать эшелонирование от пилотируемой авиации и других БВС на больших высотах.

В настоящее время ИКАО не рассматривает вопросы технологического обеспечения БАС требуемыми характеристиками наблюдения (RSP) в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты (VLL) до разработки соответствующих стандартов, относящихся к UTM. Результаты современных исследований, проводимых по данному вопросу в международных организациях по стандартизации в авиации RTCA, EUROCAE и GUTMA будут рассмотрены в последующих разделах настоящего исследования.

1.4. Анализ документов ИКАО, относящихся к технологиям полётно-информационного обслуживания беспилотных авиационных систем

Современная служба полётно-информационного обслуживания предназначена для оперативного обновления аэронавигационной и метеорологической информации на борту воздушного судна Различные приложения линий передачи такой информации образуют службу D-FIS [36]. Службы предоставляют информацию в цифровом машиночитаемом виде, пригодном как для непосредственной обработки бортовым системами, так и для предоставления экипажу в текстовом или графическом виде (рис. 10).

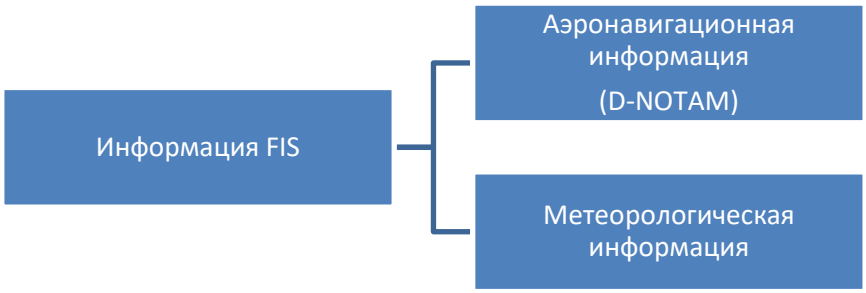

Рисунок 10 - Классификация полётной информации

Аэронавигационная часть службы полётно-информационного обслуживания представлена сервисом цифрового НОТАМ — передачи оперативной информации о изменениях существенной аэронавигационной информации. Состав НОТАМ регулируется Приложением 15 к Конвенции ИКАО «Аэронавигационная информация» [37].

Метеорологическая часть полётно-информационного обслуживания имеет более сложную структуру, которая определяется различными стандартами руководствами ИКАО. Кроме того, стандартизация отдельных элементов метеорологической информации делегирована ИКАО Всемирной метеорологической организации.

Руководство ИКАО по приложениям линий передачи данных для служб воздушного движения [36] классифицирует метеорологические службы следующим образом (рис. 11):

— Цифровая автоматическая служба терминальной эксплуатационной

информации (D-ATIS)

— Цифровая служба погодной информации (D-VOLMET)

— Цифровая служба сообщений о дальности видимости на ВПП (D-RVR)

— Цифровая служба сообщений об опасных погодных явлениях в зоне аэродрома/вертодрома/взлётно-посадочной площадки (D-HZWX)

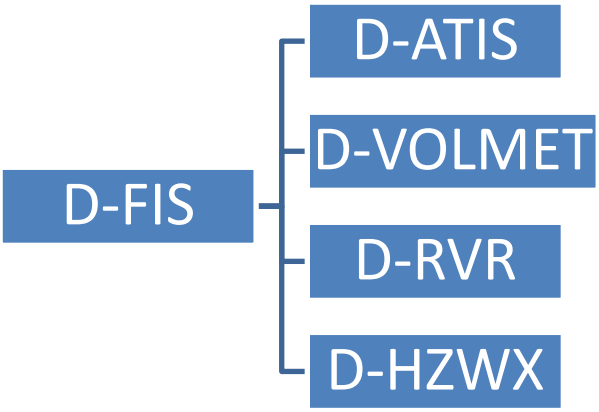

Рисунок 11 - Структура D-FIS

Службы D-VOLMET и D-HZWX, в свою очередь могут передавать различные типы метеорологической информации (рис. 12, 13), включая:

— METAR/SPECI — текущая/специальная сводка о погоде на аэродроме;

— TAF — прогноз для зоны аэродрома;

— SIGMET — существенные погодные явления;

— D-WSW — предупреждение о сдвиге ветра;

— D-WVW — предупреждение о спутных следах.

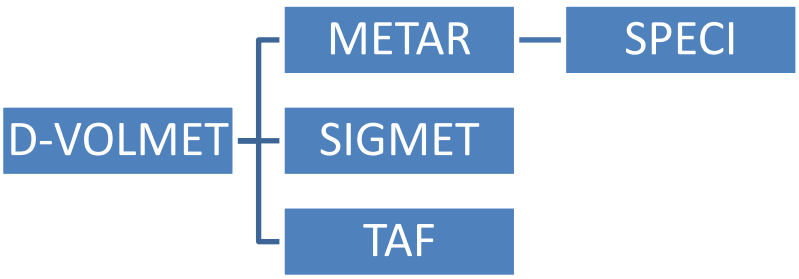

Рисунок 12 - Структура D-VOLMET

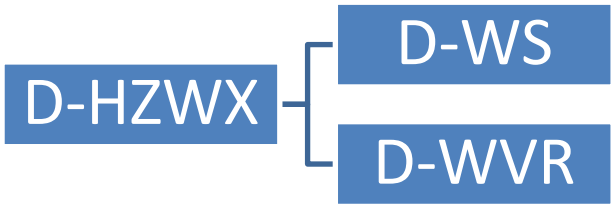

Рисунок 13 - Структура D-HZWX

Воздушные суда, включая беспилотные, могут получать цифровое полётно-информационное обслуживание по различным линиям передачи данных (рис. 14), однако высокие требования к компактности и весу аппаратуры БВС большинства классов приводят к тому, что оптимальным решением для линии передачи является совмещение с одной из линий, критически важных для выполнения полёта беспилотным ВС, а именно линии C2 или линии связи, поддерживающей функции DAA.

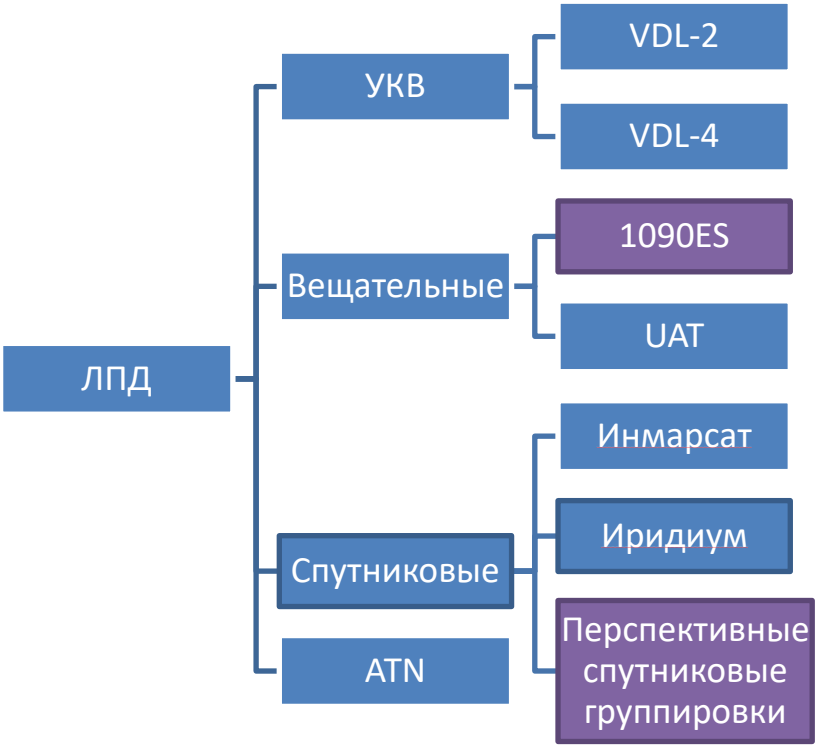

Рисунок 14 - Возможные линии передачи для служб полётно-информационного обслуживания

Подробно линии связи для БАС рассмотрены в предыдущих разделах. Отметим только, что в Российской Федерации наиболее перспективными являются спутниковые линии передачи (в особенности, перспективные российские

спутниковые группировки, разрабатываемые в рамках программы «Сфера») и линия связи 1090ES.

Линия связи UAT также рассматривалась ИКАО в черновом «Руководстве по трансиверу универсального доступа» [38], но к настоящему времени данная линия используется только в США. Действующие стандарты на неё выпустила только RTCA в виде Минимальной эксплуатационной спецификации для полётно-информационного обслуживания в помощью UAT [39].

Требования к наличию и составе метеорологических данных, предоставляемых экипажам воздушных судов и внешним пилотам, в целом определяется Приложение 3 к Конвенции ИКАО «Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации» [40]. Приложение три состоит и двух основных частей. Первая часть «Основные стандарты и рекомендованные практики» задают правила:

— выполнения метеорологических наблюдений и предоставление сводок;

— прогнозирования и предоставления прогнозов;

— предоставления наблюдений с борта воздушного судна.

Вторая часть посвящена составу и данных и является базовым источников требований к полётно-информационному обслуживанию в части метеоинформации.

При выполнении беспилотным воздушным судном полёта в несегрегированном воздушном пространстве, внешнему пилоту должна предоставляться информация, аналогичная предоставляемой экипажу пилотируемого ВС с учётом требований воздушного пространства, в котором выполняется полёт.

В то же время, предоставление метеорологический сводок с борта БВС может, в связи с отсутствием у внешнего пилота возможности наблюдать погодные явления непосредственно, может происходить только в автоматическом режиме. Состав и принципы формирования таких сводок представлены в стандарте RTCA [41].

Подробное руководство по составлению и кодированию сводок METAR

(текущая погода по аэродрому), TAF (прогноз по аэродрому), SPECI (специальный/срочный METAR), а также сводок SIGMET (важные погодные явления) представлено в Руководстве ИКАО по аэронавигационной метеорологической практике [42].

Основная структура метеорологических сообщений (рис. 15) регулируется Руководством Международной метеорологической организации по кодам [43].

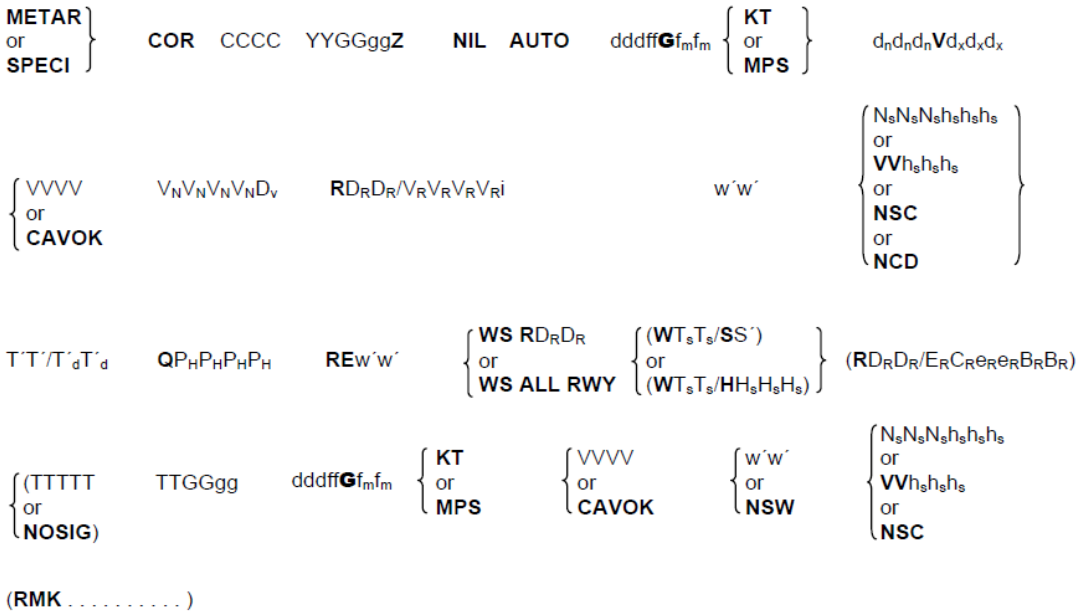

Рисунок 15 - Структура метеорологических сообщений

Современная система полётно-информационного обслуживания все более основывается на многоуровневой системе доставки информации (рис. 16), называемой «общесистемной средой управления информацией» (SWIM). На уровне ИКАР руководящим документом является Руководство по цифровому обмену аэронавигационной и метеорологической информацией [44].

Руководство ИКАО по космической погоде в поддержку международной аэронавигации [45] является отдельным документом, посвящённым сбору и предоставлению авиационным пользователям информации о потенциально опасных космических явлениях:

— геомагнитных штормах

— ионосферных штормах

— солнечных выбросах, влияющих на радиоволны

— штормах солнечной радиации.

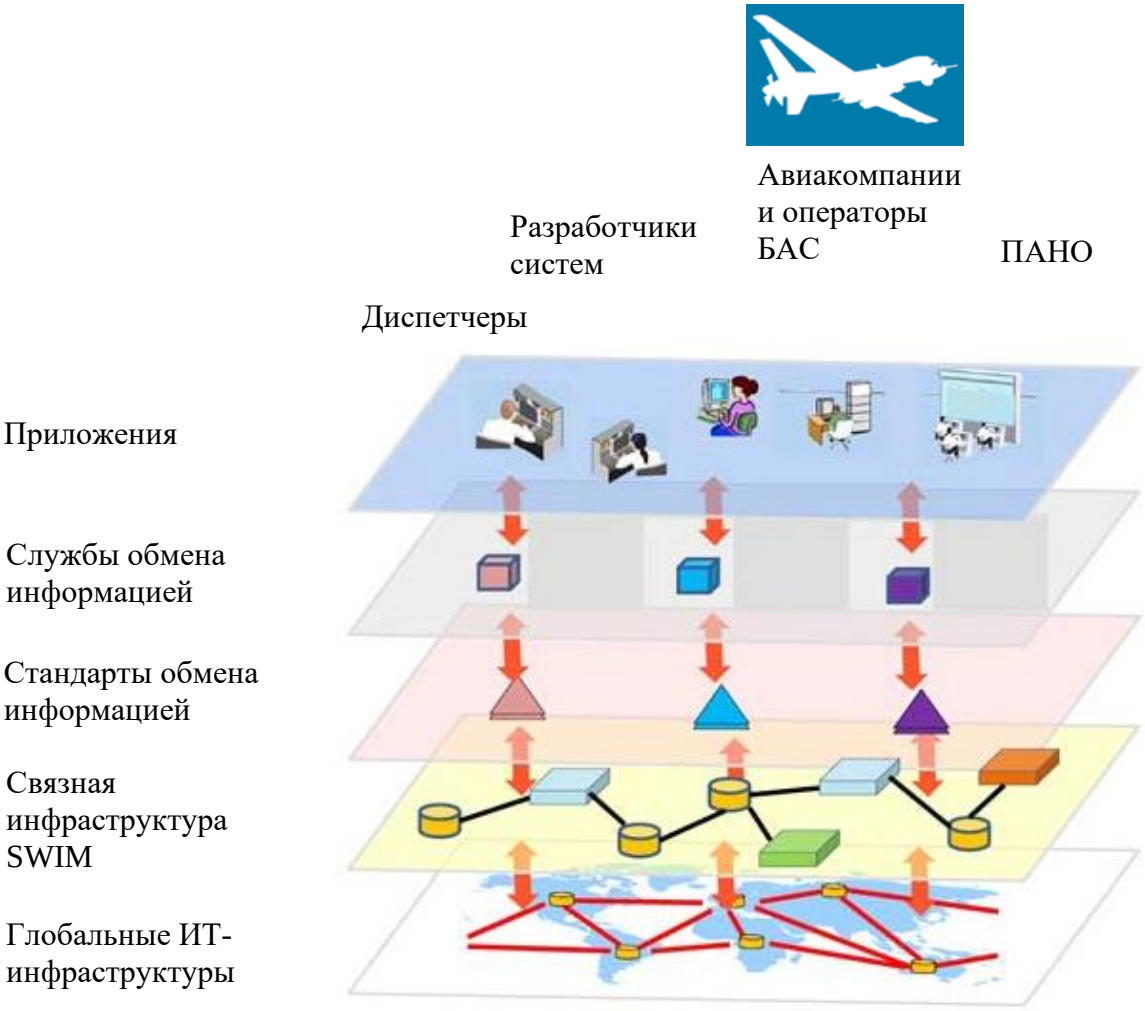

Рисунок 16 - Структура SWIM

В главе 1 Руководства содержится информация о самих явлениях космической погоды, опасных факторах и аспектах уменьшения их воздействия. Глава 2 касается космической погоды и авиационной деятельности; в ней приводится информация о вспышечных возмущениях космической погоды, которые могут оказать непосредственное влияние на критические системы, используемые в авиации. В главе 3 рассматривается главным образом необходимая для обеспечения безопасных эффективных полётов воздушных судов информация, предоставляемая пользователям для использования в их процессах принятия решений. Глава 4 содержит инструктивные указания по использованию консультативной информации о космической погоде, которая, в некоторых

случаях, может появиться неожиданно и требует быстрого реагирования со стороны лётных экипажей и ПАНО по причине незаметно действующих последствий явлений космической погоды для систем и сопутствующих высоких уровней радиации. Наконец, в добавлениях A и B приводятся категории явлений космической погоды и исходная информация об этих явлениях.

Ионосферная погода (табл. 9), влияющая на распространение сигналов L- и C-диапазонов в стратосфере, представляет особую угрозу для БАС малого и среднего классов, использующих исключительно навигацию, основанную на ГНСС и спутниковую линию контроля и управления, т.к. при достаточно интенсивных явлениях космической погоды весьма вероятен одновременный отказ всех функций связи, навигации и наблюдения.

Таблица 9 - Пороги оповещения о явлениях космической погоды, критически влияющих на сигнал ГНСС

Явление космической погоды	Умеренное	Сильное
Амплитудная сцинтилляция (безразмерная)	0.5	0.8
Фазовая сцинтилляция (радианы)	0.4	0.7
Вертикальное ПЭН (единицы ПЭН)	125	175

Предоставление оперативной аэронавигационной информации выполняется согласно документа 8126 ИКАО «Руководство по службам аэронавигационной информации (АНИ)» [46]. Структура документа приведена на рис. 17.

Документ 8126 делает фокус на управлении аэронавигационной информацией (AIM) на следующих аспектах:

— необходимости предоставлять пользователям информацию, которой они могут доверять (система управления качеством);

— повышении осведомлённости о требованиях к качеству информации со стороны конечных приложений (механизмы обратной связи для системы, чтобы оставаться адаптивным к изменениям);

— представлению аэронавигационной информации в цифровом виде;

— расширенных процедуры проверки и подтверждения.

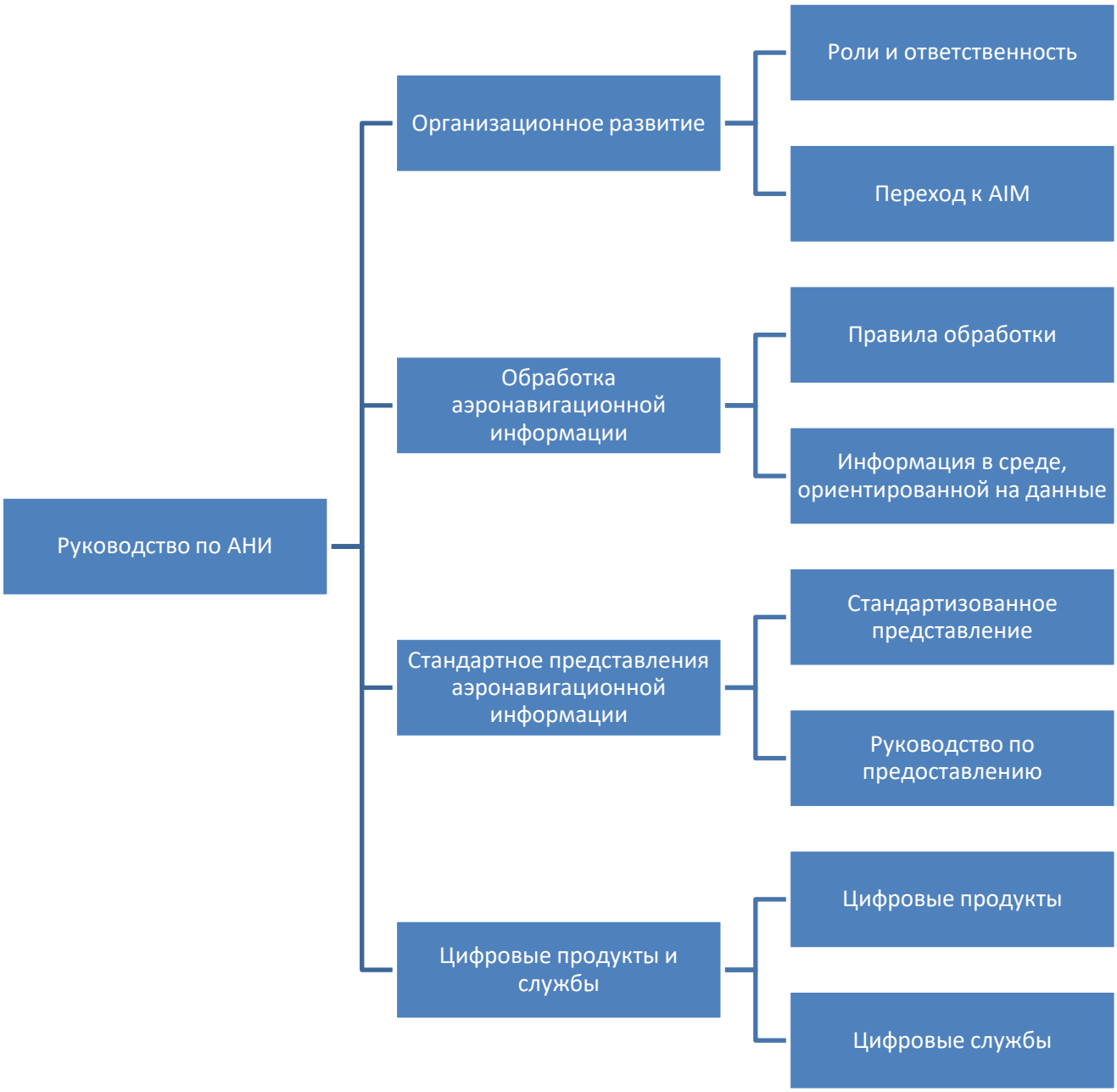

Рисунок 17 - Структура Документа 8126 ИКАО

GANP ИКАО содержит единственный модуль, относящийся к полётно-информационному обслуживанию БАС - DAIM-B2/4 Aeronautical Information Requirements tailored to UTM. Требования к аэронавигационной информации, предоставляемой UTM. Модуль находится на этапе стандартизации. Главной задачей модуля является предоставление информацию об управлении воздушным пространством на предельно малых высотах в рамках UTM, которая будет

дополнять стандартную AIS.

Таким образом, в настоящее время ИКАО практически не рассматривает вопросы, связанные с разработкой требований к технологиям полетно-информационного обеспечения БАС в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты (VLL) до разработки соответствующих стандартов, относящихся к UTM. Результаты современных исследований, проводимых по данному вопросу в международных организациях по стандартизации в авиации RTCA, EUROCAE и GUTMA будут рассмотрены в последующих разделах настоящего исследования.

1.5. Выводы по разделу

1. На основании проведенного анализа документов ИКАО, относящихся к интеграции БАС можно сделать вывод об отсутствии единого международного регулирования в области технологий связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, это вызвано отсутствием требуемых характеристик RCP, RNP, RSP и требований к полетно-информационному обслуживанию БВС для всех классов воздушного пространства, определенных ИКАО.

2. В ближайшей перспективе (до конца 2022 г.) ИКАО планирует внести основные поправки в действующие стандарты и рекомендуемую практику (SARPS), учитывающие особенности функционирования ДПАС и БАС в контролируемом воздушном пространстве.

3. В настоящее время ИКАО практически не рассматривает вопросы, связанные с разработкой требований к технологиям связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания БАС в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты (VLL) до разработки соответствующих стандартов RTCA, EUROCAE и GUTMA, относящихся к ОрВД БАС (UTM).

2. Анализ существующих и перспективных международных стандартов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем

В связи с постоянным развитием новых технологий, относящихся к интеграции БАС в национальные воздушные пространства необходимо постоянное совершенствование технического регулирования БАС.

Структура международного сотрудничества в области разработки технического регулирования БАС представлена на рис. 18.

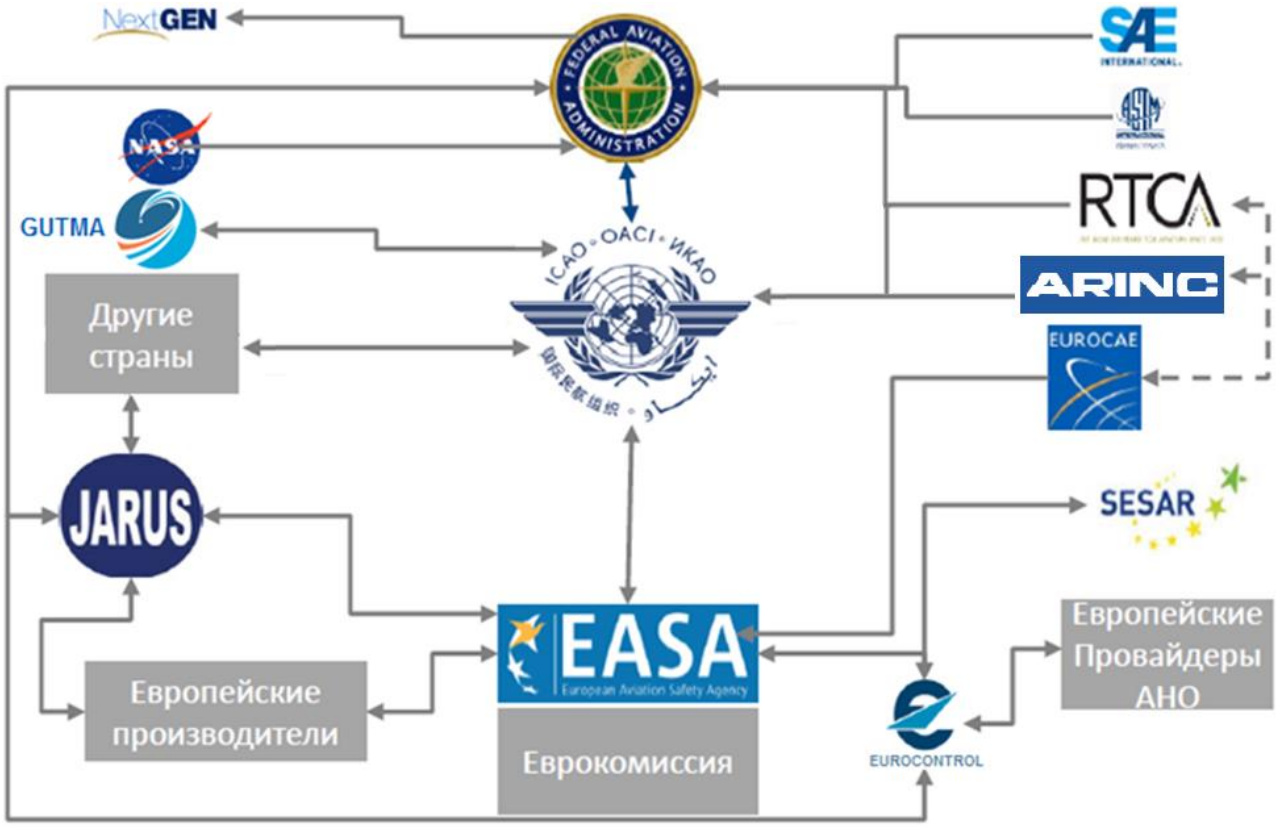

Рисунок 18 — Международное техническое регулирование БАС

Основой для международного технического регулирования являются SARPS и руководящие документы ИКАО, разработка которых выполняется в широкой кооперации с постоянно взаимодействующими между собой международными организациями по стандартизации: EUROCAE, RTCA, GUTMA, ARINC, JARUS, SAE, ASTM, ISO.

В рамках настоящего исследования проводится анализ документов

EUROCAE, RTCA, GUTMA относящихся к технологиям связи, навигации, наблюдения и полётно-информационного обслуживания БАС.

2.1. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям навигации беспилотных воздушных судов

Европейская организация по оборудованию для гражданской авиации (European Organization for Civil Aviation Equipment, EUROCAE) — некоммерческая ассоциация, основанная в 1963 в Люцерне (Швейцария), для обеспечения взаимодействия европейских стран в области стандартизации электронного авиационного оборудования.

EUROCAE разрабатывает только стандарты в области бортового и наземного авиационного оборудования и соответствующие документы, требуемые для технического регулирования.

Членами EUROCAE являются более 160 организаций: производители ВС и бортового оборудования, сотрудники авиационных нормативных регуляторов, европейские и международные органы авиационной власти из более 30 европейских стран. В интересах разработки авиационных стандартов EUROCAE активно сотрудничает через своих представителей с международными организациями по стандартизации RTCA, GUTMA, JARUS, SAE, ARINC.

Для реализации технического регулирования в сфере применения ГНСС и GALILEO в EUROCAE функционируют две рабочие группы: WG-28/GBAS (до 2017 г. — GNSS) и WG-62/GALILEO, осуществляющие тесную координацию специальным комитетом RTCA SC-159 Navigation Equipment Using the Global Navigation Satellite System (Навигационное оборудование, использующее ГНСС).

По состоянию на декабрь 2019 года рабочими группами комитетами WG-28 и WG-62 разработаны следующие документы:

— ED-72A - Minimum Operational Performance Standards for Airborne GPS Receiving Equipment used for Supplemental means of Navigation. «Стандарты минимальных эксплуатационных характеристик (MOPS) для бортового оборудования GPS, используемого как дополнительное средство навигации», 1997 г. Документ содержит стандарты, содержащие требуемые

характеристики и процедуры тестовых испытаний для дополнительного навигационного бортового навигационного оборудования GPS, используемого на маршруте, терминальной зоне и неточных заходах, определены характеристики и функции 2D и 3D наведения.

— ED-95 - Minimum Aviation System Performance Standards for a global navigation satellite system ground based augmentation system to support Cat 1 operations. «Стандарты минимальных характеристик авиационной системы (MASPS) для наземного функционального дополнения глобальной навигационной спутниковой системы, поддерживающего операции CAT I», 1999 г.;

— ED-97 - Interim technical performance statement for EGNOS/WAAS airborne equipment (Промежуточный отчёт о технических характеристиках бортового оборудования EGNOS/WAAS), 2000 г,

— ED-114B - Minimum Operational Performance Standards For Global Navigation Satellite Ground Based Augmentation System Ground Equipment to Support Precision Approach and Landing. «MOPS для наземного функционального дополнения глобальной навигационной системы, поддерживающего точные заходы и посадку», 2019. Стандарт определяет сертификационные требования к характеристикам GBAS для поддержки всех типов точных инструментальных заходов, в том числе посадки по CAT II/III (в целях реализации концепции ИКАО GAST D [12], основанной на использовании одночастотных сигналов L1 GPS и/ ГЛОНАСС). Документ полностью совместим с введённой 8 ноября 2018 г. поправкой 91 к Приложению 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь», тому I «Радионавигационные средства» [38], содержащей требования к характеристикам GBAS, обеспечивающих инструментальную посадку по CAT II/III на основе одночастотных сигналов L1 GPS и/или ГЛОНАСС.

— ED-259 - Minimum Operational Performance Standards for Galileo/Global Positioning System/ Satellite-Based Augmentation System Airborne Equipment. «MOPS для бортового оборудования GALILEO/GPS/SBAS», 2019 г.

Стандарт содержит минимальные требования к эксплуатационным характеристикам двухчастотного (DF MC L1/L5) бортового оборудования GALILEO/GPS/SBAS классу Бета. Следующая версия документа ED-259 будет расширена для реализации оборудования класса Дельта.

В 2016 году в EUROCAE была созданы рабочая группа WG-105 «Беспилотные авиационные системы». На декабрь 2019 г. рабочей группой подготовлены следующие документы:

— ED-251 - Operational Services and Environment Definition for RPAS Automatic Taxiing. «Описание эксплуатационных сервисов и окружающей среды для автоматического руления ДПАС», 2018 г. Документ содержит описание базовых эксплуатационных сервисов служб и окружающей среды (OSED) и обеспечивает основу для оценки и установления эксплуатационных требований, требований к безопасности полётов, эксплуатационных характеристик и совместимости для реализации автоматического руления ДПАС.

— ED-252 - Operational Services and Environment Definition for RPAS Automatic Take-off and Landing «Описание эксплуатационных сервисов и окружающей среды для автоматического взлёта и посадки ДПАС», 2018 г. Документ содержит описание базовых эксплуатационных сервисов служб и окружающей среды (OSED) и обеспечивает основу для оценки и установления эксплуатационных требований, требований к безопасности полётов, эксплуатационных характеристик и совместимости для реализации автоматического взлёта и посадки (ATOL).

Рабочей группой WG-105 также подготовлены следующие документы, находящиеся в стадии публичного обсуждения:

— ED-269 - Minimum Operational Performance Standard for UAS Geo-Fencing. «MOPS для геофенсинга БАС». Документ содержит минимальные требуемые эксплуатационных характеристик для реализации функции геофенсинга БАС, не предписывая её разработку и реализацию, насколько это возможно. Соответствие этому стандарту рекомендуется в качестве

одного из средств обеспечения того, что функция геофенсинга БАС будет выполняться при всех условиях, обычно возникающих в штатной эксплуатации БАС и будет соответствовать применимым правилам.

— ED-270 - Minimum Operational Performance Specification for UAS geo-caging. «MOPS для геокеджинга БАС». Документ содержит минимальные требуемые эксплуатационных характеристик для реализации функции геокеджинга (геоконтроля) БАС, не предписывая ее разработку и реализацию, насколько это возможно. Соответствие этому стандарту рекомендуется в качестве одного из средств обеспечения того, что функция геоконтроля БАС будет выполняться при всех условиях, обычно возникающих в штатной эксплуатации БАС и будет соответствовать применимым правилам.

Рабочей группой WG-105 подготовлены проекты следующих документов:

— проект стандарта Minimum Aviation Systems Performance Standard for RPAS Automatic Take-off and Landing. «MASPS для системы автоматического взлёта и посадки ДПАС;

— проект стандарта Minimum Aviation Systems Performance Standard for RPAS Automatic Taxiing. «MASPS для автоматического руления ДПАС»;

— проект документа Guidelines on the use of multi-GNSS for UAS «Руководство по использованию мультисистемой ГНСС для БАС».

«Комиссия по авиационным радиотехническим средствам» (Radio Technical Commission for Aeronautics, RTCA) является частной, некоммерческой ассоциацией, разрабатывающей стандарты и рекомендации, основанные на соглашениях в области связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения. RTCA основана в США в 1935 году, штаб-квартира находится в Вашингтоне. RTCA обеспечивает государственно-частное сотрудничество для достижения необходимых улучшений в безопасности и эффективности воздушного транспорта и объединяет более 550 организаций-членов, участников мирового авиационного бизнеса.

Стандарты и рекомендации RTCA используются FAA в качестве основы для политики и принятия регуляторных решений, а также организации промышленности в качестве основы для разработок авионики, систем аэронавигационного обслуживания и принятия деловых решений.

Задачами RTCA являются:

— обеспечение безопасности и надёжности бортовых систем;
— разработка технических стандартов на минимальные требования к эксплуатационным характеристикам авиационных систем;
— разработка руководящих указаний, распоряжений для использования распорядительными органами FAA;
— предоставление административных и логистических ресурсов, обеспечивающих командную работу глобального авиационного содружества (ИКАО, МСЭ, ВМО ИСО и др.).

Для реализации технической политики в различных областях аэронавигации в RTCA созданы специальные комитеты (SC).

Для реализации технического регулирования в сфере применения ГНСС и, в частности, GPS и её функциональных дополнений с 1985 года функционирует специальный комитет RTCA SC-159 Navigation Equipment Using the Global Navigation Satellite System (Навигационное оборудование, использующее ГНСС).

По состоянию на декабрь 2019 года RTCA SC-159 разработаны следующие документы:

— DO-208 with Change 1 - Minimum Operational Performance Standards for Airborne Supplemental Navigation Equipment Using Global Positioning System. «MOPS для бортового оборудования GPS, используемого как дополнительное средство навигации с изменением 1», 1993 г. Документ содержит стандарты, содержащие требуемые характеристики и процедуры тестовых испытаний для дополнительного навигационного бортового навигационного оборудования GPS, используемого на маршруте, терминальной зоне и неточных заходах, определены характеристики и функции 2D и 3D наведения.

— DO-217 with Change 2 - Minimum Aviation System Performance Standards DGNSS Instrument Approach System: Special Category 1 (SCAT-1). «MASPS для инструментальной системы захода на основе дифференциальной ГНССС: Специальная категория 1», 1996 г. Документ содержит руководство для создания систем, поддерживающей специальные инструментальные заходы на основе дифференциальной ГНСС. Стандартизованные требования в этом документе специально ориентированы на поддержку специальных точных заходов на посадку категории SCAT-1 в соответствии с установленными минимумами для MLS/ILS категории CAT-1.

— DO-228 - Minimum Operational Performance Standards for Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Airborne Antenna Equipment. «MOPS для бортового оборудования антенны ГНСС», 1995 г. Документ содержит требуемые характеристики антенн, используемых для бортовых приемников ГНСС (GPS/ГЛОНАСС) и процедуры их тестовых испытаний.

— DO-229E - Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Satellite-Based Augmentation System Airborne Equipment. «MOPS для бортового оборудования GPS/SBAS, 2016. Документ содержит требуемые характеристики и тестовые процедуры для сертификации одночастотного бортового оборудования L1 GPS, дополненного SBAS (в США WAAS - Wide Area Augmentation System).

— DO-235B - Assessment of Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS L1 Frequency Band. «Оценка радиочастотных помех, относящихся к частотному диапазону L1 ГНСС», 2008 г. Документ содержит отчёт об оценке внешних радиочастотных помех бортовому оборудованию ГНСС Также определяются радиочастотных помех для новых SBAS, QZSS и GALILEO. Предложены модификации условий испытаний приёмников ГНСС и рассмотрен ряд мер по снижению на них влияния радиочастотных помех.

— DO-245A - Minimum Aviation System Performance Standards for Local Area Augmentation System (LAAS). «MASPS для локальной системы функционального дополнения ГНСС», 2004 г. Документ содержит

требуемые минимальные характеристики для LAAS (принятое в США название GBAS), разработанной для обеспечения точных заходов и посадки по CAT I, а также других приложений навигации и наблюдения в локальной области, включая аэропорт и терминальную зону вокруг него. Добавлены требования LAAS для поддержки операций точных заходов на посадку для CAT II- III.

— DO-246E with Change 1 - GNSS-Based Precision Approach Local Area Augmentation System (LAAS) Signal-in-Space Interface Control Document (ICD), 2019 г. «Интерфейсный контрольный документ (ИКД) характеристик сигнала в пространстве локальной системы функционального дополнения для основанных на ГНСС точных заходов с изменением 1» LAAS имеет глобальное международное применение в качестве GBAS и обрабатывает три вида сигналов: навигационные сигналы, передаваемый со спутников ГНСС в наземную подсистему GBAS; навигационные сигналы, передаваемый со спутников ГНСС в бортовую подсистему GBAS, сигналы передачи корректирующей и служебной информации из наземной подсистемы GBAS в бортовую подсистему по УКВ линии передачи данных (VDB). Документ поддерживает обратную совместимость характеристик бортового оборудования GBAS с наземным и определяет стандартизированные характеристики сигнала в пространстве для GBAS.

— DO-247 - The Role of the Global Navigation Satellite System (GNSS) in Supporting Airport Surface Operations. «Роль ГНСС в поддержке наземных операций в аэропортах», 2004 г Документ содержит материалы о наземных операциях в аэропортах и их связь с использованием GNSS, в том числе справочную информацию для авиакомпаний, операторов аэропортов и поставщиков оборудования о роли GNSS в поддержке наземных операций в аэропортах, а также руководство по дальнейшей разработке стандартов в данной области.

— DO-253D with Change1 - Minimum Operational Performance Standards for GPS Local Area Augmentation System Airborne Equipment. «MOPS для бортового

оборудования LAAS», 2004 г. Документ является текущей версией дополнительного авиационного стандарта по отношению к Приложению 10, тому I SARPS ИКАО для типов обслуживания GAST C (CAT I) и GAST D (CAT-III), включающим также требуемые характеристики, обеспечивающие сервис дифференциального позиционирования (DCPS). Типы обслуживания GAST C и GAST D поддерживают все категории посадочных операций с вертикальным и боковым наведением, а также управляемым взлетом. DCPS поддерживает горизонтальное позиционирование в местных аэропортах и терминальной зоне.

— DO-261 - NAVSTAR GPS L5 Signal Specification. «Спецификация сигнала L5 NAVSTAR GPS», 2000 г. Документ содержит спецификацию требований, связанных с интерфейсом сигнала между космическим сегментом GPS и пользователями системы для навигационного сигнала L5.

— DO-292 - Assessment of Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS L5/E5A Frequency Band. «Оценка радиочастотных помех, относящихся к частотному диапазону L5/E5A ГНСС», 2004 г. Документ содержит отчёт, определяющий потенциальные радиочастотные помехи сигналам L5 ГНСС и E5A GALILEO при их использовании для воздушной радионавигации. В отчёте также оценивается потенциальное влияние внешней и внутренней (бортовой) сигнальной обстановки на характеристики приёмника ГНСС, обрабатывающего сигналы L5/E5A ГНСС.

— DO-301 - Minimum Operational Performance Standards for Global Navigation Satellite System (GNSS) Airborne Active Antenna Equipment for the L1 Frequency Band. «MOPS для бортового оборудования активной антенны ГНСС частотного диапазона L1», 2006 г. Документ содержит стандартизированные требования к характеристикам и описание тестовых процедур для бортового оборудования активной антенны ГНСС частотного диапазона L1 GPS/GALILEO, интегрированной с предварительным усилителем.

— DO-310 - Minimum Operational Performance Standards for GPS Ground-based

Regional Augmentation System Airborne Equipment. «MOPS для бортового оборудования региональной наземной системы функционального дополнения GPS (GRAS)», 2008 г. Документ содержит стандартизированные требования к характеристикам и описание тестовых процедур для бортового оборудования GRAS, совместимого с GBAS и обеспечивающего все этапы полёта, в том числе, заходы с вертикальным наведением за исключением точных заходов CAT-I- III.

— DO-316 - Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Aircraft Base Augmentation System. «MOPS для бортового оборудования GPS/ABAS», 2009 г. Документ содержит требуемые минимальные характеристики для оборудования одночастотного бортового навигационного датчика GPS, не дополненного SBAS и GBAS и предоставляющего информацию о местоположении ВС в мультисенсорную или отдельную навигационную систему. Они также касаются бортового оборудования зональной навигации (RNAV), которое будет использоваться для этапов полёта по маршруту, в терминальной зоне и горизонтальной навигации (LNAV). Основой для разработки документа является стандарт RTCA DO-229D (MOPS для бортового оборудования GPS/WAAS, с приёмником класса Beta 1 без требований к SBAS.

— DO-327 - Assessment of the LightSquared Ancillary Terrestrial Component Radio Frequency Interference Impact on GNSS L1 Band Airborne Receiver Operations. (Оценка влияния радиочастотных помех служебного наземного компонента системы LightSquared на работу бортовых приёмников ГНСС в частотном диапазоне L1)», 2011 г. Документ содержит результаты исследований, выполненных RTCA SC-159 по запросу FAA, по решении вопроса электромагнитной совместимости наземной беспроводной широкополосной сети LightSquared в частотном диапазоне 1525–1559/1626,5–1660,5 МГц бортового оборудования GPS.

— DO-368 - Minimum Operational Performance Standards for GPS/GLONASS (FDMA+antenna) L1-only Airborne Equipment. «MOPS для бортового

одночастотного (только L1) оборудования GPS/GLONASS (приёмник ГЛОНАСС с частотным разделением каналов + антенна)», 2017 г. Документ содержит стандартизированные требования к характеристикам и испытаниям для комбинированного приёмника GPS/ГЛОНАСС/ABAS, работающего в диапазонах частот L1 систем GPS и ГЛОНАСС. Он основан главным образом на материалах стандарта RTCA DO-316 и определяет минимальные требуемые характеристики навигационного датчика GPS/ГЛОНАСС, предоставляющего информацию о местоположении ВС в бортовую мультисенсорную или отдельную навигационную систему, предназначенную обеспечения этапов полёта на маршруте, терминальной зоне и неточного захода на посадку (NPA). Он также включает спецификации характеристик бортовых антенн GPS/ГЛОНАСС, полученные с использованием стандарта RTCA DO-301 в качестве базового документа.

— DO-373 - Minimum Operational Performance Standards for GNSS Airborne Active Antenna Equipment for the L1/E1 and L5/E5a Frequency Bands. «MOPS для бортового оборудования активной антенны ГНСС частотных диапазонов L1/E1 and L5/E5a», 2019 г. Документ содержит стандартизированные требования к характеристикам двухчастотных интегрированных бортовых антенн ГНССС, обеспечивающих безопасное применение в радиочастотных диапазонах L1/E1 (с центром на частоте 1575,42 МГц) и L5/E5a (с центром на частоте 1176,45 МГц). Разработанные требования поддерживают выполнение всех этапов полёта, включая точную посадку и наземное движение в аэропортах.

Международная ассоциация организации воздушного движения БАС (Global UTM Association — GUTMA).

27 апреля 2016 года в Женеве (Швейцария) прошла первая международная конференция по системам UTM. По итогам проведения конференции более 30 организаций и представителей авиационных властей стран ЕС, США, Китая приняли решение о создании Международной ассоциации в области UTM GUTMA в форме некоммерческого консорциума со штаб-квартирой в Лозанне, Швейцария.

Целью создания GUTMA является содействие безопасной и эффективной интеграции БАС в национальные воздушные системы. Миссия GUTMA заключается в поддержке и ускорении транспарентного внедрения глобально совместимых систем UTM по всему миру.

Участниками GUTMA являются более 70 организаций из более 20 стран (США, Европа, Россия, Китай, ОАЭ и Япония), включающих поставщиков аэронавигационного обслуживания, разработчиков инфраструктуры и поставщики услуг по предоставлению данных, производителей БАС, операторов БАС, поставщиков услуг UTM, а также регуляторов, научно-исследовательских и общественных организаций. В состав Ассоциации входят две российские компании: Некоммерческое партнёрство «ГЛОНАСС» и АО «Азимут».

Ассоциация включает три международные рабочие группы (Data Exchange — по обмену данными в UTM, Aerial Connectivity - авиационной подключённой и разработке архитектуры UTM - UTM Architecture), которые регулярно проводят совещания по всему миру, для совместной разработки, согласования и принятия международных стандартов, рекомендательных материалов, протоколов обмена данными, правил и процедур применимых к глобальной экосистеме UTM.

GUTMA также охватывает такие вопросы как создание универсальной базы данных регистрации БВС, открытые системы электронной идентификации, защищённая регистрация данных полётов, данные 3D-изображений, динамическая информация о погоде и БВС, линии передачи данных и все элементы, которые будут необходимы для работы будущих систем UTM. Ассоциация также работает над функциональной совместимостью национальных систем UTM.

В опубликованном документе [38] GUTMA определила общую архитектуру UTM как систему, представляющую собой совокупность взаимодействующих между собой технических и нетехнических систем, согласно определённым правилам для обеспечения безопасного эшелонирования БВС и других пользователей воздушного пространства на предельно малых высотах (VLL) в целях организации эффективного и упорядоченного воздушного движения БАС. Вторая версия документа находится на внутреннем согласовании. В документе

указано, что требуемые навигационные характеристики БАС должны удовлетворять требованиям существующих международных стандартов и определяться требованиями к используемому воздушному пространству, устанавливаемыми на национальном уровне.

Идентификация требований, содержащихся в рассмотренных стандартах будет выполнена в разделе 3.

Таким образом, на основании проведённого анализа международных технических стандартов EUROCAE, RTCA, GUTMA, относящихся к технологиям навигации беспилотных воздушных судов, можно сделать вывод об отсутствии в настоящее время единого технического регулирования в области навигации БАС. Прежде всего, это вызвано отсутствием апробированных технологий и минимальных требований к навигационным характеристикам (RNP) для выполнения полётов БВС в неконтролируемом воздушном пространстве, а также отсутствием соответствующих стандартов и спецификаций на навигационное оборудование БВС. Вместе с тем следует отметить значительный прогресс, достигнутый в данной области EUROCAE, RTCA, GUTMA за последние три года.

2.2. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям связи беспилотных воздушных судов

Для реализации технической политики в сфере применения БАС в EUROCAE были созданы рабочие группы (комитеты) WG-73 и WG-93. Рабочая группа WG-73 «Беспилотные авиационные системы» была создана в начале 2007 г. Основной целевой установкой рабочей группы являлась интеграция БАС в общее воздушное пространство классов A, B и C.

Рабочая группа WG-93 «Операции лёгких дистанционно пилотируемых авиационных системы (ДПАС)» была создана в 2012 г. Основной целевой установкой рабочей группы являлась разработка стандартов, рекомендаций, инструктивных материалов для выполнения операций лёгких БАС (ниже 25 кг.) в пределах визуальной видимости внешнего пилота (VLOS) и начала работы по выполнению операций за пределами видимости внешнего пилота (BVLOS).

Применительно к технологиям связи БВС рабочими группами WG-73 и WG-93 были подготовлены следующие документы:

— ER-010 - UAS/RPAS Airworthiness Certification - «1309» System Safety Objectives and Assessment Criteria. «Сертификация лётной годности БАС/ДПАС. 1309 целей обеспечения системной безопасности и критериев оценки», 2013 г. Документ содержит анализ вопросов, связанных с целями и критериями безопасности полётов БВС, в том числе, касающихся системной безопасности линий C2 БАС, и предоставление ряда последующих рекомендаций официальным органам, таким как EASA и Европейская комиссия.

— ER-012 - Command and Control and ATC Communications Operational Concept (C3 CONOPS) for Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS). «Эксплуатационная концепция управления, контроля и коммуникаций с УВД для ДПАС», 2015 г. Документ содержит описание верхнеуровневых общесистемных требований к линиям C2/C3 ДПАС, выполняющих полёты по ППП в контролируемом воздушном пространстве. В документе отмечены слабая координация деятельности в направлении интеграции БАС и необходимость обеспечения согласованности, стандартизации и взаимодействия в критически важной для интеграции БАС области - линии C3.

В 2016 году на базе рабочих групп WG-73 и WG-93 была создана новая рабочая группа WG-105/UAS (Беспилотные авиационные системы), целью которой является разработка стандартов и руководящих документов, позволяющих осуществлять безопасную эксплуатацию БАС во всех классах воздушного пространства в любое время и для всех видов полётных операций. Рабочая группа WG-105 координирует свою работу с комитетом RTCA SC-228. Деятельность подгрупп, входящих в рабочую группу WG-105 координируется Руководящим комитетом, состоящим из руководства, секретариата, руководителей подгрупп и других участников, привлекаемых по мере необходимости.

Применительно к технологиям связи рабочей группой WG-105

опубликованы следующие документы:

— ER-016 - RPAS 5030-5091 MHz CNPC LOS and BLOS compatibility study. «Исследование совместимости линии управления и контроля не относящейся к полезной нагрузке радиочастотного диапазона 5030-5091 МГц для выполнения полётов LOS и BLOS ДПАС», 2018 г. Документ содержит исследование совместимости между линиями C2 RLOS (наземной) и BRLOS (спутниковой), работающей в радиочастотном диапазоне 5030–5091 МГц.

— ED-253 - OSED for Automation and Emergency Recovery. Описание эксплуатационных сервисов и окружающей среды (OSED) для автоматизации и аварийного восстановления ДПАС», 2019 г. Документ содержит высокоуровневое описание эксплуатационных сервисов и окружающей среды для оценки и установления эксплуатационных требований, требований к безопасности полётов, эксплуатационных характеристик и совместимости, обеспечивающих автоматизацию и аварийное восстановления ДПАС, выполняющих полёты несегрегированном воздушном пространстве. В документе определяется взаимосвязь данных функций с службами УВД, воздушного движения, другими пользователями воздушного пространства и условиями эксплуатации, определяемыми характеристиками используемого воздушного пространства.

Рабочей группой WG-105 также подготовлены следующие документы, находящиеся в стадии публичного обсуждения:

— ED-265 - Minimum Operational Performance Standard for RPAS Command and Control Data Link (C-Band Satellite). «MOPS для спутниковой линии передачи данных C2 ДПАС радиочастотного диапазона 5030-5091 МГц». Документ содержит минимальные требуемые эксплуатационные характеристики для спутниковой линии передачи данных C2 ДПАС радиочастотного диапазона 5030-5091 МГц с основным акцентом на рассмотрение геосинхронных спутников, предоставляющих сервисы AMS(R)S. Вторым направлением данного MOPS являются ретрансляторы диапазона 5030–5091 МГц,

расположенные на платформах, летающих на больших высотах высотных платформе (HAPS). Спецификации, включённые в этот документ, в первую очередь предназначены для бортовых пользовательских терминалов БВС. Включение других элементов спутниковых линий С2, таких как наземный спутниковый шлюз и спутниковая полезная нагрузка, включены документ в целях иллюстрации и являются ненормативными.

— ED-266 - Guidance on Spectrum Access Use and Management for UAS. «Руководство по использованию и управлению доступом к спектру для БАС». Документ содержит руководство по использованию радиочастотного спектра для связи с бортовым оборудованием БВС. Он также применим к ДПВС. Все, что связано с использованием радиочастотного спектра БАС для любых целей, не связанных с полезной нагрузкой БВС, входит в сферу применения настоящего руководства. Использование радиочастотного спектра в интересах полезной нагрузки БВС выходит за рамки данного руководства.

— ED-272 - Minimum Aviation Systems Performance Standard for Remote Pilot Stations supporting IFR operations into non-segregated airspace. «MASPS для станции внешнего пилота, обеспечивающей полёты по ППП в несегрегированном воздушном пространстве». Документ содержит минимальные требуемые характеристики для станций внешнего пилота (СВП) ДПАС сертифицированной категории EASA с акцентом на требования к интеграции воздушного движения при полётах по ППП в контролируемом воздушном пространстве. СВП и её эксплуатационный контекст определены в описании эксплуатационных сервисов и окружающей среды (OSED). Стандарт определяет характеристики системы, состоящей из нескольких отдельных компонентов и предназначен для разработчиков, производителей, поставщиков услуг и пользователей СВП.

Рабочей группой WG-105 подготовлены проекты следующих документов:

— проект стандарта Minimum Operational Performance Standard for RPAS Command and Control Data. «MOPS для наземной линии управления и

контроля ДПАС»;

- проект стандарта Minimum Aviation System Performance Standard for RPAS Command and Control Data Link. «MASPS для линии передачи данных управления и контроля ДПАС»;
- проект стандарта Minimum Aviation System Performance Standard for management of the C-Band Spectrum in support of RPAS C2 Link services. «MASPS для управления спектром в С-диапазоне при обеспечении услуг линии С2 ДПАС»;
- проект стандарта Minimum Aviation System Performance Standard on RPAS C3 Security. «MASPS по авиационной безопасности линии С3 ДПАС»;
- проект документа Guidance on UAS C3 Security. «Руководство по авиационной безопасности линии С3 БАС»;
- проект стандарта Minimum Aviation Systems Performance Standard for RPAS Automation & Emergency Recovery functions. «MASPS для функций автоматизации и аварийного восстановления ДПАС»;
- проект стандарта Minimum Aviation System Performance Standard for UAS E-Identification. «MASPS для электронной идентификации БАС»;
- проект стандарта Minimum Operational Performance Standard for UAS E-Identification «MOPS для электронной идентификации БАС».

Комитет RTCA SC-203, «Беспилотные авиационные системы» был создан 19 октября 2004 г. Целью создания комитета являлась разработка стандартов, критериев сертификации, а также процедур для обнаружения и предотвращения столкновений (DAA), протоколов для использования при сертификации линий передачи данных систем управления, контроля и связи с УВД в определенной условиях окружающей среды выполнения полётов в системе национального воздушного пространства полёта. В марте 2013 года, на базе SC-203 в RTCA был сформирован новый комитет SC-228 «Стандарты на минимальные эксплуатационные характеристики БАС» с более узкой направленностью. Этот новый сосредоточен на разработке детальных стандартов для линий С2 и систем

DAA.

В ближайшей перспективе внимание комитета SC-228 будет сосредоточено на разработке технических стандартов, необходимых для проектирования, производства и сертификации, гражданских БАС, способных выполнять полёты по ППП в системе национального воздушного пространства. В целях устранения имеющихся пробелов в техническом регулировании Программный офис FAA по интеграции БАС, основные заинтересованные стороны в разработке и применении БАС производители БАС и комитет SC-228 в результате активного сотрудничества разработали стандарты на минимальные эксплуатационные характеристики (MOPS) для линий передачи данных C2 БАС. Первая фаза работы комитета обеспечила разработку стандарта для линий C2 с использованием наземных УКВ станций L и C диапазона. Второй этап развития стандартов предполагает разработку требований для использования каналов спутниковой связи в нескольких диапазонах для линий C2.

По состоянию на декабрь 2019 года комитетом SC-228 разработаны следующие документы, относящиеся к технологиям связи беспилотных воздушных судов:

— DO-362 - Command and Control (C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards (Terrestrial). «MOPS для наземной линии контроля и управления», 2016 г. Документ содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики наземных линий C2, необходимые для реализации функций управления безопасностью полётов БВС и связи за исключением полезной нагрузки (CNPC) и позволяющие внешнему пилоту безопасно управлять БВС с земли. Основное внимание в документе уделяется стандартизации характеристик линий C2, совместно использующих выделенный радиочастотный спектр независимо от формы радиосигналов. Требования к взаимодействию линии C2 с оборудованием БАС отсутствуют, так они описывают внутренние интерфейсы БАС. Стандарт устанавливает требования к характеристикам для наземных сетей C2 в радиочастотных диапазонах и C. Документ содержит рекомендации для

разработки программ верификации и валидации линий С2.

— DO-377 - Minimum Aviation System Performance Standards for C2 Link Systems Supporting Operations of Unmanned Aircraft Systems in U.S. Airspace. «MASPS для систем связи С2, поддерживающих операции БАС в воздушном пространстве США», 2019 г. Документ содержит стандарты минимальных характеристик для системы связи С2, соединяющей СВП и БВС Он охватывает операции БАС, требующие наличия линии С2 и позволяющие выполнять полёты БВС в пределах и за пределами прямой радиовидимости СВП. Приведённые в документе требуемые характеристики линий С2 не зависят от их конструкции, что должно быть полезно для эксплуатантов БАС, производителей оборудования и комплектующих, а также авиационных регуляторов.

— AWP2 - Command and Control (C2) Data Link White Paper. «Консультативный материал по линии передачи данных управления и контроля», 2014 г. В документе содержится описание подхода и соображений по разработке MOPS фазы 1 для линий С2 БАС/

— AWP4 - Command and Control (C2) Data Link White Paper Phase 2. «Консультативный материал по линии передачи данных управления и контроля, фаза 2», 2017 г. Документ содержит описание и план разработки стандартов по линии С2 и связанных с ними составляющих подсистем верхнего уровня, их проверки и валидации. Эти действия будут сосредоточены на расширении архитектур линий С2, рассмотренных на фазе 1, для решения задач в условиях BRLOS. Основное внимание в документе уделяется архитектуре спутниковой линии С2 в радиочастотных диапазонах Ku и Ka, и, возможно, С-диапазона. В документе подчёркивается необходимость учитывать возникающие требования, обусловленные изменениями потребностей рынка БАС, их влиянием на требуемые характеристики линий С2 и ограничениями на реализацию.

Общие требования к авиационной спутниковой аппаратуре,

предназначенной для реализации авиационной подвижной спутниковой службе AMS(R)S приведены в следующих стандартах RTCA и соответствующим им аналогах стандартов EUROCAE:

— DO-210D - Minimum Operational Performance Standards for Geosynchronous Orbit Aeronautical Mobile Satellite Services (AMSS) Avionics. «MOPS для бортового оборудования воздушной подвижная спутниковой службы на геосинхронных орбитах», 2015 г.

— DO-215A - Guidance on Aeronautical Mobile Satellite Service (AMSS) End-to-End System Performance. «Руководство по сквозным системным характеристикам воздушной подвижная спутниковой службы», 1998 г.

— DO-222 - Guidelines on AMS(R)S Near-Term Voice Implementation and Utilization «Руководство по реализацию и применению в ближайшей перспективе речевой связи в авиационной подвижной маршрутной спутниковой службе», 1994 г.

— DO-231 - Design Guidelines and Recommended Standards for the Implementation and Use of AMS(R)S Voice Services in a Data Link Environment. «Руководство по разработке и рекомендуемые стандарты для реализации и применения в авиационной подвижной маршрутной спутниковой службе услуг речевой связи с использованием цифровых линий передачи данных», 1996 г.

— DO-262D - Minimum Operational Performance Standards for Avionics Supporting Next Generation Satellite Systems (NGSS). «MOPS для бортового оборудования, поддерживающего спутниковые системы следующего поколения», 2019 г.

— DO-270 - Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for the Aeronautical Mobile-Satellite (R) Service (AMS(R)S) as Used in Aeronautical Data Links. «MASPS для авиационной подвижной маршрутной спутниковой службы, используемой для авиационных линий передачи данных, 2009 г.;

— DO-343B - Minimum Aviation System Performance Standard For AMS(R)S Data and Voice Communications Supporting Required Communications Performance (RCP) And Required Surveillance Performance (RSP) in Procedural Airspace.

«MASPS для речевой связи и передачи данных авиационной подвижной маршрутной спутниковой службы, поддерживающей требуемые характеристики связи в процедурном воздушном пространстве».

По состоянию на декабрь 2019 года Ассоциацией GUTMA разработаны следующие документы, относящиеся к технологиям связи беспилотных воздушных судов:

— протокол декларации полёта (Flight declaration protocol) [39], предназначенный для обеспечения глобального стандартизированного безопасного обмена полётными данными БВС между различными поставщиками UTM, позволяющий каждому поставщику UTM при обмене сохранять персональные данные своих клиентов.
— протокол полётных событий (Flight logging protocol) [40], предназначенный для стандартизации журналов телеметрических данных полёта, передаваемых БАС в UTM (таких как местоположение и скорость БВС, идентификаторы БВС и полезной нагрузки, данные о состоянии заряда аккумуляторной батареи и др.) для использования операторами БАС, поставщиками программного обеспечения UTM, правительственными организациями и другими заинтересованными участниками UTM.

Идентификация требований, содержащихся в рассмотренных стандартах будет выполнена в разделе 3.

Таким образом, на основании проведённого анализа международных технических стандартов EUROCAE, RTCA, GUTMA, относящихся к технологиям связи беспилотных воздушных судов, можно сделать вывод об отсутствии в настоящее время единого технического регулирования в области связи БАС. Прежде всего, это вызвано отсутствием апробированных технологий и минимальных требований к характеристикам связи (RCP) для выполнения полётов БВС в неконтролируемом воздушном пространстве, а также отсутствием соответствующих стандартов и спецификаций на оборудование связи БВС. Вместе с тем следует отметить значительный прогресс, достигнутый в данной области EUROCAE, RTCA, GUTMA за последние три года.

2.3. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям наблюдения беспилотных воздушных судов

Для реализации технического регулирования в сфере авиационного наблюдения в EUROCAE функционируют следующие рабочие группы:

— WG-49/Mode S Transponders (Транспондеры режима S)

— WG-51/ADS-B (АЗН-В);

— WG-82/New Air-Ground Data link Technologies (Новые технологии линий передачи данных «воздух - земля»).

В интересах разработки технологий наблюдения БВС указанные рабочие группы осуществляют постоянное взаимодействие с рабочими группами WG-75/TCAS, WG-105/UAS соответствующими специальными комитетами RTCA SC-209, ATCRBS/Mode S Transponder, SC-186, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B), SC-147, Traffic Alert & Collision Avoidance System (TCAS), SC-214, Standards for Air Traffic Data Communication Services, SC-222, AMS(R)S, SC-228, Minimum Performance Standards for Unmanned Aircraft Systems.

По состоянию на декабрь 2019 года рабочей группой WG-49 разработаны следующие основные документы, относящиеся к технологиям наблюдения БВС:

— ED-73E - Minimum Operational Performance Standards for SSR Mode S Transponders. «MOPS для транспондеров режима S вторичного обзорного радиолокатора», 2011 г. Документ содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики бортового оборудования транспондеров ВОРЛ режима S. Документ рассматривает конфигурацию оборудования, состоящую из: транспондера, пульта управления, антенны и соединительных кабелей. Представлены описание процедур тестирования оборудования и информация для реализации дополнительных функций оборудования.

— ED-115 - Minimum Operational Performance Standards for light aviation secondary surveillance radar transponders. «MOPS для транспондеров ВОРЛ лёгкой авиации», 2002 г. Документ разработан в целях повышения

безопасности полётов в мире и содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики малогабаритного бортового оборудования транспондеров ВОРЛ для ВС АОН, БВС, планеров, воздушных шаров и других малых ВС.

Рабочей группой WG-49 подготовлены проекты следующих документов:

— ED-73F - Minimum Operational Performance Standards for SSR Mode S Transponders. «MOPS для транспондеров режима S вторичного обзорного радиолокатора»;

— ED-78A - Guidelines for Approval of the Provision and Use of Air Traffic Services supported by Data Communications. «Руководство по утверждению предоставления и использования обслуживания воздушного движения, поддерживаемого передачей данных, 2000 г. Документ предоставляет исчерпывающий руководящий материал для использования поставщиками аэронавигационного обслуживания, производителями оборудования, эксплуатантами и авиационными регуляторами в интересах внедрения и повышения эффективности обслуживания воздушного движения с использованием цифровых линий передачи данных.

— ED-115A - Minimum Operational Performance Standards for light aviation secondary surveillance radar transponders. «MOPS для транспондеров ВОРЛ лёгкой авиации».

По состоянию на декабрь 2019 года рабочей группой WG-51 разработаны следующие основные документы, относящиеся к технологиям наблюдения БВС:

— ED-129B - Technical Specification for a 1090 MHz extended Squitter ADS-B ground station. «Техническая спецификация для наземной станции АЗН-В 1090 ES», 2016 г. Документ определяет минимальную техническую спецификацию для наземной станции АЗН-В 1090 ES, входящей в инфраструктуру, обеспечивающую службы авиационного наблюдения в интересах УВД (ATS) в Европейском аэронавигационном регионе.

— ED-194A - Minimum Operational Performance Standards for Aircraft Surveillance Applications (ASA) System Change 2. «MOPS для реализации

бортовых функций наблюдения», 2019 г. Этот документ содержит минимальные эксплуатационные требования к эксплуатационным характеристикам для систем АЗН-В, реализующие бортовые функции наблюдения.

— ED-102A - Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) & Traffic Information Services – Broadcast (TIS-B). «MOPS для АЗН-В 1090 ES и вещательной службы о воздушном движении», 2012 г. Документ содержит минимальные эксплуатационные требования к эксплуатационным характеристикам АЗН-В и вещательной службы о воздушном движении (TIS-B) в целях выполнения установленных функций бортового оборудования различных производителей в широком спектре полётных операций.

— ED-108A - Minimum Operational Performance Standards for VDL Mode 4 Aircraft Transceiver. «MOPS для бортовых транспондеров высокочастотной цифровой линии передачи данных режима 4», 2005 г. Документ содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики бортового оборудования транспондеров VDL-4. Представлены описание процедур тестирования оборудования и информация для реализации дополнительных функций оборудования.

— ED-156A - ADS-B Application Interoperability Requirements for VDL Mode 4. «Требования по интероперабельности приложений АЗН-В для VDL-4», 2010 г. Этот документ необходимо использовать совместно с документом о требованиях к безопасности полётов, характеристикам и совместимости ED-126 для приложений АЗН-В. В нем содержатся дополнения, в которых определяются требования к совместимости приложений АЗН-В, которые должны быть достигнуты с использованием режима VDL-4. Требования, содержащиеся в этом документе, обеспечивают гарантию того, что система АЗН-В режима VDL-4 будет выполнять свои функции приемлемо безопасным образом для различных приложений.

— ED-126 - Safety and Performance and Interoperability Requirements Document for ADS-B-NRA Application. «Документ по требованиям к безопасности полётов, характеристикам (SPR) и совместимости для приложений АЗН-В в воздушном пространстве без покрытия радиолокационным наблюдением», 2006 г. Этот документ был разработан на основе Руководства ED-78A и содержит минимальные требования к характеристикам к бортовым и наземным приложениям АЗН-В в воздушном пространстве без покрытия радиолокационным наблюдением.

— ED-232 - Safety and Performance and Interoperability Requirements document for Traffic Situation Awareness with Alerts (TSAA). «Документ по требованиям к безопасности полётов, характеристикам (SPR) и совместимости для ситуационной осведомлённости о воздушном движении с оповещением», 2014 г. Документ содержит минимальные эксплуатационные требования к безопасности полётов, характеристикам и совместимости при реализации ситуационной осведомлённости о воздушном движении органов ОВД и пользователей воздушного пространства.

Рабочей группой WG-75 также подготовлен проект документа Minimum Operational Performance Standards for ACAS Xu. «MOPS для бортовой системы предупреждения столкновений БАС ACAS Xu».

В 2019 г. рабочей группой WG-105 подготовлен документ ED-258 - Operational Services and Environment Definition (OSED) for Detect & Avoid [Traffic] in Class D-G airspaces under VFR/IFR. «Определение эксплуатационных сервисов и окружающей среды для обнаружения и предотвращения столкновений ДПВС в классах воздушного пространства D-G при выполнении полётов по ППП/ПВП. Документ обеспечивает основу для разработки минимальных эксплуатационных требований к безопасности полётов, характеристикам и совместимости для бортовых систем обнаружения и предотвращения столкновений (DAA), реализующего функции «предотвращение столкновений» (Collision Avoidance - CA) и «выдерживание безопасного расстояния» (Remain Well Clear — RWC) в классах воздушного пространства D-G.

Находятся в стадии публичного обсуждения следующие документы, подготовленные рабочей группой WG-105:

— ED-267 - Operational Services and Environment Definition (OSED) for Detect and Avoid in Very Low Level Operations. «Определение эксплуатационных сервисов и окружающей среды для обнаружения и предотвращения столкновений при выполнении полётов на предельно малых высотах». Документ содержит определение эксплуатационных сервисов и окружающей среды для реализации DAA при выполнении полётов БВС на предельно малых высотах. Документ обеспечивает основу для разработки минимальных эксплуатационных требований к безопасности полётов, характеристикам (SPR) и совместимости для бортовых и наземных систем DAA полётов VLL и рассматривается в качестве базового для поддержки разработки соответствующих стандартов MASPS и MOPS.

— ED-271 - Minimum Aviation System Performance Standard for Detect and Avoid (Traffic) in Class A-C airspaces under IFR. «MASPS для обнаружения и предотвращения столкновений ДПВС в классах воздушного пространства A-C при выполнении полётов по ППП». Документ описывает минимальные требования к бортовой системе DAA и выполняемые ей функции, необходимые для поддержки внешнего пилота при выполнении ДПВС полётов по ППП в классах контролируемого воздушного пространства A-C. Наземные системы DAA в документе не рассматриваются. Соответствие этому стандарту рекомендуется в качестве одного из средств обеспечения безопасного выполнения бортовой системой DAA намеченных функций в типовых условиях выполнения полётных операций.

Рабочей группой WG-105 также подготовлены проекты следующих стандартов:

— Minimum Operational Performance Standard (MOPS) for Detect & Avoid [Traffic] in Class A-C airspaces under IFR. «MOPS для бортовой системы обнаружения и предотвращения столкновений ДПВС в классах воздушного пространства A-C при выполнении полётов по ППП»;

— Minimum Aviation System Performance Standard for Detect & Avoid [Traffic] under VFR/IFR. «MASPS для бортовой системы обнаружения и предотвращения столкновений ДПВС при выполнении полётов по ППП/ПВП»;
— Minimum Operational Performance Standard for Detect & Avoid [Traffic] under VFR/IFR. «MOPS для бортовой системы обнаружения и предотвращения столкновений ДПВС при выполнении полётов по ППП/ПВП»;
— Minimum Operational Performance Standard for Detect & Avoid in Very Low Level Operations. «MOPS для обнаружения и предотвращения столкновений БВС при выполнении полётов на предельно малых высотах».

Общие требования к бортовым и наземным транспондерам ВОРЛ, бортовым, наземным системам АЗН-В и предоставляемым на их основе сервисам приведены также в соответствующих стандартах RTCA, которые в следствии их практически полной аналогии с рассмотренными выше стандартами EUROCAE в настоящем исследовании не рассматриваются. Далее рассматриваются только стандарты RTCA, непосредственно относящиеся к наблюдению БВС.

По состоянию на декабрь 2019 года RTCA SC-228 разработаны следующие документы, относящиеся к технологиям наблюдения БВС:

— DO-365 - Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Detect and Avoid (DAA) Systems. «MOPS для систем обнаружения и предотвращения», 2017 г. Документ содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики бортового оборудования DAA для выполнения безопасных полётов БВС в классах A-C системы воздушного пространства США и выполняющих транзитные переходы в классы D, E и G на высотах выше 500 футов относительна уровня земли (AGL). Документ не относится к малым БВС, выполняющим полёты на предельно-малых высотах (VLL) или в других специально выделенных областях воздушного пространства и не применяется к полётам БВС по правилам визуальных полётов (ПВП). Ожидается, что в будущих редакциях этого документа будут рассмотрены другие эксплуатационные сценарии, вплоть до выполнения полётов в

неконтролируемом воздушном пространстве класса G, а также другие архитектуры систем DAA, включая наземные датчики.

— DO-366 - Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Air-to-Air Radar for Traffic Surveillance. «MOPS для бортовых радиолокационных систем наблюдения за воздушным движением «воздух-воздух», 2017 г. Документ содержит требуемые минимальные эксплуатационные характеристики бортовых радиолокационных систем (РЛС) наблюдения за воздушным движением «воздух-воздух», осуществляющих поддержку систем бортового оборудования DAA для выполнения безопасных полётов БВС в классах A-C системы воздушного пространства США и выполняющих транзитные переходы в классы D, E и G на высотах выше 500 футов относительно уровня земли (AGL). Документ не относится к малым БВС, выполняющим полёты на предельно-малых высотах (VLL) или в других специально выделенных областях воздушного пространства и не применяется к полётам БВС по правилам визуальных полётов (ПВП). Содержащие в документе требования определяют характеристики бортовой РЛС, обнаруживающей некооперативное воздушное движение и формирующей треки ВС для всего воздушного движения в пределах объёма обнаружения. В стандарте приведены также методы тестирования РЛС, включая стендовые, лётные испытания и экологические испытания.

— AWP1 - Detect and Avoid (DAA) White Paper. «Консультативный материал по обнаружению и предотвращению столкновений», 2014 г. В документе содержится описание подхода и соображений по разработке MOPS фазы 1 для бортовых систем DAA.

— AWP3 Detect and Avoid (DAA) White Paper Phase 2. Консультативный материал по обнаружению и предотвращению столкновений. Фаза 2», 2017 г. Документ содержится описание и план разработки, проверки и валидации MOPS фазы 2 для бортовых систем DAA. Особое внимание в документе уделяется подходам к разработке стандартов для DAA, предназначенных для выполнения расширенных полётных операций BVLOS в системе воздушного

пространства США.

Следует также отметить, что в настоящее время специальным комитетом RTCA SC-147 TCAS подготовлен проект стандарта «Minimum Operational Performance Standards for ACAS Xu. «MOPS для бортовой системы предупреждения столкновений БАС ACAS Xu», определяющий требуемые минимальных эксплуатационных характеристик бортового оборудования DAA для выполнения безопасных полётов БВС в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, в том числе полётов на предельно-малых высотах (VLL). Запланированный срок выпуска первой версии стандарта – сентябрь 2020 г.

По состоянию на декабрь 2019 года Ассоциацией GUTMA разработан протокол передачи данных о воздушном движении БВС (Air Traffic Data Protocol) [47], предназначенный обеспечения глобального стандартизированного безопасного обмена данными о воздушном движении БВС между поставщиками услуг UTM и различными типами БАС, оснащёнными различными типами датчиков и линиями передачи данных.

Так как данные о воздушном движении могут приниматься с использованием разных датчиков с использованием различных технологий и форматов передачи данных, основные цели разработанного стандартного протокола заключаются в следующем:

— определить местоположение ВС с высокой степенью достоверности;
— минимизировать задержку прихода сообщений и снизить необходимую пропускную способность используемой линии передачи данных;
— обеспечить качество и целостность принимаемых данных о воздушном движении;
— обеспечить возможность объединения информации от различных источников данных БАС в одном канале передачи данных.

В настоящее время в протоколе предусмотрены следующие источники данных о воздушном движении:

— БВС и пилотируемые ВС, оснащённые транспондерами АЗН-В 1090 ES,

UAT, ответчиками ВОРЛ режимов A/C/S, транспондерами АЗН-В подобной системы FLARM (Flight Alarm) [48], широко используемой в Европе планеристами и пилотами ВС АОН, первичными радарами;

— различные телекоммуникационные модули частных компаний, в том числе систем подвижной радиотелефонной связи и радиомодули интернета вещей (IoT) различных стандартизированных технологий (LoRa, Sigfox, NB-IoT) [49];

— вещательная служба о воздушном движении (TIS-B), в предположении, что в перспективе все БВС смогут обнаруживать соседние ВС и обмениваться между собой информацией о их трафике.

Реализация протокола состоит из двух этапов. На первом этапе из различных бортовых датчиков БАС аккумулируются данные в формате JSON [50], широко используемом в индустрии БАС и АОН. Затем они конвертируются в формат ASTERIX [51], являющийся стандартизированным протоколом обмена данными о воздушном движении и передаются по наземным сетям передачи данных в интересах UTM.

Идентификация требований, содержащихся в рассмотренных стандартах будет выполнена в разделе 3.

Таким образом, на основании проведённого анализа международных технических стандартов EUROCAE, RTCA, GUTMA, можно сделать вывод об отсутствии в настоящее время единого технического регулирования в области наблюдения БАС. Прежде всего, это вызвано отсутствием апробированных технологий и минимальных требований к характеристикам наблюдения (RSP) для выполнения полётов БВС в неконтролируемом воздушном пространстве, а также отсутствием соответствующих стандартов и спецификаций на оборудование наблюдения БВС. Вместе с тем следует отметить значительный прогресс, достигнутый в данной области EUROCAE, RTCA, GUTMA за последние три года.

2.4. Анализ документов EUROCAE, RTCA и GUTMA, относящихся к технологиям полётно-информационного обслуживания беспилотных

воздушных судов

Основная работа по разработке нормативной базы в части полетно-информационного обслуживания воздушных судов проделана комитетом SC-206 RTCA. В период до в 2013 комитет разработал значительное число стандартов, посвящённых приложениям линий доставки аэронавигационной и метеорологической информацией:

— DO-267A - MASPS для канала передачи данных службы полётной информации (FIS-B) [52]. Данный документ устарел после выпуска принципиально новой версии [53].

— DO-340 - Концепция использования служб аэронавигационной информации (AIS) и метеорологических (MET) услуг передачи данных [54]. В этом документе даётся представление авиационной отрасли о том, как службы передачи данных AIS и MET будут использоваться для обеспечения полётов. В этом контексте услуги передачи данных рассматриваются либо как основное (категория 1), либо как полезное (категория 2) средство передачи АНИ и метеоинформации, а голос становится второстепенным средством для такой коммуникации. В этом документе определяются заинтересованные стороны, эксплуатационные потребности, обоснование услуг передачи данных АНИ и MET, а также необходимые процессы изменений. Операционные сценарии и варианты использования включены вместе с примерами информации АНИ и MET, которые могут предоставляться этими службами. Ожидается, что службы передачи данных АНИ и MET будут использоваться для поддержки тактических/краткосрочных, а также стратегических/плановых решений в различных эксплуатационных средах.

— DO-339 - Полученные с самолёта метеорологические данные через канал передачи данных для вихревого следа, управления воздушным движением и метеорологических приложений - эксплуатационные службы и определение окружающей среды (OSED) [55]. Этот документ дополнительно определяет концепцию операций по передаче метеорологических данных, полученных с воздушных судов, для обеспечения широкого спектра применений системы

воздушного транспорта следующего поколения (NextGen) и единого европейского Sky ATM Research (SESAR) в областях турбулентности в следе, управления воздушным движением и метеорология. OSED использует независимый от канала подход и описывает информационное содержимое, необходимое для поддержки широкого спектра приложений, не ограничивая элементы данных или скорости, чтобы оставаться в пределах какой-либо конкретной линии связи. Описан ряд применений для турбулентных следов, управления воздушным движением и метеорологии, которые могут извлечь выгоду из нисходящей или горизонтальной передачи этих данных, полученных с самолёта. OSED описывает конкретные данные, которые должны быть переданы, включая количество битов и время; адресует получение необходимых данных из стандартных меток данных на стандартных шинах данных воздушных судов, а также условия применимости для воздушных судов, не оборудованных шинами данных и / или системами управления полётом; обсуждаются ограничения, при которых предлагаемая услуга должна работать; и предоставляет обзор потенциально применимых стандартов производительности, обработки ошибок, системной безопасности и системной информационной безопасности. Определены конкретные финансируемые и/или запланированные проекты и исследования в области турбулентности в следе, управления воздушным движением (ОрВД), осведомлённости о погоде и метеорологических приложений, которые могли бы извлечь выгоду из предлагаемой службы данных.

— DO-358 - MOPS для служб полётной информации вещательного режима (FIS-B) с приёмопередатчиком универсального доступа (UAT). Эти стандарты определяют характеристики системы, которые должны быть полезны для разработчиков, производителей, установщиков и пользователей оборудования. В этом документе рассматривается конфигурация оборудования, состоящая из: бортовой обработки и отображения в кабине аэронавигационных и метеорологических данных, известных как FIS-B,

предоставленных Федеральным управлением гражданской авиации (FAA).

— DO-349 - Рекомендации по архитектуре служб передачи данных по аэронавигационной и метеорологической информации [56]. Этот стандарт содержит первоначальный набор рекомендаций по методам доставки, поддерживаемых промышленностью, для приложений и вариантов использования, описанных в документе RTCA DO-340, Концепция использования (ConUse) для служб аэронавигационной информации (AIS) и метеорологических (MET) услуг передачи данных [54]. В рекомендации включена дополнительная служба, определённая в RTCA DO-339, «Полученные из самолёта метеорологические данные по каналу передачи данных для приложений вихревого следа, управления воздушным движением и метеорологических приложений, и определение окружающей среды (OSED)» [55]. Эти рекомендации охватывают архитектурные процессы, источники информации, процессы безопасности и распределения. Этот документ поддерживает потребности в передаче данных будущих концепций управления воздушным движением (ATM) (например, система воздушного транспорта следующего поколения (NextGen) и потенциально обеспечивает вклад в будущие усилия в рамках инициатив по исследованию единого европейского воздушного движения (SESAR). Основной целью этих будущих концепций ОрВД является установление воздушного судна в качестве основного участника совместного принятия решений (CDM), а в некоторых случаях и создания зон воздушного пространства для автономных операций, где воздушное судно несёт основную ответственность за безопасное эшелонирование от другого движения, турбулентных следов, погоды и специального/ограниченного воздушного пространства. Своевременная доступность высококачественных и надёжных электронных информационных услуг AIS и MET необходима для поддержки этих глобальных концепций ОрВД.

В периоды объединённой работы комитета SC-206 с аналогичной рабочей группой EUROCAE WG-76 AIS and MET Data Link Applications (приложения

линий доставки аэронавигационной и метеорологической информации) были разработаны следующие совместные документы:

— ED-151/DO-308 - Определение эксплуатационных служб и среды (OSED) для линий передачи данных аэронавигационной информации (AIS) и метеорологических (MET) [57]. В этом документе представлены службы передачи данных AIS и MET, которые предполагается реализовать как в США, так и в Европе. Он представлен в форме определения эксплуатационного обслуживания и среды (OSED), которое основано на критериях, изложенных в Руководстве RTCA DO-264/EUROCAE ED-78A по сертификации предоставления и использования обслуживания воздушного движения, поддерживаемого передачей данных [58]. OSED описывает предполагаемые службы линий передачи данных AIS и MET и предположения относительно среды, в которой они работают. Службы предназначены предоставлять аэронавигационную информацию для поддержки принятия решений пилотами и совместного принятия решений (CDM) между наземными службами, кабиной экипажа, диспетчерским управлением (ATC) и, в случае необходимости, центрами управления воздушными перевозками (AOC) во всех условиях полёта для обеспечения эффективности полёта и избегания опасности.

— ED-175/DO-324 - Требования безопасности и эксплуатационных характеристик (SPR) для служб аэронавигационной информации (AIS) и метеорологических (MET) линий передачи данных [59]. В этом документе указываются минимальные базовые эксплуатационные требования безопасности и производительности (SPR) для передачи по линии передачи данных AIS и MET в качестве основного средства воздушной и наземной связи. Целью служб передачи данных AIS и MET является предоставление аэронавигационной и метеорологической информации для повышения эффективности полёта и / или предотвращения опасности во всех условиях полёта. В этом SPR охвачены четыре службы линий передачи данных AIS/MET: служба авиационных обновлений, которая обеспечивает текущие

обновления аэронавигационной информации; и три службы принятия решений о погоде, которые предоставляют текущие обновления метеорологической информации, предназначенной для поддержки решений лётного экипажа в трёх категориях (планирование, краткосрочные и немедленные решения). Документ основан на условной архитектуре и не предназначен для реализации и оперативного использования до завершения действий по проверке. Он обеспечивает основу и методологию, которые будут использоваться в качестве основы для оценки внедрения новых систем или архитектур линий передачи данных в качестве кандидатов на услуги линий передачи данных AIS и / или MET.

В настоящее время объединённый комитет SC-206/WG-76 ведёт разработку обновлённой версии стандарта «DO-364A - MASPS для служб передачи аэронавигационной информации/метеорологических данных». Этот документ содержит руководство по характеристикам системы и распределению требований, поддерживающих услуги передачи данных. Этот инструктивный материал рекомендует минимально приемлемые критерии для сертификации/одобрения использования систем передачи данных AIS и MET, когда для подтверждения соответствия гражданским нормам требуется сертификация/ одобрение. Это руководство предназначено для разработчиков, производителей, установщиков, поставщиков услуг, регуляторов и пользователей систем передачи данных AIS и MET. Требования, содержащиеся в этом документе, необходимы для обеспечения надлежащей гарантии того, что системы передачи данных AIS и MET будут функционировать приемлемым образом.

Определяемые стандартом службы включают аэронавигационные, метеорологические и смешанные информационные службы. Большинство из них использует восходящую («земля-борт») линию связи, с добавлением двух служб для нисходящей/горизонтальной («борт-земля»/«борт-борт») линии связи.

В службе «Обновления об ограничениях воздушного пространства» будет предоставлена информация о состоянии ограниченного доступа, в том числе о запрещённых и опасных зонах, условиях доступа и измерениях потока.

Ожидаемые преимущества включают более своевременную переадресацию, снижение рабочей нагрузки диспетчеров.

Служба «Цифровой NOTAM» будет предоставлять самую последнюю обновлённую информацию, связанную с уведомлениями для пользователей воздушного пространства, в цифровой и структурированной форме. Ожидаемые преимущества: более свежая информация, лучшая доступность этой информации (благодаря цифровой структуре) и снижение неопределённости из-за неправильного толкования.

Служба «Ветер и температура на эшелонах» предоставят подробную информацию о ветре и температуре, связанную с полётом (только прогноз), во время подготовки к полёту для прогнозирования изменения траектории или на маршруте для информирования экипажа или управления изменением маршрута; для автоматического входа в систему управления полётам. Ожидаемые выгоды: ожидание и оптимизация изменения маршрута, повышение эффективности использования топлива.

Служба «Погода на аэродроме и посадочных зонах» предоставит пользователям воздушного пространства обновлённую информацию о фактических и прогнозируемых атмосферных условиях (ветер, давление, QNH и QFE, точка росы, видимость, облака, существенные явления) в полёте и во время подготовки к взлёту. Погода в зоне приземления БАС/вертолёта рассматривается отдельно. Ожидаемые преимущества: обеспечивает подготовку к взлёту и посадке во время посадки экипажа, лучшую осведомлённость о ситуации, автоматизацию функций, связанных с погодой.

Служба «Опасная погода» обеспечит информации о существенной погоде на маршруте и других явлениях в атмосфере, которые могут оказать влияние на безопасность полёта (турбулентность ясного неба, горные волны, конвективные зоны, области обледенения, пыльные и песчаные бури, циклоны, вулканический пепел, космическая погода радиоактивные облака). Ожидаемые выгоды: повышение осведомлённости о ситуации, упрощение изменения плана полёта.

Служба «Опасные явления на аэродроме/зона взлёта и посадки» будут

предоставлять быстро обновляемую информацию о метеорологических явлениях, которые могут оказать непосредственное существенное влияние на безопасность полётов во время этапов полёта, проходящих на аэродроме и вокруг него (сдвиги ветра на малых высотах, микропорывы, предупреждения о вихревом следе). Ожидаемые преимущества: снижение рабочей нагрузки пилота; снижение рабочей нагрузки диспетчеров.

Служба «Регулярный прогноз атмосферы» предоставит подробные прогнозы, связанные с полётом, в отношении атмосферных условий (струйных течений, низкого уровня и приземного давления, осадков, тропопаузы и температуры тропопаузы); от подготовки к полёту после посадки экипажа до взлёта и на всех этапах полёта. Ожидаемые преимущества: расширенные возможности отображения для бортовых систем благодаря цифровому и структурированному характеру информации;

Служба «Погодные изображения» будет предоставлять метеорологические продукты, полученные из необработанной наблюдаемой информации, получаемой из метеорологических изображений (спутник: видимый, инфракрасный или составной; радиолокационная мозаика; детекторы молний). Ожидаемые преимущества: повышение осведомлённости о ситуации, оптимизация маршрута лётными экипажами, особенно для дальних рейсов;

Служба «Дальность видимости на ВПП» предоставляет актуальную информацию о дальности видимости и трендах, связанных с использованием ВПП на данном аэродроме во время снижения и захода на посадку. Ожидаемые преимущества: обеспечивает более частый мониторинг значений RVR с адаптируемым порогом в критических погодных ситуациях;

Ожидается, что «цифровая ATIS» заменит существующую голосовую службу ATIS для оборудованного воздушного судна, предоставляя цифровую и структурированную информацию. Ожидаемые преимущества: снижение нагрузки на экипаж, уменьшение количества голосовых каналов, более оперативное использование (перед полётом, на маршруте).

Служба «Наземная информация об аэропорте» будет обновлять

информацию, предоставленную во время предполётного инструктажа, касающуюся взлётно-посадочных полос, рулёжных дорожек и вертолётных площадок (закрытие порога, препятствия, недоступность выхода, средства посадки, ветер и температура на пороге, загрязнение, разрушающие вещества). Ожидаемые преимущества: снижение рабочей нагрузки экипажа, снижение рабочей нагрузки УВД, более оперативное использование (в пути).

В части полетно-информационного обслуживания члены ассоциации GUTMA в рамках создания Эксплуатационной концепции U-space CORUS [60] предлагают ряд информационных сервисов в интересах полетно-информационного обеспечения БАС:

— аэронавигационная информация для БАС;

— погодная информация для БАС;

— служба геопространственной информации;

— информация о навигационном покрытии;

— информация о коммуникационном покрытии;

— информация о плотности населения.

Таким образом, на основании проведённого анализа международных технических стандартов EUROCAE, RTCA, GUTMA, можно сделать вывод об отсутствии в настоящее время единого технического регулирования в области полетно-информационного обеспечения БАС. Прежде всего, это вызвано отсутствием апробированных технологий и минимальных требований к полетно-информационному обслуживанию БАС в неконтролируемом воздушном пространстве, а также отсутствием соответствующих стандартов и спецификаций. Вместе с тем следует отметить значительный прогресс, достигнутый в данной области EUROCAE, RTCA, GUTMA за последние три года.

2.5.Выводы по разделу

1. На основании проведенного анализа документов EUROCAE, RTCA, GUTMA, относящихся к интеграции БАС можно сделать вывод об отсутствии единого технического регулирования в области технологий связи, навигации,

наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, это вызвано отсутствием требуемых характеристик RCP, RNP, RSP и требований к полетно-информационному обслуживанию БВС в неконтролируемом воздушном пространстве.

2. Следует отметить постоянную планомерную работу, проводимую EUROCAE, RTCA, GUTMA в части создания технического регулирования в области технологий связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, этому способствует реализация национальных и международных программ и проектов по интеграции БАС в воздушное пространство. Использование передового зарубежного опыта необходимо учитывать при разработке национального нормативного технического регулирования интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации для устранения наметившегося отставания в данной сфере и его гармонизации с международным.

3. Новые спутниковые технологии связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов должны разрабатываться и внедряться с учётом использования международной практики и гармонизации с международными стандартами и руководящими документами, а также обеспечивать требуемые характеристики для выполнения всех видов полётов различных типов БВС во всех классах воздушного пространства.

4. Применение системы ОрВД БАС (UTM) позволит управлять полетными операциями БАС на основе динамического изменения состояния объёмов воздушного пространства и обеспечения гарантированного доступа к полетно-информационному обслуживанию эксплуатантов БАС в реальном масштабе времени. Поскольку объем информации, необходимый для динамического управления воздушным пространством в интересах выполнения полетов БВС может превысить существующие возможности органов ОрВД, потребуются дополнительные службы полетно-информационного обслуживания БАС.

3. Идентификация общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов;

3.1.Методология формирования требований

Формирование спецификации требований (рис.19) происходит в несколько этапов:

— Анализ действующих и перспективных источников требований;

— Идентификация требований и исключение дубликатов;

— Определение зрелости требования;

— Определение применимости по способу использования воздушного пространства.

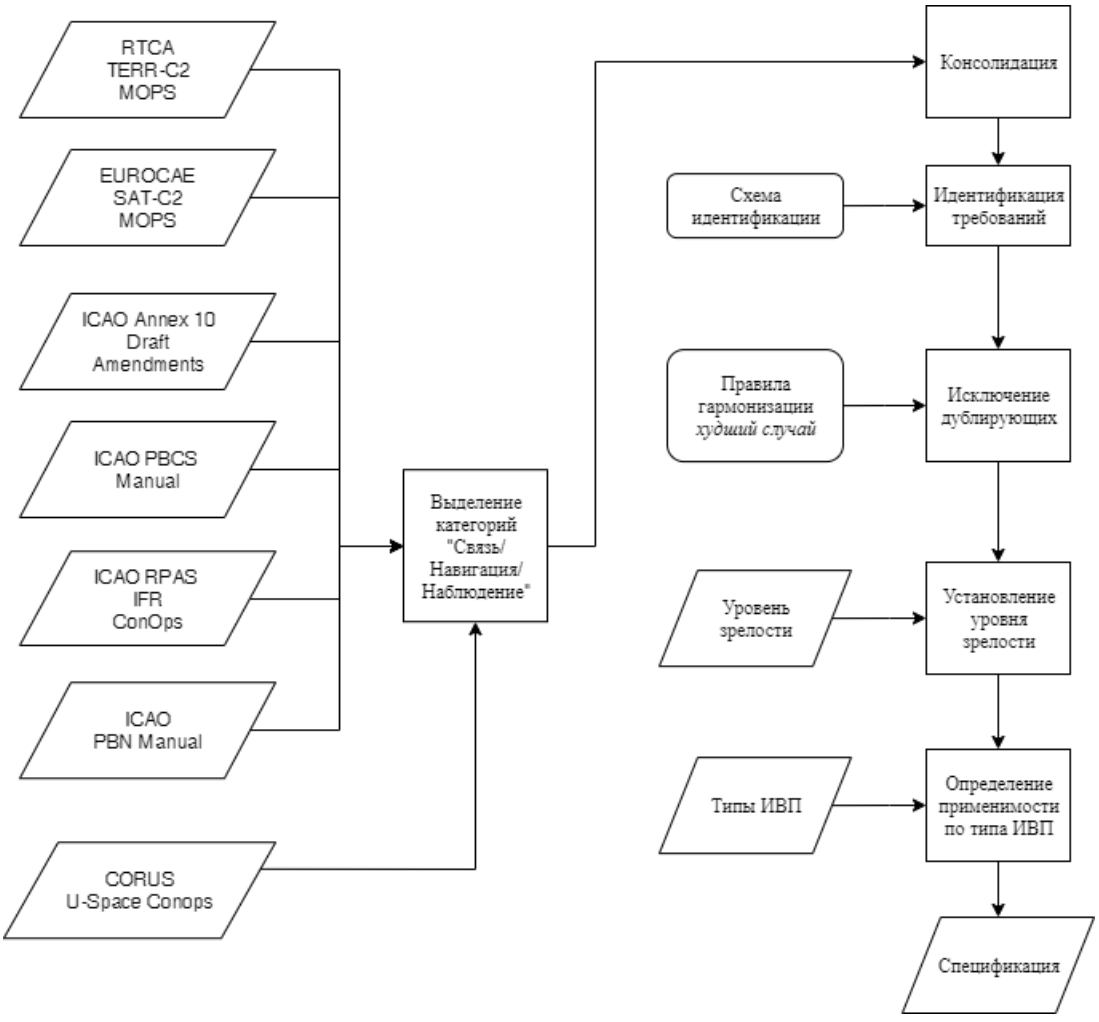

Рисунок 19 - Обзор методологии построения спецификации

3.2.Схема идентификации

Используется трехкомпонентная схема идентификации: обозначение домена требований, мнемоническое обозначение источника и числовой номер требования, уникальный в рамках домена.

Если аналогичные требования присутствуют в двух различных источниках, то идентификатор присваивается более конкретному или строгому из требований.

Требования, рассматриваемые в данной работе, подразделяются по следующим доменам:

— [NAV] — требования к навигации;

— [COM] — требования к связи;

— [SURV] — требования к наблюдению.

3.3. Источники, используемые для идентификации

Для идентификации использовались следующие источники

— [ICAO 2] Правила полётов, с поправками в части БАС, предложенными в октябре 2019 г. [61];

— [ICAO 3] Метеорологическое обеспечение [62];

— [ICAO 10] Авиационная электросвязь, перспективный том VI в части линии связи C2 [12];

— [ICAO 15] Аэронавигационная информация [63];

— [ICAO UTM] Общий каркас ИКАО для СУБВД [32];

— [ICAO RPAS IFR] Эксплуатационная концепция ИКАО для БАС, выполняющих полёты по ППП [8];

— [ICAO PBN] Руководство ИКАО по навигации, основанной на характеристиках [9];

— [ICAO PBCS] Руководство ИКАО по связи и наблюдению, основанных на характеристиках [25];

— [CORUS CONOPS] Эксплуатационная концепция CORUS U-Space [60];

— [RTCA TERR-C2 MOPS] Спецификация наземной аппаратуры линии C2 C-диапазона [64];

— [SAT-C2 MOPS] Спецификация EUROCAE наземной аппаратуры линии C2 C-диапазона [65];

— [ED-114B] Спецификация EUROCAE аппаратуры посадки по сигналам ГНСС [66].

3.4. Уровни зрелости

При формировании спецификации использовались разные источника, начиная от обязательных для применения SARPS ИКАО до черновых документов, широкое обсуждение которых только планируется.

Для того, чтобы создать единую спецификацию требований, при этом не теряя информацию о невалидированной природе отдельных требований, в спецификацию вводится классификация по уровню зрелости и применимости требования (рис. 20).

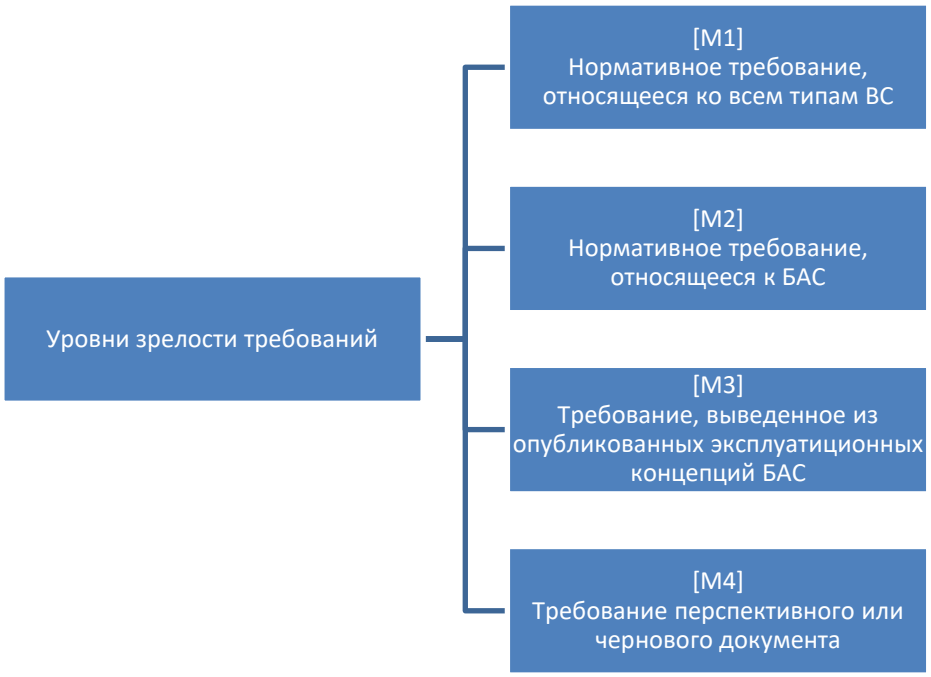

Рисунок 20— Уровни зрелости требований

3.5. Способы использования воздушного пространства

Использование воздушного пространства БВС подразделяется на операции в сегрегированном и несегрегированном воздушном пространствах. Несмотря на то, что эти способы ИВП принципиально различаются (рис. 21), в целях консолидации общесистемных требований целесообразно рассмотреть в комплексе рассмотреть

применимость требований к различным ИВП. Более того, каждый тип может быть, в свою очередь, уточнён.

При рассмотрении способов ИВП также важно различать операции БАС по отношению к прямой видимости.

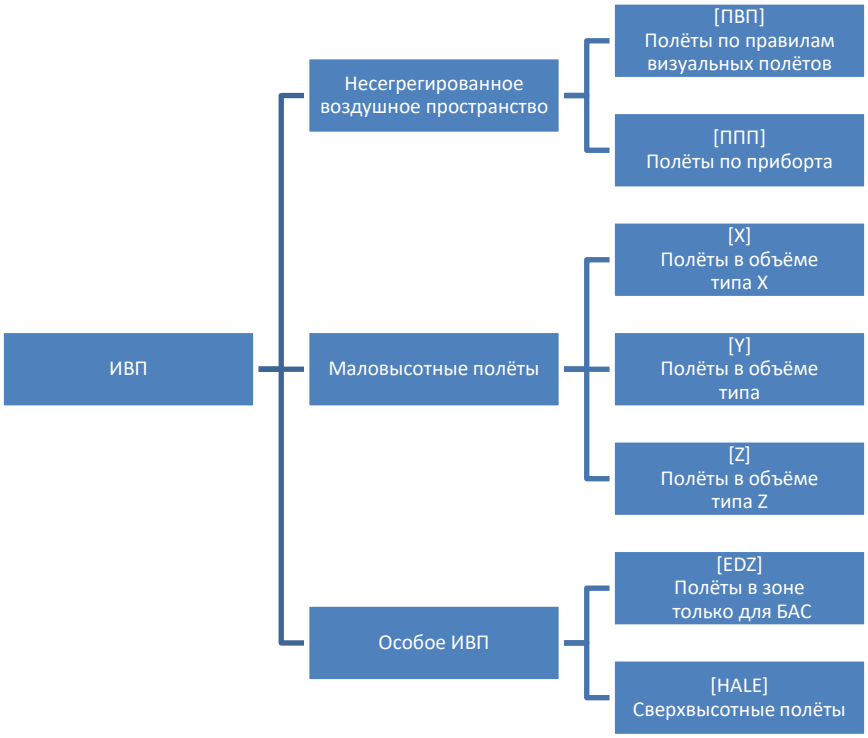

Рисунок 21 — Способы ИВП

3.5.1. Полёты в зоне прямой видимости и за её пределами

Согласно положениям Приложения 2 к Чикагской конвенции ИКАО [61] полёты VLOS -это полёты, при выполнении которых внешний пилот или наблюдатель БАС должны невооружённым глазом поддерживать прямой визуальный контакт с БАС.

Пределы и дальность, на которую безопасно могут выполняться полёты VLOS, не определены. Однако при определении радиуса выполнения полёта необходимо учитывать возможности внешнего пилота или наблюдателей БАС, метеорологические условия, размер и заметность БАС и другие факторы.

Дальность горизонтального полёта VLOS может быть большей в тех случаях, когда один или несколько наблюдателей БАС оказывают пилоту помощь в выдерживании БАС на безопасном расстоянии от других, находящихся поблизости

воздушных судов и препятствий (EVLOS). В зависимости от местоположения наблюдателя БАС (например, на борту другого воздушного судна), дальность и высота полёта может быть увеличена.

Для VLOS визуальный контакт должен быть прямым, т. е. БАС должно постоянно находиться в поле зрения внешнего пилота или наблюдателя БАС, что обеспечивает возможность внешнему пилоту и/или наблюдателю БАС отслеживать траекторию полёта БАС по отношению к другим воздушным судам, людям, препятствиям в целях выдерживания эшелонирования и предотвращения столкновений. Полёты VLOS должны выполняться в таких метеорологических условиях, при которых внешний пилот или наблюдатель БАС способны избежать столкновения с находящимися поблизости воздушными судами и предупредить возникновение других ситуаций повышенного риска, обусловленных факторами опасности, характерными для эксплуатационных условий.

Планирование полётов должно обеспечить внешнему пилоту и/или наблюдателю БАС достаточную высоту нижней границы облачности, видимость и запас высоты над местностью/препятствиями для поддержания постоянного визуального контакта с БАС в условиях, которые, согласно прогнозу, будут сохраняться в течение всего полёта. Кроме того, эти условия должны обеспечивать возможность обнаружения других воздушных судов, находящихся поблизости.

3.5.2. Полёты за пределами прямой видимости (BVLOS).

В тех случаях, когда ни внешний пилот, ни наблюдатель БАС не могут невооружённым глазом поддерживать прямой визуальный контакт с БАС, полёты относятся к категории BVLOS.

Производство полётов BVLOS. Для производства полётов BVLOS у внешнего пилота или наблюдателя БВС должны быть средства обнаружения и предотвращения столкновений (DAA) столкновения с другими воздушными судами, местностью и препятствиями и избегать все другие виды опасности, такие как опасные метеорологические условия.

До выполнения контролируемого полёта BVLOS необходимо согласовать действия с соответствующими органами ОВД в части, касающейся:

— любого заранее заданного профиля полёта на случай потери линии контроля и управления C2 и/или процедур прекращения полёта;
— прямой телефонной связи между ПДП и органами ОВД на случай чрезвычайных обстоятельств, если соответствующий) орган ОВД не установил использование других средств.

Связь между ПДП и органами ОВД должна соответствовать требованиям, предъявляемым к классу воздушного пространства, в котором выполняются полёты, и осуществляться с помощью стандартного связного оборудования и процедур ОВД, если соответствующий орган ОВД не установил использование других средств.

3.5.3. Полёты в несегрегированном ВП

Так как эксплуатационная концепция ИКАО [8] предполагает, что БАС в несегрегированном пространстве в обозримой перспективе всегда предполагает внешнего пилота и должна максимальным образом следовать правилам пилотируемой авиации, типа использования БАС несегрегированного пространство целесообразно подразделить на полёты по ПВП и ППП в соответствии с определениями, данными Приложением 2 ИКАО — Правила полётов [61].

3.5.4. Полёты в сегрегированном ВП

Подразделение ИВП для сегрегированного ВП следует эксплуатационной концепции U-Space [60]. Рассматриваемое ВП в первую очередь, расположено ниже нижней границы пространства класса G, и вне аэродромов/вертодромов используется пилотируемой авиацией лишь в чрезвычайных случаях. Пространство «ниже нижнего» подразделяется на «объёмы», обозначаемые литерами X, Y и Z. Схематично определение данных объёмов показано на диаграмме (рис. 22).

С точки зрения требований к связи, навигации, наблюдения и полётно-информационного обслуживания, в сегрегированном воздушном пространстве «ниже нижнего» аналогом системы CNS/ATM является система управления

беспилотным воздушным движением (СУБВД, англ. UTM — unmanned traffic management), представляющая собой набор информационных служб, предоставляемых в определённых объёмах воздушного пространства.

Каждый из объёмов предоставляет определённый набор Служб, реализующий представленные в спецификации требования, применимые к данному объёму.

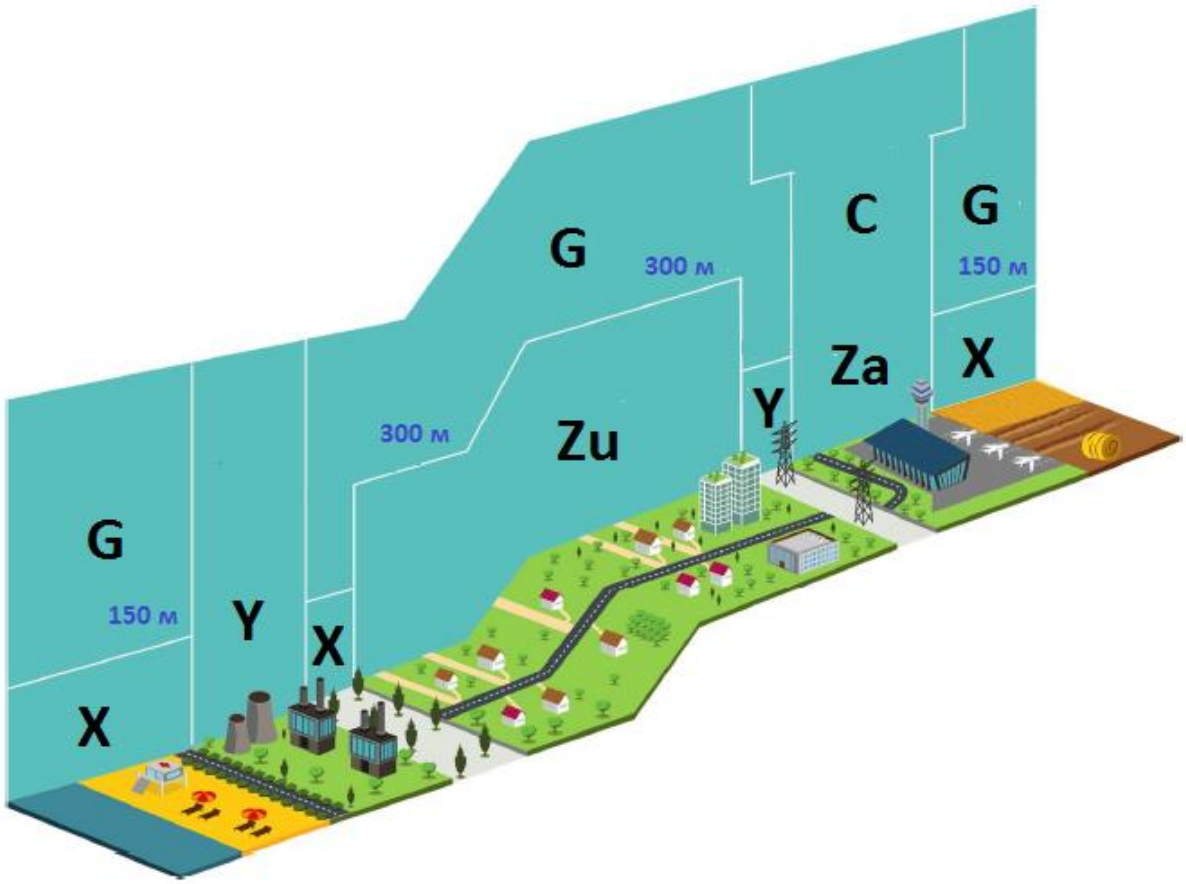

Рисунок 22— Классификация воздушного пространства

3.5.5. Объём воздушного пространства типа X.

Существует немного основных требований к оператору, пилоту или БВС для доступа к типу воздушного пространства X.

В объёме X пилот все время остаётся ответственным за эшелонирование. Полёт в поле зрения оператора возможен без проблем. Другие типы операций в объёме X требуют значительного внимания к снижению воздушных рисков. Объёмы типа X ожидаются в регионах:

— с низким спросом на ИВП, либо из-за небольшого количества рейсов, либо

из-за определённой концентрации на «открытой» эксплуатационной категории БАС

— с низким наземным и воздушным риском.

3.5.6. Объём воздушного пространства типа Y.

Доступ к Y требует утверждённого плана работы. Воздушное пространство Y может иметь специальные технические требования, приписанные к нему, — демонстрация того, что они выполняются, является частью процесса утверждения плана работы. Эти технические требования обычно включают в себя:

— Удалённая станция пилотирования связана с системой управления беспилотным воздушным движением (СУБВД);

— БАС способна предоставлять отчёты о местоположении БВС.

Объёмы типа Y допускают полёты VLOS и BVLOS. В объёмах типа Y предусмотрены меры по снижению риска, обеспечиваемые СУБВД, которые недоступны в X. В воздушном пространстве Y конфликты между рейсами разрешаются до взлёта.

Так как в этом воздушном пространстве нет службы тактического (в полёте) эшелонирования, разрешение конфликтов перед полётом уменьшит остаточный риск столкновения до очень низкого уровня, что приведёт к большому разнесению воздушных судов.

В воздушном пространстве Y есть информация о воздушном движении, предоставление которой требует, чтобы все воздушные суда в воздушном пространстве Y могли быть отслежены. Воздушное пространство Y может иметь минимальные требования к рабочим характеристикам для сообщения о местоположении: в некоторых районах сообщения о начале и конце полёта могут быть достаточными.

Объёмы Y ожидаются в областях, где риск для земли или воздуха слишком велик для объёма X, например, там, где много воздушного движения (дронов), или над густонаселённым районом. Объёмы Y могут быть созданы в ответ на значительный спрос на полёты BVLOS. Объёмы Y также могут быть созданы как

средство ограничения доступа, например, в национальном парке. В таких случаях Y объёмы могут обеспечивать выполнение требования иметь утверждённой план работ, но могут, из-за недоступности мобильного интернета, не требовать подключения ПДП к СУБВД.

Объёмы Z позволяют выполнять операции с более высокой плотностью, чем Y, и, следовательно, ожидаются в областях, где спрос на трафик превышает пропускную способность Y или существует особый риск. Как и для Y, доступ к Z требует утверждённого плана работы и, кроме того:

— Пилот постоянно подключён к СУБВД
— Подача отчёта о местонахождении для самолёта с достаточной производительностью, чтобы включить отслеживание

3.5.7. Объём воздушного пространства типа Z.

К воздушным пространствам Z могут быть приложены особые технические требования — демонстрация того, что они выполняются, является частью процесса утверждения плана эксплуатации.

У объёмов Z есть служба тактического разрешения конфликтов. Она может обеспечиваться СУБВД, в этом случае объём называется Zu, или объём может контролироваться УВД, когда он называется Za.

Важно отметить, с учётом предположения, что УВД осуществляют управление только в тех классах воздушного пространства, которые допускают полёты пилотируемой авиации, объём Za всегда включается в воздушное пространство класса G.

По решению регулятора:

— Объём Zu может быть создан в неконтролируемом воздушном пространстве, и в этом случае служба разрешения тактических конфликтов предоставляет рекомендации.
— Объём Zu может быть обозначен как контролируемое воздушное пространство, и в этом случае Служба разрешения считается службой управления воздушным движением. Следовательно, в этом объёме служба

Тактического разрешения конфликтов предоставляет инструкции, которым должны следовать все.

Аэронавигационная информация (включая аэронавигационную информацию для БАС) для каждого тома Zu должна чётко указывать, является ли оно контролируемым воздушным пространством или неконтролируемым.

3.6.Спецификация требований к связи, навигации и наблюдению

В таблице 9 представлена консолидированная спецификация требований, составленная из источников согласно представленной методологии.

Таблица 9 - Спецификация общесистемных требований

Домен	№ п/п	Формулировка требования	Источник требования	Способ ИВП	Уровень зрелости требования	Примечание
NAV COM SURV	1	RPAS должен отвечать требованиям к характеристикам оборудования и оснащённости для конкретного воздушного пространства, в котором должен выполняться полёт.	ICAO 2	ППП и ПВП	M1	Применимо ко всем типам ИВП, регулируемым ИКАО
NAV	2	Характеристики навигационной информации, предоставляемой внешнему пилоту БАС должны соответствовать спецификации RNP, назначенной воздушному пространству, в котором эксплуатируется БВС	ICAO PRAS IFR	ППП	M3	

COM	2	Характеристики связи (голосовой или цифровой) между станцией внешнего пилота БАС и органом УВД должны соответствовать спецификации RCP, назначенной воздушному пространству, в котором эксплуатируется БВС (RCP 240 или RCP 400)	ICAO PRAS IFR	ППП	М3	
		Примечание. Требования COM не применяются к линии связи C2, кроме случая, когда линии C2 непосредственно поддерживает функцию связи внешний пилот — орган УВД.				
SURV	2	Характеристики данных наблюдения, предоставляемых БАС органу УВД, должны соответствовать спецификации RSP, назначенной воздушному пространству, в котором	ICAO PRAS IFR	ППП	М3	

		эксплуатируется БВС				
COM	3	Передача между поставщиками услуг C2 Link может быть разрешена, но её удалённому внешнему пилоту необходимо её подтвердить до передачи.	ICAO PRAS IFR	ППП	M3	
COM	4	БАС, проводящий операции по инструментальным правилам полётов, должен поддерживать связь с УВД, находясь в контролируемом воздушном пространстве.	ICAO PRAS IFR	ППП	M3	
COM	5	Коммуникационное решение для связи с УВД должно быть прозрачным для диспетчеров, чтобы поддерживать согласованность со связью для пилотируемой авиацией	ICAO PRAS IFR	ППП	M1	

		Внешние пилоты должны быть обеспечены текущей информацией о погоде в зоне аэродрома вылета/прибытия, либо площадки пуска/приземления, должна включать:				
NAV	3	Сенсоры ГНСС, используемые для выполнения процедур RNP/RNAV, должны соответствовать FAA TCO-129() или аналогичным	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	4	Вероятность серьёзного отказа навигационного оборудования при выполнении процедур RNAV должна быть не выше 10-5 за час	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	5	БАС, предназначенная для полётов в воздушном пространстве с требованиями RNAV 10 должна иметь как минимум 2 независимых навигационных канала с соответствующим уровнем	ICAO PBN	ППП	M1	

		целостности.				
NAV	6	Точность (95%) горизонтального канала для RNAV 5 должна быть не хуже 10 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	7	При использовании сигнала ГНСС для выполнения RNAV 10 навигационное оборудование должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 20 морских миль превышает 10-7 за час	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	8	Точность (95%) горизонтального канала для RNAV 5 должна быть не хуже 5 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	9	При использовании сигнала ГНСС для выполнения RNAV 5 навигационное оборудование	ICAO PBN	ППП	M1	

		должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 10 морских миль превышает 10-7 за час				
NAV	10	Точность (95%) горизонтального канала для RNAV 2 должна быть не хуже 2 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	11	Точность (95%) горизонтального канала для RNAV 1 должна быть не хуже 1 морской мили	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	12	При использовании сигнала ГНСС для выполнения RNAV 1 навигационное оборудование должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 2 морских миль превышает 10-7 за час	ICAO PBN	ППП	M1	

NAV	13	При использовании сигнала ГНСС для выполнения RNAV 2 навигационное оборудование должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 4 морских миль превышает 10-7 за час	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	14	Точность (95%) горизонтального канала для RNAV 4 должна быть не хуже 4 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	15	При использовании сигнала ГНСС для выполнения RNAV 2 навигационное оборудование должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 8 морских миль превышает 10-7 за час	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	16	Для выполнения захода RNP APCH	ICAO PBN	ППП	M1	

		используются сенсоры ГНСС				
NAV	17	Точность (95%) горизонтального канала для захода на посадку RNAV APCH должна быть не хуже 0.3 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	18	При выполнении RNP APCH или RNP 0.3 навигационное оборудование должно выдавать предупреждение, если вероятно выхода ошибки горизонтального позиционирования за пределы 0.6 морских миль превышает 10-7 за час	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	19	Полная ошибка местоположения по горизонтали (95%) при выполнении RNAV 0.3 должна быть не хуже 0.3 морских миль	ICAO PBN	ППП	M1	
NAV	20	При выполнении маловысотных полётов по RUNP-5 точность определения местоположение	CORUS	Z	M3	

		должна быть не хуже 5 метров				
NAV	21	При выполнении маловысотных полётов по RUNP-5 вероятность выдачи предупреждения об отказе в течение 1 секунды с момента отказа должна быть не мерее 1-10-7	CORUS	Z	M3	
NAV	22	Доступность функции навигации при полётах по RUNP-5 должна быть не менее 99% за полёт	CORUS	Z	M3	
NAV	23	Вероятность нарушения непрерывности обслуживания при полётах по RNP-5 должна быть не больше 10-4	CORUS	Z	M3	
NAV	24	При выполнении маловысотных полётов по RUNP-50 точность определения местоположение должна быть не хуже 50 метров	CORUS	xY	M3	
NAV	25	При выполнении маловысотных полётов по RUNP-50 вероятность выдачи предупреждения об отказе в	CORUS	xY	M3	

		течение 5 секунд с момента отказа должна быть не мерее 1-10-7				
NAV	26	Доступность функции навигации при полётах по RUNP-50 должна быть не менее 99% за полёт	CORUS	xY	M3	
NAV	27	Вероятность нарушения непрерывности обслуживания при полётах по RNP-50 должна быть не больше 10-4	CORUS	xY	M3	
		При выполнении маловысотных полётов внешние пилоты должны в реальном времени получать следующую информацию:				
SURV	3	— информацию о трафике: идентификаторы, текущее местоположение и скорость пилотируемых и беспилотных ВС.	CORUS	xyZ	M3	
SURV	4	— прогноз плотности трафика по данным текущего провайдера ПИО	CORUS	xyZ	M3	

SURV	5	Информация о трафике должна предоставлять по данным текущего и смежных провайдеров полётно-информационного обслуживания для БАС	CORUS	xyZ	M3	
COM	6	При выполнении маловысотных полётов БАС должна обеспечивать внешнему пилоту голосовую или цифровую связь с УВД, если возможен вход в управляемое воздушное пространство	CORUS	Z	M3	
		Электронная видимость: при выполнении маловысотных полётов БАС должна передавать, как минимум, следующую информацию:				
SURV	6	— свой идентификатор и идентификатор оператора (доступен для авторизованных пользователей)	CORUS	XYZ	M3	

SURV	7	— текущее местоположение и высоту	CORUS	XYZ	M3	В соответствии с выбранной категорией RUNP
SURV	8	оценку неопределённости местоположения	CORUS	XYZ	M3	
SURV	9	точное время измерения местоположения	CORUS	XYZ	M3	
SURV	10	тип сенсора, использованного для оценки местоположения	CORUS	XYZ	M3	
SURV	11	направление и скорость движения	CORUS	XYZ	M3	
SURV	12	оценку неопределённости измерения скорости	CORUS	XYZ	M3	
COM	7	Внешний пилот должен постоянно проверять/читать/прослушивать канал/службу аварийной связи	CORUS	XYZ	M3	
COM	8	Линия связи C2 должна обеспечивать внешнему пилоту безопасный контроль за беспилотным ВС при всех	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП XYZ	M2	Целесообразно расширение применимости требования за

		ожидаемых нормальных и аномальных условиях				пределы командной линии C-диапазона
COM	9	Линия связи C2 должна обеспечивать внешнему пилоту голосовую и цифровую связь у УВД	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП XYZ	M2	Если выбрана соответствующая общесистемная архитектура
COM	10	Линия связи C2 должна обеспечивать обмен сообщениями, обеспечивающими работу систем «обнаружить и уклониться» при операциях самоэшелонирования и предупреждения столкновений	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП yZ	M2	
COM	11	Линия связи C2 обеспечивать своевременную доставку внешнему пилоту информации от бортового погодного радиолокатора	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП	M2	
COM	12	Линия связи C2 обеспечивать своевременную доставку внешнему	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП	M2	

		пилоту видеоинформации с борта беспилотного ВС для осуществления критических операций (если применимо)		xyz		
COM	13	Аппаратура линии связи C2 должна обеспечивать постоянных мониторинг эксплуатационных характеристик передачи в направлениях «земля-борт» и «борт-земля»	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	14	Аппаратура линии связи C2 должна обеспечивать оповещение внешнего пилота о деградации эксплуатационных характеристик	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	15	Наземные станции C2 C-диапазона, расположенные на расстоянии не более 10 морских миль от точки взлёта/посадки (пуска/приземления) могут использоваться только для взлётно-	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП	M2	

		посадочных операций (ВПО)				
COM	16	Наземные станции C2 C-диапазона, расположенные на расстоянии не более 10 морских миль от точки взлёта/посадки (пуска/приземления) не могут быть расположены ближе 155 метров от зоны ВПО или руление	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП	M2	
COM	17	Наземные станции C2 C-диапазона, расположенные на расстоянии более 10 морских миль от точки взлёта/посадки (пуска/приземления) могут использоваться только для выполнения полётов по трассам	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП	M2	Из этого следует необходимость более чем одной наземной станции для выполнения полётов в радиусе большем, чем 10 м.м.

		Подсистема кибербезопасности линии C2 должна обеспечивать:				
COM	18	взаимную аутентификацию наземной и бортовой станций C2	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	19	авторизацию и контроль доступа бортовой станции к наземной	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	20	аутентификацию источника данных для системных и пользовательских сообщений между наземной и бортовой станциями	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	21	целостность данных для системных и пользовательских сообщений между наземной и бортовой станциями	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	
COM	22	конфиденциальность чувствительных данных для системных и пользовательских сообщений между наземной и	TERR-C2 MOPS	ПВП ППП xyz	M2	

		бортовой станциями				
COM	23	Линия связи C2 космического базирования должна использовать C-диапазон (5030-5091 МГц)	SAT-C2 MOPS	ПВП ППП	M4	
COM	24	Оборудование линии связи C2 космического базирования должно удовлетворять требованиям перспективных Стандартов и рекомендованных практик ИКАО (Приложение 10 к Конвенции ИКАО, Том VI)	SAT-C2 MOPS	ПВП ППП	M4	
COM	25	Линия связи C2 должна поддерживать только задачи внешнего пилота, необходимые для безопасной и эффективной работы БАС.	ICAO 10	Все способы ИВП	M4	
COM	26	Когда линия связи C2 включает поддержку задач удалённого пилота, необходимых для целей	ICAO 10	ППП	M4	

		управления воздушным движением (УВД), таких как ретрансляция сообщений УВД, канал C2 должен безопасным образом удовлетворять характеристикам, соответствующих воздушному пространству.				
COM	27	Для эффективного использования частотного спектра продолжительность между началом использования канала C2 и завершением использования канала C2 не должна превышать времени полёта и наземных операций, плюс время, необходимое для выполнения проверки безопасности до и после полёта.	ICAO 10	Все способы ИВП	M4	
COM	28	Спецификация линии C2 должна соответствовать характеристикам линии C2, необходимым для безопасной работы.	ICAO 10	Все способы ИВП	M4	

COM	29	Географические координаты зоны обслуживания линии C2 и время предоставления, предназначенные для эксплуатационного использования БАС, должны быть валидированы и верифицированы, чтобы гарантировать, что зона обслуживания линии C2 безопасна для использования её предполагаемыми получателями.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	30	Зона обслуживания линии C2 должна быть совместима с запланированными (включая непредвиденные) зонами работы БАС и местоположением всех станций внешнего пилота (СВП), участвующих в операциях.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

COM	31	БВС и СВП всегда должны оставаться в зоне обслуживания линии C2. Перед полётом провайдер линии C2 должен предоставить оператору БАС надлежащие средства для установления того, что предоставляемое качество обслуживания, безопасность и зона обслуживания линии C2 соответствуют требованиям для безопасной эксплуатации запланированного полёта (включая непредвиденные операции)	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	32	Внешнему пилоту должно быть предоставлено указание, когда соединение C2 было успешно установлено между СВП и БВС.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	33	В рамках предполётной проверки БАС внешнему пилоту должны	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

		быть предоставлены средства для проверки того, что канал C2 соответствует требованиям по качеству обслуживания.				
COM	34	Перед выполнением переключения на другой канал или сеть внешнему пилоту должна быть предоставлена достаточная информация о предоставляемом качестве обслуживания принимающей линии или сети, для того, чтобы подтвердить, что оно соответствует требуемому качеству обслуживания	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	35	Провайдер линии C2 не должен намеренно завершать соединение C2 без явного согласия внешнего пилота.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	36	Когда линия C2 поддерживает внешнего пилота в связи с органом УВД, предоставление канала C2	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

		должно быть доступно до тех пор, пока БАС продолжает получает услуги УВД.				
COM	37	Сообщения УВД, передаваемые через БВС и канал C2, должны соответствовать тем, которые определены для пилотируемых воздушных судов.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	38	Внешний пилот должен быть обеспечен всей доступной информацией о состоянии БАС, необходимой для ускорения восстановления канала C2.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	39	Должны быть предусмотрены технические и процедурные средства для указания внешнему пилоту/СВП и БАС об успешном восстановлении соединения C2 после того, как возникло состояние потерянного соединения C2.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

COM	40	Из состояния о принятии решения о потере соединения C2 БАС должен либо вернуться в номинальное состояние соединения C2, либо войти в состояние потерянного соединения C2, как только будет превышено время принятия решения о потерянном соединении C2.	ICAO 10		M4	
COM	41	Обмен информацией между СВП и БВС, передаваемыми по каналу C2, должен быть достаточно безопасным для предотвращения несанкционированного вмешательства в БАС.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	42	Информация о состоянии канала C2 должна быть представлена внешнему пилоту	ICAO 10	ППП ПВП XYZ	M4	
COM	43	Последовательность системных сообщений линии C2 должна	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

		основываться на критериях приоритета.				
COM	44	Управление последовательностью системных сообщений линии C2 должно использовать временную метку.	ICAO 10	ППП ПВП	M4	
COM	45	Приоритет передачи информации между СВП и БВС должен быть: a) сообщения об управлении и настройке полёта БВС; b) сообщения с высоким приоритетом обнаружения и предотвращения (DAA); c) средства управления воздушным движением, включая сигналы бедствия и срочные сообщения; d) сообщения телеметрии о безопасности полёта, включая сообщения DAA с низким приоритетом;	ICAO 10	ППП ПВП	M4	

		e) другие сообщения о безопасности полёта; f) обычные телеметрические сообщения; g) обслуживание воздушного движения, кроме связи УВД; и h) другие сообщения.				
		Спецификации характеристик связи RCP 240 соответствуют				
COM	46	— срок жизни сообщения — 240 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	47	— время транзакции — 210 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	48	— непрерывность на срок жизни сообщения — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	49	— непрерывность на время транзакции — 0.95	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	50	— доступность — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	51	— вероятность отказа не более 10^{-5} за час полёта	ICAO PBCS	ППП	M1	
		Спецификации характеристик связи				

		RCP 400 соответствуют:				
COM	52	— срок жизни сообщения — 400 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	53	— время транзакции — 350 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	54	— непрерывность на срок жизни сообщения — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	55	— непрерывность на время транзакции — 0.95	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	56	— доступность — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
COM	57	— вероятность отказа не более 10-5 за час полёта	ICAO PBCS	ППП	M1	
		Спецификации характеристик наблюдения RSP 180 соответствуют:				
SURV	13	— время предельного опоздания — 180 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	14	— среднее время доставки сообщения — 90 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	15	— непрерывность на срок предельного опоздания — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	16	— непрерывность на время	ICAO PBCS	ППП	M1	

		доставки — 0.95				
SURV	17	— доступность — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	18	— вероятность отказа не более 10-5 за час полёта	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	19	— точность по времени — 1 секунда	ICAO PBCS	ППП	M1	
		Спецификации характеристик наблюдения RSP 400 соответствуют:			M1	
SURV	20	— время предельного опоздания — 400 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	21	— среднее время доставки сообщения — 300 с	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	22	— непрерывность на срок предельного опоздания — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	23	— непрерывность на время доставки — 0.95	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	24	— доступность — 0.999	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	25	— вероятность отказа не более 10-5 за час полёта	ICAO PBCS	ППП	M1	

SURV	26	— точность по времени — 30 секунд	ICAO PBCS	ППП	M1	
SURV	27	Точность передаваемых в интересах наблюдения данных местоположения должна соответствовать применимой спецификации RNP	ICAO PBCS	ППП	M1	
NAV	28	При выполнении процедуры неточного (NPA) захода на посадку по ГНСС горизонтальная точность СВП (95%) не должна быть хуже 220 м	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	29	При выполнении процедуры захода с вертикальным наведением (APV) или точного захода I категории (CAT I) по ГНСС горизонтальная точность СВП (95%) не должна быть хуже 16 м	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	30	При выполнении процедуры захода с вертикальным наведением I	ICAO 10	ППП	M1	

		категории (APV-I) по ГНСС вертикальная точность СВП (95%) не должна быть хуже 20 м				
NAV	31	При выполнении процедуры захода с вертикальным наведением I категории (APV-II) по ГНСС вертикальная точность СВП (95%) не должна быть хуже 8 м	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	32	При выполнении процедуры или точного захода I категории (CAT I) по ГНСС вертикальная точность СВП (95%) не должна быть хуже 4 м	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	33	При выполнении процедуры или точного захода I и III категории (CAT I/III) навигационное оборудование БАС должно соответствовать низкоуровневым требованиям спецификации EUROCAE ED-114B	ED-114B	ППП	M1	

NAV	34	При выполнении процедур захода на посадку по ГНСС риск потери целостности СВП не должен превышать 10^{-7}	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	35	При выполнении процедур захода на посадку по ГНСС риск потери непрерывности СВП не должен превышать 10^{-6}	ICAO 10	ППП	M1	
NAV	36	При выполнении процедур захода на посадку по ГНСС доступность СВП не должна быть ниже 0.99999	ICAO 10	ППП	M1	

3.7.Выводы по разделу

1. В соответствии с предложенной в разделе методологией выполнена идентификация общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов.

2. На основании проведенной идентификации общесистемных требований, относящихся к технологиям связи, навигации и наблюдения БВС, содержащихся в документах ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA, была сформирована спецификация требований, основанных на характеристиках к системам CNS.

3. Внедрение сформированной спецификации к системам связи, навигации и наблюдения будет способствовать развитию технологий, относящихся к интеграции БАС в воздушное пространство РФ в соответствии с применяемыми способами использования воздушного пространства.

4. Идентификация общесистемных международных требования в части полётно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов

4.1.Методология формирования требований

Формирование спецификации требований происходит в несколько этапов (рис.23):

— Анализ действующих и перспективных источников требований

— Идентификация требований и исключение дубликатов

— Определение зрелости требования

— Определение применимости по способу использования воздушного пространства

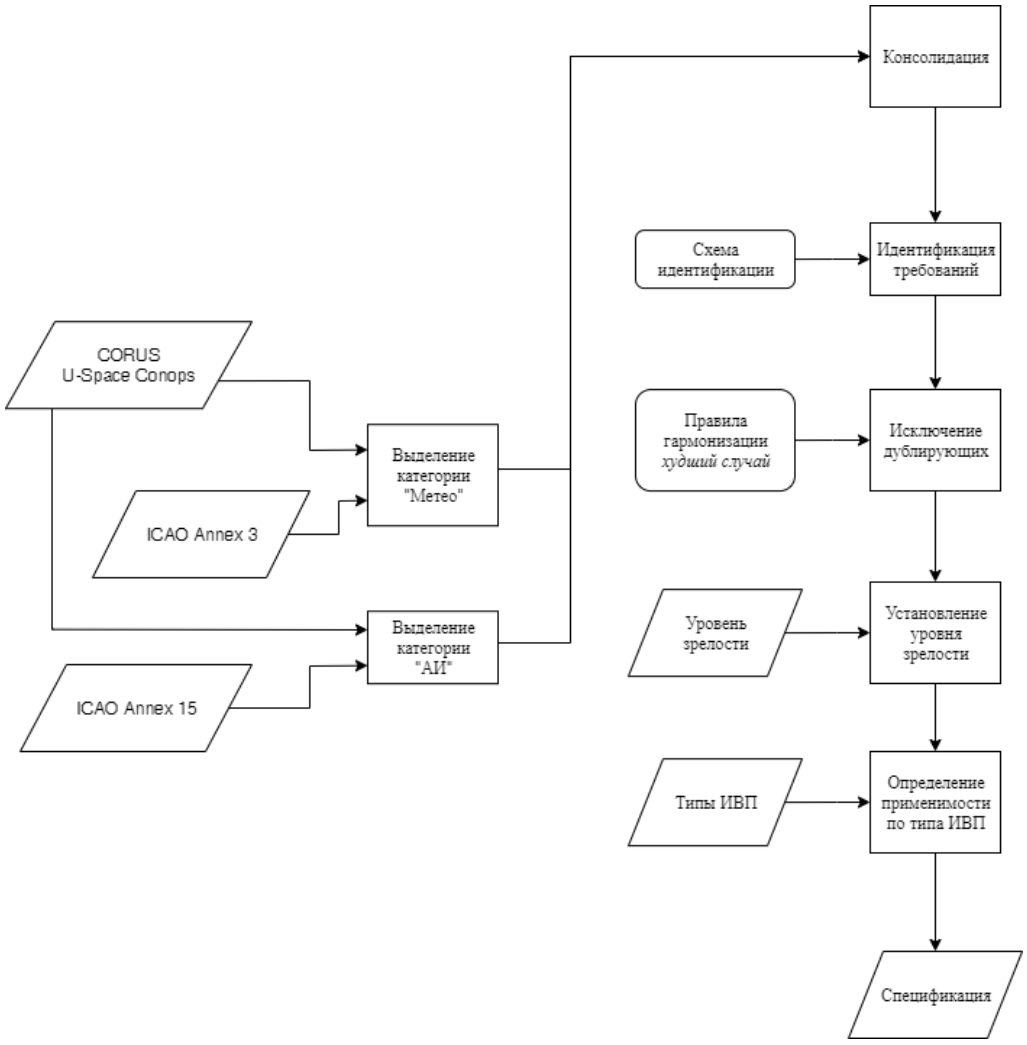

Рисунок 23 — Обзор методологии построения спецификации

4.2. Схема идентификации

Используется трехкомпонентная схема идентификации: обозначение домена требований, мнемоническое обозначение источника и числовой номер требования, уникальный в рамках домена.

Если аналогичные требования присутствуют в двух различных источниках, то идентификатор присваивается более конкретному или строгому из требований.

Требования, рассматриваемые в данной работе, подразделяются по следующим доменам:

— [AIS] — требования к обеспечению аэронавигационной информацией;

— [MET] — требования к обеспечению метеорологической информацией.

4.3. Источники, используемые для идентификации

Для идентификации использовались следующие источники

— [ICAO 3] Метеорологическое обеспечение [62];

— [ICAO UTM] Общий каркас ИКАО для СУБВД [32];

— [ICAO RPAS IFR] Эксплуатационная концепция ИКАО для БАС, выполняющих полёты по ППП [8];

— [CORUS CONOPS] Эксплуатационная концепция CORUS U-Space [60];

4.4. Уровни зрелости

Уровни зрелости требований соответствуют определённым для требований к связи, навигации и наблюдению (см. 3.4).

4.5. Способы использования воздушного пространства

Способы использования воздушного пространства соответствуют определённым для требований к связи, навигации и наблюдению (см. 3.5).

4.6. Спецификация требований к полетно-информационному обслуживанию беспилотных воздушных судов

В таблице 10 представлена консолидированная спецификация требований, составленная из источников согласно представленной методологии.

Таблица 10 — Спецификация общесистемных требований

Домен	№ п/п	Формулировка требования	Источник требования	Способ ИВП	Уровень зрелости требования	Примечание
MET AIS	1	RPAS должен отвечать требованиям к характеристикам оборудования и оснащенности для конкретного воздушного пространства, в котором должен выполняться полёт.	ICAO 2	ППП и ПВП	M1	Применимо ко всем типам ИВП, регулируемым ИКАО
MET	2	Состав и характеристики метеорологической информации, предоставляемой внешнему пилоту БАС должны воздушному пространству и правилам полётов, по рамках которых эксплуатируется БВС	ICAO UTM	Все способы ИВП		
AIS	2	Состав и характеристики аэронавигационной информации,	ICAO UTM	Все способы		

		предоставляемой внешнему пилоту БАС должны воздушному пространству и правилам полётов, по рамках которых эксплуатируется БВС		ИВП		
		Внешние пилоты должны быть обеспечены **текущей** информацией о погоде в зоне аэродрома вылета/прибытия, либо площадки пуска/приземления, должна включать:				
MET	3	— направление и скорость ветра у земли	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	*Примечание 1.* Здесь и далее принимается, что если определённая служба включена в число требуемых служб СУБВД (например, служба

						метеоинформации), то состав данных этой службы должен соответствовать требованиям ИКАО
MET	4	— видимость	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	*Примечание 2.* Здесь и далее в отношении объёмов воздушного пространства для маловысотных полётов используется следующая нотация: заглавная буква — требование

						обязательно, строчная — опционально
MET	5	— дальность видимости на полосе	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
MET	6	— текущая погода	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	
MET	7	— облачность (количество, тип, высота)	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	
MET	8	— вертикальная видимость	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	
MET	9	— температура воздуха и точка росы	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	
MET	10	— QNH и QFE	ICAO 3	ПВП ППП z	M1	

MET	11	— наблюдения и доклады о вулканической активности	ICAO 3	ПВП ППП xyZ	M1	Для воздушного пространства «ниже нижнего» информация о вулканической активности может быть важна при выполнении специальных исследовательских полётов в непосредственной близости от активности
		Внешние пилоты должны быть обеспечены следующей **прогнозной** информацией о погоде в зоне аэродрома вылета/прибытия, либо площадки пуска/приземления,				

		должна включать				
МЕТ	12	— направление и скорость ветра у земли	ICAO 3	ПВП ППП xyz	M1	
МЕТ	13	— видимость	ICAO 3	ПВП ППП z	M1	
МЕТ	14	— текущая погода	ICAO 3	ПВП ППП z	M1	
МЕТ	15	— облачность	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	16	Внешние пилоты должны быть оповещены о наличие маловысотных сдвигов ветра в районе аэродрома (площадки пуска/приземления)	ICAO 3	ПВП ППП z	M1	

		Внешние пилоты должны быть обеспечены следующей **прогнозной** информацией о погоде в зоне выполнения полётов:				
MET	17	— ветер и температура на эшелоне полёта	ICAO 3	ППП		
MET	18	— влажность на эшелоне полёта	ICAO 3	ППП		
MET	19	— высота и температура тропопаузы	ICAO 3	ППП		
MET	20	— направление, скорость и высота ветра максимальной скорости	ICAO 3	ППП		
MET	21	— особые погодные явления	ICAO 3	ПВП ППП		
MET	22	— зоны кучевой облачность	ICAO 3	ПВП ППП		
MET	23	— зоны обледенения	ICAO 3	ПВП ППП		
MET	24	— зоны турбулентности	ICAO 3	ПВП		

				ППП		
		Внешние пилоты должны быть обеспечены **текущей** информацией о погоде в зоне выполнения полётов:				
МЕТ	25	— информацией о существенных погодных явлениях (SIGMET)	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	26	— информацией о вулканической активности	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	27	— информацией об активности тропических циклонов	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	28	— метеорологическими спутниковыми снимками	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	29	— информацией от наземных метеорадаров	ICAO 3	ПВП ППП	M1	
МЕТ	30	— предупреждениями о явлениях космической погоды	ICAO 3	ППП	M1	
		Метеорологическая информация должна предоставляться:				
МЕТ	31	-оператору БАС заблаговременно	ICAO 3	Все	M1	

		для планирования полёта		способы ИВП		
MET	32	-оператору БАС по время полёта для целей перепланирования	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	33	-внешнему пилоту перед вылетом	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	34	-внешнему пилоту по время полёта	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
		Сообщения о текущей погоде должны включать информацию о:				
MET	35	— мороси	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	36	— дожде	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	

MET	37	— снеге и снежных зёрнах	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	38	— ледяном дожде	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	39	— граде и ледяной/снежной крупе	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	40	— тумане и дымке	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	41	— песчаных и пылевых бурях	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	42	— мгле и дыме	ICAO 3	Все способы ИВП	M1	
MET	43	— вулканическом пепле	ICAO 3	ПВП ППП	M1	См. [MET-11]

				Z		
AIS	3	Географическая привязка информации, передаваемой внешним пилотам, должна использовать геодезическую систему WGS-84	ICAO 15	Все способы ИВП	M1	
AIS	4	Информация, передаваемая внешним пилотам, по высоте должна быть привязана относительно уровня моря (MSL — mean sea level)	ICAO 15	Все способы ИВП	M1	
AIS	5	Аэронавигационная информация, используемая для производства **международных** полётов, должна предоставляться на английском языке	ICAO 15	Все способы ИВП	M1	
AIS	6	Качество предоставляемых аэронавигационных данных должно соответствовать требованиям Приложения 15 к	ICAO 15	ПВП ППП	M1	

		Конвенции ИКАО				
AIS	7	Аэронавигационная информация, используемая для производства международных полётов, должна предоставляться на английском языке	ICAO 15	ПВП ППП	M1	На данном этапе эксплуатационная концепция не предполагает международных полётов БАС в нижнем воздушном пространстве
		Внешним пилотам должны передаваться сообщения об оперативных изменениях аэронавигационной информации, включая:				Аналогично срочным НОТАМ
AIS	8	— временное прекращение или возобновление эксплуатации основных компонентов системы светотехнического оборудования аэродрома	ICAO 15	ПВП ППП	M1	

AIS	9	— возникновение или устранение серьёзных неисправностей или помех в пределах площади маневрирования	ICAO 15	ПВП ППП	M1	
AIS	10	— изменения в правилах, требующие немедленных действий, например введение запретных зон в связи с поисково-спасательными (SAR) работами	ICAO 15	ПВП ППП XYZ	M1	
AIS	11	— наличие источников опасности для аэронавигации (включая препятствия, военные учения, демонстрационные полёты и воздушные гонки, массовые прыжки с парашютом за пределами объявленных зон)	ICAO 15	ПВП ППП XYZ	M1	
AIS	12	— установление или, соответственно, ликвидация	ICAO 15	ПВП ППП	M1	

		запретных зон, опасных зон или зон ограничения полётов или изменение статуса этих зон		XYZ		
AIS	13	— наличие, устранение или значительное изменение опасных условий, связанных со снегом, слякотью, льдом или водой на рабочей площади	ICAO 15	ПВП ППП	M1	Исключены токсические и радиоактивные материалы
AIS	14	— выполнение краткосрочных мероприятий на случай чрезвычайной ситуации в связи с нарушением или частичным нарушением обслуживания воздушного движения и соответствующего вспомогательного обслуживания	ICAO 15	ПВП ППП XYZ	M1	
		При выполнении маловысотных полётов внешние пилоты должны в реальном времени получать следующую информацию:				

MET	44	— метеорологическую информацию (местная текущая погодная информация)	CORUS	XYZ	M3	
AIS	15	Информацию об динамическом геофенсинге (4-хмерные координаты запрещённых для полётов БАС (дронов) зон)	CORUS	XYZ	M3	
AIS	16	При выполнении маловысотных полётов внешнему пилоту должна предоставляться информация о состоянии навигационной инфраструктуры	CORUS	XYZ	M3	
AIS	17	При выполнении маловысотных полётов внешнему пилоту должна предоставляться информация о состоянии коммуникационной инфраструктуры	CORUS	XYZ	M3	
AIS	18	Внешний пилот должен получать сообщения с указаниями для	CORUS	Z	M3	Внешний пилот также должен

		тактического разрешения конфликтов				исполнять выданные указания как обязательные

4.7.Выводы по разделу

1. В соответствии с предложенной в разделе методологией выполнена идентификация общесистемных международных требований к полетно-информационному обслуживанию беспилотных воздушных судов.

2. На основании проведенной идентификации общесистемных требований, относящихся к технологиям к полетно-информационного обслуживания БВС, содержащихся в документах ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA, была сформирована спецификация требований, определяющих состав и характеристики передаваемой аэронавигационной и метеорологической информации.

3. Внедрение сформированной спецификации требований к полетно-информационному обслуживанию БВС будет способствовать развитию технологий, относящихся к интеграции БАС в воздушное пространство РФ в соответствии с применяемыми способами использования воздушного пространства.

5. Формирование предложений по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации

5.1. Предложения по совершенствованию требований к технологиям связи, навигации и наблюдения беспилотных воздушных судов

С учётом высоких темпов развития отрасли БАС и сокращения сроков их интеграции в воздушное пространство разработка и внедрение технологических решений должна быть гармонизирована с международной нормативной технической базой и осуществляться с учётом современных международных технических требований и стандартов ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA.

Общая схема разработки требований к характеристикам связи, навигации и наблюдения БВС приведена на рис.24.

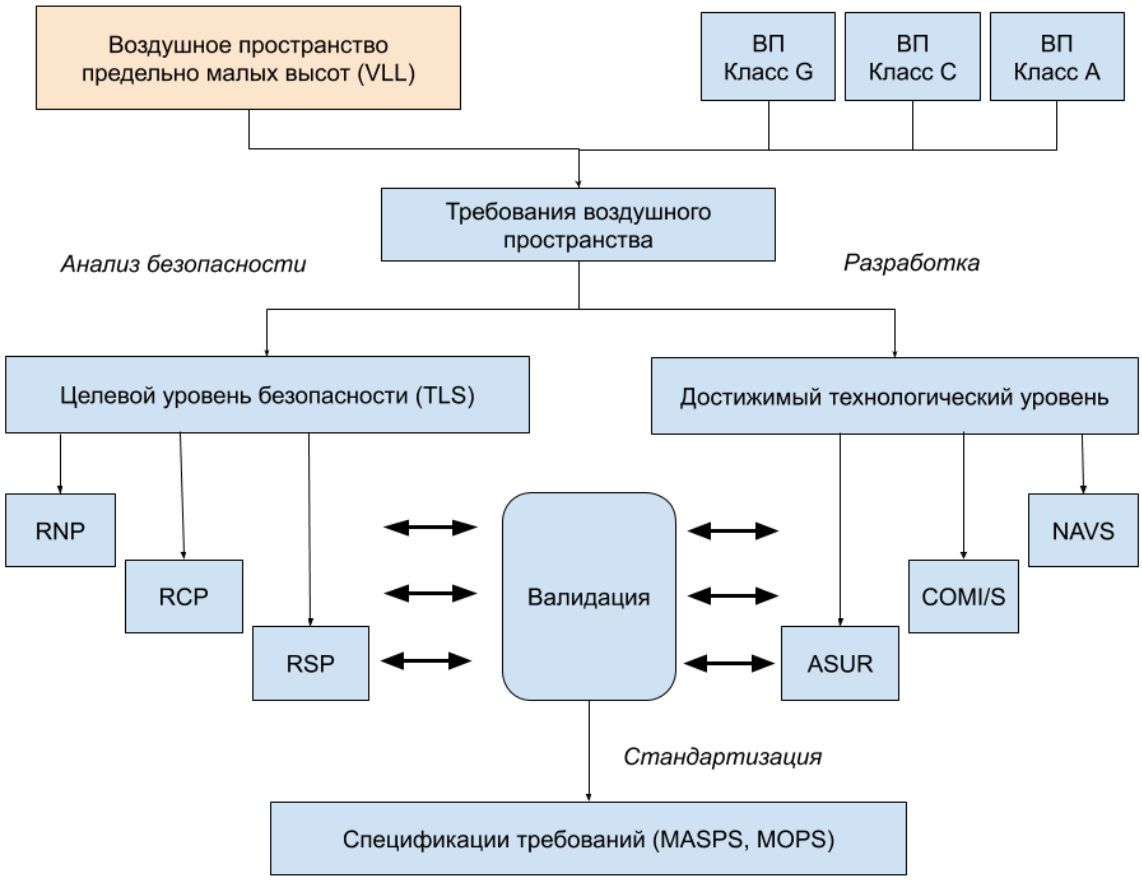

Рисунок 24 – Схема разработки требований к характеристикам связи, навигации и наблюдения БВС

Формирование требований к характеристикам связи, навигации и наблюдения БВС должно осуществляться на основе разработки соответствующих стандартов и спецификаций, определяемых требованиями к воздушному пространству, в котором выполняются полеты БВС, заданным целевым уровнем безопасности полетов (TLS), достижимым технологическим уровнем, определяемым GANP ИКАО и спецификациями RNP, RCP, RSP для всех классов воздушного пространства, определенных ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA при обязательной эксплуатационной валидации стандартизируемых характеристик.

Для устранения наметившегося технологического отставания в интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации от ведущих зарубежных стран и гармонизации технического регулирования БАС с международным необходимо использование передового международного опыта, полученного в RTCA, EUROCAE и GUTMA и активное включение в работу указанных организаций представителей отечественной авиационной индустрии.

Следует отметить, что без внедрения спутниковых технологии связи, навигации, наблюдения БВС безопасная и эффективная интеграция БАС в воздушное пространство Российской Федерации невозможна. При этом синергетический эффект в аэронавигационном обеспечении БАС может быть достигнут только при совместном использовании спутниковых навигационных и телекоммуникационных систем (спутниковых линий С2 и спутникового АЗН-В) одновременно и позволит выполнять региональные и международные полёты БВС практически для любых коммерческих применений на дальности, ограниченные только их лётно-техническими характеристиками. Вследствие этого, при реализации программы создания космической информационной инфраструктуры «Сфера» на основе требований RNP, RCP, RSP для всех классов воздушного пространства необходимо сформировать требования к характеристикам создаваемых и модернизируемых спутниковых навигационных и телекоммуникационных систем и обеспечить их реализацию в программе.

Любая глобальная навигационная спутниковая система или система

функционального дополнения ГНСС, требования к характеристикам которой не соответствует требованиям ИКАО, не может быть применена к решению задач навигации и ОрВД в гражданской авиации. В настоящее время система ГЛОНАСС не принята в штатную эксплуатацию и находится в стадии опытной эксплуатации. Эксплуатационные испытания ГЛОНАСС, подтверждающие заявленные Российской Федерацией требования в SARPS ИКАО не завершены.

Применение систем SBAS обеспечивает выполнение практически всех требований к вертикальному наведению БВС (за исключением точных автоматических заходов по CAT II-III), к АЗН-В, обеспечению гибридного наблюдения в бортовых системах ACAS и DAA, TAWS. Главным преимуществом применения SBAS перед GBAS является отсутствие необходимой наземной инфраструктуры региональных аэропортов, аэродромов и посадочных площадок авиации общего назначения и беспилотных авиационных систем.

Отечественная система SBAS – СДКМ-КФД не сертифицирована на соответствие SARPS ИКАО, не обладает необходимым покрытием воздушного пространства, а её технические характеристики в настоящее время недостаточны для авиационных применений, в частности обеспечения эшелонирования пилотируемых и беспилотных ВС. Системные характеристики СДКМ-КФД в настоящее время не соответствуют требованиям международных стандартов ИКАО для реализации аэронавигационных сервисов, связанных с безопасностью полётов. Не определён будущий оператор и провайдер аэронавигационных услуг СДКМ-КФД.

Для успешной реализации потребностей авиационных пользователей в высокоточной и целостной спутниковой навигации необходимо срочное принятие соответствующих решений в Госкорпорации «Роскосмос» и на уровне Правительства Российской Федерации. Система WAAS сертифицирована Федеральной авиационной администрацией США (FAA) и применяется с 2003 года. Система EGNOS сертифицирована в странах ЕС и применяется с 2011 года. Отставание внедрения СДКМ-КФД в Аэронавигационную систему России и другие транспортные отрасли страны от зарубежных аналогов на данный момент

составляет более десяти лет, что создаёт проблему реализации бесшовного отечественного аэронавигационного облуживания с мировым, невыполнения требуемых характеристик к навигации и АЗН-В для реализации процедур эшелонирования, сдерживает безопасную и эффективную интеграцию БАС в воздушное пространство Российской Федерации.

Для решения указанных проблем необходимо проведение оценки трассируемости эксплуатационных требований авиационных потребителей систем SBAS к СДКМ-КФД и определение первоочередных мер по доведению системы до уровня готовности к сертификации по требованиям ИКАО, а также обеспечению её интероперабельности с зарубежными системами SBAS в целях реализации бесшовного отечественного аэронавигационного облуживания с мировым.

Эксплуатационные требования к спутниковым линиям С2 должны быть разработаны для выполнения всех видов полётов различных типов БВС во всех классах воздушного пространства. Проведённый анализ перспектив создания отечественных линий С2 БАС в рамках реализации программы «Сфера» показал, что наиболее перспективным и эффективным вариантом для Российской Федерации является создание гибридной спутниковой и наземной сети в диапазоне 5030–5091 МГц.

Необходимость создания гибридной сети С2 БАС определяется следующими факторами:

— Возможность управления БАС в контролируемом и неконтролируемом пространстве в любом географическом районе Российской Федерации и любой точке мира;
— Линия С2 БАС является технологической основой интеграции БАС. Спутниковая линия С2 должна быть сертифицирована на соответствие международных стандартов ИКАО, RTCA, EUROCAE.

Выделенный ITU и ИКАО диапазон 5030–5091 МГц для наземных и спутниковых линий С2 (защищённый диапазон AMS(R)S обеспечивает компактность бортового оборудования и антенн линии С2, применимых для БАС

всех классов. Преимуществом создания системы является уникальная возможность построения гибридной наземной линии С2 в одном частотном диапазоне на одном физическом уровне системы, используя один бортовой телекоммуникационный терминал С2 БАС низкой стоимости (единицы тысяч долларов США), рассчитанный на массовое применение. Также к преимуществу создания системы относится отсутствие в США планов по созданию спутниковой линии С2 БАС в С-диапазоне (только наземные системы L и С-диапазона, спутниковые системы L, Ка и Ku диапазонов).

В качестве космического сегмента гибридной сети С2 БАС целесообразно рассмотреть вариант размещения полезной нагрузки на космических аппаратах комплексной орбитальной группировки на геостационарной и высокоэллиптических орбитах.

В дополнение к инфраструктуре С2 на базе спутниковых линий передачи данных С-диапазона космического базирования, требуется наличие установленных процедур реакции на отказ линий С2, сохраняющих возможность контроля над БВС на минимальном уровне, необходимым для безопасного завершения полёта (возвращение на точку вылета, применения аварийной аппаратуры посадки и т.п.). При этом резервная линия С2 не должна создавать неприемлемой для БАС малых и средний классов стоимости эксплуатации.

Такой резервной линией может стать линия связи, построенная на основе технологии LoRaWAN и реализованная на базе низкоорбитальной системы спутникового интернета вещей «Марафон-IoT», разрабатываемой в программе «Сфера». При создании системы предполагается обеспечение глобального сервисного, минимальное энергопотребление бортового оборудования и низкая стоимость эксплуатации при достаточной производительности (пропускной способности и задержками передачи сообщений) для выдачи БВС экстренных команд со станции внешнего пилотирования.

Для достижения независимости от зарубежных спутниковых технологий, обеспечивающих интеграцию БАС в воздушное пространство Российской Федерации целесообразно создание системы спутникового АЗН-В в интересах

ОрВД БАС и глобального слежения за БВС в отечественном низкоорбитальном сегменте спутниковой связи.

Рассмотренные в разделе 1 настоящего исследования требования к сервисам спутникового АЗН-В могут быть реализуемы при создании и развертывании космической информационной инфраструктуры «Сфера». В частности, сервисы глобального слежения за пилотируемыми и беспилотными ВС целесообразно реализовать на основе перспективной спутниковой системы интернета вещей «Марафон-IoT»

В настоящее время в мире существуют всего два международно-признанных центра технического нормотворчества и стандартизации в области авиации и аэронавигации: RTCA и EUROCAE. В Российской Федерации аналогичный центр отсутствует. Выпускаемые национальные стандарты, в следствие длительных процедур и отсутствия необходимой вовлеченности экспертного сообщества, не способны достаточно оперативно обеспечить потребности авиационной индустрии в стандартизации в такой динамично развивающейся области, как беспилотные авиационные системы, особенно в части требований, основанных на характеристиках, часто выпускаемых до появления соответствующего оборудования и технологий. Ни RTCA, ни EUROCAE не являются государственными организациями США и Евросоюза, не выпускают «национальных стандартов», а являются некоммерческими партнёрствами и выпускают индустриальные стандарты.

Для обеспечения динамично растущих потребностей авиационной индустрии в стандартизации технологий интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации необходимо срочное создание отечественного некоммерческого центра стандартизации, функционирующего по гармонизированным с EUROCAE и RTCA процедурам и осуществляющего непосредственное взаимодействие с данными организациями. В частности, создание такого центра возможно на базе Союза авиапроизводителей России.

5.2. Предложения по совершенствованию требований к технологиям полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов

Несегрегированное воздушное пространство.

В настоящее время требования к полетно-информационному обслуживанию БВС в несегрегированном воздушном пространстве полностью базируются на соответствующих требованиях для пилотируемой авиации. По мере совершенствования технологий БАС и продвижения процесса интеграции следует постоянно:

– анализировать потребности новых систем и операций БАС в полетно-информационном обслуживании, в первую очередь в части аэронавигационной информации. В частности, в систему оповещения об изменениях аэронавигационных данных (НОТАМ) следует добавить специфические для БАС элементы, такие как: информация об эксплуатационном состоянии инфраструктуры C2/C3, наземных подсистем DAA и других элементов инфраструктуры CNS; аэронавигационная информация для посадочных площадок и зон приземления, если взлетно-посадочные операции БАС выполняются не на традиционных для пилотируемой авиации ВПП и посадочных площадках;

– анализировать специфические для БАС потребности в метеорологических продуктах, данных и параметрах, принимающие во внимание аэродинамические особенности и характеристики БАС, отличные от пилотируемой авиации, такие как реакции БАС на обледенение, осадки, вулканический пепел и т.п.;

– проработать требования к обеспечению БАС, выполняющих полеты в несегрегированном пространстве, аэронавигационной информацией в отношении ВП предельно малых высот, для случаев, когда БВС имеет намерение пересечь границу VLL и выполнять операции там, а также для выполнения экстренных операций (contingency) в VLL.

Воздушное пространство предельно малых высот

В воздушном пространстве VLL в настоящий момент существуют только требования на уровне эксплуатационной концепции. Следуя за развитием международных стандартов, необходимо уточнять требования:

– к составу аэронавигационной информации в отношении VLL, с учетом специфики объемов воздушного пространства внутри VLL, в частности с учетом поддержки специальных операций пилотируемой авиации в VLL (например, приземление пилотируемого спасательного вертолёта). Помимо этого, аэронавигационная информация для VLL может быть расширена дополнительными элементами, полностью отсутствующими в рамках пилотируемой авиации, такие как карты плотности населения и доступность публичной телекоммуникационной инфраструктуры (например, покрытие сетями подвижной радиотелефонной связи);

- к характеристикам аэронавигационных данных, специфическим для БАС, таким как пространственное разрешение баз данных рельефа и препятствий, адекватное размерам и летным характеристикам малых БАС и высотам полета;

– составу и характеристикам метеорологического обеспечения БАС, выполняющих полеты в VLL. В частности, предупреждения об опасных явлениях погоды, для которых пороги оповещения должны быть, скорее всего, ниже, чтобы соответствовать меньшим возможностям малых БАС (например, сохранять стабильный полет при сильном ветре).

Требования к представлению передаваемой аэронавигационной и метеорологической информации, задаваемые, в первую очередь, Приложениями 16 и 3 к Конвенции ИКАО, также могут быть пересмотрены в отношении VLL. Человеко-читаемое представление подобной информации может быть проинтерпретировано лишь подготовленным пользователем (пилотом ПВС). Для БАС, выполняющих полеты в VLL, большую важность имеет однозначная и эффективная машино-читаемость метеоинформации и АНИ.

Следует также стремиться к гармонизации требований к линиям передачи данных, используемых для полетно-информационного обслуживания, между требованиями, разрабатываемыми международными рабочими группами, в первую очередь IMP (Information Management Panel — группа по управлению информацией) ИКАО и объединенным комитетом RTCA SC-206/EUROCAE WG-76, и возможностями развертывания таких ЛПД в Российской Федерации.

5.3.Выводы по разделу

1. В соответствии с предложенной в разделе общей схемой разработки требований сформированы предложения по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации.

2. Без внедрения спутниковых технологии связи, навигации, наблюдения БВС безопасная и эффективная интеграция БАС в воздушное пространство Российской Федерации невозможна. При реализации программы создания космической информационной инфраструктуры «Сфера» на основе требований RNP, RCP, RSP для всех классов используемого воздушного пространства необходимо сформировать требования к характеристикам создаваемых и модернизируемых спутниковых навигационных и телекоммуникационных систем и обеспечить их реализацию в программе.

3. Сформированы предложения по совершенствованию требований полетно-информационному обслуживанию беспилотных воздушных судов, реализуемых по мере совершенствования технологий и прогресса интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации.

4. Для устранения наметившегося технологического отставания в интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации от ведущих зарубежных стран и гармонизации технического регулирования БАС с международным необходимо использование передового международного опыта, полученного в RTCA, EUROCAE и GUTMA и активное включение в работу указанных организаций представителей отечественной авиационной индустрии.

5. Для обеспечения динамично растущих потребностей авиационной индустрии в стандартизации технологий интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации необходимо срочное создание отечественного некоммерческого центра стандартизации, функционирующего по гармонизированным с EUROCAE и RTCA процедурам и осуществляющего непосредственное взаимодействие с данными организациями.

Заключение

Основные результаты, полученные в результате выполнения научно-исследовательской работы следующие:

1. На основании проведенного анализа документов ИКАО, относящихся к интеграции БАС можно сделать вывод об отсутствии единого международного регулирования в области технологий связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, это вызвано отсутствием требуемых характеристик RCP, RNP, RSP и требований к полетно-информационному обслуживанию БВС для всех классов воздушного пространства, определенных ИКАО.

2. В ближайшей перспективе (до конца 2022 г.) ИКАО планирует внести основные поправки в действующие стандарты и рекомендуемую практику (SARPS), учитывающие особенности функционирования ДПАС и БАС в контролируемом воздушном пространстве.

3. В настоящее время ИКАО практически не рассматривает вопросы, связанные с разработкой требований к технологиям связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания БАС в неконтролируемом воздушном пространстве класса G, включая предельно малые высоты (VLL) до разработки соответствующих стандартов RTCA, EUROCAE и GUTMA, относящихся к ОрВД БАС (UTM).

4. На основании проведенного анализа документов EUROCAE, RTCA, GUTMA, относящихся к интеграции БАС можно сделать вывод об отсутствии единого технического регулирования в области технологий связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, это вызвано отсутствием требуемых характеристик RCP, RNP, RSP и требований к полетно-информационному обслуживанию БВС в неконтролируемом воздушном пространстве.

5. EUROCAE, RTCA и GUTMA ведет постоянную планомерную работу в части создания технического регулирования в области технологий связи,

навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Прежде всего, этому способствует реализация национальных и международных программ и проектов по интеграции БАС в воздушное пространство. Использование передового зарубежного опыта необходимо учитывать при разработке национального нормативного технического регулирования интеграции БАС в воздушное пространство Российской Федерации для устранения наметившегося отставания в данной сфере и его гармонизации с международным.

6. Новые спутниковые технологии связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов должны разрабатываться и внедряться с учётом использования международной практики и гармонизации с международными стандартами и руководящими документами, а также обеспечивать требуемые характеристики для выполнения всех видов полётов различных типов БВС во всех классах воздушного пространства.

7. Применение системы ОрВД БАС (UTM) позволит управлять полетными операциями БАС на основе динамического изменения состояния объёмов воздушного пространства и обеспечения гарантированного доступа к полетно-информационному обслуживанию эксплуатантов БАС в реальном масштабе времени. Поскольку объем информации, необходимый для динамического управления воздушным пространством в интересах выполнения полетов БВС может превысить существующие возможности органов ОрВД, потребуются дополнительные службы полетно-информационного обслуживания БАС.

8. В соответствии с предложенной в работе методологией выполнена идентификация общесистемных международных требований к связи, навигации и наблюдению беспилотных воздушных судов. На основании проведенной идентификации общесистемных требований, относящихся к технологиям связи, навигации и наблюдения БВС, содержащихся в документах ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA, сформирована спецификация требований, основанных на характеристиках к системам CNS, предназначенная для развития технологий интеграции БАС в воздушное пространство РФ.

9. В соответствии с предложенной в работе методологией выполнена идентификация общесистемных международных требований к полетно-информационному обслуживанию беспилотных воздушных судов. На основании проведенной идентификации общесистемных требований к полетно-информационному обслуживанию БВС, содержащихся в документах ИКАО, RTCA, EUROCAE и GUTMA, сформирована спецификация требований, определяющих состав и характеристики передаваемой аэронавигационной и метеорологической информации, предназначенная для развития технологий интеграции БАС в воздушное пространство РФ.

10. Сформированы предложения по совершенствованию требований, относящихся к технологиям интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации в части связи, навигации наблюдения и полетно-информационного обслуживания беспилотных воздушных судов. Без внедрения спутниковых технологии связи, навигации, наблюдения БВС безопасная и эффективная интеграция БАС в воздушное пространство Российской Федерации невозможна. При реализации программы создания космической информационной инфраструктуры «Сфера» на основе требований RNP, RCP, RSP, сформированных для всех классов используемого воздушного пространства необходимо разработать требования к характеристикам создаваемых и модернизируемых спутниковых навигационных и телекоммуникационных систем и обеспечить их реализацию в программе.

11. Для устранения наметившегося технологического отставания в интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации от ведущих зарубежных стран и гармонизации технического регулирования БАС с международным необходимо использование передового международного опыта, полученного в RTCA, EUROCAE и GUTMA и активное включение в работу указанных организаций представителей отечественной авиационной индустрии.

12. Для обеспечения динамично растущих потребностей авиационной индустрии в стандартизации технологий интеграции БАС в воздушное

пространство Российской Федерации необходимо срочное создание отечественного некоммерческого центра стандартизации, функционирующего по гармонизированным с EUROCAE и RTCA процедурам и осуществляющего непосредственное взаимодействие с данными организациями.

Список использованных источников

1. Teal Group Corporation. 2019 World Civil Unmanned Aerial Systems Market Profile & Forecast, 2019.
2. Unmanned Airspace. 526000 Commercial Drones to be Delivered in 2020 New Forecast // Unmanned Airspace Portal. 2019. URL: https:// www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/526000-commercial-drones-to-be-delivered-in-2020-new-forecast/
3. ИКАО. Беспилотные авиационные системы (БАС). Циркуляр 328, 2018.
4. ИКАО. Doc 9859 Руководство по управлению безопаностью полётов. 2018.
5. ИКАО. Документ AN-Conf/13-WP/168. Концепции, обеспечивающие плавное включение полётов дронов в процесс организации воздушного движения, 2018.
6. НП ГЛОНАСС. Отчет о НИР на тему «Проведение анализа международных и национальных программ, нормативных актов и современных технологических решений, относящихся к интеграции беспилотных авиационных систем в контролируемое и неконтролируемое воздушное пространство, 2018.
7. НП ГЛОНАСС. Отчет о НИР на тему «Разработка концептуальных предложений по интеграции беспилотных авиационных систем в воздушное пространство Российской Федерации». Инв. № 0432/071., 2018.
8. ICAO. Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Concept Of Operations For International IFR Operations. 2017.
9. ICAO. Doc 9613 Performance-based Navigation Manual. 2013.
10. ИКАО. Doc 9849 Руководство по глобальной навигационной спутниковой системе (GNSS). 2013.

11. НП ГЛОНАСС. Отчёт о НИР на тему «Анализ существующего состояния международного и отечественного рынка применений беспилотных авиационных систем гражданского назначения. Инв. № 0432/070, 2018.
12. ICAO. Annex 10 to ICAO Convention. Aeronautical Communications. Volume VI. Communication Systems and Procedures relating to Remotely Piloted Aircraft Systems C2 Link. DRAFT.
13. ИКАО. Doc 9750 Глобальный аэронавигационный план. 2019.
14. ИКАО. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. Эксплуатация воздушных судов. Часть 1. Международный коммерческий воздушный транспорт. Самолёты. 2016.
15. FAA. Global Positioning System Wide Area Augmentation System (WAAS) Performance Standard. 2008.
16. ICAO. Doc 9854 Global Air Traffic Management Operational Concept. 2005.
17. ICAO. Doc 9882 Manual on Air Traffic Management System Requirements. 2008.
18. ICAO. Портал GANP. ASBU // Сайт ИКАО. 2019. URL: https:// www4.icao.int/ganpportal/ASBU.
19. ИКАО. Doc 9925 Руководство по авиационной подвижной спутниковой (маршрутной) службе. 2010.
20. ИКАО. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь», том III «Системы связи». 2007.
21. ИКАО. Doc 10019 Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). 2015.
22. ИКАО. Предложения о внесении поправок в том V и о первом издании тома VI Приложения 10, а также о последующих поправках к

Приложениям 1 и 2, вытекающих из результатов работы 13-го совещания Группы экспертов по RPASP/13). Письмо ИКАО. Ref: AN 7/67.1.1-19/52. 2019.

23. ИКАО. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь», том V «Использование радиочастотного спектра». 2013.
24. МСЭ. Всемирная конференция радиосвязи 2019 (ВКР-19) Предварительные заключительные акты. МСЭ. 2019.
25. ICAO. Doc 9869 Performance-based Communication and Surveillance (PBCS) Manual. 2017.
26. ИКАО. Doc 9024 Руководство по авиационному наблюдению. 2017.
27. ИКАО. Doc 4444 PANS-ATM. Организация воздушного движения. 2016.
28. ICAO. Study on the convenience and feasibility of space-based ADS-B for regional implementation. 2018.
29. ICAO. GADSS Concept — International Civil Aviation Organization Global Aeronautical Distress and Safety System. 2017.
30. Baker K. The space industry’s game-changing role in next-generation aircraft tracking and surveillance // Space News. 2019. URL: https:// spacenews.com/op-ed-the-space-industrys-game-changing-role-in-next-generation-aircraft-tracking-and-surveillance/
31. ИКАО. Doc 10004 Глобальный план обеспечения безопасности полётов. ИКАО. 2016.
32. ICAO. Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization. Edition 2.
33. ИКАО. Приложение 10 к Конвенции о международной

гражданской авиации. Авиационная электросвязь, том IV. Системы наблюдения и предупреждения столкновений. 2014.

34. ICAO. IP-XX Space-based ADS-B Progress Update. ICAO ANI/WG4 Meeting 21-24 August 2018. 2018.

35. FAA. Attachment to Space-Based ADS-B Surveillance Capability Market Survey // FAA Website. 2019. URL: https://faaco.faa.gov/index.cfm/attachment/download/23252

36. ICAO. Doc 9694 Manual Of Air Traffic Services Data Link Applications. 1999.

37. ИКАО. Приложение 15 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэронавигационная информация.

38. ICAO. Draft Manual for the Universal Access Transceiver (UAT). 2003.

39. RTCA. DO-367 The Minimum Operational Performance Standard (MOPS) for Flight Information Services - Broadcast (FIS-B) with Universal Access Transceiver (UAT). 2017.

40. ИКАО. Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации. Метеорологическое обеспечение. 2013.

41. RTCA. DO-252A Minimum Interoperability Standards (MIS) for Automated Meteorological Transmission.

42. ICAO. Doc 8895 Manual of Aeronautical Meteorological Practice.

43. WMO. WMO-No. 306 Manual on Codes. 2014.

44. ICAO. Doc 10003 Manual on the Digital Exchange of Aeronautical Meteorological Information. 2014.

45. ICAO. Doc 10100 Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation. 2018.

46. ИКАО. Doc 8126 Руководство по службам аэронавигационной информации (проект). 2018.

47. GUTMA. Air Traffic Data Protocol // 2019. URL: https://github.com/gutma-org/airtraffic-data-protocol-development

48. FLARM. ADS-B // FLARM Technology Website. 2019. URL: https://flarm.com/products/powerflarm/ads-b

49. Региональное содружество в области связи. О радиочастотных аспектах приложений Интернета вещей (IoT). 2017. P. 47.

50. Introducing JSON [Электронный ресурс] // JSON: [сайт]. [2019]. URL: https://www.json.org/json-en.html

51. EUROCONTROL. All-purpose structured EUROCONTROL surveillance information exchange // ASTERIX. 2019. URL: https://www.eurocontrol.int/asterix

52. RTCA. DO-267A Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Flight Information Services Broadcast (FIS-B) Data Link. 2004.

53. RTCA. DO-364 Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Aeronautical. 2016.

54. RTCA. DO-340 Concept of Use for Aeronautical Information Services (AIS) and Meteorological (MET) Data. 2012.

55. RTCA. DO-339 Aircraft Derived Meteorological Data via Data Link for Wake Vortex, Air Traffic Management and Weather Applications – Operational Services and Environmental Definition (OSED). 2012.

56. RTCA. DO-349 Architecture Recommendations for Aeronautical Information (AI) and Meteorological (MET) Data Link Services. 2014.

57. RTCA/EUROCAE. ED-151/DO-308 - Operational Services and Environment Definition (OSED) for Aeronautical Information Services (AIS) and Meteorological (MET) Data Link Services. 2007.

58. RTCA/EUROCAE. DO-264/ED-78A Guidelines for Approval of the Provision and Use of Air Traffic Services Supported by Data Communications. 2010.

59. RTCA/EUROCAE. ED-175/ DO-324 Safety and Performance requirements (SPR) for Aeronautical Information Services (AIS) and Meteorological (MET) Data Link Services. 2010.

60. CORUS. U-space Concept of Operations. 2019.

61. ИКАО. Приложение 2 к Конвенции ИКАО — Правила полетов.

62. ИКАО. Приложение 3 к Конвенции ИКАО — Метеорологическое обеспечение.

63. ИКАО. Приложение 15 к Конвенции ИКАО — Аэронавигационная информация.

64. RTCA. DO-362 Command and Control (C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards (MOPS) (Terrestrial). 2016.

65. EUROCAE. Draft ED-265 Minimum Operational Performance Specification (MOPS) for RPAS Command and Control Data Link (C-Band Satellite). 2019.

66. EUROCAE. ED-114B Minimum Operational Performance Standard for Global Navigation Satellite Ground Based Augmentation System Ground Equipment to Support Precision Approach and Landing. 2019.

67. FAA. Remote Identification of Unmanned Aircraft Systems // Federal Register, Vol. 84, No. 250, 2019.

68. Unmanned Airspace. NAV Canada rules out ADS-B for BVLOS drone flights // Unmanned Airspace Portal. 2019. URL: https:// www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/nav-canada-rules-out-ads-b-for-bvlos-drone-flights-in-flight-data/

69. Guterres R.M., Jones S.R., Dr. Massimini S.V., Strain R.C. International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications // ADS-B Surveillance in High Density Small UAS Applications at Low Altitudes. Berlin, Germany. 2016.

70. Tabassum A., Sabatini R., Gardi A. Probabilistic Safety Assessment for

UAS Separation Assurance and Collision Avoidance Systems // Aerospace, Vol. 6(2), No. 19, 2019.

71. ИКАО. Приложение 2 к Конвенции о международной гражданской авиации. Правила полетов.

72. RTCA. DO-358 Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Flight Information Services - Broadcast (FIS-B) with Universal Access Transceiver (UAT). 15.

73. RTCA/EUROCAE. DO-364A/ED-xxx Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Aeronautical (DRAFT). 2020.

74. Набоков С.А. Итоги 40-й сессии Ассамблеи ИКАО в области аэронавигации // Шестое издание Глобального аэронавигационного плана ИКАО. 2019.