

# РЕШЕНИЕ ГРУППОВЫХ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ В СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА КЛАССОВ G И H

Фирсов Л.Л., Мельник Д.М.

*Общество с ограниченной ответственностью «Пропалсин Системс», Москва, e-mail: leonid.firsov@propulsionsystems.ru*

*Акционерное общество «Эколибри», e-mail: m.d.m@ecolibri.aero*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук e-mail: pk206bk.ru*

---

В статье рассматривается модель обусловленности авиационных событий в воздушном пространстве классов G, H во взаимосвязи с общепринятой в Российской Федерации архитектурной моделью интероперабельности с целью поиска путей эффективного и безопасного решения групповых задач различных летательных аппаратов, в частности беспилотных авиационных систем (БАС). Предложен метод группового взаимодействия нескольких БАС, а также беспилотных воздушных судов (БВС) в составе БАС на основе трехуровневой проблемно-ориентированной модели интероперабельности. По информации Федеральной корпорации по развитию малого и среднего предпринимательства (Корпорация МСП), в 2025 году число производителей БАС и их компонентов в сегменте малого и среднего предпринимательства выросло почти в два раза — с 356 в 2022 году до 619 предприятий. Общее количество таких компаний в России насчитывает 889 организаций, включая крупный бизнес. Из чего следует, что увеличение количества летательных аппаратов в воздушном пространстве с каждым годом будет ухудшать его пропускную способность и оказывать существенное влияние на обеспечение безопасности воздушного движения. В этой связи необходимо принимать дополнительные меры по обеспечению безопасности полетов летательных аппаратов. В данной статье предлагается рассмотреть технологию интероперабельности для обеспечения эффективности и безопасности использования воздушного пространства, в частности, беспилотными воздушными судами.

---

Ключевые слова: интероперабельность, безопасность полетов, беспилотное воздушное судно, беспилотная авиационная система, уравнение катастрофы, групповые задачи.

## SOLVING GROUP PROBLEMS OF VARIOUS AIRCRAFT BASED ON INTEROPERABILITY IN A NETWORK-CENTRIC SYSTEM USING CLASS G AND H AIRSPACE

Firsov L.L., Melnik D.M.

*limited liability company "Propalsion Systems", e-mail: leonid.firsov@propulsionsystems.ru*

*Company Ecolibri, Moscow, e-mail: m.d.m@ecolibri.aero*

*Federal State Budgetary Scientific Institution Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences, e-mail: pk206bk.ru*

---

The article examines the model of determinacy of aviation events in the airspace of classes G and H in conjunction with the architectural model of interoperability generally accepted in the Russian Federation with the aim of finding ways to effectively and safely solve group problems of various aircraft, in particular unmanned aircraft systems (UAS). A method for group interaction of several UAS, as well as unmanned aerial vehicles (UAVs) within a UAS, is proposed based on a three-level problem-oriented interoperability model. According to the Federal Corporation for the Development of Small and Medium-Sized Entrepreneurship (SME Corporation), the number of UAS and component manufacturers in the small and medium-sized enterprise segment will nearly double in 2025, from 356 in 2022 to 619 enterprises. The total number of such companies in Russia totals 889 organizations, including large businesses. This means that the annual increase in the number of aircraft in airspace will degrade its capacity and significantly impact air traffic safety. Therefore, additional measures are needed to ensure aircraft flight safety. This article proposes examining interoperability technology to ensure the efficient and safe use of airspace, particularly by unmanned aerial vehicles.

---

Keywords: interoperability, flight safety, unmanned aerial vehicle, unmanned aircraft system, disaster equation, group tasks.

## Введение

В Российской Федерации с 01 августа 2025 года введен новый класс воздушного пространства для беспилотных воздушных судов (БВС) [5]. Теперь наряду с классами воздушного пространства А, С, G существует класс воздушного пространства Н, который выделяет воздушное пространство специально для БВС, по высотам, в диапазоне от земли до 150 метров. Однако, в воздушном пространстве класса Н, как и в воздушном пространстве класса G, не осуществляется диспетчерское обслуживание воздушного движения, а также не осуществляется вертикальное и горизонтальное эшелонирование, способное обеспечить безопасность воздушного движения, как это происходит в классах воздушного пространства А, С. В этой связи Правительство Российской Федерации утвердило требования к оснащению пилотируемых воздушных судов и беспилотных авиационных систем оборудованием связи, навигации, наблюдения, автоматического предотвращения столкновений, к оснащению беспилотных авиационных систем оборудованием удаленной идентификации и оборудованием линий управления беспилотными авиационными системами и контроля беспилотных авиационных систем, средствами криптографической защиты информации, сертифицированными в соответствии с требованиями федерального органа исполнительной власти в области обеспечения безопасности [6]. Однако, специалисты в области беспилотных авиационных систем (БАС) отмечают, что утвержденные требования являются не достаточными для обеспечения безопасности летательных аппаратов (как пилотируемых, так и беспилотных) при насыщенности ими воздушного пространства.

Так, к примеру, 29 января 2025 года в небе над Вашингтоном (США) столкнулись заходивший на посадку пассажирский самолёт Bombardier CRJ-701ER, и вертолёт американской армии Sikorsky VH-60M Black Hawk. После столкновения оба летательных аппарата рухнули в реку. В катастрофе погибли 67 человек: 64 на CL-600-2C10 (60 пассажиров и 4 члена экипажа) и 3 на VH-60. Одной из причин авиационного происшествия специалисты по расследованию авиационных событий называют неработающий радиовещательный передатчик автоматизированного зависимого наблюдения АЗН-В, который был выключен на борту вертолета VH-60M [8]. При том, что воздушная обстановка в районе столкновения контролировалась диспетчером управления воздушным движением (УВД) и летными экипажами воздушных судов по каналам УКВ связи, избежать столкновения не удалось из-за отсутствия информации от радиовещательных средств контроля за воздушным движением. Эта авиационная катастрофа стала самой крупной в США за последние 15 лет.

Исходя из интероперабельного подхода, изложенного в [1] предварительный анализ авиационного происшествия можно провести на основе трехуровневой модели интероперабельности. Учитывая уровни интероперабельности: организационный, семантический и технический, можно установить причинно-следственные связи с обстоятельствами катастрофы по имеющимся материалам средств массовой информации (таблица 1).

Таблица 1 – Причинно-следственные связи интероперабельности катастрофы 29 января 2025 года

<b>Причинно-следственные связи интероперабельности с обстоятельствами катастрофы 29 января 2025 года в небе над Вашингтоном (США)</b>	
Организационный уровень	Повышенная нагрузка на диспетчера УВД (управления воздушным движением). Ошибки диспетчера УВД и ошибки пилотов военного вертолета
Семантический уровень	Сбои в радиосвязи, нечеткий радиообмен между диспетчером УВД и экипажем военного вертолета

Таким образом, одно лишь полетно-информационное обеспечение полетов (без эшелонирования воздушных судов и без диспетчерского обслуживания), как в вышеописанной катастрофе, не может гарантировать безопасность воздушного движения при высокой его интенсивности. Необходим системный подход к управлению безопасностью полетов устанавливающий и регулирующий интерфейсы взаимодействия между системами, что позволяет в большей степени контролировать любые факторы риска для безопасности полетов [7].

### 1. Модель обусловленности авиационных событий в воздушном пространстве классов G, H

Увеличение численности разного рода БАС в воздушном пространстве неизбежно влечет за собой проблему обеспечения безопасности полетов при информационном взаимодействии, т.е. существует проблема обеспечения интероперабельности [3].

Согласно определению из национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 55062 – 2021 [1], «интероперабельность - способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену

информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.

Исходя из указанного ГОСТа, методика интероперабельности строится на проблемно-ориентированной модели, которая включает в себя три уровня интероперабельности: организационный, семантический и технический, для которых устанавливаются соответствующие показатели. Показатели, в которых значения отличаются от заданных относятся к факторам опасности. При этом цепь из факторов опасности из перечисленных уровней интероперабельности, может привести к катастрофе, как это показано в адаптированной модели обусловленности авиационных происшествий, модели Джеймса Ризона, или модели Швейцарского сыра [7] (рисунок 1).

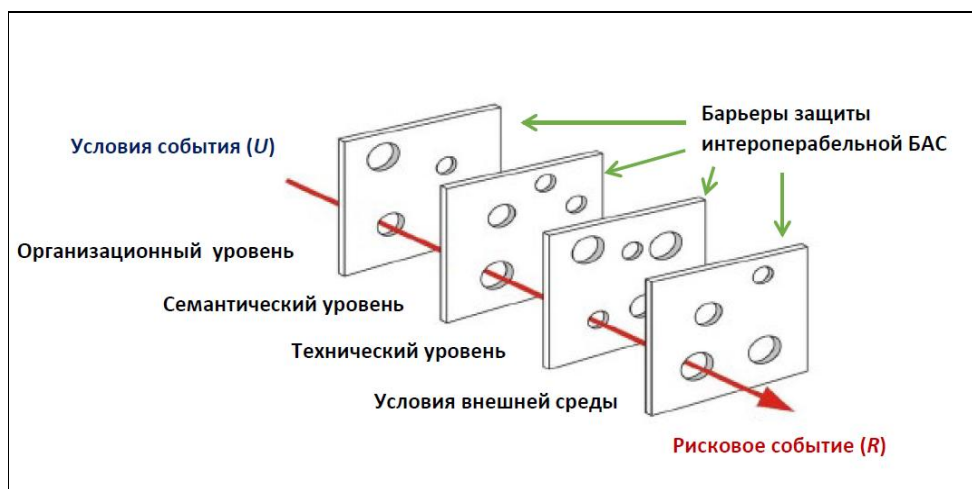


Рисунок 1. Модель обусловленности авиационных событий в воздушном пространстве классов G, H.

Применительно к обстоятельствам катастрофы в небе Вашингтона (столкновение между пассажирским самолетом и военным вертолетом) [8], видится образование цепи из факторов опасности:

- большая нагрузка на диспетчера управления воздушным движением (организационный уровень:  $\varphi_{O1}$ );
- ошибки пилотов вертолета (организационный уровень:  $\varphi_{O2}$ );
- ошибка диспетчера УВД (организационный уровень:  $\varphi_{O3}$ );
- сбои в радиосвязи, нечеткий радиообмен (семантический уровень:  $\varphi_{S1}$ );
- выключенный передатчик АЗН-В (технический уровень:  $\varphi_{T1}$ ).

Размерность факторов опасности определяется в диапазоне от 0 до 1, что выражает различные степени принадлежности факторов опасности к множеству рассматриваемых показателей из Модели обусловленности авиационных событий, в соответствии с теорией нечетких множеств (Fuzzy Sets).

Исходя из вышеизложенного, можно выстроить «уравнение катастрофы», которое формально конструируется по методу «минимального сечения отказов» в виде конъюнкций факторов опасности отказов [4].

$$R \rightarrow L_R \Rightarrow U_R = (\varphi_{O1} \wedge \varphi_{O2} \wedge \varphi_{O3} \wedge \varphi_{S1} \wedge \varphi_{T1}) = 1, \quad (1)$$

где  $R$  - рисковое событие с мерой риска,  $L_R$  - сценарий рискового события,  $U_R$  - условие рискового события,  $\varphi_i$  - факторы опасности (дырки в модели Швейцарского сыра на рисунке 1).

Таким образом, устраняя барьеры интероперабельности (снижая риски факторов опасности), можно обеспечить условия эксплуатации БАС, при которых  $U_R = 0$ . В том случае, если снизить риск фактора опасности не представляется возможным, например, сильный ветер или обледенение БВС, выбирается наиболее безопасный сценарий исхода рискового (возможного) события, исходя из меры риска  $\hat{R}$  рискового события  $R$ .

$$\hat{U}_{R^*} = (\hat{R}_1 \vee \hat{R}_2 \vee \hat{R}_3 \vee \hat{R}_4) \Leftrightarrow (L_{R1} \vee L_{R2} \vee L_{R3} \vee L_{R4}). \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) представляют собой конъюнктивно-дизъюнктивную форму оценки безопасности интероперабельной БАС, описывающую условие, при котором возможна катастрофа, и варианты выхода из катастрофической ситуации при эксплуатации БАС или нескольких летательных аппаратов в ограниченном

воздушном пространстве [2].

В то же время, здесь следует отметить, что окончательный отчет по расследованию авиационного происшествия с пассажирским самолетом и военным вертолетом в небе Вашингтона 29.01.2025 года должен в большей мере прояснить причины катастрофы и установить всю цепь из факторов опасности.

Таким образом, в дополнение к требованиям Постановления Правительства Российской Федерации [6], которые решают вопросы технической интероперабельности в воздушном пространстве классов G, H, нужны решения по реализации организационного и семантического уровней интероперабельности во взаимодействии с техническим уровнем интероперабельности. Указанные решения могут быть оформлены в виде национальных стандартов.

## 2. Архитектурная модель интероперабельности при эксплуатации БАС

В соответствии с методикой, изложенной в национальном стандарте [1], БАС и ее составляющие могут рассматриваться, как компоненты сетцентрической информационно-управляющей системы (СЦИУС). С практической точки зрения СЦИУС применим для эффективного решения групповых задач нескольких БАС, а также нескольких БВС в составе БАС.

В этой связи можно выстроить архитектурную модель интероперабельной БАС (рисунок 2). Во главе такой модели следует ставить концепцию БАС, включающую конкретные задачи для одной или нескольких БАС, БВС, в определенном сетцентрическом пространстве с определенными климатическими, политическими, нормативными условиями. Наряду с концепцией целесообразно составить терминологический словарь для лучшего понимания структуры архитектурной модели и ее реализации. В соответствии с концепцией выстраивается архитектура воздушной обстановки района задач БАС и /или группы БВС, группы пилотируемых летательных аппаратов. Основным компонентом архитектурной модели интероперабельной БАС является проблемно-ориентированная модель БАС, включающая в себя организационный, семантический и технический уровень, о которых пойдет речь в следующей части статьи. После построения проблемно-ориентированной модели необходимо составить профиль интероперабельной БАС, состоящий из комплекса стандартов, применительно к конкретным летательным аппаратам и конкретным задачам. Завершается архитектурная модель аттестационным тестированием интероперабельной БАС, результаты которого могут служить основанием для внесения изменений, дополнений в профиль интероперабельности.

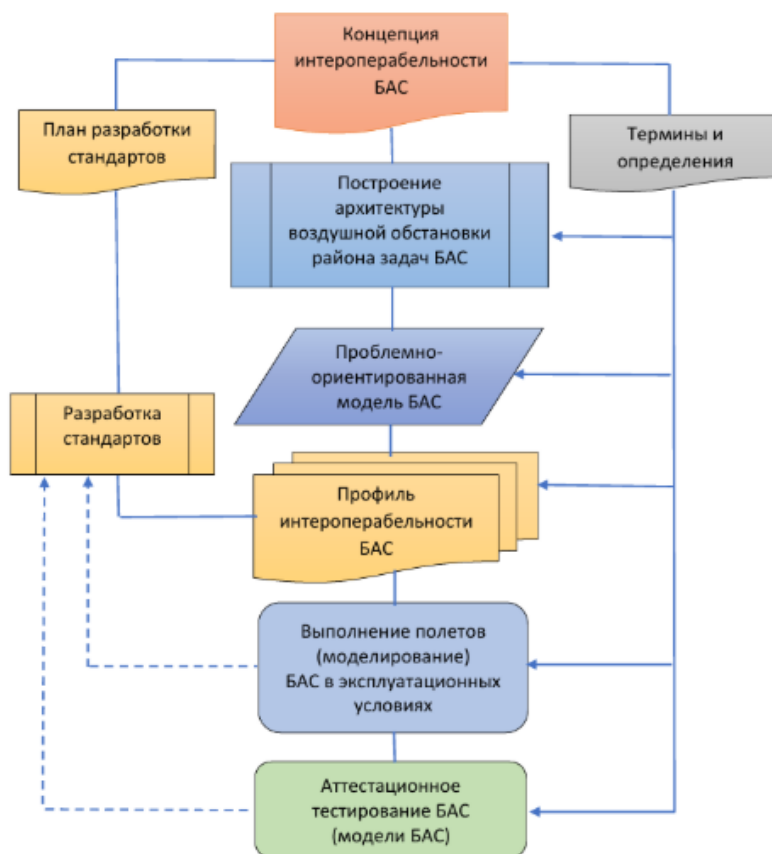


Рисунок 2. Архитектурная модель интероперабельной БАС

При таком подходе обеспечивается как эффективность решения задач БАС в СЦИУС, так и безопасность БВС, входящих в состав БАС.

На рисунке 3 представлена модель оценки воздушных рисков столкновения летательных аппаратов в воздухе с уровнями рисков и альтернативными сценариями, которая наглядно показывает реализацию формул (1,2)

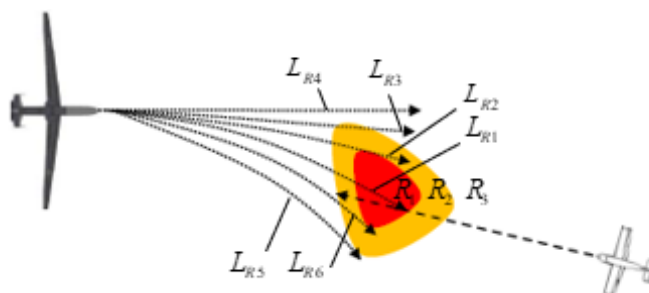


Рисунок 3. Модель для оценки воздушных рисков столкновения летательных аппаратов в воздухе

### 3. Проблемно-ориентированная модель интероперабельной БАС

Как отмечалось ранее, проблемно-ориентированная модель интероперабельной БАС включает в себя три уровня: организационный, семантический и технический.

Организационный уровень интероперабельности достигается за счет единого применения нормативно-правовых документов, согласованности целей и отношений между элементами БАС, учетом текущих стадий жизненного цикла БАС, достижением организационной готовности элементов БАС к результативному взаимодействию.

Семантический уровень интероперабельности достигается за счет формирования способности любых взаимодействующих в процессе эксплуатации БАС информационных-коммуникационных систем одинаковым образом понимать смысл информации, которой они обмениваются.

Технический уровень интероперабельности достигается за счет определения средств и способов поиска, передачи, хранения, обработки информации (данных) между участвующими в этих процессах компонентами БАС и БВС в составе БАС.

#### Организационный уровень интероперабельности БАС

Организационный уровень интероперабельности ориентирован на выполнение обязательных требований при организации и выполнении полетов БАС, начиная с Воздушного кодекса Российской Федерации и заканчивая Руководством по производству полетов, положениями о подразделениях, должностными инструкциями персонала, регламентами процессов конкретных видов работ. Организационная интероперабельность включает в себя согласованность целей, задач применения БАС, проработка и согласование распорядительных и внутренних нормативных документов. В основе организационной интероперабельности, авторы обращают внимание на вопросы обеспечения безопасности полетов. Так, к примеру, в качестве внутреннего нормативного документа в организации, эксплуатирующей несколько БАС, БВС, можно принять конкретные базовые меры безопасности полетов при эксплуатации БАС (не ограничиваясь ими):

- Провести оценку рисков для безопасности полетов, реализовать необходимые меры по снижению рисков до приемлемого уровня и вести записи по оценке рисков и мер по их снижению.
- Оценка рисков безопасности полетов должна включать оценку рисков утомляемости экипажа в нормальных, нештатных и аварийных условиях.
- Внешние пилоты компетентны для одновременного управления несколькими БАС/БВС.
- Эксплуатационные процедуры и карты контрольных проверок задокументированы (включены в руководство по производству полетов эксплуатанта) и применяются на практике.
- Бортовые системы БАС не должны мешать системам других БАС или воздушным судам (пилотируемым или БВС), а также воздушным или наземным авиационным средствам (например, радарам, навигационным системам).

#### Семантический уровень интероперабельности БАС

Семантическая интероперабельность (semantic interoperability). Способность любых взаимодействующих в процессе коммуникации информационных систем одинаковым образом понимать смысл информации, которой они обмениваются.

Семантический уровень интероперабельности БАС может быть разбит на два подуровня: согласованность знаний и согласованность семантических аспектов информации и данных. Данные уровни указаны на рисунке 4.



Рисунок 4. Подуровни семантического и технического уровней интероперабельности

Согласованность знаний подразумевает то, что все групповые задачи для всех типов БАС разделены на группы знаний и режимы решения задач, которые транслируются в каждый специализированный БВС согласно его модели выполнения работы в группе.

К подобного рода транслируемым сущностям относятся: тип задачи, тип местности, тип воздушного пространства для задачи, тип оборудования, тип БАС/БВС, статусы решения задачи и подзадачи, тип связи и типы отчётов, и т.д.

Согласованность семантических аспектов информации осуществляется установлением соотношения между статусами и режимами работы БАС/БВС и его систем с установленными в сети методами и классами информационных событий всей сетевидной системы воздушного пространства при решении конкретной групповой задачи.

На рисунке приведён пример построения семантического множества состояний при решении групповой задачи поиска целей (как вариант: решение задачи пространственно-распределённой разведки территории). Изначально БАС находится в режиме «Поиск» и выполняет полёт для поиска цели. Если при работе его систем сработал алгоритм, то БАС переходит в режим «Найдена особенность».

При этом сразу происходит действие «Передача данных об особенности», и изделие переходит в состояние «Найдена особенность». Это в свою очередь запускает режим и процедуру уточнения найденной особенности путём дополнительного облёта с целью идентификации и применения других датчиков.

После этого БАС переходит в режим «Особенность исследована», и при этом выполняется отсылка данных об уточнённой особенности в сеть. Если всё прошло удачно, то БАС через состояние «Объект определён» продолжает работу в состоянии «Поиск».

#### Технический уровень интероперабельности БАС

Технический уровень интероперабельности БАС состоит из трёх подуровней: согласованность форматов и форм представления данных; согласованность протоколов и процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления данных; согласованность физических интерфейсов и параметров. Данная схема технической интероперабельности показана на рисунке 4 (во взаимодействии с семантическим уровнем)

Технический уровень интероперабельности является интерфейсом между задачами и методами семантического слоя и БАС. На рисунке 5 показано, что в режиме «Поиск» БВС БАС должны выполнять полёт, далее осуществлять поиск и распознавание, и как только найдена особенность, сформировать задание об уточнении особенности (подготовить исходные данные для задачи идентификации).

Для этого формируются данные о местоположении особенности и выборе тактики её доразведки. Для БАС это означает сформировать маршрут пролёта в область особенности, определить направления и режимы работы, аппаратуру для идентификации особенности и прочее. Для этого следует иметь единую систему отчёта для указания направления полёта всех БВС или использовать динамические указатели.

После всех процедур анализа и получения информации о найденной особенности в сетевидную сеть проходит сообщение о статусе и параметрах разведанной цели. Ставится задача всем бортовым системам БАС по обработке и передаче данных.

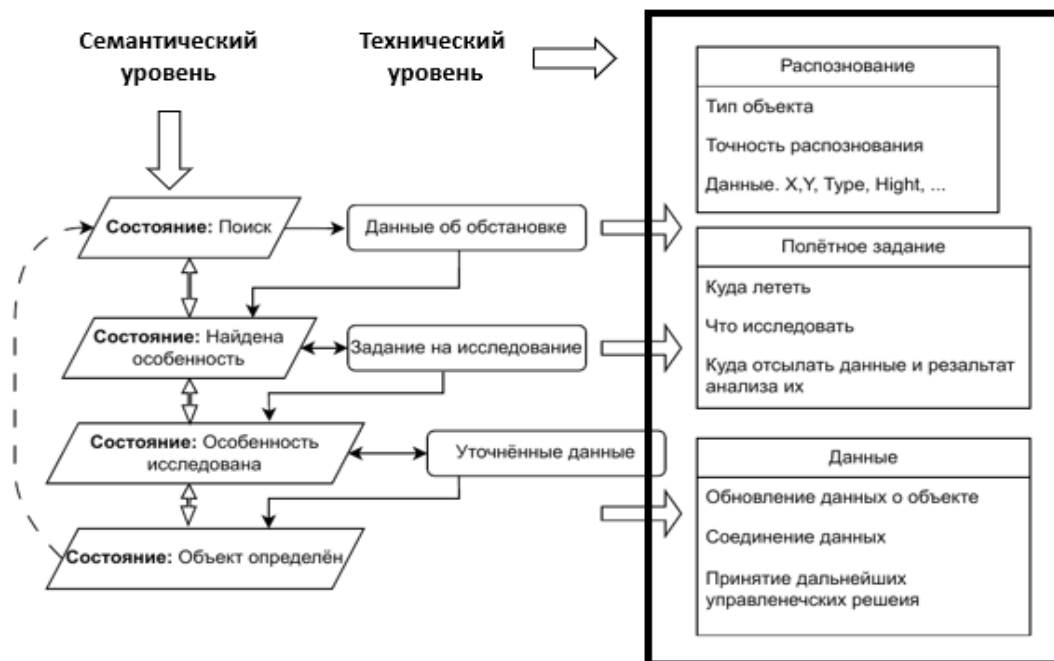


Рисунок 5. Семантический и технический уровни интероперабельности БАС

#### Перечень групповых задач для БАС.

Ниже приведён перечень групповых задач, для которых были составлены схемы интероперабельности для семантического и технического уровня.

1. **Разведка и наблюдение**
  - 1.1. Пространственно-распределённая разведка территории.
  - 1.2. Многопозиционная разведка одной цели.
  - 1.3. Длительный барражирующий мониторинг района.
2. **Поиск и спасение**
  - 2.1. Совместный поиск людей/объектов в ЧС по заранее заданной области.
  - 2.2. Адаптивный поиск по вероятностной карте.
  - 2.3. Коллективное сопровождение и подсветка маршрута эвакуации пострадавших.
3. **Боевые и охранные задачи**
  - 3.1. Разведывательно-ударная миссия.
  - 3.2. Барражирующее прикрытие охраняемого объекта.
  - 3.3. Коллективное подавление вражеских БВС.
4. **Обеспечение безопасности полётов**
  - 4.1. Взаимное предотвращение столкновений в плотной группе.
  - 4.2. Групповой обход препятствий.
  - 4.3. Автоматическое резервирование функций при отказе отдельных аппаратов.
5. **Связь и ретрансляция**
  - 5.1. Формирование самоконфигурируемой ретрансляционной сети (mesh-сеть) для обеспечения связи наземных сил.
  - 5.2. Динамическое позиционирование узлов связи по критерию максимального покрытия и пропускной способности.
  - 5.3. Обеспечение устойчивого канала управления критическим БВС за счёт перестройки конфигурации роя.
6. **Логистика и обслуживание**
  - 6.1. Кооперативная доставка грузов.
  - 6.2. Коллективная дозаправка/подвоз расходников к рабочей зоне.
7. **Инфраструктурный мониторинг**
  - 7.1. Параллельная инспекция линейных объектов с разделением маршрута и синхронизацией съёмки.
  - 7.2. Многомасштабный мониторинг: «высотные» аппараты дают общую картину, низколетящие детализируют аномальные участки.
  - 7.3. Коллективная 3D-инвентаризация объектов (здания, сооружения) с распределением «ракурсов»

и временных слотов.

#### 8. Специализированные и вспомогательные задачи

8.1. Формирование адаптивной «приманки» для увода от ПВО/ПРО или перегрузки системы обнаружения.

8.2. Кооперативное создание помеховой завесы с распределением спектров и позиций.

8.3. Групповое обучение/самонастройка: испытание разных стратегий распределения задач внутри роя с оценкой эффективности.

#### Заключение

Применение методов интероперабельности для решения групповых задач для БАС/БВС позволяет:

1. Улучшить качество и автономность управления системой в ситуации;

2. Сочленить показания разнородных датчиков на разных БВС с низкими разрешающими свойствами для повышения общей разрешающей способности в системе;

3. Построить решения для обеспечения безопасности полётов, основанные на сетцентрической системе обеспечения обмена данными;

4. Организовать изоляцию информационных потоков для БВС и автономных систем.

5. Эффективно обеспечить безопасность полётов разнородных беспилотных авиационных систем.

Для эффективного применения технологии интероперабельности в БАС в Российской Федерации необходимо разработать комплекс национальных стандартов в части семантической и технической интероперабельности БАС.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р 55062-2021 «Информационные технологии. Интероперабельность. Общие положения»;
2. Мельник Д. М., Скрипник И.В., Милов В.Р. Олейников А.Я., Черепенин В.А. О развитии работ по интероперабельности в области беспилотной авиации, журнал // Информационные технологии и вычислительные системы.– 2025. – № 4. – С. 94-105;
3. Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности авиационных беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 4. – С. 3-11;
4. ПНСТ 1023-2025 «Система управления безопасностью полетов. Поставщики услуг гражданской авиации. Оценка интегрального уровня риска. Общие положения»;
5. Постановление Правительства РФ от 31.07.2025 № 1133 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138»;
6. Постановление Правительства РФ от 30.11.2024 № 1701 «Об утверждении требований к оснащению пилотируемых воздушных судов и беспилотных авиационных систем оборудованием связи, навигации, наблюдения, автоматического предотвращения столкновений, к оснащению беспилотных авиационных систем оборудованием удаленной идентификации и оборудованием линий управления беспилотными авиационными системами и контроля беспилотных авиационных систем, средствами криптографической защиты информации, сертифицированными в соответствии с требованиями федерального органа исполнительной власти в области обеспечения безопасности, и Правил оснащения пилотируемых воздушных судов и беспилотных авиационных систем оборудованием, предусмотренным пунктом 1 статьи 78.3 Воздушного кодекса Российской Федерации»;
7. Руководство по управлению безопасностью полетов (документ 9859). – 4-е изд. Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2018;
8. NYT назвала причины январской авиакатастрофы в Вашингтоне. <https://ria.ru/20250428/samolet-2013816870.html> (дата обращения 21.12.2025).

#### References

1. GOST R 55062-2021 "Information technology. Interoperability. General provisions";
2. Melnik D. M., Skripnik I. V., Milov V. R., Oleynikov A. Ya., Cherepenin V. A. On the Development of Interoperability Work in the Field of Unmanned Aviation, journal // Information Technology and Computing Systems. - 2025. - No. 4. - pp. 94-105;
3. Oleynikov A. Ya. Ensuring Interoperability of Unmanned Aerial Vehicles // Information Technology and Computing Systems. - 2021. - No. 4. - pp. 3-11;
4. PNST 1023-2025 "Flight Safety Management System. Civil Aviation Service Providers. Integral Risk Assessment";
5. RF Government Resolution No. 1133 of July 31, 2025, "On Amendments to RF Government Resolution No. 138 of

March 11, 2010";

6. RF Government Resolution No. 1701 of November 30, 2024 "On Approval of Requirements for Equipping Manned Aircraft and Unmanned Aircraft Systems with Communications, Navigation, Surveillance, and Automatic Collision Avoidance Equipment; Equipping Unmanned Aircraft Systems with Remote Identification Equipment and Equipment for Control Links of Unmanned Aircraft Systems and Monitoring of Unmanned Aircraft Systems; and Means of Cryptographic Information Protection Certified in Accordance with the Requirements of the Federal Executive Body in the Field of Security, and the Rules for Equipping Manned Aircraft and Unmanned Aircraft Systems with Equipment Specified in Clause 1 of Article 78.3 of the Air Code of the Russian Federation";

7. Safety Management Manual (Document 9859). – 4th edition. International Civil Aviation Organization (ICAO), 2018;

8. NYT Named the Causes of the January Plane Crash in Washington. <https://ria.ru/20250428/samolet-2013816870.html> (Accessed December 21, 2025).