

V. Экологическая и техногенная безопасность

Мельник Д.М.

Формирование структуры системы управления безопасностью полетов беспилотных авиационных систем на основе интероперабельности

Аннотация: В данной статье рассматривается применение общих положений интероперабельности при формировании организационной структуры системы управления безопасностью полетов (СУБП) беспилотных авиационных систем (БАС). Актуальность интероперабельности БАС продиктована увеличением количества разного рода летательных аппаратов в современном воздушном пространстве. В статье предлагается использовать проблемно-ориентированную модель интероперабельности, в основе организационной структуры СУБП с целью эффективного обеспечения безопасности полетов группировок беспилотных воздушных судов.

Ключевые слова: интероперабельность, система управления безопасностью полетов, беспилотное воздушное судно, беспилотная авиационная система, уравнение катастрофы

Введение

Вопросы совместимости интерфейсов передачи информации между беспилотными воздушными судами (БВС), а также между БВС и диспетчерами управления воздушным движением (диспетчерами-информаторами) становятся все более актуальными с ростом числа разработчиков и изготовителей беспилотных авиационных систем (БАС). Трудности при передаче информации в интерфейсах взаимодействия между воздушными судами, органами обслуживания

воздушного может отрицательно влиять на исход полета воздушных судов [1].

Так, к примеру, 29 января 2025 года в небе над Вашингтоном (США) столкнулись заходивший на посадку пассажирский самолет Bombardier CRJ-701ER, и вертолет 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 не работающий радиовещательный передатчик автоматизированного зависимого наблюдения АЗН-В, который был выключен на борту вертолета VH-60M [2]. 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.

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 плотности воздушного движения.

Следовательно, увеличение численности разного рода БАС в воздушном пространстве неизбежно влечет за собой проблему обеспечения безопасности полетов при информационном взаимодействии, т.е. проблема обеспечения интероперабельности.

Согласно общепринятому определению «интероперабельность - способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена (ГОСТ Р 59796 – 2021) [3].

Применение основных положений интероперабельности при разработке и внедрении СУБП для БАС может способствовать эффективному обеспечению безопасности полетов в беспилотной авиации при решении групповых задач, а также в воздушном пространстве с повышенной плотностью воздушного движения.

1. Интероперабельность в организационной структуре СУБП эксплуатанта БАС

Эксплуатанты БАС, получившие документ на право выполнения авиационных работ в соответствии с ФАП-494 [4] должны использовать в своей деятельности руководство по управлению безопасностью полетов, соответствующее объему и сложности выполнения полетов, включающее в себя в том числе и обязанности должностных лиц по организации и обеспечению функционирования СУБП.

В основе эффективного функционирования СУБП при решении групповых задач БВС (БАС) лежит формирование опорной организационной структуры эксплуатанта БАС с использованием основных положений интероперабельности [3], а также технологий применения открытых систем [5]. Как известно, концептуальные рамки систем управления безопасностью полетов (СУБП) включают в себя 4 компонента и 12 элементов [1]. Назначение ответственных за безопасность полетов и установление их обязанностей относится к первому компоненту СУБП. Кроме этого, указанный элемент СУБП также включает в себя определение интерфейсов взаимодействия с внешними поставщиками услуг и назначение ответственных за связанные с безопасностью полетов интерфейсы взаимодействия [1].

В этой связи видится необходимость в подробном описании интерфейсов взаимодействия при решении групповых задач БАС для формирования организационной структуры СУБП эксплуатанта БАС.

Для эффективного управления безопасностью полетов нескольких БВС (БАС) предлагается использовать проблемно-ориентированную модель интероперабельности, изложенную в [3].

Согласно указанной модели, интероперабельность имеет три уровня взаимодействия: организационный, семантический и технический (рисунок 1).



Рисунок 1 – Эталонная модель интероперабельности БАС

Организационный уровень интероперабельности отвечает за постановку задачи для группы БВС и ее решение. Включает в себя определение производственных процессов, процедур, функций, полномочий и ответственности подразделений и персонала.

Семантический уровень интероперабельности отвечает за полноту и качество передачи информации между разного рода компонентами БАС и достигается посредством определения и установления онтологии для группы БВС (БАС) или структуры взаимосвязей между разного рода БВС (БАС).

Технический уровень интероперабельности отвечает за техническую совместимость разного рода компонентов БАС и достигается посредством разработки протоколов связи и протоколов телекоммуникации.

2. Организационная структура СУБП эксплуатанта БАС

Согласно определению из [1] СУБП (Safety management system (SMS)) представляет собой системный подход к управлению безопасностью полетов, включая необходимую организационную структуру, иерархию ответственности, обязанности, руководящие принципы и процедуры.

Исходя из положений документов ИКАО [1] и ГОСТ Р 55062 [3], организационную структуру СУБП эксплуатанта БАС (СУБП БАС) можно представить в виде, изображенном на рисунке 2.



Рисунок 2 – Организационная структура СУБП БАС

Ответственный руководитель СУБП является единоличным должностным лицом, несущим ответственность за эффективное функционирование СУБП, наделенное высшими полномочиями в вопросах обеспечения безопасности полетов, как правило, это руководитель эксплуатанта БАС.

Коллегиальный орган по СУБП – может функционировать как комитет, совет, или комиссия, играет стратегическую роль в вопросах политики, процедур, распределения ресурсов в области обеспечения безопасности полетов.

Рабочие группы – решают вопросы оперативного характера, включающие в себя реализацию решений коллегиального органа по СУБП, координацию и реализацию мероприятий СУБП.

3. Функционирование СУБП БАС при выполнении групповых задач

Анализ авиационных происшествий (АП) указывает на то, что в авиационной системе до АП была заложена катастрофа в виде цепи факторов опасности, которая при определенных условиях образовала угрозу и привела к авиационному событию. Модель обусловленности авиационных событий Джеймса Ризона наглядно показывает условия возникновения возможности авиационного происшествия. Для разного

рода БАС условия возникновения катастрофы представлены на рисунке 3.

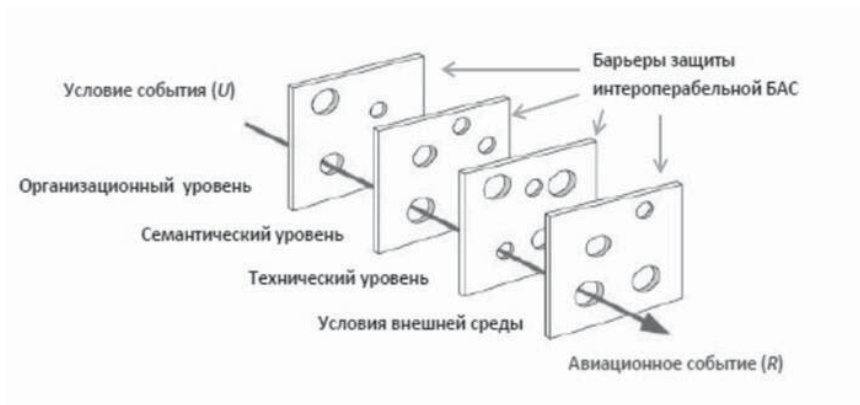


Рисунок 3 – Модель обусловленности авиационных событий БАС

Применительно к ранее описанной катастрофе в небе Вашингтона (столкновение между пассажирским самолетом и военным вертолетом), образовалась цепь из факторов опасности, в соответствии с предварительными выводами из публикации [2]:

- ошибки пилотов вертолета (организационный уровень);
- ошибка диспетчера УВД (организационный уровень);
- сбои в радиосвязи, нечеткий радиообмен (семантический уровень);
- выключенный передатчик АЗН-В (технический уровень).

Окончательный отчет по расследованию этого авиационного происшествия должен в большей мере прояснить причины катастрофы и установить всю цепь из факторов опасности.

В то же время становится очевидным существование сложной структуры факторов опасности в воздушном пространстве при эксплуатации множества современных летательных аппаратов. В этой связи использование проблемно-ориентированной модели интероперабельности для анализа и оценки безопасности полетов может оказать существенную помощь для эффективности функционирования СУБП БАС.

Согласно [6] безопасность полетов это состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к

эксплуатации воздушного судна или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются.

Уровень риска интероперабельной БАС R может быть определен на основе методов многокритериальных оценок высоконадежных систем с помощью «уравнения катастрофы» [7, 8], которое формально строится по методу «минимального сечения отказов» в виде конъюнкций факторов опасности (1).

$$R \rightarrow L_R \Rightarrow U_R = (\varphi_0 \wedge \varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \dots \wedge \varphi_k) = 1, \quad (1)$$

где L_R – сценарий рискованного события,

U_R – условие, при котором возможно событие при эксплуатации БАС,

$(\varphi_0, \dots, \varphi_k)$ – факторы опасности, цепь из которых может привести к катастрофе.

Кроме этого, поскольку авиационная деятельность предполагает принятие ответственных решений на всех своих этапах, из уравнения (1) можно определить наиболее благоприятный сценарий развития сложной ситуации (2).

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

Формулы (1) и (2) представляют собой конъюнктивно-дизъюнктивную форму оценки безопасного состояния интероперабельной БАС, которая описывает условие \hat{U}_{R^*} , способное привести к катастрофе.

Таким образом, обеспечение интероперабельности БАС способствует эффективному управлению безопасностью полетов беспилотных воздушных судов и их группировок.

Вывод

Организация СУБП для группировок БВС на основе основных положений по интероперабельности [3] и принципов взаимодействия открытых систем [5] способствует эффективному обеспечению безопасности полетов при выполнении авиационных работ

несколькими БВС. а проблемно-ориентированная модель интероперабельности может лечь в основу формирования организационной структуры СУБП эксплуатанта БАС.

Литература:

1. Руководство по управлению безопасностью полетов (документ 9859). – 4-е изд. Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2018. – URL: <https://zs.favt.ru/public/materials/4/1/1/2/7/41127be1e8f43c7fe930bea9c758f90a.pdf> (дата обращения 15.10.2025).

2. NYT назвала причины январской авиакатастрофы в Вашингтоне. – URL: <https://ria.ru/20250428/samolet-2013816870.html> (дата обращения 18.09.2025).

3. ГОСТ Р 55062 – 2012/2021 «Интероперабельность. Общие положения». – URL: https://normadocs.ru/gost_r_55062-2021 (дата обращения 18.09.2025).

4. Федеральные авиационные правила «Требования к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, выполняющим авиационные работы, включенные в перечень авиационных работ, предусматривающих получение документа, подтверждающего соответствие требованиям федеральных авиационных правил юридического лица, индивидуального предпринимателя. Форма и порядок выдачи документа (сертификата эксплуатанта), подтверждающего соответствие юридического лица, индивидуального предпринимателя требованиям федеральных авиационных правил. Порядок приостановления действия, введения ограничений в действие и аннулирования сертификата эксплуатанта», утвержденные приказом Минтранса России от 19 ноября 2020 г. № 494. – URL: <https://sv.favt.ru/public/materials/d/7/0/f/c/d70fc7d880fba1658697624fd8c15da.pdf> (дата обращения 15.10.2025).

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

6. Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21», утвержденные приказом Минтранса России от 17.06.2019

№ 184. — URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/d/e/1/4/9/de149a642228a710b1bdd8c4543e1698.pdf> (дата обращения 15.10.2025).

7. *Kuklev E. et al.* Flight Safety & Aviation Risk. – Singapore: Springer, 2019. – 258 p.

8. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации ПНСТ 1023-2025. Система управления безопасностью полетов. Поставщики услуг гражданской авиации. Интегрированный уровень риска. Общие положения. – URL: <https://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=7&month=10&year=2025&search=&id=268760> (дата обращения 15.10.2025).

Баранов Л.А., Иконников С.Е., Ермакова А.Е.

Безопасность транспортной инфраструктуры и систем управления транспортными средствами

Аннотация: В статье рассмотрены принципы безопасности интеллектуальных транспортных систем, рассмотрены основные направления исследования вопросов и проблем безопасности транспортных систем для таких систем.

Ключевые слова: безопасность, интеллектуальные транспортные системы критическая информационная инфраструктура, системы управления, транспортная инфраструктура

Сегодня в Российской Федерации активно внедряются цифровые технологии в транспорт, применяя автоматизацию, искусственный интеллект и другие инновации. Это помогает создавать умные транспортные системы для всех видов транспорта. При разработке новых транспортных средств важно думать о безопасности как самого транспорта, так и дорог, путей.

В Российском университете транспорта (МИИТ) на кафедре «Управление и защита информации» проводятся фундаментальные