Программа исследований и разработок федерального проекта «Перспективные технологии для беспилотных авиационных систем» национального проекта «Беспилотные авиационные системы» версия 2

Москва, 2025

**Содержание**

[Перечень терминов, сокращений и обозначений 4](#_Toc205496823)

[1. Основные положения Программы 9](#_Toc205496824)

[2.Актуальность строительства и развития беспилотных систем на современном этапе 13](#_Toc205496825)

[3. Приоритеты и тренды развития технологий БАС 22](#_Toc205496826)

[3.1 Технологии, компоновки и принципы движения БВС 29](#_Toc205496827)

[3.2 Энергетические и силовые установки 30](#_Toc205496828)

[3.3 Технологии навигации, радионавигации 32](#_Toc205496829)

[3.4 Технологии, методы и средства связи 33](#_Toc205496830)

[3.5 Технологии технического зрения для БАС 34](#_Toc205496831)

[3.6 Новые технологии производства и новые материалы для БАС 35](#_Toc205496832)

[3.7 Технологии группового взаимодействия БВС, принятия решений и комплексных систем управления БВС 36](#_Toc205496833)

[3.8 Технологии и средства интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство 37](#_Toc205496834)

[3.9 Вычислители, фотонные интегральные информационные системы 38](#_Toc205496835)

[3.10 Классификация БВС 39](#_Toc205496836)

[4. Определяющие технологии развития беспилотных систем и перечень проводимых НИОКР по направлениям 43](#_Toc205496837)

[4.1 Технологии строительства и развития единого информационного пространства БАС 43](#_Toc205496838)

[4.2 Технологии информационного обеспечения БАС 44](#_Toc205496839)

[4.3 Технологии развития, компоновки и принципы построения БАС 45](#_Toc205496840)

[4.4 Объектовый мониторинг на техногенных объектах и в зданиях 46](#_Toc205496841)

[4.5 Иные пространства и сценарии применения БАС 47](#_Toc205496842)

[5.Этапы создания и совершенствования информационной инфраструктуры единого информационного пространства беспилотных систем 48](#_Toc205496843)

[Список использованных источников 49](#_Toc205496844)

[Приложение №1 55](#_Toc205496845)

[Перечень НИОКР 55](#_Toc205496846)

[к реализации в рамках программы исследований и разработок 55](#_Toc205496847)

[(наименования НИОКР в соответствии 55](#_Toc205496848)

[с функциональными требованиями) 55](#_Toc205496849)

# **Перечень терминов, сокращений и обозначений**

|  |  |
| --- | --- |
| **Автономная система** | Система, выполняющая свои функции без вмешательства человека [1]. |
| **Безопасность полетов** | Состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются [2]. |
| **Беспилотная авиационная система (БАС)** | Комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов [3]. |
| **Беспилотное воздушное судно (БВС)** | Воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого ВС, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту [1].  *Примечание: В ряде нормативно-технических документов используется термин дистанционно пилотируемое воздушное (ДПВС), которое применяется к тем БВС, которые не выполняют автономный полет.* |
| **Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС)** | Инерциальная навигационная система, в которой для установки инерциальных датчиков не используется гиростабилизированная платформа [4]. |
| **Визуальные инсталляции** | Применение беспилотных воздушных судов для одиночных и групповых полетов в целях демонстрации рекламных конструкций и создания визуальных эффектов, в том числе с применением пиротехнических средств [5]. |
| **Воздушное судно (ВС)** | Летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды [3]. |
| **Интеграция беспилотных воздушных судов** | Процесс совершенствования законодательства Российской Федерации, создания и внедрения технологий и технических решений, обеспечивающих безопасное выполнение полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов в воздушном пространстве Российской Федерации [6] |
| **Искусственный интеллект (ИИ)** | Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая способности к обучению и самообучению, поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [7].  *Примечание: Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений* |
| **Коммерческая воздушная перевозка** | Полет воздушного судна для перевозки пассажиров, грузов или почты за плату или по найму [1]. |
| **Корреляционная экстремальная навигационная система (КЭНС)** | Навигационная система, которая применяются для коррекции в автономном режиме сведений о местоположении, ориентации и других параметрах движущегося объекта, поступающих от основной навигационной системы, по наблюдаемым навигационным ориентирам или геофизическим полям [8]. |
| **Локальная навигационная система (ЛНС)** | Система, предназначенная для навигационного обеспечения БВС в условиях отсутствия спутникового навигационного сигнала [9]. |
| **Машинное обучение** | Процесс автоматического обучения и совершенствования поведения системы искусственного интеллекта на основе обработки массива обучающих данных без явного программирования [10]. |
| **Внешний пилот** | Член внешнего экипажа, который приводит в действие органы управления воздушного судна и несет ответственность в отношении траектории полета беспилотного воздушного судна, входящего в состав беспилотной авиационной системы [1]. |
| **Правила цифровых полетов (ПЦП)** | Предлагаемый новый режим работы для всех пользователей воздушного пространства, дополняющий существующие режимы работы правил визуального и приборного полета и обеспечивающий совместную интеграцию во всем воздушном пространстве с использованием цифровой информации [11]. |
| **Система технического зрения** | Комплекс средств получения данных в оптическом диапазоне и ее обработки с целью получения информации об окружающих предметах и обстановке [12] |
| **Фотонные интегральные информационные системы** | Многокомпонентное фотонное устройство, изготовленное на плоской подложке и выполняющее функции обработки оптических сигналов [13]. |
| **Химический источник тока (ХИТ)** | Источник электродвижущей силы, способный отдавать электрическую энергию во внешнюю цепь, в котором химическая энергия заложенных в нем или подаваемых в него активных веществ преобразуется непосредственно в электрическую энергию при протекании электрохимических токообразующих реакций [14]. |
| **Экстремальные воздействия внешней среды (внешние воздействующие факторы)** | Явления, процессы или среда, по отношению к изделию или его составным частям, которые вызывают или могут вызвать ограничение или потерю работоспособного состояния изделия в процессе эксплуатации [15]. |
| **Detect and avoid (DAA, Обнаружение и предупреждение)** | Способность видеть, распознавать или обнаруживать находящиеся вблизи воздушные суда или другие источники опасности и предпринимать соответствующие действия в целях соблюдения применимых правил полета [16]. |

**Сокращения:**

АЗН-В – автоматическое зависимое наблюдение-вещание

АИС – автоматические идентификационные системы

БАС – беспилотная авиационная система

БВС – беспилотное воздушное судно

БпС – беспилотная система

ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

ДПЛА – дистанционно пилотируемые летательные аппараты

ИИ – искусственный интеллект

МКА – малые космические аппараты

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

ПВО – противовоздушная оборона

Программа – Программа исследований и разработок в федеральный проект «Перспективные технологии для беспилотных систем» национального проекта «Беспилотные системы»

ПУ – пульт управления

РТК – робототехнический комплекс

РЭБ – радиоэлектронная борьба

ФОИВ – федеральные органы исполнительной власти

ЦД – цифровой двойник

DOA – архитектура цифровых объектов / Digital Objects Architecture

OTA – беспроводная передача данных / over-the-air

SDLC – жизненный цикл разработки программного обеспечения / Software Development Life Cycle

## **1. Основные положения Программы**

Программа нацелена на создание научно-технологических заделов для обеспечения технологической независимости и глобальной конкурентоспособности отечественных БАС на период с 2024 по 2035 годы с учетом долгосрочного видения развития БАС как ключевого компонента БпС, основанного на организации единой системы взаимодействия на основе создаваемой инфраструктуры БпС, а также существующих рисков и угроз.

В настоящей Программе определяются цель, задачи и основные направления развития технологий БАС на период до 2035 года в соответствии со следующими этапами:

2024-2028 гг.: Создание научно-технических заделов для создания основных типов БАС, востребованных в ближайшее десятилетие. Запуск опытной зоны платформы информационного обеспечения для БАС. Расширение функциональных возможностей платформы для взаимодействия БАС с широким спектром БпС. Интеграция с платформами контроля и управления пилотируемой авиации, космических группировок и систем специального назначения.

2028-2035 гг.: Создание технологий автономных БАС. Реализация технологий ИИ в системах контроля и управления БАС. Реализация автоматического управления информационным пространством БАС и его интеграция с БпС.

Программа является основополагающим документом для разработки проектов программ, планов и иных документов, относящихся к строительству и развитию перспективных БАС. Правовую основу настоящей Программы составляют Конституция Российской Федерации, федеральные конституционные законы, федеральные законы, нормативные правовые акты Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации, иные нормативные правовые акты, комплексные целевые программы в области технологического развития, а также обороны и безопасности.

Программа разработана с учетом:

* Распоряжения Правительства Российской Федерации от 5 октября 2021 г. № 2806-р «Об утверждении Концепции и плана реализации Концепции интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство Российской Федерации в части развития технологий» [3];
* Распоряжения Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации» [4];
* Распоряжения Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2023 г. № 3339-р «Об утверждении Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года» [5];
* Паспорта национального проекта «Беспилотные авиационные системы» и входящих в него федеральных проектов, утвержденных пунктом 2 раздела I протокола заседания президиума Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем (проектного комитета национального проекта «Беспилотные авиационные системы») от 24 августа 2023 г. № 11пр [6];
* Положения о секции научно-технического совета (рабочей группы)   
  при президиуме Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем федерального проекта «Перспективные технологии для беспилотных авиационных систем», утвержденного распоряжением Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 13 декабря 2023 г. №439-р [7].
* Положения настоящей Программы сформулированы на основе анализа существующей и прогнозируемой до 2035 года политической обстановки в мире, технологического задела России и иных стран в области БпС,
* Положения Программы могут уточняться и дополняться с учетом изменений, появления новых технологий, влияющих   
  на создание и функционирование БАС и БпС в целом, политической обстановки, характера и содержания угроз безопасности государства и соответствующих основополагающих документов.

Главными целями реализации Программы являются:

* Содействие обеспечению технологического суверенитета Российской Федерацией;
* Создание технологий для обеспечения технологической независимости и глобальной конкурентоспособности отечественных БАС в соответствии со сформированным перечнем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (далее – НИОКР);
* Эффективное реагирование на внешние и внутренние угрозы в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
* Определение основных направлений развития перспективных технологий для БАС;
* Обобщение и внедрение созданных технологий в широкий спектр БпС.

Технологическими вызовами, решению которых способствует Программа являются:

* Определение подходов к системе строительства и развития БАС, основанных на модели управления, способствующей интеграции с другими БпС и снимающей нормативные, административные и технологические барьеры между морским, наземным, воздушным, космическим и информационным пространствами;
* Объединение БАС как между собой, так и с другими БпС, включая низкоорбитальные спутниковые группировки, в новый элемент критической информационной инфраструктуры, в том числе с учётом положений концепции бесшовного цифрового неба;
* Обеспечение функциональной автономности БАС с элементами искусственного интеллекта (далее – ИИ) – основное направление разработки перспективных технологий БАС, реализуемое за счет развития государственных информационных систем и низкоорбитальных группировок спутниковой связи, роста возможностей бортового ИИ и энерговооруженности БАС;
* Создание архитектуры информационной системы, позволяющей управлять БАС и обеспечивать взаимодействие БАС как между собой, так и с другими БпС в воздушном, наземном, водном пространстве и ближнем космосе в режиме, приближенном к реальному времени;
* Обеспечение управления БАС на всех эшелонах воздушного пространства, включая суборбитальные полеты,   
  на основе общих принципов бесшовного сопровождения БАС с использованием наземной и космической инфраструктуры;
* Разработка перспективных технологий БАС в учётом подходов гражданско-военной интеграции – возможности совмещения военных и гражданских функций и сценариев в разрабатываемых технических системах, включая БпС;
* Обеспечение безопасности применения БАС и защиты от их несанкционированного применения.

**2.Актуальность строительства и развития   
беспилотных систем на современном этапе**

В современных условиях существенно возрастает значение беспилотных авиационных систем как ключевого элемента технологий, обеспечивающих технологический суверенитет государства. Опыт, в том числе специальной военной операции, наглядно продемонстрировал потенциал БАС, а также необходимость их дальнейшего развития и совершенствования с учётом актуальных тенденций:

* Повышение автономности БАС, включая автономное принятие решений, отработку нештатных ситуаций и реагирование на нестандартные изменения внешней обстановки;
* Интеграция БАС с автономными роботизированными БпС различных средств базирования, включая воздушные, морские, наземные и космические системы;
* Повышенные требования к времени подготовки БАС: требование повышения точности выполнения задач и сокращение задержек на прохождение и отработку команд;
* Появление новых форм и способов внешнего воздействия на БАС;
* Обеспечение высокой степени синхронизации для решения задач в различных средах применения, включая урбанизированные пространства, природные территории, внутренние и морские акватории;
* Совместное, групповое и роевое применение БАС, в том числе с участием БаС различных сред базирования.

Перечисленные факторы обуславливают необходимость пересмотра целей, задач и принципов технологического развития БАС, как в интересах гражданского сектора, так и для решения задач безопасности и национальной обороны.

На основании анализа концептуальных документов необходимо провести оценку действующего нормативно-правового и технологического состояния в области создания и развития БАС. Это предполагает чёткое разделение систем по классам и типам в зависимости от назначения и сценариев применения.

Существующий научно-технический задел ограничивает возможности применения БАС и приводит к необходимости их классификации не только по требованиям к использованию, но и по применяемым техническим решениям при проектировании и производстве.

Реализуемые подходы в рамках Национального проекта «Беспилотные авиационные системы», запущенного в 2024 году, должны обеспечить качественный технологический скачок. Ожидается переход к новым производственным стандартам, включающим:

* электрификацию платформ,
* унификацию компонентов и коммуникационных протоколов (включая использование 5G и в перспективе - 6G),
* снижение стоимости производства и обслуживания,
* развитие сервисной инфраструктуры.

К 2030 году данные меры должны привести к реформированию системы управления БАС, расширению дальности их применения, а также более глубокой интеграции в тактические и стратегические контуры применения Вооружённых Сил.

Особое внимание будет уделено интеграции БАС в единое информационное пространство с различными системами разного назначения: мониторинга, ДЗЗ, навигации, противовоздушной обороны (ПВО) и радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Это потребует:

* Стандартизации протоколов передачи данных и результатов разведки;
* Внедрения систем идентификации «свой–чужой»;
* Перехода от управления фиксированным числом БВС к динамическим группировкам с элементами автономного взаимодействия, включающим, помимо БАС, другие БпС различных сред базирования;
* Использования технологий искусственного интеллекта для адаптивного управления БАС.

Интеграция информационных систем в интересах применения БАС достигается за счет обеспечения сквозного контроля и управления воздушным и космическим пространством, предназначенным для полетов пилотируемых и беспилотных аппаратов, а также систем разведки и противодействия БпС. Предметом сквозного контроля и координации применения БАС будет являться:

* Координация уровня насыщения космического и воздушного пространства БАС и малыми космическими аппаратами с бортовыми системами ИИ, администрирование доступа к разным типам БАС, таким   
  как мониторинговые, логистические, обеспечивающие БАС (например, ретрансляторы и носители вычислительных ресурсов), распределение полномочий по регулированию и разграничению уровня доступа к БАС, выполняющим целевые задачи;
* Информационный обмен между аппаратами различного типа, используемых на разных высотах, орбитах и подключенных к сетям связи и передачи данных разного типа;
* Диспетчеризация информационных потоков, в рамках которых БАС   
  и космические аппараты выполняют функцию средств связи, приема, обработки, генерации и передачи данных;
* Введение системы регулирования требований   
  для отслеживания соответствия аппаратуры и программного обеспечения всех типов целевой архитектуры системы взаимодействия и управления БАС и протоколам обмена данными и связи.

Одновременно потребуется создание цифровых двойников (ЦД) воздушного пространства, а также от дистанционно управляемых БАС к полностью автономным платформам.

Дальнейшее развитие БАС требует системной трансформации подходов к их проектированию, испытаниям, сертификации и эксплуатации. В условиях роста автономности и расширения зон применения БАС возникает необходимость:

* В создании универсальной архитектуры БпС, обеспечивающей модульность, масштабируемость и возможность оперативной адаптации под специфические задачи (мониторинг площадных объектов и техногенных пространств, связь, логистика и др.).
* В стандартизации технических требований, унификации интерфейсов и обеспечения совместимости между различными типами БАС гражданского назначения.
* В развитии комплексной системы тестирования и верификации программного обеспечения БАС, особенно в части применения алгоритмов искусственного интеллекта и нейросетевых моделей, ответственных за принятие решений в автономном режиме.
* В обеспечении кибербезопасности — защите каналов управления и передачи данных, создание защищённых облачных инфраструктур и изолированных контуров связи для различного рода применений.
* В интеграции БАС и иных БпС в системы многослойного управления: от операционного до стратегического уровня, включая автоматизированные системы управления , с возможностью совместного использования данных мониторинга, ДЗЗ, навигации и радиоэлектронных систем.

Кроме того, особое внимание следует уделить юридическому и этическому регулированию применения автономных систем, в частности решению вопросов, которые помимо нормативного регулирования требуют обеспечения соответствующими технологическими решениями в частности для решения следующих вопросов:

* Определение степени ответственности за действия автономных систем в случае инцидентов;
* Определение понятий автономии, делегированной автономии, дистанционного управления и ИИ-управляемых решений;
* Формирование требований к уровню доверия и предсказуемости поведения БАС в условиях неопределённости.

Важным направлением станет также формирование национальной научно-технологической платформы по БпС, объединяющей промышленные предприятия, университеты, исследовательские институты и технологические стартапы. Такая платформа позволит:

* Координировать прикладные исследования в сфере робототехники, сенсорики, систем управления и энергоэффективных приводов;
* Ускорить трансфер технологий между оборонным и гражданским секторами;
* Обеспечить подготовку высококвалифицированных инженерных и операторских кадров.

Правительством Российской Федерации также утверждена концепция интеграции беспилотных воздушных судов (далее – БВС) в единое воздушное пространство (распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 октября 2021 г. № 2806 -р) [3]. В рамках концепции перечислены направления развития технологий интеграции, в том числе: предупреждение столкновений, организация связи (в том числе между воздушными судами) и выделения частот, наблюдение и идентификация, спутниковая навигация, метеорология, информационная безопасность, автоматическое геозонирование и др.

На горизонте до 2050 года планируется внедрение технологий, которые сейчас находятся на стадии концептов, например, концепции «Архитектуры неба». Прогнозы развития отрасли БАС, представленные в открытом доступе [8], отмечают неизбежность широкого распространения БАС к 2050 году и определяют, как одну из основных задач обеспечение устойчивой связи и организации безопасного движения значительного количества БВС.

Ключевым отличием автономных БАС от традиционных средств (в том числе дистанционно управляемых) является их «интеллектуальность», способность выполнять задачи автономно,   
в дистанционном и коммуникационном отрыве от субъекта управления, в составе группы и, в последующем, совместные действия группами комплексов (групповое применение).

В то же время, существующие организационно-правовые нормы, достигнутый уровень технического развития систем, средств вооружения   
и управления, а также теоретических основ их применения ограничивает развитие представлений о самостоятельной роли БАС.

Реализация современных и перспективных технических требований как к БпС в целом, так и к БАС как их ключевому элементу, невозможна без опережающего формирования новых технологий, прикладных сценариев и освоения ранее недоступных пространств. Это подразумевает разработку высокоадаптивных интеллектуальных систем управления, способных функционировать в условиях динамически изменяющейся тактической обстановки, а также создание новых типов сенсорных и коммуникационных модулей для устойчивого функционирования БАС в сложной радиоэлектронной и климатической обстановке. Необходима интеграция БАС и иных БпС в различных пространствах применения, включая арктические, высокогорные, подземные и космические, что требует не только научных исследований и инженерных инноваций, но и переосмысления принципов эксплуатации, логистики и управления в этих пространствах. Реализация Программы будет требовать формирования подробной модели вызовов, учитывающей исчерпание орбитального и частотного ресурса на низких орбитах за счет реализации интенсивной программы выведения космических аппаратов мировыми участниками освоения космического пространства на низкие орбиты, возможное применение помеховых воздействий на системы связи, и навигации, а также учета возможностей других производителей по противодействию работе БАС и иных БпС.

Таким образом, технологическое развитие БАС должно быть не реакцией на текущие вызовы, а проактивным механизмом формирования новых пространств и сценариев применения.

Вместе с тем, в области БАС гражданского назначения   
на текущий момент возникает потребность в сквозном регулировании   
по следующим направлениям:

* + Частотное регулирование и выделение частотного ресурса для канала связи/управления, а также передачи данных;
  + Единые подходы к защищенности каналов связи/управления   
    и передачи данных;
  + Дифференциация сведений дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ), полученных при помощи БАС, и сведений ДЗЗ, полученных   
    с помощью космических аппаратов. Необходимо предусмотреть введение законодательных норм, определяющих возможность хранения и использования данных ДЗЗ, полученных при эксплуатации БАС с использованием ближнего космоса, без размещения в Фонде ДЗЗ, а также решения целевых задач мониторинга без передачи данных ДЗЗ на наземные пункты управления, хранения и обработки данных.
  + Единые подходы к обработке, хранению и доступу   
    к геопространственным данным, полученным при помощи БАС и малых космических аппаратов (далее – МКА);
  + Единые требования по доступу БАС различных типов в воздушное   
    и космическое пространства;
  + Единые требования к сертификации, лицензированию   
    и стандартизации (необходимость сближения требований к разработчику изделий, формированию компонентной базы, сближения ГОСТов, унификации научно-технического задела БАС и космической отрасли);
  + Создание гибридных сетей связи, задействующих спутниковые каналы, GSM, радиосвязь в УКВ-диапазоне.

Программа может быть реализована в рамках новой практики «сквозного» регулирования. Значимым условием реализации Программы является ее координация с инициативами по развитию правового регулирования отношений в информационной сфере, в первую очередь в части регулирования оборота данных и информации в цифровой форме.

В качестве приоритетных направлений научных исследований   
и разработок для целей развития отрасли БАС выделены, в том числе:

* Технологии интеграции БВС в единое воздушное, морское и наземное пространство Российской Федерации, в том числе технологии обнаружения воздушных объектов, препятствий, погодных и техногенных явлений, влияющих на условия полета БВС; технологии автоматического поддержания безопасных интервалов эшелонирования; технологии применения четырехмерных траекторий полетов и др.;
* Разработка линейки ключевых компонентов БАС по пространствам и сценариям их применения, включая служебные системы, обеспечивающие работоспособность БАС в заданных пространствах, и перспективные полезные нагрузки, обеспечивающие выполнение целевых функций в рамках сценария применения;
* Разработка перспективных компоновок и аэродинамических схем, требуемых для освоения БАС заданных пространств и достижения тактико-технических хараткеристик, требуемых для реализации заданных сценариев применения;
* Разработка линейки энергетических и силовых установок и систем, включая двигатели, движители, источники и преобразователи энергии, элементы трансмиссии;
* Оборудование инфраструктуры БАС;
* Разработка технологии комплексных систем управления, принятия решений и группового взаимодействия БАС на основе технологий ИИ, в том числе алгоритмические и аппаратные средства управления, системы навигации, связи, маршрутизации, позиционирования на различных уровнях взаимодействия (группа, рой, сеть), средства интеграции БАС с иными БпС;
* Технологии зондирования, комплексной обработки информации и принятия решений на основе данных по обстановке во всех зондируемых средах, в том числе технологии технического зрения в ультарфиолетовом, оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах, технологии навигации на основе данных дистанционного зондирования и технического зрения, технологии химической и радиационной разведки;
* Технологии и средства связи (в том числе сверхширокополосные каналы связи; технологии связи, устойчивые к преднамеренным помехам и защищенные от несанкционированного доступа и атак; высокоскоростные оптические линии связи между БВС и между БВС и МКА, оптические линии связи, основанные на квантовых алгоритмах защиты информации и др.);
* Технологии автоматического пополнения уровня заряда бортового источника питания БВС от внешних источников (дронопорты, системы, основанные на направленной передаче энергии и др.);
* Новые материалы для БАС, в том числе новые сверхлегкие материалы, материалы и покрытия, обеспечивающие защиту от экстремальных воздействий внешней среды, с заданными рассеивающе-поглощающими свойствами, обеспечивающие гарантированную утилизацию и др.
  + - 1. Приоритеты и тренды развития технологий БАС

Приоритетным направлением развития БАС, как и БпС в целом, является создание единого информационного пространства как ключевого элемента, обеспечивающего единство использования, контроля и управления БАС и иных БпС в воздушном, космическом, наземном и морском (водном) пространствах для всех вариантов его использования, применяемых в Российской Федерации, в том числе в интересах Вооруженных Сил.

Основу создания единого информационного пространства для применения БАС составляют:

* Телекоммуникационные системы, обеспечивающие связь отдельных БВС друг с другом, с наземными пунктами управления, приема и обработки данных, а также связь БАС с иными с БпС;
* Системы идентификации БАС и иных БпС;
* Системы навигации БАС на основе глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ГНСС) или иных навигационных систем, в том числе предназначенных для специального применения;
* Информационные системы и платформы, обеспечивающие хранение информации о ЦД БАС, а также ЦД окружающей метеорологической, радиоэлектронной и иной обстановки;
* Прикладные информационные системы, обеспечивающие работу   
  с данными ЦД по их регистрации, управлению и контролю.

Программа ориентируется на перспективные технологии, требующие развития сквозного регулирования и применения протоколов единого информационного пространства:

* Обработка и передача данных ДЗЗ оптико-электронными и радиолокационными средствами, в том числе с использованием сетей связи широкополосного доступа;
* Оперативная обработка, машинное обучение и иное использование информации на борту БВС без передачи на наземные пункты управления, хранения и обработки данных;
* Обеспечение связи, мониторинга и навигации на территории Российской Федерации и дружественных стран, в том числе в Арктической зоне и Северном морском пути;
* Бесшовная связь между тропосферными и стратосферными БАС, космическими платформами, наземными и морскими абонентами, включая РТК, в том числе основанная на принципах mesh-сетей;
* Мониторинг состояния и загоризонтное защищенное доверенное управление БАС и иными БпС;
* Высокоточная навигация в различных техногенных и природных пространствах, в том числе в условиях отсутствия или недостоверности сигнала ГНСС или иных навигационных сигналов;
* Сервисы передачи данных ДЗЗ в реальном времени в любой зоне наблюдения;
* Оперативная обработка данных на борту БАС, в том числе внутри роя БВС, с привлечением распределенных средств обработки данных на борту БАС, КА и иных БпС;
* Совместная обработка данных ДЗЗ и мониторинга, полученных в различных диапазонах спектра с помощью различных платформ и сенсоров (оптико-электронное наблюдение в ультрафоиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, радио- и оптическая локация, пассивная радиолокация, радиационная и химическая разведка, прием телеметрической информации).

Целевая архитектура информационной инфраструктуры единого информационного пространства применения БАС и иных БпС должна обеспечить выполнение основных функций по контролю и управлению БАС в воздушном пространстве:

* Создание и регистрация ЦД БАС, включая дистанционно пилотируемые и автономные БАС, с присвоением уникальных идентификаторов;
* Создание ЦД внешней среды, в которых действуют БАС, включая метеорологическую, радиоэлектронную, оптическую, радиационную, химическую и иную обстановку;
* Создание распределенных реестров ЦД, содержащих данные, описывающие БАС, их класс, детали их производства (маркировку), идентификатор бортового устройства связи, взаимодействие с информационными системами, обеспечивающими жизненный цикл БАС;
* Обеспечение доступа к информации ЦД в соответствии с политиками безопасности для выполнения задач по управлению и контролю БАС в воздушном пространстве;
* Обеспечение доступа к информации специализированных систем контроля и управления в едином информационном пространстве БАС и иных БпС.

Логика работы сетецентрического подхода к реализации единого информационного пространства БАС состоит в следующем:

* Для каждой БАС создается ЦД, которому присваивается уникальный идентификатор, указывающий на постоянно обновляемые данные об объекте с заранее заданной структурой, включая привязку к информационным системам, отвечающим за работу БАС;
* Источником появления ЦД БАС в системе могут быть   
  как информационные системы регистрации БАС, так и системы контроля воздушного пространства или иные системы обеспечения безопасности;
* В качестве регистрационных параметров БАС могут выступать   
  регистрационные данные БВС, данные маркировки БАС, бортовых устройств и комплектующих;
* Информация помещается в реестр/реестры цифровых двойников, отвечающих за соответствующий класс БАС. Уровень доступа к информации определяется в соответствии с действующей политикой безопасности;
* Информация в реестрах будет использоваться прикладными системами, обеспечивающими функции по контролю, управлению   
  и обеспечению безопасности в воздушном пространстве в соответствии с правилами работы с соответствующими типами ЦД;
* В качестве систем управления и контроля БС могут быть использованы системы поддержки принятия решений на основе ИИ и другие технологии.

Основные элементы информационной инфраструктуры единого информационного пространства БАС и иных БпС включают:

* Гибридные сети связи, обеспечивающие информационный обмен   
  с воздушными средствами (АЗН-В, сети мобильной связи, сети спутниковой связи, специальные сети связи, сети прямой видимости и сети ближнего радиуса действия);
* Навигационные системы, включая ГНСС;
* Платформа доступа и управления ЦД;
* Объединенное информационное пространство реестров цифровых двойников воздушных судов, содержащее их идентификаторы, классификаторы и описание (БВС, воздушные суда авиации общего назначения, гражданские воздушные суда, специальные воздушные суда) и платформа контроля доступа управления данными цифровых двойников;
* Системы управления и контроля воздушного пространства;
* Пользовательские, коллективные и специализированные системы управления приложениями и ресурсами.

Технологическая основа информационной инфраструктуры единого информационного пространства БАС:

* Архитектура цифровых объектов (Digital Objects Architecture, DOA);
* Унифицированная сквозная система идентификации и ведения реестров;
* ЦД БпС и их компонентов;
* Интеграция с существующими системами идентификации (АЗН-В, специализированные системы).

Критические вопросы построения гибридных сетей связи.

Особенностью построения гибридной сети связи единого информационного пространства БпС является возможность применения различных технологий связи и идентификации объектов в таких сетях.

Для реализации концепции гибридных сетей связи необходимо введение единой системы идентификации бортовых устройств (транспондеров),   
в частности для БАС.

Представляется целесообразным использование системы идентификации на основе DOA бортовых устройств БАС и иных БпС, работающих через операторов сетей связи, и виртуальную идентификации на основе DOA реестров БпС для других систем связи, включая системы связи прямой видимости, специальных систем связи и АЗН-В.

Важнейшими функциями БАС являются передача и обработка информации, и от них, в первую очередь, зависит успешность выполнения миссии, возложенной на конкретную БпС.

Аспекты передачи информации, как правило, рассматриваются для:

* Каналов управления и мониторинга, обеспечивающих передачу служебной информации между БАС и пунктами управления (далее – ПУ), расположенными на земле либо интегрированными с другими БпС;
* Каналов передачи целевой информации от БАС к ПУ;
* Каналов передачи целевой информации между БАС, входящими в единый контур, и между БВС, входящими в единую БАС (внутри роя)
* Каналов глобальной и локальных (в случае их применения) навигационных систем;
* Каналов ретрансляции сигналов (в случае их применения);
* Каналов взаимодействия между ПУ и смежными структурами в контуре управления.

При разработке технологических решений, касающихся задач передачи и обработки информации, должны учитываться требования устойчивости к средствам РЭБ и иным инструментам деструктивного воздействия на каналы связи в радиочастотном и оптическом диапазонах. Учитывая возрастающее влияние технологий и сервисов, основанных на использовании БАС и иных БпС, на многие сферы жизнедеятельности, включая критическую инфраструктуру, всё большую значимость приобретают вопросы обеспечения кибербезопасности.

Кибербезопасность БАС предлагается рассматривать в рамках следующих ключевых направлений:

* Программно-аппаратная целостность;
* Управление;
* Мониторинг (контроль состояния);
* Навигация;
* Полётная информация (координаты ПУ и БВС, скорость, взаимное положение БВС в рое и т.п.);
* Служебная и целевая информация полезной нагрузки БпС;
* Бортовое аппаратно-программное обеспечение обработки целевой информации;
* Аппаратно-программное обеспечение наземных ЦОД и иных БпС, с которыми взаимодействует БАС;
* Безопасность операторов БАС;
* кибербезопасность систем и процессов, в которых принимает участие рассматриваемая БпС;
* Информационно-психологическая безопасность индивидов, социумов, государств и межгосударственных объединений, связанных с БАС;
* Алгоритмы, архитектура и принципы построения систем ИИ;
* Обучающие выборки систем ИИ.

Целесообразно рассмотреть условия, при которых система обеспечения кибербезопасности применяется к следующим этапам:

1. Этап разработки;
2. Этап производства;
3. Этап эксплуатации, включая этап утилизации.

Ключевые требования:

* Обеспечение управления рисками кибербезопасности;
* Внедрение технологий SDLC (жизненный цикл разработки программного обеспечения / Software Development Life Cycle) и безопасной разработки;
* Мониторинг инцидентов и уязвимостей, реагирование на них;
* Внедрение безопасных процессов обновления данных и программного обеспечения, используемых БАС.

При формировании долгосрочного прогноза отрасли БАС целесообразно ориентироваться в качестве основы на целевые сценарии применения БАС, которые определены в «Стратегии развития беспилотной авиации в РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» [4], учитывая расширение указанного перечня новыми. перспективными сценариями, реализация которых становится возможность с применением перспективных технологических решений.

Целью федерального проекта «Перспективные технологии для БАС» является создание опытных, экспериментальных и демонстрационных образцов технологий для БАС новых поколений (от 2027 года и далее). В связи с этим, с целью определения основных направлений и поднаправлений развития перспективных технологий, горизонт прогнозирования отрасли БАС целесообразно разделить на два периода – до 2030-2035 годов и до 2050 года. Для первого периода (до 2030-2035 годов) в Российской Федерации разработаны основные документы, определяющие вектор развития отрасли БАС в части повышения автономности, надежности и интеллектуализации.

На горизонте до 2050 года планируется внедрение технологий, которые сейчас находятся на стадии концептов, например, описанных в составе концепции формирования перспективного цифрового воздушного и космического пространства «Цифровое небо». Прогнозы развития отрасли БАС, представленные в открытом доступе, отмечают широкое применения БАС к 2050 году и определяют основной задачей обеспечение устойчивой связи и организации безопасного движения большого количества БАС.

При реализации программы исследований во внимание принимаются ключевые тренды и направления развития технологий, применяемых при создании и эксплуатации БАС.

**3.1 Технологии, компоновки и принципы движения БВС**

В рамках развития данного направления решаются задачи повышения летно-технических характеристик БВС за счет разработки перспективных аэродинамических компоновок, компоновок двигательных установок (расположение, количество, тип), интеграции технологий вертикального взлета и посадки, в том числе на подвижные платформы и объекты со сложной конфигурацией. Проектируются БВС с летно-техническими характеристиками (грузоподъемность, дальность, скорость, автономность и др.), соответствующими современному мировому уровню, для решения целевых задач, в т.ч. специального назначения. Рассматривается создание БВС на модульном принципе.

В таблице 1 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии, компоновки и принципы движения БВС».

Таблица 1 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии, компоновки и принципы движения БВС»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Перспективные аэродинамические компоновки БВС с повышенными летно-техническими характеристиками |
| 2 | Компоновки двигательных установок БВС |
| 3 | Перспективные методы и средства обеспечения взлета и посадки БВС |
| 4 | Модульные компоновки БВС, обеспечивающие повышенную надежность, скорость ремонта и замены составных частей |
| 5 | Системы мониторинга и диагностики состояния БВС |

**3.2 Энергетические и силовые установки**

В рамках развития данного направления решаются задачи по созданию передовых источников электрической энергии, повышающих энерговооруженность БВС и их автономность. Создаются химические источники тока (ХИТ) отечественного производства с характеристиками (удельная энергия, удельная мощность), достигающими и превосходящими мировой уровень. Проводятся исследования по созданию гибридных силовых установок, сочетающих в себе различные типы источников, а также альтернативные источники энергии. Создаются отечественные электродвигатели, силовые контроллеры, двигатели внутреннего сгорания и малоразмерные газотурбинные двигатели для БВС, по характеристикам, не уступающие зарубежным аналогам. Также важной задачей является разработка отечественных специализированных программных комплексов, предназначенных для проектирования и расчета характеристик силовых установок БАС и их элементов.

В таблице 2 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Энергетические и силовые установки».

Таблица 2 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Энергетические и силовые установки»

| **№** | **Наименование поднаправления** |
| --- | --- |
| 1 | Перспективные источники электрической энергии для БВС |
| 2 | Электрические машины и силовые электронные преобразователи |
| 3 | Двигатели внутреннего сгорания, малоразмерные газотурбинные двигатели и механические преобразователи для БВС |
| 4 | Специализированные программные комплексы для расчета и проектирования силовых установок БВС и их элементов |
| 5 | Комплексы наземной инфраструктуры для зарядки, заправки и обслуживания силовых установок БВС |
| 6 | Системы электроснабжения и управления, а также технология интеграции систем гибридных силовых установок БВС |
| 7 | Движительные комплексы (воздушные винты, импеллеры и т.д.) |
| 8 | Испытательное оборудование для силовых установок БВС и их элементов |

**3.3 Технологии навигации, радионавигации**

В рамках развития данного направления решаются задачи по созданию автономных навигационных систем с использованием корреляционно-экстремальных (КЭНС) и бесплатформенных инерциальных (БИНС) навигационных систем. Перспективным направлением является применение средств технического зрения и технологий ИИ для повышения качества и автономности навигации БВС. Решаются задачи по комплексированию навигационных систем. Создаются технологии, обеспечивающие работу навигационных систем в условиях радиоэлектронной борьбы и помех.

В таблице 3 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии навигации, радионавигации».

Таблица 3 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии навигации, радионавигации»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Технологии для корреляционно-экстремальных систем навигации (КЭНС), в том числе для автономных БВС |
| 2 | Технологии для бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС), в том числе для автономных БВС |
| 3 | Технологии и системы позиционирования для навигации на основе методов технического зрения |
| 4 | Технологии повышения точности для глобальных радионавигационных систем |
| 5 | Технологии комплексирования навигационных данных, в том числе с использованием сетей сотовой связи и перспективной транспортной системы |
| 6 | Технологии создания локальных навигационных полей для позиционирования БВС в пространстве, в том числе внутри группы других БВС и пилотируемых средств |

**3.4 Технологии, методы и средства связи**

Развитие данного направления заключается в создании высокоскоростных широкополосных каналов связи БВС с параметрами передачи сигнала на уровне систем беспроводной связи 5 поколения и выше. Актуальными задачами являются организация связи внутри группы БВС, а также обеспечение связью удаленных целевых объектов, посредством ретрансляции информационного сигнала. Отдельное поднаправление посвящено защите линий связи от помех, перехвата и стороннего вмешательства.

В Таблице 4 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии, методы и средства связи».

Таблица 4 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии, методы и средства связи»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Технологии связи БВС, в том числе высокоскоростные широкополосные, с наземным пунктом управления, c другими транспортными средствами и инфраструктурой |
| 2 | Технологии связи внутри группы БВС, а также обеспечение связью удаленных целевых объектов, посредством ретрансляции информационного сигнала |
| 3 | Технологии защиты линий связи от помех, перехвата и стороннего вмешательства, в т.ч. с использованием принципов квантового шифрования и оптической связи |
| 4 | Технологии комплексных систем подавления сигналов связи |
| 5 | Технологии сети стандарта LTE на базе БВС |
| 6 | Технологии обработки и передачи данных с применением машинного обучения и элементов искусственного интеллекта |

**3.5 Технологии технического зрения для БАС**

В рамках развития данного направления решаются задачи по созданию многоканальных систем технического зрения (ТЗ), анализирующих информацию в оптическом, радио-, инфракрасном диапазонах. Разрабатываются эффективные алгоритмы обработки данных с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, повышается качество обнаружения и распознавания целевых объектов или выполнения определенных сценариев. Отдельное внимание уделяется эффективной работе систем ТЗ в условиях помех (оптических, радио) и с учетом возможных искажений объектов.

В таблице 5 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии технического зрения для БАС».

Таблица 5 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии технического зрения для БАС»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Технологии автоматического обнаружения, распознавания и классификации объектов, в том числе на борту БВС |
| 2 | Технологии для систем технического зрения в радиодиапазоне, включая многопозиционное техническое зрение для групп автономных БВС |
| 3 | Технологии для систем технического зрения в инфракрасном диапазоне, включая многопозиционное техническое зрение для групп автономных БВС |
| 4 | Технологии для систем технического зрения в оптическом диапазоне, включая многопозиционное техническое зрение для групп автономных БВС |
| 5 | Технологии обеспечения функционирования систем технического зрения в условиях помех и возможных искажений образов объектов, в том числе при их маскировке |
| 6 | Технологии создания и обновления централизованных баз данных радиолокационных, теле- и тепловизионных образов объектов интереса для формирования обучающих выборок |

**3.6 Новые технологии производства и новые материалы для БАС**

В рамках развития данного направления решаются задачи по снижению массы и повышению прочностных характеристик конструкции БВС. Развивается технологическое оборудование и программное обеспечение для автоматизации производства элементов конструкций БВС, что повысит качество, а также снизит стоимость и время изготовления БВС и его отдельных элементов. Важной задачей является разработка материалов и покрытий с рассеивающе-поглощающими, огне- и тепло защитными свойствами.

В Таблице 6 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Новые технологии производства и новые материалы для БАС».

Таблица 6 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Новые технологии производства и новые материалы для БАС»

| **№** | **Наименование поднаправления** |
| --- | --- |
| 1 | Перспективные силовые конструкции и конструктивные элементы для БВС |
| 2 | Технологии унифицированного производства составных частей БВС |
| 3 | Технологии автоматизации и цифровизации производства БАС и их элементов, в т.ч. разработка программного обеспечения и технологического оборудования |
| 4 | Композиционные материалы с повышенными характеристиками для производства БВС |
| 5 | Перспективные материалы и покрытия с рассеивающе-поглощающими, огне- и тепло защитными, антиобледенительными свойствами |
| 6 | Технологии соединения конструктивных элементов БВС |

**3.7 Технологии группового взаимодействия БВС, принятия решений и комплексных систем управления БВС**

В рамках развития данного направления решаются задачи по разработке алгоритмов и программного обеспечения для эффективного управления роем БВС для решения поставленных задач с использованием технологий ИИ, ТЗ и математических моделей, в том числе и в условиях преднамеренной постановки помех и противодействия. Развиваются технологии обучения и самообучения группы БВС, организации и построения связи, а также распределения задач внутри группы БВС. Уменьшается степень взаимодействия группы БВС с внешним пилотом, повышается степень автономности группы.

В Таблице 7 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии группового взаимодействия БВС, принятия решений и комплексных систем управления БВС».

Таблица 7 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии группового взаимодействия БВС, принятия решений и комплексных систем управления БВС»

| **№№** | **Наименование поднаправления** |
| --- | --- |
| 11 | Технологии группового управления, в том числе биоинспирированные, и формирования самоорганизующихся групп автономных БВС |
| 22 | Технологии обучения и самообучения автономных БВС, в том числе при их групповом применении |
| 33 | Технологии мониторинга распределенных объектов и сбора пространственных данных группами автономных БВС |
| 44 | Технологии группового взаимодействия автономных БВС, средств пилотируемой авиации, наземной техники и объектов инфраструктуры |
| 55 | Технологии создания автономных БВС, функционирующих в неопределенных динамических средах и в условиях противодействия, включая технологии уклонения от столкновений в группе, «свой-чужой» и т.п. |
| 6 | Технологии формирования наземной инфраструктуры для автономных БАС |

**3.8 Технологии и средства интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство**

В рамках развития данного направления решаются задачи по разработке технологий и алгоритмов для их последующего использования в системах, предназначенных для повышения безопасности полетов БВС в едином воздушном пространстве совместно с пилотируемой авиацией. Разрабатываются системы глобального мониторинга воздушного пространства.

В Таблице 8 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии и средства интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство».

Таблица 8 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Технологии и средства интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Технологии организации движения БВС и информационных потоков |
| 2 | Технологии построения систем глобального мониторинга воздушного пространства |

**3.9 Вычислители, фотонные интегральные информационные системы**

Развитие данного направления посвящено созданию малогабаритных, высокопроизводительных вычислителей на борту БПЛА для обеспечения работы систем ИИ, ТЗ и других ресурсоемких систем. Отдельный класс задач связан с созданием отказоустойчивых и автономных систем управления БВС.

В Таблице 9 приведены поднаправления в рамках развития технологического направления «Вычислители, фотонные интегральные информационные системы».

Таблица 9 – Поднаправления в рамках развития технологического направления «Вычислители, фотонные интегральные информационные системы»

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Наименование поднаправления** |
| 1 | Технологий для высокопроизводительных вычислителей на борту БВС, вычислительные средства сигнальной обработки, технического зрения, специальных вычислений |
| 2 | Подсистемы нейровычислителей |
| 3 | Вычислители общего назначения |
| 4 | Интегральные микровычислительные системы |
| 5 | Бортовое системное программное обеспечение |
| 6 | Инструментальные средства разработки прикладного программного обеспечения |

**3.10 Классификация БВС**

С целью структурирования прогноза развития отрасли БАС, целесообразно использовать классификацию БВС, которая была разработана специалистами Ассоциации «Аэронекст» совместно с рабочей группой «Создание БАС и развитие НПЦ» при Минпромторге России [71]. В соответствии с указанной классификацией, для описания класса БВС используется буквенный код, который формируется в соответствии со следующими правилами:

* первые буквы: С – «самолетный тип», В – «вертолетный тип», МР – «мультироторный тип», КП – «конвертоплан», СВВП – «гибридный тип» (самолетный тип с вертикальными взлетом и посадкой), АЖ – автожир;
* после тире: МК – микро (до 1 кг), Л – легкий (1-30 кг), С – средний (30-500 кг), Т – тяжелый (свыше 500 кг).
  1. **Перспективные сценарии применения БАС**

Для выработки функциональных требований к перспективным технологиям БАС целесообразно рассмотреть прогноз сценариев их применения и описание пространств (внешних условий, включая пространственно-временные характеристики, метеорологическую, электромагнитную, оптическую, радиационную и химическую обстановку, наличие или отсутствие других БпС, изменчивость и предсказуемость этих факторов и т.п.), в которых будут разворачиваться эти сценарии на временных рубежах 2030 – 2035 гг. В гражданском секторе такие сценарии можно условно разбить на три основные группы: мониторинг площадных и линейных объектов, мониторинг техногенных пространств, включая внутренние пространства зданий и сооружений, и логистика. Конкретное содержание сценариев может существенно меняться в зависимости от потребностей рынка, развития смежных технологий (например, доступность программных решений на основе ИИ, характеристики персональных гаджетов массового применения и т.п.), особенностей правового регулирования той или иной территории или субъекта экономической деятельности. Так, в сценариях мониторинга протяженных площадных и линейных объектов возрастает роль полезных нагрузок, использующих ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны спектра, радиолокационное оборудование, активные и пассивные методы лазерной локации, а также оперативная обработка данных на борту БВС с помощью технологий ИИ. Кроме традиционных задач доставки грузов или пассажиров, к сценариям логистики относятся также работы, связанные с доставкой различных препаратов, взрывчатых веществ и аэрозолей, например, в задачах точного земледелия или активных воздействий на гидрометеоры. Ожидается, что на временном рубеже, на который ориентирована настоящая Программа, все группы сценариев будут реализовываться группами и роями БВС, в том числе гетерогенными (включающими БВС различных типов и иные БпС, действующие в различных средах). Типовые сценарии применения БАС, востребованные рынком в настоящее время, приведены в Таблице 10.

Таблица 10 – Типовые сценарии применения и классы БВС, осуществляющие их выполнение на сегодняшний день.

| **Сценарий применения БАС** | **Подходящий класс БВС** | **Примеры практической реализации сценария** |
| --- | --- | --- |
| Мониторинг протяженных площадных и линейных объектов | | |
| Мониторинг линейных (протяженных) объектов | С-Л, С-С, СВВП-Л, СВВП-С | Мониторинг состояния транспортной инфраструктуры (ж/д пути, автодороги, мосты)  Мониторинг ЛЭП, нефте- и газотранспортной инфраструктуры  Мониторинг ледовой обстановки (вдоль судоходных маршрутов)  Навигация морского и речного транспорта, ретрансляция каналов связи, обеспечение наземного и водного транспорта оперативной информацией |
| Мониторинг площадных и удаленных объектов | С-Л, С-С,  СВВП-Л, СВВП-С,  АЖ-Л, АЖ-С  [МР-Л] | Мониторинг состояния промышленных сооружений, объектов социальной и промышленной инфраструктуры, полигонов ТКО  Мониторинг морских и внутренних акваторий (навигация в припортовых зонах, экологический мониторинг, мониторинг биоресурсов). |
| С-Л, С-С,  СВВП-Л, СВВП-С | Мониторинг состояния протяженных территорий (лесных и сельхозугодий, поиск очагов ландшафтных пожаров, таксация и оценка состояния лесных массивов, контроль несанкционированной хозяйственной деятельности)  Геологоразведочные работы, в том числе с помощью специализированных полезных нагрузок (гравиметрия, магнитометрия, гамма- и инфракрасная спектрометрия и т.п.)  Мониторинг локальных труднодоступных участков, в том числе помощью специализированных полезных нагрузок и тематической обработкой данных на борту БВС (поиск пропавших людей, поиск скрытых и заглубленных взрывоопасных предметов, контроль несанкционировонного доступа БВС в воздушное пространство) |
| 3D мониторинг объектов | МР-МК, МР-Л,  СВВП-Л,  В-Л, АЖ-Л | Геодезия, картография, 3D-сканирование, создание цифровых двойников, ортофотопланов  Анализ химического состава воздуха, радиационная разведка |
| Мониторинг атмосферы | МР-С, С-С | Метеорологический, экологический и климатический мониторинг |
| Мониторинг в техногенных пространствах | | |
| Внутриобъектовый мониторинг | В-МК, В-Л МР-МК, МР-Л | Мониторинг состояния объектов критической инфраструктуры (объекты энергетики, в том числе ядерной; стройки; объекты добывающей промышленности)  Мониторинг оборудования на индустриальных объектах, инвентаризация, складской учет, контроль персонала  Поиск пострадавших, разведка, координация спасательных и восстановительных работ при авариях и ЧС техногенного характера |
| Логистика | | |
| Доставка малогабаритных грузов | В-Л, МР-Л, КП-С, СВВП-С | Доставка «последней мили» |
| Доставка средних грузов | В-С, МР-С,  КП-С, СВВП-С | Доставка средних грузов в пределах дальности полета |
| Доставка крупногабаритных грузов | В-Т, МР-Т,  С-Т | Доставка крупногабаритных грузов в пределах дальности полета |
| Перевозки людей | | |
| Экстренная медицинская эвакуация | МР-С, МР-Т,  КП-Т, С-Т | Эвакуация раненых и пострадавших при ЧС |
| Аэротакси | МР-Т,  КП-Т, СВВП-Т | Коммерческие перевозки пассажиров с использованием опционально пилотируемых воздушных судов |
| Внесение веществ | | |
| Регулярное нанесение покрытий | МР-С,  В-С, С-С | Распыление аэрозолей (в том числе в рамках сельскохозяйственных работ)  Нанесение покрытий, покрасочные работы, создание муралов и т.п. |
| Точечное и нерегулярное внесение активных веществ | МР-С, В-С,  КП-С, СВВП-С | Тушение пожаров, в том числе ландшафтных, активные воздействия на погоду |
| Прочие работы | | |
| Работы с габаритным снаряжением | МР-Т,  В-Т | Удаление наледи с объектов гражданской и промышленной инфраструктуры  Строительно-монтажные и отделочные работы  Очистка высотных промышленных объектов (трубы, градирни и т.д.)  Очистка гражданских высотных объектов |
| Образовательная и спортивная деятельность | МР-МК, МР-Л, С-МК, С-Л | Подготовка инженеров и внешних пилотов БАС в учебных заведениях  Проведение соревнований по применению и пилотированию БАС |
| Визуальные инсталляции | МР-МК | Шоу с применением БВС и групп БВС |

Таблица 10 носит справочный характер и показывает примерный охват сценариев применения различными типами БАС при текущем состоянии развития отрасли. Настоящая Программа ориентирована на перспективные сценарии, которые станут возможными благодаря внедрению разрабатываемых технологий. Их предварительное описание дано в последующих разделах Программы.

1. **Определяющие технологии развития беспилотных систем и перечень проводимых НИОКР по направлениям**

Повышение уровня конкурентоспособности Российской Федерации в сфере БАС, в первую очередь, должно быть обусловлено объединением всех систем и технологий в единую информационную среду с целью обеспечения полноценного взаимодействия между ними, определения правильного вектора действий, развития, а также возможности централизованного управления для минимизации ошибочности действий. Так как создание единого информационного пространства БАС и, шире, БпС в целом является глобальной задачей, то для обеспечения и поддержания правильного функционирования необходимо всенаправленное развитие отдельных отраслей и технологий, в частности – развитие технологий искусственного интеллекта. Для корректного обучения и функционирования различных направлений искусственного интеллекта и уменьшения времени реагирования на внезапно меняющуюся обстановку, а также для создания перспективных образцов БАС требуется создание цифровых двойников и других технических решений, что так же влечет за собой необходимость развития множества сфер и компонентов.

Реализация Программы потребует проведения научно-исследовательских и опытно конструкторских работ по предлагаемым тематикам в соответствии с Приложением №1, с целью достижения мирового лидерства в отрасли БАС, освоению новых пространств взаимодействия и реализации качественно новых сценариев применения.

**4.1 Технологии строительства и развития единого информационного пространства БАС**

В рамках развития данного направления формируется инфраструктура БАС с учетом технологий эффективной реализации возлагаемых на БАС задач в едином информационном пространстве. Определяются подходы к единому регулированию системы строительства и развития БАС, в том числе с учетом интеграции БАС и низкоорбитальных спутниковых группировок в новый тип критической информационной инфраструктуры.

Разрабатываются системы глобального мониторинга подстилающей поверхности, воздушного и космического пространства, эффективные алгоритмы обработки данных с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ), реализуется переход от дистанционно управляемых к полностью автономных БАС. Решаются задачи по созданию многоканальных систем технического зрения (Т3), анализирующих информацию в оптическом, радио, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Отдельное внимание уделяется эффективной работе систем ТЗ в условиях помех (как радиочастотных, так и оптических) и с учетом возможных искажений объектов. Перечень предлагаемых к выполнению НИОКР в рамках данного направления приведён в Приложении №1.

## **4.2 Технологии информационного обеспечения БАС**

В рамках развития данного направления решаются задачи по разработке технологий, позволяющих управлять группами (роями) робототехнических комплексов, входящих в БАС для решения поставленных задач с использованием технологий ИИ, в том числе и в условиях преднамеренной постановки помех и противодействия. Развиваются технологии обучения и самообучения группы БАС, организации и построения связи, а также распределения задач внутри группы БАС. Уменьшается степень взаимодействия группы БАС с оператором управления, повышается степень автономности группы, необходимость обеспечения управления БАС, включая суборбитальные полеты, на общих принципах бесшовного сопровождения БАС с использованием наземной и космической инфраструктуры. Создание автономных навигационных систем с использованием корреляционно - экстремальных навигационных систем (КЭНС) и инерциальных (БИНС) навигационных систем. Широкое распространение получило применение технологий технического зрения для повышения качества и автономности навигации БАС. Решаются задачи по комплексированию навигационных систем. Создаются технологии, обеспечивающие работу навигационных систем в условиях радиоэлектронной борьбы и помех.

Также разрабатываются стандарты и технологии, обеспечивающие высокий уровень безопасности БАС и защиты от их несанкционированного применения за счет разработки и использования платформы технологий контроля единого информационного пространства для сетевой и купольной защиты объектов критической инфраструктуры, интеграции военных и гражданских функций в разрабатываемые технические системы, производимые, в том числе, на базе сети научно-производственных центров в сфере создания и развития БАС. Рассматриваются вопросы обеспечения кибербезопасности применения БАС и управления рисками. Перечень предлагаемых к выполнению НИОКР в рамках данного направления приведён в Приложении №1.

## **4.3 Технологии развития, компоновки и принципы построения БАС**

В рамках развития данного направления решаются задачи повышения технических характеристик БАС за счет разработки перспективных компоновок корпусов, компоновок силовых установок БВС.

Проектируются БАС с летно-техническими характеристиками (грузоподъемность, дальность, время полета и др.), соответствующими современному мировому уровню, в том числе для специального применения. Рассматривается создание БАС на модульном принципе, создание аэродинамических схем, энергетических и силовых установок, обеспечивающих максимальную продолжительность полета.

Также решаются задачи по созданию композитных материалов, устойчивых к внешним факторам, БАС тяжелого класса, материалов, производство которых имеет большую экономическую эффективность в сочетании с заданными требованиями развития, передовых источников электрической энергии, повышающих энерговооруженность БАС и их автономность. Создаются атомные и химические источники тока отечественного производства с характеристиками, достигающими и превосходящими мировой уровень.

Проводятся исследования по созданию гибридных силовых установок, сочетающих в себе различные типы источников, а также альтернативные источники энергии. Также важной задачей является разработка отечественных специализированных программных комплексов, предназначенных для проектирования и расчета характеристик силовых установок БАС и их элементов. Важной задачей является разработка материалов и покрытий с рассеивающе-поглощающими, огне- и тепло защитными свойствами.

**4.4 Объектовый мониторинг на техногенных объектах и в зданиях**

Операции, проводимые с использованием БАС, в первую очередь, будут включать сбор и обработку данных о состоянии объектов. С помощью таких сенсоров, как LiDAR, тепловизионные камеры, сенсоры качества воздуха и радиационные детекторы, БАС сможет выполнять всесторонний мониторинг различных объектов: от промышленных сооружений и энергетических станций до жилых зданий и частных домов. Это позволит не только осуществлять контроль за состоянием инфраструктуры и выявлять ее проблемы на ранних стадиях, но и своевременно принимать меры по их устранению, что в свою очередь значительно повысит безопасность и эффективность эксплуатации объектов.

Кроме того, технологии машинного обучения и искусственного интеллекта, интегрированные в системы БАС, позволят не только собирать данные, но и анализировать их в реальном времени. Это значит, что БАС смогут предсказывать возможные аварийные ситуации, определять оптимальные маршруты для мониторинга, получать, обрабатывать, хранить и управлять данными и даже предлагать решения для устранения выявленных проблем. Такие возможности создадут основу для умного городского управления и эффективного использования инфраструктурных ресурсов.

Важность внутриобъектового мониторинга с помощью БАС заключается не только в повышении эффективности хозяйственной деятельности, но и в улучшении общего качества жизни людей. Так, в сфере гражданской безопасности при помощи БАС можно выполнять мониторинг объектов, где присутствует риск химического и радиационного заражения, осущесвлять разведку при пожарах и техногенных авариях, поиск пострадавших в разрушенных зданиях и замкнутых пространствах, следить за техническим состоянием подземных коммуникаций и выполнять другие работы, опасные или невозможные для выполнения человеком. Внедрение мониторинга при помощи БАС техногенных пространств на производствах непрерывного цикла (например, в металлургической или химической промышленности) позволить достичь значительного экономического эффекта благодаря возможности проведения работ в фоновом режиме, без остановки технологического цикла производства. Применение БАС для решения задач обеспечения безопасности мест массового скопления людей (аэропорты, транспортные узлы, концертные залы и стадионы, религиозные учреждения и т.п.) позволят свести к минимуму риски масштабных терактов и немедленно купировать попытки противоправных действий на таких объектах. Перечень предлагаемых к выполнению НИОКР в рамках данного направления приведён в Приложении №1.

**4.5 Мониторинг площадных и линейных объектов**

Мониторинг протяженных объектов, как техногенных, так и природных, остается наиболее востребованным сценарием применения БАС и, согласно прогнозам большинства экспертов, останется таковым в ближайшее десятилетие. Работы по мониторингу технического состояния ЛЭП и трубопроводной инфраструктуры, контроль посевных площадей и других сельхозугодий, кадастровый учет и экологический контроль, поиск взрывоопасных предметов на поверхности и в толще грунта являются одним из наиболее востребованных и быстрорастущих сегментов рынка применения БАС в реальном секторе экономики. Контроль состояния лесных массивов, обнаружение очагов ландшафтных пожаров, экологический мониторинг и контроль несанкционированной хозяйственной деятельности, учет объектов животного мира, поиск терпящих бедствие в природной среде и на внутренних и морских акваториях, геологоразведка, мониторинг ледовой обстановки составляют традиционную сферу применения БАС в области мониторинга природных объектов, где возможности БАС эффективно дополняют спутниковые группировки. Опыт практической деятельности профильных ведомств и компаний показывает, что применения БАС при проведении таких работ дает значительный экономический, социальный и гуманитарный эффект, прежде всего за счет радикального снижения стоимости летного часа по сравнению с традиционными авиационными средствами наблюдения. Также у ряда российских компаний – лидеров в области разработки и производства БАС для мониторинга протяженных объектов имеется успешный опыт военно-гражданской интеграции разработанных технологий при необходимости решения специальных задач. Для обеспечения опережающего роста отрасли БАС и сохранения технологического суверенитета в ближайшее десятилетие необходима разработка ряда ключевых технологий, пока недоступных на рынке. Эти технологии включают обеспечение высокой автономности БАС, возможности выполнения задач группами и роями БВС, решения ресурсоемких вычислительных задач на борту, в том числе с помощью роя распределенных бортовых вычислителных средств, освоения пространств, ранее недоступных для широкого применения БАС, включая высотные эшелоны, арктические, горные, урбанизированные территории, пространства со сложной электромагнитной обстановкой и сложными метеоусловиями.

Осуществление мониторинга при широком диапазоне высот и условий полета требует применения специализированных полезных нагрузок, включая оптические средства наблюдения ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазона высокого разрешения, гиперспектральные и мультиспектральные камеры, радиолокационную аппаратуру, лидары, газоанализаторы, детекторы ионизующего излучения, высокопроизводительные бортовые вычислители, помехозащищенные средства связи, в том числе оптические и интегрировнные со спутниковыми каналами, высокоточные навигационные системы, средства роевого управления. Разработка этих технологий должна быть увязана с разработкой инфраструктуры, обеспечивающей бесшовное устойчивое функционирование БАС в пространствах, характеризующихся значительной протяженностью, огромным разнообразием географических и климатических условий и сложной электромагнитной обстановкой. В силу естественных ограничений автономности и радиуса применения ряда компоновочных схем БАС, такие системы должны быть интегрированы с морскими и наземными подвижными платформами, в том числе беспилотными. Конкретный список НИОКР, отвечающий потребностям обеспечения сценария мониторинга площадных и линейных объектов, будет представлен в последующих редакциях настоящей Программы.

**4.6 Логистика**

Несмотря на то, что сегодня в России перевозка грузов составляет относительно небольшую долю гражданского рынка применения БАС, эта доля быстро растет, и ожидается, что к 2030 г. составит 10-15%. В силу географических особенностей страны и отсуствия транспортной инфраструктуры на значительных территориях, особенно в Арктической зоне РФ, применение БАС является единственной альтернативой традиционным средствам доставки людей и грузов, таким как вертолетный транспорт. Экономические и технические ограничения применения вертолетов, их относительно высокая, по меркам гражданской авиации, аварийность и ограниченность парка требует искать решения, приемлемые для организации устойчивых логистических потоков на территориях и акваториях, недоступных для других видов транспорта. На сегодняшний день и в России, и в мире отсутствуют примеры технических решений, которые бы обеспечивали конкурентоспособность БАС по сравнению с другими способами доставки гражданских грузов по регулярным маршрутам, а примеры БАС, сертифицированных для перевозки людей, составляют единичные экспериментальные модели. Наиболее проработанный с технологической точки зрения сценарий доставки «последней мили», востребованный логистическими компаниями и маркетплейсами, является нишевым и занимает отноительно небольшую долю в экономике БАС в мировом масштабе. Такая ситуация стимулирует поиск новых технологий, включая силовые и энергетические установки, компоновочные и аэродинамические схемы, эффективные материалы и производственные технологии, а также технологии управления, навигации и обеспечения безопасного движения БАС в общем воздушном пространстве, которые позволили бы обеспечить безопасность и конкурентоспособность перевозок грузов и людей. Внедрение этих технологий и реализация логистических сценариев в разнообразных пространствах, включая урбанизированные территории, морские и внутренние акватории, арктические и высокогорные районы, позволит обеспечить досупность экстренной помощи, повысить оперативность и снизить стоимость доставки критических грузов, включая медикаменты, повысить мобильность различных категорий сотрудников и населения в труднодоступных районах. Кроме интеграции в единую информационную инфраструктуру БпС, включая космический сегмент, потребуется интеграция логистических БАС с морскими и наземными мобильными платформами, в том числе с автомобильным транспортом.

В технологическом аспекте к логистическим сценариям примыкают различиные применения БАС с целью внесения веществ (в сельском хозяйстве, при ремонте и обслуживании зданий и сооружений, тушении городских и ландшафтных пожаров, активных воздействиях на метеорологические явления), манипуляции при проведении ремонтных, аварийно-восстановительных и спасательных работ, а также экстренная медицинская эвакуация. Логистические сценарии обладают значительным потенциалом военно-гражданской интеграции и могут быть модифицированы под выполнение специальных задач. Также как и сценарии, относящиеся к мониторингу протяженных площадных и линейных объектов, реализация логистических сценариев требует интеграции с информационной, транспортной и иной инфраструктурой, поэтому соответствующие НИОКР должны быть увязаны как между собой, так и с НИОКР, посвященными развитию инфраструктуры БАС и иных БпС. Список НИОКР, отвечающий сценариям логистики, будет представлен в последующих редакциях настоящей Программы.

# **5.Этапы создания и совершенствования информационной инфраструктуры единого информационного пространства беспилотных систем**

2024 г.: Разработка концепции информационного обеспечения, разработка структур данных цифровых двойников, разработка программного обеспечения платформы управления данных, бортовые устройства БАС.

2024-2028 гг.: Запуск опытной зоны платформы информационного обеспечения для БпС. Интеграция с платформами контроля   
и управления пилотируемой авиации и систем специального назначения.

2028-2035 гг.: Реализация систем ИИ в систему контроля и управления. Реализация автоматического управления информационным пространством БпС.

Этапы введения практики сквозного регулирования:

1. апробация и стандартизация в 2024-2026 годах существующих технологических решений и систем (например, спутниковый модем для БпС), соответствующих Программе;
2. стандартизация и внедрение до 2028 года следующего поколения технологических и инфраструктурных элементов единого информационного пространства БпС;
3. полноценное введение цифрового права в 2028-2035 годах.

**Список использованных источников**

1. ГОСТ Р 57258-2016 «Системы беспилотные авиационные. Термины и определения».
2. ГОСТ РВ 0101-002-2018 «Робототехнические комплексы военного назначения. Термины и определения».
3. ГОСТ Р 57258-2016 «Системы беспилотные авиационные. Термины и определения».
4. ГОСТ Р 59751-2021 «Беспилотные авиационные системы с беспилотными воздушными судами самолетного типа. Требования к летной годности».
5. ГОСТ Р 59987-2022 «Оборудование навигационное судовое. Системы бесплатформенные инерциальные навигационные
6. ГОСТ Р 70652-2023 «Контроль неразрушающий. Методы оптические. Системы технического зрения. Общие требования».
7. ГОСТ Р 58568-2019 «Оптика и фотоника. Фотоника. Термины и определения».
8. ГОСТ 58593-2019 «Источники тока химические. Термины и определения».
9. ГОСТ Р 59895-2021 «Технологии искусственного интеллекта в образовании. Общие положения и терминология».
10. ГОСТ Р 58047-2017 «Авиационная техника. Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики».
11. ГОСТ Р 56122-2014 «Воздушный транспорт. Беспилотные авиационные системы. Общие требования».
12. Распоряжение Правительства РФ от 05.10.2021 N 2806-р   
    «Об утверждении Концепции интеграции беспилотных воздушных судов   
    в единое воздушное пространство Российской Федерации и плана реализации Концепции в части развития технологий».
13. Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 N 1630-р   
    «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации».
14. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2023 г. № 3339-р «Об утверждении Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года».
15. Паспорт национального проекта «Беспилотные авиационные системы», а также паспорта входящих в него федеральных проектов, утвержденных пунктом 2 раздела I протокола заседания президиума Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем (проектного комитета национального проекта «Беспилотные авиационные системы») от 24 августа 2023 г. № 11пр.
16. Распоряжение Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 13 декабря 2023 г. №439-р «Об утверждении положения о секции научно-технического совета (рабочей группы) при президиуме Правительственной комиссии по вопросам развития беспилотных авиационных систем федерального проекта «Перспективные технологии для беспилотных авиационных систем».
17. Sinha, H., Malik, N., Dahiya, M. (2023). Drone Ecosystem: Architecture for Configuring and Securing UAVs. In: Tanwar, S., Wierzchon, S.T., Singh, P.K., Ganzha, M., Epiphaniou, G. (eds) Proceedings of Fourth International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security. CCCS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 664. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-1479-1_2>.
18. Anton A., Mauger O. (2023). U.S. Reliance on Chinese Drones: A Sector for the Next CHIPS Act? https://www.lawfaremedia.org/article/u.s.-reliance-on-chinese-drones-a-sector-for-the-next-chips-act.
19. AL-Dosari K., Hunaiti Z., Balachandran W. (2023). Systematic Review on Civilian Drones in Safety and Security Applications. Drones. 7, 210. https://doi.org/10.3390/drones7030210.
20. CINEA (2022). Drones and Sustainable Urban Air Mobility (UAM): Contributions of Horizon 2020 Projects managed by CINEA. European Commission.
21. Deloitte (2020). Economic Benefit Analysis of Drones in Australia. Australian Government. https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/documents/economic-benefit-analysis-of-drones-to-australia-final-report.pdf.
22. DT-UK (2022). Jet Zero Strategy: Delivering net zero aviation by 2050. UK Government: Department of Transport.
23. EREA (2012). From Air Transport System 2050 Vision to Planning for Research and Innovation. The Association of European Research Establishments in Aeronautics.
24. EY (2022). Making India the drone hub of the world. https://www.ey.com/en\_in/government-public-sector/how-india-can-become-the-drone-hub-of-the-world-by-2030.
25. Garrow L., German B., Leonard C. (2021). Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research. Transportation Research Part C. 132. https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103377.
26. Gartner (2020). Why Flying Drones Could Disrupt Mobility and Transportation Beyond COVID-19. https://www.gartner.com/smarterwithgartner/why-flying-drones-could-disrupt-mobility-and-transportation-beyond-covid-19.
27. Gartner (2023). Hype Cycle for Mobile Robots and Drones. https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-08-17-gartner-hype-cycle-shows-supply-chain-adoption-of-mobile-robots-will-far-outpace-drones-over-next-three-years.
28. Goyal R., Reiche C., Fernando C., Cohen A. (2021). Advanced Air Mobility: Demand Analysis and Market Potential of the Airport Shuttle and Air Taxi Markets. Sustainability. 13, 7421. https://doi.org/10.3390/su13137421.
29. GUTMA (2017). UAS Traffic Management Architecture. Global UTM Association. https://gutma.org/utm-architecture/.
30. Hosseini N., Jamal H., Haque J., Magesacher T., Matolak D. (2019). UAV Command and Control, Navigation and Surveillance: A Review of Potential 5G and Satellite Systems. 2019 IEEE Aerospace Conference: Big Sky. USA. pp. 1-10. doi: 10.1109/AERO.2019.8741719.
31. IATA (2021). High-Level Concept Paper on a Changing Environment for Flight Rules. https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/air-traffic-management/drones/.
32. ICAO (2020). The future of aviation. https://www.icao.int/Meetings/innovation-series/Documents/ICAO%202020%20Catalogue.pdf.
33. KARI (2023). Future Vision 2050. Korea. https://www.kari.re.kr/eng/sub01\_06.do.
34. KPMG (2022). India Emerging Drone Industry: A Point of View. https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/in/pdf/2022/07/indias-emerging-drone-industry.pdf.
35. McKinsey (2022). Perspectives on Advances Air Mobility: Navigating the emerging passenger urban and regional air-mobility industry. https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/perspectives-on-advanced-air-mobility.
36. Morgan Stanley (2021). eVTOL/Urban Air Mobility TAM Update: A Slow Take-Off, But Sky's the Limit. https://advisor.morganstanley.com/the-busot-group/documents/field/b/bu/busot-group/Electric%20Vehicles.pdf.
37. MT Canada (2021). Transport Canada’s Drone Strategy to 2025. Canada Minister of Transport. https://tc.canada.ca/sites/default/files/2021-03/TC223-Drone-Strategy-ENG-ACC.pdf.
38. NASA (2004). Civil UAV Capability Assessment. https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/111761main\_UAV\_Capabilities\_Assessment.pdf.
39. NASA (2019). Unmanned Aircraft Systems Demand & Economic Benefit Forecast Study. https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20190007020/downloads/20190007020.pdf.
40. Ozger M. et al. (2023). 6G for Connected Sky: A Vision for Integrating Terrestrial and Non-Terrestrial Networks. https://arxiv.org/abs/2305.04271.
41. RAND (2000). Operating Low-cost, Reusable Unmanned Aerial Vehicles in Contested Environments: Preliminary Evaluation of Operational Concepts. Rand Corporation.
42. RAND (2023). Characterizing the Uncrewed Systems. Research Report. RAND Corporation.
43. Roland Berger (2020). Urban Air Mobility. https://www.rolandberger.com/publications/publication\_pdf/roland\_berger\_urban\_air\_mobility\_1.pdf.
44. Roland Berger (2022a). Advanced Air Mobility: Market Study for APAC. https://www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/news/press-releases/rre-apac-aam-study-16-02-2022-v2.pdf.
45. Roland Berger (2022b). Regional Air Mobility: How to Unlock a New Generation of Mobility. https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Regional-Air-Mobility-How-to-unlock-a-new-era-of-aviation.html.
46. SESAR (2020). SESAR Joint Undertaking. European ATM Master Plan, Digitalising Europe’s Aviation Infrastructure, Executive View. Brussels: SESAR Consortium, Edition.
47. Sinha, H., Malik, N., Dahiya, M. (2023). Drone Ecosystem: Architecture for Configuring and Securing UAVs. In: Tanwar, S., Wierzchon, S.T., Singh, P.K., Ganzha, M., Epiphaniou, G. (eds) Proceedings of Fourth International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security. CCCS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 664. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1479-1\_2.
48. Steer (2023). Unmanned Aircraft Systems integration into European airspace and operation over populated areas. Research for TRAN Committeeю European Parliament: Policy Department for Structural and Cohesion Policies. Brussel. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/733124/IPOL\_STU(2023)733124\_EN.pdf.
49. UKRI (2021). Future Flight Vision and Roadmap. UK Research and Innovation. https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2021/08/UKRI-130821-FutureFlightVisionRoadmap.pdf.
50. Yang Z. (2023). Food delivery by drone is just part of daily life in Shenzhen. MIT Technology Review. https://www.technologyreview.com/2023/05/23/1073500/drone-food-delivery-shenzhen-meituan/.

Приложение №1

**Перечень НИОКР**

**к реализации в рамках программы исследований и разработок**

**(наименования НИОКР в соответствии**

**с функциональными требованиями)**

| **№** | **Наименование НИОКР** |
| --- | --- |
| **1.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии, компоновки и принципы движения БВС»** |
| 1.1. | Разработка эскизного проекта по определению тенденций и перспективных направлений развития технологий, компоновок и принципов движения БВС (Системная НИР) |
| 1.2. | Разработка технологии обеспечения безопасной эксплуатации композитных и гибридных конструкций БВС по условиям прочности с учетом операционных рисков в зонах полета |
| 1.3. | Разработка технологии проектирования БАС, определения технических обликов БВС и методов их реализации, включая разработку технологий концептуального проектирования БВС |
| 1.4. | Разработка технологии создания БВС с возможностью длительного нахождения (до 5 месяцев) над определенной областью поверхности Земли |
| 1.5. | Разработка технологии создания и оптимизации применения БВС мультироторного типа взлетной массы до 120 кг |
| 1.6. | Разработка технологии создания БВС мультироторного типа взлетной массы до 150 кг |
| 1.7. | Разработка технологии создания мультироторных БВС, обладающих высоким уровнем ремонтопригодности и скоростью воспроизводства |
| 1.8. | Разработка технологии формирования схемо-кинематических и компоновочных решений для БВС конвертопланного типа большой грузоподъемности (свыше 500 кг) с гибридной силовой установкой |
| 1.9. | Разработка технологии аэродинамического проектирования и трехмерной оптимизации формы планера легкого (среднего) транспортного БВС самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой, с энергетическими методами управления аэродинамическими силами, при наличии явлений трехмерного ламинарно-турбулентного перехода |
| 1.10. | Разработка технологии создания электрического метеорологического БАС гибридной аэродинамической схемы с несущими винтами, высотой полета до 15 км |
| 1.11. | Разработка технологии формирования облика БАС для мониторинга в ограниченном пространстве сложной конфигурации (ОПСК) с учетом особенностей полетов в ОПСК, в т.ч. наличия интенсивных воздушных потоков. |
| **2.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Энергетические и силовые установки»** |
| 2.1. | Разработка технологии и демонстратора воздушно-алюминиевого химического источника тока для БАС |
| 2.2. | Разработка технологии и демонстратора гибридного электрохимического источника тока для БВС |
| 2.3. | Разработка технологии и демонстраторов в обеспечении создания линейки перспективных электродвигателей для винтомоторных групп БВС |
| 2.4. | Разработка демонстратора программного комплекса автоматизированного проектирования и расчета электрических винтомоторных групп БВС |
| 2.5. | Разработка технологии и демонстраторов силовых полупроводниковых преобразователей для гибридных и электрических силовых установок БВС с интеллектуальными функциями самодиагностики и компенсации отказов |
| 2.6. | Разработка технологии для создания гибридной силовой установки для БВС большой грузоподъёмности (свыше 500 кг) с распределенными движителями |
| 2.7. | Разработка конструктивно-технологических решений для создания авиационной силовой системы электроснабжения БВС большой грузоподъемности |
| 2.8. | Разработка технологии зарядки БАС с использованием воздушных линий электропередачи высокого напряжения и других источников энергии |
| 2.9. | Разработка технологии и демонстратора электрической силовой установки с гибридным электрохимическим источником тока с системой стабилизации напряжения |
| 2.10. | Разработка технологий накопления электрической энергии на основе возобновляемых, электрических и электрохимических источников энергии для БВС |
| 2.11. | Исследование и разработка перспективных технологий снижения удельного расхода топлива и повышения ресурса малогабаритных турбогенераторов и турбореактивных двигателей. |
| 2.12. | Разработка технологий перспективных турбоэлектрических генераторов мощностью до 150 кВт для гибридных силовых установок транспортных БВС с вертикальным взлетом и посадкой. |
| 2.13. | Разработка технологии и демонстратора системы управления аккумуляторными батареями для беспилотных авиационных систем |
| 2.14. | Разработка технологии и демонстратора облегченных и гибких кремниевых солнечных элементов и систем на их основе для обеспечения энергопитания БАС |
| 2.15. | Разработка технологии электроснабжения БАС, оптимизированной под различные сценарии использования наземных стационарных зарядных станций для автоматизированной подзарядки беспилотных воздушных средств. |
| **3.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии навигации, радионавигации»** |
| 3.1. | Разработка эскизного проекта по определению тенденций и перспективных направлений развития технологий навигации и радионавигации (Системная НИР) |
| 3.2. | Разработка технологии и демонстраторов многодатчиковых навигационных комплексов БАС, основанных на совместной обработке разнородной измерительной информации с использованием искусственного интеллекта |
| 3.3. | Разработка технологии и демонстратора интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы для БАС с различными типами датчиков |
| 3.4. | Разработка технологии создания линейки радионавигационных приемников для БВС, обладающих повышенной устойчивостью к преднамеренным помехам |
| 3.5. | Разработка технологии и демонстратора интеллектуальной информационно-навигационной системы на базе многоспектральной системы технического зрения |
| 3.6. | Разработка технологий и демонстратора высокомобильной многофункциональной радиотехнической системы обеспечения навигации на необорудованных посадочными средствами площадках |
| 3.7. | Разработка технологии и демонстраторов комплексных корреляционно-экстремальных навигационных систем, основанных на обработке информации в видимом, инфракрасном и радиолокационном диапазонах |
| 3.8. | Разработка технологии и демонстратора микронавигационной инерциальной системы для БВС, обеспечивающей точное позиционирование БВС в пространстве при сбоях или отсутствии сигналов ГНСС |
| 3.9. | Разработка технологии навигации БВС по сигналам существующих многоспутниковых систем широкополосной связи (МСШС) без использования штатных средств (терминалов) МСШС |
| 3.10. | Разработка технологии и демонстраторов локальных навигационных систем на базе группировки малых космических аппаратов на низких орбитах |
| 3.11. | Разработка технологии интеллектуальной автономной навигации беспилотных транспортных средств на основе технического зрения |
| 3.12. | Разработка технологии построения интегрированной сетевой системы геоинформационных ресурсов в интересах поддержки процессов межведомственного взаимодействия при решении задач управления инфраструктурой беспилотных систем. |
| 3.13. | Создание технологии обеспечения локального навигационного поля беспилотных систем, включающего в себя возможность объединения воздушного и подводного полей. |
| 3.14. | Разработка программного комплекса для вычисления оптимальных траекторий большого количества беспилотных воздушных средств и расчёта параметров систем их мониторинга и контроля. |
| 3.15. | Разработка технологии высокоточного позиционирования БАС в ограниченном пространстве сложной конфигурации (ОПСК). |
| 3.16. | Разработка технологии навигации БАС для решения задач мониторинга ограниченного пространства сложной конфигурации (ОПСК) с применением технологии ИИ для распознавания окружения при отсутствии данных систем высокоточного позиционирования |
| **4.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии, методы и средства связи»** |
| 4.1. | Разработка технологии и демонстраторов неотражающих устройств частотной селекции и элементов БАС для снижения радиолокационной заметности и повышения помехоустойчивости БАС |
| 4.2. | Разработка технологии повышения помехозащищённости командно-телеметрического канала связи между наземной станцией и БВС |
| 4.3. | Разработка технологии и демонстраторов миниатюрных частотно-разделительных устройств на основе диэлектрических резонаторов для систем бортовой связи БВС |
| 4.4. | Разработка технологии динамической оптической двунаправленной связи с БВС и модуля автономного возврата БВС в случае потери управления |
| 4.5. | Разработка технологии для обеспечения комплексной защиты информационных каналов БАС с использованием квантового шифрования |
| 4.6. | Разработка технологий обнаружения и обработки радиолокационных сигналов связи, телеметрии и управления БВС |
| 4.7. | Разработка технологии построения сети связи беспилотных средств различных сред базирования. |
| 4.8. | Разработка облика гибридной связи линии С2 для беспилотных систем всех сред базирования. |
| **5.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии технического зрения для БАС»** |
| 5.1. | Разработка технологии автономной навигации для БАС на основе компьютерного зрения и данных от лидаров |
| 5.2. | Разработка технологии и демонстратора бортовой оптической навигационной системы с использованием методов технического зрения |
| 5.3. | Разработка технологий, обеспечивающих по данным оптической съемки решение задач картографирования окружающей обстановки и семантической сегментации снимков в режиме реального времени |
| 5.4. | Разработка технологии и демонстратора высокопроизводительной системы трекинга объектов с БАС на основе методов статистического анализа изображений и глубокого обучения |
| 5.5. | Разработка технологии многопозиционного мониторинга земной поверхности с помощью БАС на основе методов технического зрения и комплексной обработки потоков радиолокационных кадров высокого разрешения с возможностью распознавания и прогнозирования положения наземных объектов |
| 5.6. | Разработка технологии контроля ситуационной обстановки местности с прогнозированием развития угроз различного типа с использованием систем технического зрения с интерактивным пользовательским интерфейсом |
| 5.7. | Разработка технологии технического зрения для выявления лесопирологических и лесопатологических угроз с применением крупноразмерных БАС большой продолжительности полета для выполнения авиационных работ |
| 5.8. | Разработка технологии для создания комплексов машинного обучения глубоких нейронных сетей компьютерного зрения, включая формирование централизованного банка данных для обучения нейросетевых моделей |
| 5.9. | Разработка технологии устойчивой инерциально-визуальной локализации БАС относительно электронных карт |
| 5.10. | Разработка технологии оптоэлектронной посадки БВС на палубу в условиях потери спутниковой связи, качки или горизонтального движения зоны посадки |
| 5.11. | Разработка технологии технического зрения с искусственным интеллектом на базе обучаемых нейронных сетей для решения задач попутной навигации, автономного полета без использования датчиков ГНСС, посадки в автоматическом режиме на оборудованные и необорудованные площадки |
| 5.12. | Разработка технологии технического зрения с использованием искусственного интеллекта для обеспечения перспективных требований к автономности БАС |
| 5.13. | Разработка технологии и демонстратора согласованной видеоаналитики информации от распределенных систем технического зрения БАС на основе технологий искусственного интеллекта |
| 5.14. | Создание имитационно-моделирующего испытательного комплекса унифицированных ситуационных центров сбора и обработки разнородной информации на основе объединения данных от межведомственных средств добывания информации в интересах формирования оперативной обстановки для решения специальных задач на основе применения беспилотных систем. |
| 5.15. | Разработка технологий наблюдения малых объектов, на основе спутниковых снимков с разрешением недостаточным для прямой идентификации, путем комплексирования данных заблаговременной съемки территорий интереса с БВС и мультиспектральных спутниковых снимков, в интересах обеспечения оперативного наблюдения за малыми объектами из космоса на территориях интереса. |
| 5.16. | Разработка технологии построения цифровой модели по данным мониторинга БАС ограниченного пространства сложной конфигурации (ОПСК). |
| **6.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Новые технологии производства и новые материалы для БАС»** |
| 6.1. | Разработка эскизного проекта по определению тенденций и перспективных направлений развития новых технологий производства и новых материалов для БАС (Системная НИР) |
| 6.2. | Разработка технологий повышения ударной прочности и ресурса конструкций БВС из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе разработки наномодифицированных инфузионного связующего и клеевых композиций |
| 6.3. | Разработка сквозной расчетно-экспериментальной технологии проектирования, испытаний и сертификации бионически- оптимизированных агрегатов планера, корпусных деталей и деталей двигателей БАС, изготавливаемых из ПКМ (полимерных композиционных материалов) и АПМ (аддитивной печатью металлов) |
| 6.4. | Разработка технологии производства сетчатых композитных силовых конструкций беспилотных авиационных систем |
| 6.5. | Разработка технологии производства суперконструкционных термопластов и композитных материалов на их основе для БАС |
| 6.6. | Разработка технологии создания многослойных композиционных конструкционных экранирующих материалов на основе непроводящей диэлектрической матрицы для применения в составе БВС |
| 6.7. | Разработка технологии теплового неразрушающего контроля скрытых производственных и эксплуатационных дефектов в композиционных обшивках БВС |
| 6.8 | Разработка технологии и оборудования диагностического контроля для выявления скрытых дефектов в электронных устройствах управления БАС, силовых цепях, а также другой аппаратуры в том числе ответственного назначения |
| 6.9 | Разработка технологии и оборудования для получения материалов и покрытий необходимых для создания перспективных беспилотных авиационных систем |
| 6.10. | Разработка метода сбора и обработки данных в интересах систематизации и унификации технологических решений в области строительства и развития беспилотных систем. |
| **7.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии группового взаимодействия БВС, принятия решений и комплексных систем управления БВС»** |
| 7.1. | Разработка технологии интеллектуального управления и ситуационного моделирования групповых действий БВС в условиях единого информационно-управляющего поля |
| 7.2. | Разработка технологии ухода от столкновений с использованием радиолокационной станции на борту БВС |
| 7.3. | Разработка технологий и демонстратора комплексной системы группового управления, взаимодействия и организации поведения группы БВС при выполнении целевых задач |
| 7.4. | Разработка технологии и демонстратора бортового аппаратно-программного комплекса на базе нейросетевых алгоритмов для автономного управления и навигации БВС и групп БВС |
| 7.5. | Разработка технологии распределенного децентрализованного управления роем БВС для решения логистических задач |
| 7.6. | Разработка технологий автоматического/автономного управления БАС на основе элементов искусственного интеллекта с целью повышения эффективности их применения |
| 7.7. | Разработка бортового программно-аппаратного комплекса управления беспилотными воздушными судами средней и малой размерности на отечественной элементной базе |
| 7.8. | Разработка технологии управления роем БВС на основе искусственного интеллекта для эффективной реализации сценариев группового применения |
| 7.9. | Разработка принципов построения и технических решений для проектирования децентрализованных систем управления и самоорганизации роев БВС |
| 7.10. | Разработка технологии гибридного нейромодуля роевого взаимодействия беспилотных средств. |
| 7.11. | Разработка технологии формирования частотно-временной синхронизации в сетях управления беспилотными системами. |
| 7.12. | Разработка технологии управления автономной роевой БАС для мониторинга ограниченного пространства сложной конфигурации (ОПСК).. |
| **8.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Технологии и средства интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство»** |
| 8.1. | Разработка технологии применения четырехмерных траекторий полетов БВС, в том числе в едином воздушном пространстве с пилотируемыми воздушными судами |
| 8.2. | Разработка технологий мониторинга и контроля выдерживания навигационных характеристик БВС |
| 8.3. | Разработка технологии обеспечения цифровых полетов на основе расширенного информационного взаимодействия в интересах интеграции всех пользователей в единое воздушное пространство |
| 8.4. | Разработка технологии измерения и обеспечения единства отсчета высота полета в целях обеспечения безопасности полетов беспилотных и пилотируемых воздушных судов в нижнем воздушном пространстве |
| 8.5. | Разработка технологии организации и построения взлетно-посадочных платформ (автоматических систем), обеспечивающих взлет-посадку и обслуживание БАС на посадочных площадках и станциях базирования БВС, включая их взаимодействие с АС (КСА) органов ЕС ОрВД |
| 8.6. | Разработка технологии распознавания и прогнозирования траекторного движения БВС в заданном воздушном пространстве на основе информации о спутном следе |
| 8.7. | Разработка технологий и демонстратора комплекса системы наблюдения и контроля за полетами беспилотных и пилотируемых воздушных судов для демонстрации, валидации и верификации перспективных технологий интеграции БВС в единое воздушное пространство |
| 8.8. | Разработка технологии и демонстратора модема для идентификации и прослеживаемости БВС на основе архитектуры цифровых объектов |
| 8.9. | Технологии безопасной организации полётов пилотируемой и беспилотной авиации в воздушном пространстве класса “G” |
| 8.10. | Разработка облика и построение системы противодействия несанкционированным беспилотным средствам (всех сред базирования) и ее интеграция с существующими системами противодействия беспилотных систем иностранных государств. |
| 8.11. | Разработка технологии контроля воздушного пространства на базе акустических средств добывания информации в интересах освещения воздушной обстановки. |
| 8.12. | Разработка многопозиционного комплекса полуактивной локации и радиомониторинга воздушной обстановки и обнаружения БпС на основе технологии искусственного интеллекта. |
| 8.13. | Децентрализованная технология организации движения множественных БАС в едином воздушном пространстве. |
| **9.** | **Перечень НИОКР в рамках развития технологического направления «Вычислители, фотонные интегральные информационные системы»** |
| 9.1. | Разработка технологии построения интегрированной сетевой вычислительной среды (ИСВС) для БЛА среднего и тяжелого класса, включая подсистемы сигнальной обработки и подсистемы интеллектуальных вычислений с применением нейронных сетей и технологий машинного обучения |
| 9.2. | Разработка технологии и демонстратора микроминиатюрной вычислительной платформы авионики для малоразмерных БЛА |
| 9.3. | Разработка технологии построения помехозащищенных высокоскоростных бортовых сетей реального времени для передачи информации в ИСВС, включая технологии создания миниатюрных высокоскоростных волоконно-оптических фотонных приемопередающих модулей различных форм-факторов |
| 9.4. | Разработка технологии и демонстратора универсального бортового вычислительного модуля для обучения и исполнения алгоритмов искусственного интеллекта |
| 9.5. | Разработка технологии и демонстратора операционной системы реального времени для применения в малоразмерных БЛА, интегрированной среды конфигурирования, разработки и отладки бортового ПО, а также проектирования бортовых интерфейсов для БЛА различных классов |
| 9.6. | Разработка технологии и демонстратора автоматизированных средств обучения и оптимизации нейросетевых интеллектуальных систем для применения в ответственных комплексах реального времени и разработка методологии и инструментальных средств валидации и интерпретации результатов работы нейросетевых интеллектуальных систем |
| 9.7. | Разработка технологии реализации роевого взаимодействия на базе гибридного нейромодуля |
| 9.8. | Разработка технологии реализации автоматической объектовой обработки видеопотока с подстилающей поверхностью с БВС на базе гибридного нейромодуля |
| 9.9. | Разработка технологии построения интеграционной сетевой вычислительной среды для беспилотных систем, включая подсистемы сигнальной обработки и подсистемы интеллектуальных вычислений с применением нейронных сетей и технологий машинного обучения. |
| 9.10. | Разработка доверенной информационной среды беспилотных систем |