

ФГОС ВПО
ФГОС СПО

А.В. ФЕДОТОВСКИХ

МОНОГРАФИЯ

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГРАЖДАНСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
С ТЕХНОЛОГИЯМИ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



МОСКВА, 2022

УДК 656.7: 629.7:338.47:004.896
ББК 39.5:32.813

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОНОГРАФИЯ

Под редакцией члена Президиума Координационного совета по развитию Северных территорий и Арктики
Российского союза промышленников и предпринимателей А.В. Федотовских.

Рецензент: вице-президент Союза авиастроителей по образовательным и профориентационным проектам, директор
Международного института новых образовательных технологий РГГУ, к.т.н. С.В. Кувшинов.

Рабочая группа по подготовке монографии: М.А. Киселев, Е.А. Федотовских

Монография представляет собой результаты научно-аналитического исследования по разработке и эксплуатации
беспилотных авиационных систем с системами искусственного интеллекта
в регионах Арктической зоны Российской Федерации.

Рекомендовано УМО РАЕ по классическому
университетскому и техническому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
средних специальных и высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям:
25.02.08 - «Эксплуатация беспилотных авиационных
систем»;
24.05.06 - «Системы управления летательными
аппаратами»;
для специалистов, обучающихся по программам
дополнительного профессионального образования
согласно профессионального стандарта 17.071 -
«Специалист по эксплуатации беспилотных
авиационных систем, включающих в себя одно или
несколько беспилотных воздушных судов с
максимальной взлетной массой 30 кг и менее».
Содержание монографии соответствует программам
специальных профессиональных дисциплин

Лауреат I Всероссийского конкурса публикаций «Библиотека цифрового университета»

Федотовских А.В., 2022

Москва
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление.....	3
Введение.....	4
1. Беспилотное воздушное судно с технологиями искусственного интеллекта.....	10
1.1. Беспилотное воздушное судно: определение, конструкция, сферы применения...	10
1.2. Беспилотное воздушное судно с технологиями искусственного интеллекта.....	15
1.3. Правила использования беспилотными воздушными судами воздушного пространства Российской Федерации.....	23
2. Применение беспилотных авиационных систем в Арктической зоне Российской Федерации.....	28
2.1. Возможности беспилотных авиационных систем, в том числе с технологиями искусственного интеллекта.....	28
2.2. Воздушная съемка и туризм.....	36
2.3. Исследования климата, экологии и ледовой обстановки.....	38
2.4. Мониторинг, инспектирование и ремонтные работы.....	45
2.5. Геодезия, картографирование и геологоразведка.....	50
2.6. Грузовые перевозки.....	55
2.7. Поисково-спасательные операции.....	59
3. Практическое применение и перспективы эксплуатации беспилотных воздушных судов в Арктической зоне Российской Федерации.....	62
3.1. Научно-теоретическое апробирование.....	62
3.2. Результаты авторского практического внедрения.....	68
3.3. Перспективы применения беспилотных авиационных систем в Арктической зоне Российской Федерации на период до 2035 года.....	75
3.3.1 Особенности разработки и эксплуатации беспилотных авиационных систем в Арктической зоне Российской Федерации.....	76
3.3.2 Тенденции в сфере производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем в Арктике и на Крайнем Севере.....	79
3.3.3. Инфраструктура и подготовка специалистов.....	102
3.4. Рынок беспилотных воздушных судов и экономическая целесообразность эксплуатации беспилотных воздушных судов в Арктической зоне Российской Федерации.....	116
3.5. Перспективы ускорения и новые направления развития рынка беспилотных авиационных систем в Арктической зоне Российской Федерации	125
Заключение.....	134
Приложения.....	137
Список используемых сокращений.....	149
Библиографический список.....	151

ВСТУПЛЕНИЕ

Массовое применение беспилотных летательных аппаратов в ближайшем будущем будет иметь большую роль в реализации новых разноплановых проектов в Арктической зоне России, также как имела огромное значение Полярная авиация в советский период освоения Арктики и Крайнего Севера.

Беспилотные летательные аппараты - одно из лучших достижений мировой науки. Беспилотники с огромной скоростью внедряются в жизнь человека и облегчают его деятельность в самых разных сферах. Это и интересная игрушка, и сложное техническое средство. Мы становимся очевидцами новых по масштабам изменений.

Технологии применения дронов меняют бизнес-модели и формируют новые условия деятельности в различных отраслях. В ближайшие 10-15 лет предприятия из множества разделов экономики увидят значительные эффекты от применения БПЛА в различных областях, они будут оказывать и неавиационные услуги. БПЛА состоят из большого количества технологически развитых и конструктивно сложных компонентов, от которых зависит эффективность их работы, безопасность, надежность и стоимость, пока еще достаточно высокая для массового профессионального применения. Но по мере развития промышленной революции 4.0 мы будем ожидать снижения стоимости дронов, появления новых технологий конструирования и изготовления.

Сектор производства беспилотников для Арктики только начинает развиваться, прорабатываются варианты их использования в коммерческой деятельности, решаются вопросы государственного регулирования. Климатические, логистические и социально-экономические особенности Арктической зоны РФ с одной стороны усложняют применение БПЛА в этом регионе, а с другой - показывают необходимость их более активного внедрения. Анализ возможностей и условий применения БПЛА в арктических условиях произведен в представленной работе члена Союза авиастроителей Александра Федотовских, выпускника профильного авиационного университета, работающего в Арктике более 15 лет.

Конечно, для применения БПЛА в низких температурных условиях и в безлюдных территориях необходимо решить ряд технических вопросов. Потенциал рынка дронов значительно расширится с появлением новых типов источников питания, двигателей и материалов для изготовления корпусов. Производители работают над созданием водородных топливных элементов, значительно более эффективных, чем аккумуляторные батареи, что позволит снизить вес аппаратов, увеличить время и дальность полета. Усовершенствоваться будут информационные технологии и обработка данных. Начинается внедрение нейронных сетей, позволяющих в автоматическом режиме осуществлять не только взлет и посадку, но и выполнять поставленные задачи, а автономные бортовые системы позволят предотвращать столкновения и прокладывать оптимальный курс. Эти технологии уже используются на небольшом числе аппаратов, но требуют дальнейшего совершенствования.

Диапазон применения дронов на Крайнем Севере и в Арктике будет неуклонно расширяться, а количество расти, и, предположительно, рост сохранится на протяжении ближайших 10 лет. Сегодня мы не всегда готовы точно спрогнозировать возможности БПЛА новых поколений и их сферы применения. Но потребители и эксплуатанты будут создавать условия для необычного применения дронов, а регулирующие органы идти в ногу с инновациями и оперативно менять нормативно-правовую базу, сохраняя безопасность и имущество человека.

Вице-президент Союза авиастроителей по образовательным и профориентационным проектам, директор Международного института новых образовательных технологий РГГУ, кандидат технических наук



ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с выступлением Президента РФ на заседании Совета Безопасности «О защите национальных интересов России в Арктике» и «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», одним из основных направлений развития беспилотной авиации будет эксплуатация беспилотных летательных аппаратов в высоких широтах.

В марте 2018 г. Президент РФ В.В. Путин в послании Федеральному Собранию Совета Федерации РФ заявил о необходимости наладить создание и локализацию ключевых технологий и решений, в том числе для освоения Арктики и разработки морского шельфа¹. Также Президент РФ считает, что в стране в самые кратчайшие сроки необходимо сформировать передовую законодательную базу, снять все барьеры для разработки и широкого применения робототехники, искусственного интеллекта, беспилотного транспорта, электронной торговли, технологий обработки больших данных. В декабре 2020 г. Президент РФ подтвердил, что Арктика и искусственный интеллект - приоритеты России. Это означает, что оба этих направления находятся в тренде у федеральных органов власти и будут являться наиболее актуальными и приоритетными для внимания и развития в период до 2035 г.

Исследования в сфере искусственного интеллекта вошли в число приоритетов государственной политики, и именно поэтому в центре внимания оказались отечественные или совместные с зарубежными учёными или практиками разработки интеллектуальных систем и систем искусственного интеллекта. Со страниц средств массовой информации можно узнать о самых передовых зарубежных достижениях, однако и в России существует достаточное количество проектов и уже готовых решений по внедрению искусственного интеллекта в практическое хозяйствование.

Одно из направлений перспективного развития цифровизации - разработка и эксплуатация военных и гражданских беспилотных воздушных судов (беспилотных летательных аппаратов, БПЛА, БЛА, БВС), оснащенных системами искусственного интеллекта, в Арктической зоне РФ. Применение БВС для выполнения авиационных и авиатранспортных работ имеет экономическую целесообразность и соответствует направлениям цифровизации экономики и внедрения робототехнических технологий².

Цель работы: исследование опыта разработки и эксплуатации гражданских беспилотных воздушных судов с системами искусственного интеллекта в регионах Арктической зоны РФ на период до 2035 г.

2035 г. является опорной точкой стратегических документов, регламентирующих развитие Арктической зоны РФ (далее Арктическая зона, АЗ РФ). 26.10.2020 г. Президентом РФ подписан Указ «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Документ разработан в целях реализации «Основ государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года», а также определяет меры, направленные на выполнение основных задач развития Арктической зоны, этапы и ожидаемые результаты реализации этих мер. Согласно текста Стратегии, выполнение основных задач в сфере социально-экономического развития Арктической зоны РФ обеспечивается путем реализации различных мер, в т.ч. запланирован ввод в эксплуатацию образцов робототехники и беспилотных транспортных систем (п. 31к). Несмотря на то, что реализация ряда проектов в Арктической зоне РФ в связи с недостаточностью технологических или финансовых ресурсов может быть перенесена на более поздний срок чем 2035 г., их актуальность, равно как и внимание со стороны государства и бизнеса, несомненна.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– ознакомиться с понятиями «беспилотное воздушное судно» и «системы и технологии

¹ Послание Президента России Федеральному Собранию [Электронный ресурс] // Администрация Президента России. – 01.03.2018. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957>

² В.В. Воронов, П.А. Пономарев. Бизнес-перспективы применения беспилотных воздушных судов тяжелого класса [Электронный ресурс] // ГосНИИГА.- 31.01.2019. – URL: http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2019/01/Ponomarev-P.-A._Voronov-V.V.-_OOO-Kronshtadt-Bespilotnye-sistemy-_ssylka-dlya-skachivaniya_.pdf

искусственного интеллекта», определить перспективы их развития в Арктической зоне РФ (преимущественно сухопутной ее части);

- выявить направления использования и сферы применения гражданских беспилотных воздушных судов с системами искусственного интеллекта для улучшения качества жизни северян, сохранения экологии и промышленного освоения макрорегиона;
- выявить проблемы и недостатки эксплуатации гражданских беспилотных воздушных судов в условиях низких температур и сложных метеоусловий;
- предложить новые технологии и сферы использования беспилотных воздушных судов с системами искусственного интеллекта;
- провести анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов в условиях Арктической зоны РФ и Крайнего Севера;
- выделить основные производственные задачи, решение которых возможно с помощью БАС;
- определить параметры, влияющие на экономическую эффективность применения БАС в условиях Арктической зоны РФ;
- определить направления деятельности организаций для повышения эффективности использования беспилотных авиационных систем.

Актуальность исследования заключается в том, что Арктика и Крайний Север России также должны стать регионами разработки и внедрения высоких технологий. Такая позиция подтверждается мнением Экспертного совета междисциплинарного научно-практического проекта «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики», стартовавшего в мае 2018 г. силами коллектива «Союза промышленников и предпринимателей Заполярья».

Необходимость проведенного исследования была продиктована рядом значительных нерешенных проблем в сфере беспилотного авиационного транспорта:

- разработчики и эксплуатанты не знакомы с некоторыми новыми технологиями (новациями), а информация по исследованиям разбросана по изданиям и поиск ее затруднен;
- наблюдается разрыв между научными исследованиями и производством, в связи с этим ряд конструкторских бюро и производителей не знакомы с работами других авторов;
- незнание потенциальных конечных клиентов и заказчиков сервисных услуг, предоставляемых при помощи беспилотной авиации, современных возможностей и технологий, доступных для применения в настоящее время и более экономически целесообразных, чем устаревшие или давно используемые;
- конструкторы и разработчики беспилотных авиационных систем, несмотря на громкие заявления о готовности к постоянной эксплуатации техники в арктических условиях, не всегда учитывают аспекты деятельности в условиях Заполярья, как экономические, так и эксплуатационные;
- в РФ отсутствуют значительные научно-аналитические работы по беспилотным авиационным системам, носящие системный характер, направленные на создание единых правил разработки и использования беспилотных воздушных судов в общем воздушном пространстве.

Сложившееся положение в области разработки и эксплуатации беспилотных авиационных систем, особенно применительно к регионам Арктической зоны и Крайнего Севера, изложенные выше проблемы и противоречия определили актуальность предлагаемой работы.

Научная новизна исследования:

- описаны все аспекты и особенности разработки и эксплуатации беспилотных авиационных систем в Арктической зоне РФ;
- определены пути совершенствования беспилотных воздушных судов с искусственным интеллектом для исследования арктических высоких широт и их использования в различных сферах человеческой жизнедеятельности.

Основными исходными данными для проведения исследований являются:

- соответствующие положения нормативно-правовых документов;
- результаты выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- итоги внедрения и эксплуатации беспилотной авиационной техники в условиях Арктики.

При выполнении исследования использованы следующие методы: диалектический, синтез, интервьюирование, анализ и сравнительный анализ.

Эмпирическую базу исследования составили материалы, характеризующие различные аспекты эксплуатации беспилотных авиационных систем в различных производственных процессах в арктических регионах, а также сведения официальных сайтов, рекомендации документов, в т.ч. ИКАО и Евроконтроля, нормативные документы Министерства транспорта РФ (Федеральное агентство воздушного транспорта). Достоверность результатов исследований подтверждается результатами экспериментальных проверок предлагаемых способов и методов управления беспилотных авиационных систем в Арктике эксплуатантами техники и авторами работы.

Теоретической базой работы являются работы по проблемам эксплуатации беспилотных авиационных систем, оценки стоимости владения беспилотными летательными аппаратами более чем 100 авторов. В представленной работе сведены в единый материал разнообразные виды знаний, разбросанных в виде бесконечных импульсов (публикаций, выступлений и т.д.)

Предмет научных исследований составили не только теория и практика внедрения беспилотных авиационных систем (в т.ч. с технологиями искусственного интеллекта) в экстремальных климатических условиях, но в большей степени рассмотрение возможностей будущего применения в ракурсе создания инновационной цифровой экономики в РФ.

Практическая значимость исследования заключается не только в анализе текущей ситуации с разработкой и применением беспилотных авиационных систем с технологиями искусственного интеллекта в Арктической зоне и на Крайнем Севере, но и определение места их практического применения для изучения труднодоступных и экстремальных территорий. Такая работа уже ведется, автор лично апробирует новые направления применения искусственного интеллекта в Арктике совместно с научными и деловыми кругами (ПАО «Газпром», Союз промышленников и предпринимателей Заполярья, Арктическая академия наук, Союз авиастроителей, Российская академия естествознания и другие).

Также представлена модифицированная искусственная нейронная сеть для круглогодичной эксплуатации БВС в Арктической зоне РФ (приложение №3).

Беспилотная авиация в РФ развивается быстрыми темпами, в частности, беспилотные технологии уже сейчас активно применяются для решения задач видеосъёмки и контроля объектов в следующих отраслях: сельское хозяйство, энергетика, строительство, однако в регионах Арктической зоны РФ намечается отставание от общероссийских темпов внедрения новых прорывных технологий. Одним из сдерживающих факторов внедрения беспилотной авиации в Арктике является отсутствие у многих организаций - возможных конечных эксплуатантов техники практического опыта их использования, а также отсутствие теоретически обоснованных рекомендаций по выбору беспилотной техники и аппаратуры с определенными параметрами для выполнения необходимых задач.



Рис 1. Арктическая зона РФ³

³ Арктическая зона России [Электронный ресурс] // ТАСС. Инфографика. - 27.08.2020. - URL: <https://tass.ru/infographics/8349>

В целом Арктическая зона РФ характеризуется следующими особенностями, оказывающими влияние на формирование государственной и технической политики в Арктике:

- экстремальные природно-климатические условия (ледовый покров, дрейфующие льды в арктических морях, низкие зимние температуры до -70°C с большими суточными перепадами, постоянный ветер 3-10 м/с с порывами до 30 м/с, глубокий снежный покров, вечная мерзлота);
- очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения;
- удаленность от основных промышленных центров и сложная логистика, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России;
- низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий⁴.

В состав сухопутной части Арктической зоны РФ входят полностью или частично 9 субъектов РФ (на карте): Мурманская (1) и Архангельская области (9), Республики Коми (6), Карелия (5) и Саха (7), Красноярский край (8), Ямало-Ненецкий (4), Ненецкий (2) и Чукотский (3) автономные округа.

Более 99% территории площадью около 5 млн км² занимают неурбанизированные пространства. Население - около 2,5 млн чел. Морские пространства российской Арктики располагаются еще на 3 млн км².

Полеты БВС в Арктике носят специфичный характер, равно как и пилотируемые экипажем. Это связано со множеством особенных факторов как природного, так и техногенного характера, указанных в таблице.

Пилотируемая авиация	Беспилотная авиация
<ul style="list-style-type: none"> - Низкие температуры - Полярная ночь - Высокая вероятность образования сложных метеоусловий - Слабое развитие аэродромной инфраструктуры - Недостаточное аэронавигационное обеспечение - Безориентирная местность 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая оснащенность навигационными средствами - Возможность производить взлёты и посадки с необорудованных площадок - Высокая степень автоматизации выполнения летных процедур

Табл. 1. Специфика арктического воздушного мониторинга⁵

Несмотря на глобальное потепление, в регионах Арктической зоны и Крайнего Севера зимний период может длиться до 9 месяцев. Именно в этих регионах наблюдаются наиболее тяжелые климатические и метеорологические условия. Арктика характеризуется наличием больших частично закрытых и частично открытых льдом водных акваторий, а влияние теплого течения Гольфстрим и северного холодного течения создают экстремально сложные метеорологические условия погоды. Это выражается в резком и частом изменении направления и скорости ветра, характере и высоте облачности, во внезапном выходе тумана с моря на побережье. Сильные ветры (до 40 м/с с порывами) осенью и зимой часто приносят снежную пургу и поземку, видимость в «черную пургу» составляет не более 5 м. Обычное явление - сплошная облачность, количество ясных дней в году - от 20 до 46. Среднемесячная температура зимних месяцев — отрицательная. Улучшение погоды наступает с начала марта до середины мая после окончания полярной ночи⁶. Летом температуры положительные, но характеризующиеся значительными

⁴ О.Ю. Красулина. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов [Электронный ресурс] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. - №4 (48). - 2016. - URL: <https://eee-region.ru/article/4805/>

⁵ В.В. Воронов. Сопровождение разработки и создания перспективной беспилотной авиационной системы с улучшенными летно-техническими характеристиками для выполнения полетов в арктических условиях [Электронный ресурс] // Материалы научно-технической конференции по применению беспилотных авиационных систем в интересах Единой системы авиационно-космического поиска и спасания (ЕС АКПС). Презентация TRANSAS. - 02.06.2015

⁶ А.Картеничев, М.Савин. Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 25.03.2019. - URL: https://russiadrone.ru/news/zadachi_bespilotnoy_aviatsii_mchs_rossii_v_arkticheskoy_zone/

перепадами.

Очень сложные условия создаются для полетов на малых высотах, что характерно именно для беспилотной авиации. Облачная система теплого фронта в Арктике имеет высоту нижней границы облачности ниже, чем в средних широтах. В зоне фронта в теплое время года чаще наблюдается низкая предфронтальная облачность вплоть до тумана. В ряде случаев облака сливаются с фронтальным и адвективным туманом, который представляет собой облачность, опускающуюся до земли. Ширина зоны осадков и их интенсивность большая. Почти круглый год низкие облака состоят из переохлажденных капель или смеси капель и кристаллов, вероятность обледенения очень высокая. Облачная система холодного фронта в Арктике развита менее интенсивно, чем над континентальными районами. Особенно это относится к кучево-дождевым облакам, здесь они могут быть без четко выраженной наковальни. Вследствие преобладания в Арктике заполняющихся циклонов фронты окклюзии здесь имеют разрушающиеся облачные системы. Внутримассовые низкие слоистые облака чаще образуются в летнее время. В случае сильного переохлаждения приземного слоя воздуха в антициклоне Арктики при безоблачной погоде происходит резкое уменьшение плотности воздуха с высотой, приводящее к образованию верхних миражей. Наблюдаемые предметы кажутся оторванными от земной поверхности и видоизмененными⁷.

Российская отрасль авиастроения имеет основу для принципиального изменения стратегической позиции инфраструктуры в Арктике, к превращению отрасли в один из мировых центров авиастроения и однозначного лидера полярной авиационной техники⁸. По оценкам ряда экспертов-практиков существует около 80 сфер применения беспилотных авиационных систем в арктическом регионе, которые затрагивают социальную, экономическую и экологическую составляющую⁹. Сферы использования беспилотных гражданских воздушных судов в Арктике неисчерпаемы: различные виды мониторингов, доставка грузов и почты, фотосъемка и картографирование, сканирование больших территорий и др.

В представленном исследовании включены модели отечественных и некоторых зарубежных беспилотных воздушных судов, находящиеся в эксплуатации у гражданских компаний, приспособленные для эксплуатации в регионах Арктической зоны и Крайнего Севера, а также новые модели, проходящие летные испытания или готовящиеся к ним в ближайшее время, конструкторские разработки, созданные КБ, НИИ и вузами РФ.

Структура и объем работы.

Работа состоит из содержания, вступления рецензента, введения, трех глав, заключения, библиографического списка, списка сокращений и приложений. Работа изложена на 162 стр, содержит 99 иллюстраций, из них 7 таблиц. Библиография включает 260 наименований.

В первой главе рассмотрены определения, применяемые в беспилотной авиации, приведена классификация беспилотных летательных аппаратов, описаны особенности беспилотной авиации с системам искусственного интеллекта, сформулированы основные требования к использованию беспилотной авиацией воздушного пространства РФ.

Во второй главе рассмотрены направления применения беспилотных авиационных систем в Арктической зоне РФ с примерами по каждой сфере.

В третьей главе приведены примеры практического применения и перспективы эксплуатации беспилотных воздушных судов в Арктической зоне РФ, в т.ч. участие автора работы в развитии сферы гражданской авиации в Арктике. Сформулирован перечень особенностей разработки и эксплуатации беспилотных летательных аппаратов. Предложены требования к наземной и образовательной инфраструктуре. Приведены данные о рынке и экономической целесообразности применения беспилотных авиационных систем, указан прогноз развития

⁷ Особенности метеорологических условий полетов в горной местности, над пустынями, большими водными пространствами, в Арктике [Электронный ресурс] // Студалл. орг - URL: <https://studall.org/all2-13999.html> (дата обращения: 26.02.2021)

⁸ Н.Куприков. Самолеты как основа конкурентоспособности в Арктике [Электронный ресурс] // Постех. - 13.04.2018. - URL: <https://rostec.ru/analytics/samolety-kak-osnova-konkurentosposobnosti-v-arktike->

⁹ А.В. Залецкий А.И. Кривичев, А.В. Флоров. Беспилотные авиационные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в арктическом регионе [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России.- 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>

отрасли в Арктической зоне РФ на период до 2035 г.

Основная идея представленной книги заключается в объединении материалов, описанных в различных научных направлениях и изучаемых в различных учебных курсах, которые только во взаимосвязи между собой дают возможность эффективно эксплуатировать беспилотные авиационные системы в регионах Крайнего Севера и Арктики с их особыми, уникальными внешними условиями.

Книга предназначена для специалистов, работающих в промышленности в области создания соответствующих авиационных систем, научных сотрудников и аспирантов, специалистов, работающих в сфере беспилотной авиации. Она будет полезна также и для студентов средних-специальных и высших учебных заведений, обучающихся по профильным специальностям, в т.ч. «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» поскольку ее содержание соответствует программам специальных профессиональных дисциплин. Особая аудитория издания - руководители компаний - потенциальных заказчиков услуг с применением беспилотных воздушных судов.

В работе использованы тексты и результаты научных проектов, выполненных при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в 2000-2019 гг.:

- Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратах. Номер гранта: 09-08-07004¹⁰.

- Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов. Номер гранта: 00-01-14052¹¹.

- Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов. Номер гранта: 18-18-00014¹².

- Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик». Номер гранта: 19-18-00006¹³.

- Концепция построения и проектирования авионики малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. Номер гранта: 09-08-00891¹⁴.

Автор выражает благодарность Союзу авиастроителей за помощь и поддержку.

¹⁰ Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Под ред.

М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18298#1

¹¹ И.А. Каляев, А.Р. Гайдук. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов [Электронный ресурс] // М.: Янус-К. - 2000 - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_27174

¹² В.А. Бухалёв, А.А. Скрынников, В.А. Болдинов. Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // М.: Физматлит. - 2018. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2079106

¹³ В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков, Р.В. Ким, Г.Г. Себряков. Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик» [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2019. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2089355

¹⁴ Ю.В. Иванов. Концепция построения и проектирования авионики малоразмерных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2009. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_52075

1. БЕСПИЛОТНОЕ ВОЗДУШНОЕ СУДНО С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

1.1. БЕСПИЛОТНОЕ ВОЗДУШНОЕ СУДНО: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ, СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В данной работе принято, что беспилотный летательный аппарат — в общем случае это летательный аппарат без экипажа на борту. Понятие летательный аппарат (ЛА) или воздушное судно (ВС) включают в себя большое число типов, у каждого из которых существует свой беспилотный аналог. Под термином «беспилотное воздушное судно» (беспилотный летательный аппарат, БПЛА, БВС, БЛА, дрон, аэробот) будем понимать в дальнейшем летательный аппарат без экипажа на борту, оснащенный двигателем, управляемый автономно или дистанционно, способный нести нагрузку для выполнения целевой функции¹⁵.

Под определение БПЛА попадает и более узкое понятие. А именно: летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач¹⁶

Конструкция аппарата состоит из нескольких основных частей: корпус, двигатель (силовые установки) и система питания, система управления (радиомодули), станция управления (находится на земле), система аварийной посадки, навесное оборудование: радар, датчики, фото- и видеокамеры, спектрографы, грузовая платформа и т.д.

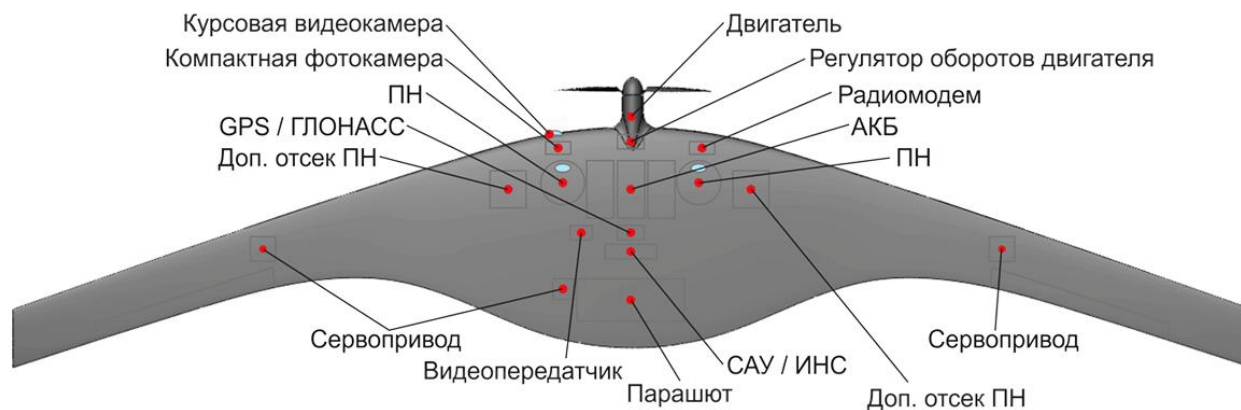


Рис 2. Схематическая конструкция БВС Supercam¹⁷

Корпус таких летательных аппаратов делают из углепластика, кевлара, легкого металла. Эти материалы прочные и выдерживают огромные по силе удары, морозостойкие. Самым дорогостоящим элементом БВС является оборудование, в т.ч. аэрофотосъемочное, и датчики. Профессиональные БВС оснащаются оборудованием для съемок такого же класса, что и на космических спутниках. Силовая установка БВС бывает двух видов: двигатель внутреннего сгорания или электродвигатель с аккумуляторной батареей большой мощности или кремниевыми солнечными элементами. Перспективными двигателями считаются ядерные и водородные,

¹⁵ Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.- URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18298#1

¹⁶ О.Н. Зинченко. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) [Электронный ресурс] // Ракурс. - 2011. - <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/uav-for-mapping-1/>

¹⁷ БПЛА Суперкам Supercam S350 [Электронный ресурс] // Авиафорум. - 30.10.2017. - URL: <https://aviaforum.ru/threads/bpla-superkam-supercam-s350.44846/>

прототипы которых разрабатываются или проходят испытания.

В различных зарубежных и отечественных публикациях описывается применение квадрокоптеров, дронов или мультикоптеров, но все они являются беспилотными летательными аппаратами, которые делятся на четыре класса:

- «Микро». Вес до 10 кг., 1 ч. работы и высота полёта до 1 км. В России к этому классу относятся аппараты до 250 г. с отсутствием необходимости их юридической регистрации и предоставления данных о плане полета (на момент публикации).

- «Мини». Вес до 50 кг., несколько часов работы и полёт на высоту до 3–5 км.

- Средние. Вес до 1000 кг., 10–12 ч. и высота полета до 9–10 км.

- Тяжёлые. Весом более 1000 кг., работа более 24 ч., предел высоты до 20 км.

В ближайшие 50 лет полностью изменится представление о БВС. От понимания под этим понятием игрового дрона акцент переместится на грузовые и пассажирские самолеты и вертолеты всех классов. После 2035 г. БВС, аналогичные пилотируемым, начнут перелёты на среднемагистральные расстояния от 2500 до 6000 км. К 2050 г. БВС смогут совершать трансконтинентальные перелёты для перевозки грузов и пассажиров. При оптимистичном сценарии к 2035 г. беспилотная авиация станет массовым явлением. За 15 лет человеческое сознание сможет адаптироваться к инновациям для адекватного восприятия БВС как надёжного и безопасного способа передвижения¹⁸.

В настоящее время в России, как и во всем мире, наиболее распространены БВС классов «микро» и «мини» в связи с их дешевизной и возможностью комфортной покупки и обслуживания. Это аппараты в основном с электрическими силовыми установками, питающимися от аккумуляторных батарей, реже встречаются БВС среднего и тяжелого классов, которые, в основном, разрабатываются и изготавливаются для военных нужд или двойного назначения.

Общепризнанной в авиации является система классификации разделения БВС на классы. Выделяют следующие классы БВС по ТТХ:

Класс 1. Самолетного типа взлетной массой до 10 кг с электрическим двигателем. Они могут быть использованы в качестве средства оперативного наблюдения в составе стационарных постов охраны или мобильных групп.

Класс 2. Самолетного типа взлетной массой до 100 кг с двигателем внутреннего сгорания. Они могут быть использованы в качестве средства оперативного наблюдения.

Класс 3. Самолетного типа взлетной массой до 1000 кг могут привлекаться как для химической обработки больших площадей, так и для оперативной транспортировки грузов.

Класс 4. Вертолетного типа. Они представляют интерес для мониторинга объектов и доставки грузов в труднодоступные районы, могут доставлять грузы на объекты, не оборудованные взлетно-посадочными полосами, для обеспечения их взлета и посадки необходима лишь небольшая площадка. Вертолеты проигрывают самолетам по грузоподъемности и дальности транспортировки грузов.

Класс 5. Гибридные, в т.ч. конвертопланы. Наиболее интересные решения. Конвертопланы сочетают себе возможности аппаратов самолетного и вертолетного типов, однако в силу сложности конструкции подобные БЛА пока еще весьма редки.

Класс 6. Роторные / мультироторные.

¹⁸ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

Класс	Наименование / Международное обозначение	Взлетный вес, кг	Радиус действия, км	Практический потолок М
Малые	Нано/η	<0,025	<1	100
	Микро/μ	<5	<10	3000
	Мини/miπi	<25	10–40	3000
Легкие	Ближнего действия класса 1	25–50	25–70	3000
	Ближнего действия класса 2	50–150	50–100	3000
Средние	Малой дальности/SR	≤200	≤150	4000
	Средней дальности/MR	≤500	200	5000
	Средней дальности с большой продолжительностью полёта/ MRE	500	500	8000
	Маловысотный большой дальности/LADP	≥250	>250	≤4000
Тяжелые	Маловысотный большой продолжительностью полёта/ LAE	≥250	≥250	4000
	Средне высотный большой продолжительностью полёта/ MALE	≥1000	>1000	8000
	Высотный большой продолжительностью полёта/ HALE	≥2500	>4000	20000

Табл 2. Международная классификация БВС¹⁹.

Анализ данных по мировому парку БВС показывает, что в качестве основного классификационного признака все чаще используется уровень функциональной самостоятельности БВС, входящего в беспилотные авиационные системы (БАС). Этот уровень полностью определяется интеллектуальным совершенством его бортового комплекса, который должен полностью согласовываться с техническими решениями, заложенными в конструкцию. По критерию уровня автономности или типу системы управления выделяются следующие группы БАС²⁰:

- Дистанционно пилотируемый летательный аппарат или воздушное судно (ДПЛА или ДПВС, Direct) – непрерывно управляющийся оператором, находящимся вне ВС, в т.ч. в зоне видимости, через наземную станцию. В БАС с ДПЛА все функции управления параметрами и функциональным поведением ЛА отданы оператору.

- Дистанционно управляемый ЛА (ДУЛА, ДУБВС, Monitored) – беспилотный автоматический ЛА, работает автономно, но в управление которым допускается эпизодическое вмешательство оператора – в случае необходимости, для коррекции полетного задания или в аварийных условиях, использующим только обратную связь, через другие подсистемы контроля.

- Дистанционно управляемая авиационная система (ДУАС) – это ДУЛА, оснащенный интеллектуальной системой автоматического управления, позволяющей самостоятельно и динамически формировать алгоритмы выполнения поставленных задач. Вмешательство оператора в действия такой системы заключается в перенацеливании или постановке новой задачи.

- Автоматические (БАЛА, Autonomous&Non-Adaptive, Supervisory) выполняют низкоуровневое управление встроенными системами или наземной станцией, а высокоуровневое управление траекторией полёта и/или состояния контролируется оператором;

¹⁹ А.В.Митько. БПЛА в условиях арктического региона [Электронный ресурс] // Нефтегаз.Ру. - 09.07.2019. (№5, 2019) - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>

²⁰ В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

- Беспилотный автоматический ЛА (БПАЛА, БПАВС, Autonomous&Adaptive) – выполняет свои функции в автоматическом режиме без связи с оператором, по заложенным в систему управления алгоритмам и программами функционирования. В БАС с БПАЛА все функции управления реализует программный комплекс с базой данных, используемые в системе автоматического управления (САУ). Встроенные системы БАС без вмешательства оператора или использования наземной станции могут быть перепрограммированы с учётом изменений в среде или новых целях.

По конструкционному типу БВС делятся на следующие: самолетные; фюзеляжные; летающее крыло; коптеры; вертолетные; дирижабли; конвертопланы; гибридного типа; вентиляторного типа; автожиры; парaplаны.

Наиболее распространенные БВС - коптеры могут конструктивно иметь 3 (трикоптер), 4 (квадрокоптер), 6 (гексокоптер), 8 (октокоптер), реже 12 бесколлекторных электродвигателей с винтами, винтов может быть по одному на двигатель или коаксиально два. БВС мультироторного типа условно разделяют на две основные группы :

- легкие, основными преимуществами которых являются компактность и хорошая сохранность при падении;
- тяжелые, которые можно разделить на устойчивые (хорошая управляемость и ветровая устойчивость, но время полета составляет - до 40 мин) и с увеличенным временем полета.

Тип	Группы БПАЛА		Вес пустого аппарата, кг	Размер по диагонали между моторами, см	Размер винта, дюйм	Время полета, мин
I	легкие		1,5-3,0	< 80	11-17	25-50
II	тяжелые	устойчивые	3,0-6,0	80-120	14-20	25-50
		с увеличенным временем полета	3,5-4,0	100-120	> 25	> 60

Табл 3. Группы мультироторных беспилотных летательных аппаратов

По системе запуска БВС классифицируются по двум различным типам. Первый тип может подниматься в воздух с аэродромов или посадочных площадок. Второй тип – мобильные БВС, запуск которых осуществляется из рук или с мобильных пусковых устройств непосредственно в месте проведения мероприятий по их назначению. Для повышения оперативности БВС могут доставляться в такие районы на других видах транспорта.

В настоящее время в РФ разработки БВС в большинстве случаев ведутся инициативными организациями и мало связаны между собой, даже несмотря на наличие профильных объединений. Производятся БВС мирового уровня, но системно они не связаны друг с другом по технологиям, назначению, применению, кроме общих классификаций²¹.

Наиболее часто встречается также понятие беспилотный авиационный комплекс (БАК) или беспилотная авиационная система (БАС). БАС состоит из летательного аппарата (или группы БВС) с дистанционным управлением, укомплектованного специальными сенсорными системами; наземной станции управления; средств обеспечения пуска и возврата. Данные дистанционных приборов наблюдения или мониторинга (датчики, камеры) сохраняются в бортовой памяти или передаются на стартовую площадку. Датчики позволяют с помощью электронной оптики делать фотоснимки и производить видеозапись одновременно в различных областях видимой части спектра и в инфракрасном диапазоне. В некоторых случаях могут применяться одновременно несколько датчиков. Персонал используется для визуальных наблюдений, но рабочие места операторов (внешних пилотов) находятся на станциях наземного базирования.

Используется также расширенное определение БАС - беспилотная авиационная транспортная система (БАТС). Это совокупность совместно действующих:

²¹ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkimi-innovatsionnymi-proektami/>

- беспилотных воздушных судов (БВС);
- комплекса наземных средств по подготовке и обеспечению полетов;
- системы управления функционированием и развитием транспортной системы;
- обученного и сертифицированного персонала, занятого эксплуатацией БВС и наземных средств;
- наземной инфраструктуры;
- транспортной (маршрутной) сети.

БАТС взаимодействует с рядом других систем²²:

- авиационной транспортной системой;
- морской транспортной системой, в т.ч. с администрацией Северного морского пути;
- речной транспортной системой при наличии вблизи маршрутов БВС судоходных рек;
- железнодорожной транспортной системой (за исключением районов Арктической зоны РФ, в которых железнодорожное сообщение отсутствует);
- автомобильной транспортной системой в случае наличия по маршрутам БВС официальных автомобильных дорог и логистических связей;
- системой управления воздушным движением (ЕС ОрВД) при использовании общего воздушного пространства;
- системой метеорологического обеспечения полетов (Росгидромет).

Мировой, а в частности и российский рынок БАС состоит из трех основных составляющих, развивающихся по отдельным сценариям²³:

- БАС военного назначения (Military);
- гражданские БАС (Civil industry);
- беспилотные игровые системы (Models).

В циркуляре 328-AN/190 Международной организации гражданской авиации (ИКАО, ИКАО) сформулированы следующие основные понятия, касающиеся БВС:

Беспилотная авиационная система – воздушное судно и связанные с ним элементы, которые эксплуатируются без пилота на борту.

Беспилотное воздушное судно – воздушное судно, которое предназначено выполнять полет без пилота на борту.

Внешний пилот – лицо, манипулирующее органами управления дистанционно-пилотируемого воздушного судна в течение всего полетного времени.

Линия управления и контроля – линия передачи данных между дистанционно-пилотируемым воздушным судном и пунктом управления, которая помогает внешнему пилоту безопасно выполнять полет.

Сегрегированное воздушное пространство – воздушное пространство установленных размеров, предназначенное для исключительного использования конкретным пользователем.

Стремительный прогресс в создании БВС различного назначения обусловлен, во многом, двумя экономическим и научно-техническим факторами:

- значительным ростом стоимости и затрат на эксплуатацию пилотируемой авиационной техники;
- общим научно-технологическим прогрессом и развитием информационных и компьютерных технологий;
- переходом экономики на цифровые сервисы и платформы.

²² А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

²³ Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tehnologiy-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

По определению ГОСТР 57258 - 2016 Национального стандарта РФ «Системы беспилотные авиационные»: «Внешний пилот – это член внешнего экипажа дистанционно пилотируемого воздушного судна, который приводит в действие органы управления воздушного судна и несет ответственность в отношении траектории полета воздушного судна, входящего в состав беспилотной авиационной системы»²⁴.

Однако часто используются два названия новой профессии: «Оператор беспилотных летательных аппаратов» и «Внешний пилот». Первое указано в Приказе Министерства труда РФ №831 от 02.11.2015 г. об утверждении 50 наиболее перспективных профессий. Однако в конце 2015 г. были внесены поправки в Воздушный кодекс РФ, и профессия получила название «внешний пилот», такое наименование указывается в официальных свидетельствах, выдаваемых Росавиацией, неаккредитованные и частные организации, осуществляющие образовательную деятельность в выдаваемых свидетельствах, сертификатах и удостоверениях используют другие названия профессии: «Оператор беспилотных летательных аппаратов», «Оператор наземных средств управления беспилотным летательным аппаратом», «Оператор БПЛА гражданской авиации» и др.

В представленной работе анализируются разработки и применение исключительно гражданских беспилотных воздушных судов или летательных аппаратов двойного назначения (для использования в мирных и военных целях).

1.2. БЕСПИЛОТНОЕ ВОЗДУШНОЕ СУДНО С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Количество определений того, что такое искусственный интеллект, приближается к нескольким десяткам. В данной работе предлагается считать, что искусственный интеллект (ИИ, Artificial Intelligence, AI) – это междисциплинарная научная дисциплина, занимающаяся моделированием разумного поведения²⁵.

Впервые об использовании технологий искусственного интеллекта (автоматического управления) в БПЛА было заявлено еще в 1960-1970 гг., ведь значительная часть беспилотной авиационной и космической техники с момента появления уже имела признаки «интеллекта». Это автопилот, даже в механической аналоговой версии, или летательные аппараты, способные самостоятельно менять траекторию полета, «оценивать» некоторые собственные параметры от датчиков на борту, принимать «решения» о выполнении или невыполнении задач в зависимости от обстоятельств и т.д.

Например, система управления советского разведывательного БПЛА Ту-143 «Рейс» (Ту-243) состояла из программируемой автоматической бортовой системы управления АБСУ-143, которая выдавала сигналы управления на три гидравлические рулевые машины РМ-100.



Рис 3. Советский БПЛА Ту-143 во время взлета с установки СПУ-143²⁶.

²⁴ Профессия - внешний пилот. Куда пойти учиться на оператора дрона в России? [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет». - 22.01.2018. - URL: https://aeronet.aero/press_room/analytics/2018_01_22_how_to_become_drone_operator_in_russia

²⁵ Что такое искусственный интеллект? [Электронный ресурс] // AI PORTAL. – URL: <http://www.aiportal.ru/articles/introduction/ai.html> (дата обращения: 26.11.2020)

²⁶ Российские ударные дроны [Электронный ресурс] // Правда-ТВ. - 23.02.2016. - URL: <https://www.pravda-tv.ru/2016/02/23/210459/rossijskie-udarnye-drony-20-foto>

Давление в гидросистеме создавалось гидронасосом «465П». АБСУ-143 состояла из автопилота АП-143, доплеровского измерителя скорости и угла сноса ДИСС-7, вычислителя В-143, радиовысотомера малых высот А-032 и блока ввода высоты БВВ-1. Система обеспечивала устойчивый прямолинейный полёт, маневрирование на маршруте в соответствии с заложенной программой, возвращение и выполнение процедуры посадки БПЛА²⁷. Однако это все же не интеллект, в привычном человеком понимании. С 2000 г. современные БВС стали оснащаться системами искусственного интеллекта с самообучением.

Управление полетом БВС осуществляется автоматически, посредством бортового комплекса навигации и управления, в состав которого входят:

- приемник спутниковой навигационной системы, обеспечивающий прием навигационной информации от систем ГЛОНАСС или GPS;

- система датчиков, обеспечивающих определение ориентации и параметров движения БВС.

Но как и 40 лет назад, современные БВС без технологий ИИ - дорогая игрушка с очень ограниченной областью применения и сильной уязвимостью. Наиболее распространенные – военные БПЛА – наделены множеством положительных качеств, но при этом они имеют один глобальный недостаток при работе в дистанционно-управляемом режиме: возможность потери связи с центром (пунктом) управления полетами (далее ЦУП, ПУП) из-за отсутствия алгоритма, гарантирующего его успешные автономные действия в сложных, а порой непредвиденных ситуациях. Однако эксперты по всему миру пока говорят, что о наличии ИИ у БПЛА можно сказать с натяжкой, т.к. это больше имитация, чем интеллект. Цель ученых и разработчиков на ближайшие годы - предоставить машинам еще большую свободу действий, наделив их способностью принимать самостоятельные, эффективные, а главное безошибочно точные решения. Результатом работы конструкторов во всем мире в конечном итоге должны стать летающие роботы, управляемые искусственным интеллектом или слабой его формой.

Робототехника (Field Robotics) — прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой развития производства. Выделяют строительную, промышленную, бытовую, медицинскую, авиационную и экстремальную (военную, космическую, подводную) робототехнику. Таким образом, квадрокоптер, дрон, беспилотный самолет — роботы, у них схожие структуры и везде нужно применять алгоритмы управления. Но сенсорика при этом не всегда схожа²⁸.

Современное понятие беспилотной авиации с ИИ довольно широкое. Но точкой отсчета для первых БВС стал 1910 г., когда изобретатель Чарльз Кеттеринг предложил создать военный летательный аппарат под управлением часового механизма. В определенное время он должен был сбросить крылья и упасть на врагов. В США начали финансировать разработки, состоялись успешные тестовые полеты, но проект закрыли. В 1933 г. британские инженеры совершили прорыв и совместными усилиями создали первый беспилотник с дистанционным управлением. Это был аппарат многократного использования, он использовался как мишень для подготовки пилотов и зенитчиков²⁹. После окончания Второй мировой войны БВС использовались в военном комплексе США и СССР. Гражданские дроны появились только в 2000 гг., они технически отличаются от военных, считаются более технологичными благодаря небольшим объемам производства и узкой специализации, что позволяет инженерам быстро реагировать на меняющиеся приоритеты и потребности потребительского рынка.

Более 60 лет назад БПЛА не предполагалось оснащать «разумом» в привычном современном понимании. Аппарат под руководством оператора с центра управления полетом (ЦУП) должен был выполнять заранее запрограммированные или выданные в реальном времени программы. Поэтому создавались ДПЛА — дистанционно пилотируемые летательные аппараты,

²⁷ Ту-143 [Электронный ресурс] // Википедия. - 19.01.2016. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83-143>

²⁸ А. Киреев. Беспилотное будущее: как проектируют дроны и почему они падают [Электронный ресурс] // Хайтек. - 27.07.2020. - URL: <https://hightech.fm/2020/07/27/drones-innopolis>

²⁹ Передвижение на беспилотнике, или Взгляд в будущее [Электронный ресурс] // Большая земля. - 07.03.2017. - URL: https://bigland.ru/o_kompanii/poleznye_stati/peredvizhenie_na_bespilotnike_ili_vzglyad_v_buduwee/

которые сегодня можно купить в магазине детских игрушек в виде самолетов, вертолетов, дронов и прочих летающих аппаратов. Наличие интеллекта у ДПЛА не может существовать по определению, а вот БПЛА с начала 2000 гг. стали трансформироваться в новое понятие «ИБПЛА» – интеллектуальные беспилотные летательные аппараты (ИБВС, ИБАС).

Зарубежные и отечественные ученые и производители пытаются наделить БВС свойствами «думающего» механизма, используя машинное зрение и машинное обучение³⁰. Из наиболее интересных практических разработок можно выделить следующие, наделяющие БВС функциями технологий ИИ³¹:

- управление группой БВС, обладающей способностью различать объекты с возможностью самообучения всей группы с целью адаптации к трудным внешним условиям;

- сканирование и обнаружение других БВС, принятие решения об их уничтожении и, как следствие, - появление нового типа БПЛА, предназначенных только для борьбы с другими «беспилотниками»;

- способность к организации групповых действий БВС, в т.ч. смешанная группировка пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов;

- защита БВС собственного оборудования от некорректных команд оператора, которые могут привести к разрушению системы управления и самого БВС;

- полное управление в автономном режиме: достижение заданного множества целей, видеосъемка, уход от опасных движущихся объектов, автономная навигация в движущейся среде при помощи системы компьютерного зрения, ядерной ассоциативной памяти и технологии нейрорегулирования на основе нейросетей;

- самообучающаяся система самостоятельного полета, взлета, посадки и выполнения фигур высшего пилотажа, ранее труднореализуемых на ДПЛА; повышение маневренности и увеличение живучести БПЛА в тяжелых метеоусловиях в автономном от оператора режиме;

- выполнение любых поставленных задач без участия оператора, в т.ч. в длительных полетах на сверхзвуковой скорости. Участие в автономных беспилотных миссиях;

- система помощи летчику о действиях для выполнения полетного задания, самостоятельное нахождение цели, самостоятельное выполнение задач и возвращение;

- прокладка маршрута с определением степени угрозы, которая возникает в ходе полета, и принятие решений о способах ее преодоления;

- прогнозирование интенсивности солнечной и ветровой энергии для БПЛА с альтернативными двигателями и способность (в зависимости от этого) выбирать наиболее приемлемый вариант полета;

- полностью автономная система управления: БПЛА самостоятельно продолжает полет в условиях, когда не поступают команды от пилота;

- у БВС, предназначенного для спасения тонущих людей в открытом океане, предусмотрена автоматическая система управления кораблями для выполнения поисково-спасательных работ. БПЛА использует собственную морскую базу, на которую возвращается после работы самостоятельно и автоматически заряжается от солнечных панелей, после этого вновь выполняет задания.

³⁰ Искусственный интеллект в беспилотных технологиях [Электронный ресурс] // AircargoNews.ru. - 05.12.2019. - URL: <https://aircargonews.ru/2019/12/05/iskusstvennyj-intellekt-v-besplotnyh-tehnologijah.html>

³¹ А.В.Федотовских. Современные направления разработок беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] // Бюллетень Клуба авиастроителей. – 2013. - №8. – URL: http://www.as-club.ru/publ/materialy_chlenov_kluba/stati_chlenov_kluba/sovremennye_napravlenija_razrabotok_besplotnykh летательных аппаратов_s_iskusstvennym_intellektom/4-1-0-102



Рис 4. Технологии искусственного интеллекта, используемые в БВС³².

ИИ описывает способность машин, умеющих выполнять сложные задачи, с характеристиками человеческого интеллекта и включает такие составляющие, как рассуждение, решение проблем, планирование, изучение, понимание и чтение человеческих языков, как показано на нижеследующей схеме. В настоящее время использование ИИ в отношении машинного обучения, глубинного обучения и программирования перемещений являются наиболее актуальными темами.

Определимся с терминологией и описанием технологий, создающих ИИ у БПЛА:

- машинное восприятие (МВ). Связанные с ИИ задачи для БПЛА связаны с распознаванием изображений. Беспилотный летательный аппарат должен воспринимать и захватывать окружающую среду и объекты. Обычно это делается с помощью датчиков, электрооптических, стереооптических и LiDAR. Этот процесс называется Машинным восприятием;

- машинное зрение (МЗ). После того, как БПЛА собрал с датчика необработанные данные, их необходимо проанализировать, чтобы извлечь содержательную информацию. Эта способность называется Машинное зрение и связана она с автоматическим извлечением, анализом и распознаванием полезной информации из одного или нескольких изображений;

- машинное обучение (МО), в отличие от программного обеспечения, которое было запрограммировано вручную и выполняет задачи по специальным инструкциям, алгоритмы Машинного обучения разработаны таким образом, чтобы они могли со временем обучаться и совершенствоваться под воздействием новых данных;

- глубинное обучение (ГО) является специализированным методом обработки информации и подметодом Машинного обучения, который использует нейронные сети и большое количество данных для принятия решений. Методы обучения основаны на функционировании человеческого мозга, который также состоит из взаимосвязанных нейронов. Искусственные нейронные сети состоят из нескольких слоев, каждый из которых связан со следующим уровнем и отвечает за определенную задачу.

³² Дроны и Искусственный Интеллект (ИИ) [Электронный ресурс] // Российские Беспилотники. - 30.01.2019. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/drony-i-iskusstvenny-intellekt-ii/>



Рис 5. Работа дрона с нейронной сетью Scaramuzza³³

Таким образом, технология дронов может раскрыть весь свой потенциал только тогда, когда выбор и анализ данных достигают высочайшего уровня автоматизации³⁴.

Именно нейросети являются основой для перевода действий БВС в полуавтономный или в автономный режим. Нейросеть - большая программа с подпрограммами, которые запрограммированы на ряд необходимых действий. Она имитирует поведение человека во время полёта и рассчитывает каждый шаг, во многих случаях лучше, чем самый опытный внешний пилот.

Например, оператор БВС дает команду пролететь из пункта А в пункт Б и проанализировать местность. БВС взлетает и выполняет поставленную задачу. Нейросети в процессе полета анализируют параметры БВС и окружающей среды, чтобы выполнить полет максимально эффективно и экономично. Анализируется местность, фотографируются нужные участки или доставляется груз. Нейросеть выбирает нужную скорость полета, траекторию, в зависимости от показателей погоды, рельефа местности и других факторов.

Для обучения нейросети используются различные методы, например, «обучение с подкреплением (reinforcement learning)». Этот метод широко используется для обучения нейросети играм, но может использоваться и для обучения поведению в реальном мире.



Рис 6. Обучение нейронной сети БВС в ночных зимних условиях³⁵

Применительно к Арктической зоне РФ эксплуатация БВС в высоких широтах накладывает

³³ Universität Zürich: Drohnen fliegen autonom dank künstlicher Intelligenz [Электронный ресурс] // Drohnen. - 11.02.2016. - URL: <https://www.drohnen.de/10427/drohnen-fliegen-autonom-dank-kuenstlicher-intelligenz/>

³⁴ Дроны и Искусственный Интеллект (ИИ) [Электронный ресурс] // Российские Беспилотники. - 30.01.2019. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/drony-i-iskusstvenny-intellekt-ii/>

³⁵ Обучение нейронной сети БПЛА [Электронный ресурс] // A.Drones. - 29.05.2019. - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IklWzXMhbaw>

свои особенности, в частности по ориентированию в пространстве и навигации. Для решения задач навигации на высоких широтах для БВС можно выделить два пути создания навигационных комплексов³⁶:

- неавтономный навигационный комплекс – осуществляет навигацию с помощью инерциальной навигационной системой, погрешности которой компенсируют, с помощью внешних источников навигационной информации. Для реализации этого метода необходимо создать наземную сеть навигационных передатчиков (НП). Приём сигналов от НП в сложной помеховой обстановке позволит облегчить вхождение в режим слежения за сигналами спутниковой навигационной системы (СНС). Для организации выполнения специальных полётов на высоких широтах такие передатчики могут устанавливаться на сопровождающих морских судах или на станциях;

- автономный навигационный комплекс - осуществляет управление по заложенной в памяти бортового компьютера программе полёта, которую дополняют компоненты искусственного интеллекта, с помощью которых могут быть учтены возникающие в полете непрогнозируемые заранее изменения внешних условий, а также появление новых целей, не исключена возможность при необходимости перепланирования действий.

Применение БВС на высоких широтах, в т.ч. в условиях Арктической зоны РФ, имеет целый ряд технических сложностей, в т.ч. невысокое качество навигационного обеспечения, связанного с низким показателем доступности радиовидимости навигационных космических аппаратов, влиянием высокоширотной ионосферы, а также с инструментальной погрешностью инерциальных систем. Определение координат БВС в подобных условиях может быть выполнено:

- с использованием дополнительного бортового и/или наземного оборудования;
- автономно с использованием штатного (целевого) оборудования на БВС.

К недостаткам использования дополнительного оборудования можно отнести снижение мобильности комплекса БВС в целом и увеличение его массы и габаритов, что существенно влияет на дальность полета. Одним из актуальных методов решения задач навигации на высоких широтах является применение системы наблюдения (СН), основанной на обзорно-сравнительном методе, а одним из подходов, направленных на повышение степени автоматизации управления БВС его бортовым электронно-вычислительным оборудованием, является использование нейронных сетей³⁷.

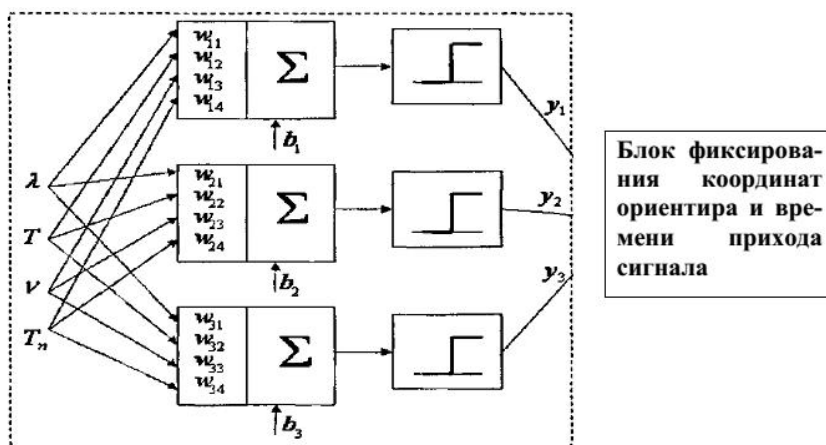


Рис 7. Структурная схема однослойной нейронной сети

Действительно, особенностью эксплуатации БВС является зависимость от спутниковой навигации. Все мы знаем, что без GPS/ГЛОНАСС большинство БВС не могут осуществлять автономную работу, и если проблемы со связью случились в полете, то аппарат обречен, найти его,

³⁶ А.В. Митько. БПЛА в условиях арктического региона [Электронный ресурс] // Нефтегаз. Ру. - 09.07.2019. - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>

³⁷ С.В. Кореванов, В.В. Казин. Искусственные нейронные сети в задачах навигации беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - №201. - 2014. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennye-neyronnye-seti-v-zadachah-navigatsii-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov>

к примеру, в арктической тундре будет невозможно. Для такого случая исследователи NVIDIA разработали дрон, который способен автономно перемещаться в самых сложных местах, используя компьютерное зрение и самообучающийся ИИ, благодаря суперкомпьютеру NVIDIA Jetson TX1³⁸.



Рис 8. Машинное зрение дрона NVIDIA Jetson TX1

Основное назначение системы - поиск и спасение потерявшихся людей в лесных массивах, анализ понесенного ущерба от стихийных бедствий. Но так же система будет крайне актуальна в применении, где сигнал GPS не устойчив, либо вовсе отсутствует: например в каньонах или горах, при полете в городских условиях среди высоких небоскребов, внутри сооружений, а также в условиях нестабильного сигнала со спутника при радиовозмущениях в Арктике, например, во время северного сияния.

В России группа инженеров из проекта Navigation Engineering разработала полностью автоматизированную оптоэлектронную систему для БВС без применения GPS и с горизонтальным способом посадки, однако на данный момент технология остается невостребованной. Система посадки работает по принципу классической курсо-гладной системы, использующейся в авиации для посадки самолетов. Такой подход позволяет выбрать горизонтальный способ посадки БПЛА, а также полностью отказаться от использования GPS. Появляется возможность посадить аппарат в любых условиях окружающего пространства и погоды³⁹.

Более сложный процесс - групповые полеты БВС, выполняющих как унифицированные, так и различные задачи одновременно. После войны в Нагорном Карабахе многие эксперты заговорили о том, что в военном деле происходит революция и речь, прежде всего, идет о массированном и групповом использовании Азербайджаном БВС на основе турецких технических и стратегических разработок⁴⁰. Безусловными лидерами в этом направлении являются военные разработчики, аналогичные технологии применяются и в гражданской сфере. Например, для разворачивания сети WiFi или картографирования массивных по площади территорий. Управление роем может быть осуществлено с использованием искусственного интеллекта. Над решением этой задачи сейчас очень активно работают в США и КНР.

Американская компания Northrop Grumman создает передовую систему DARC - Distributed Autonomy Responsive Control (распределенное управление с обратной связью). Система обеспечивает превосходство взаимодействия ИИ и человека в принятии решений по управлению пилотируемым или беспилотным флотом в условиях высокой концентрации летательных объектов. Благодаря DARC операторы могут контролировать одновременно большое количество самолетов и БВС на высокой скорости и во время маневрирования. Технология обеспечивает гладкое

³⁸ NVIDIA разработали дрон с ИИ способный летать без GPS [Электронный ресурс] // DronoMania.ru. - URL: <https://dronomania.ru/news/12517.html> (дата обращения: 26.11.2020)

³⁹ Медицинские дроны: как использовались беспилотники в борьбе с COVID-19 [Электронный ресурс] // РБК Тренды. - 16.07.2020. - URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f0f36809a794761ccf8a89e>

⁴⁰ После карабахского конфликта все говорят о «революции дронов» [Электронный ресурс] // Meduza. - 19.11.2020. - URL: <https://meduza.io/feature/2020/11/19/posle-karabahskogo-konflikta-vse-govoryat-o-revoljutsii-dronov>

взаимодействие людей с искусственным интеллектом для успешной реализации миссий, возложенных на пилотируемые и беспилотные объекты⁴¹.



Рис 9. Центр управления полетами JADC2 Northrop Grumman⁴²

Искусственный интеллект снижает нагрузку на операторов БВС. Так, во время испытаний Boeing Australia несколько аппаратов пролетели по заданному маршруту, самостоятельно обнаружили и классифицировали цели. Этими данными БВС обменивались друг с другом и с оператором⁴³.

Серьезные теоретические работы по использованию ИИ и нейросетей для БВС появились в РФ в конце 1990 гг. Среди них можно отметить монографии «Выбор оптимальной стратегии полета транспортного вертолета с помощью методов искусственного интеллекта»⁴⁴, «Нейросетевая система управления посадкой самолетного типа для беспилотного летательного аппарата»⁴⁵, а нейросетевая система планирования полета группы БВС была подробно описана в 2007 г.⁴⁶

В январе 2017 г. военные армии США запустили в небо Калифорнии 103 дрона Perdix с размахом крыла 30 см. Каждый БВС работает автономно, но управляет движением группы программа с элементами ИИ. Perdix - это не заранее запрограммированные летать синхронно одиночные дроны, вместе они представляют собой коллективный организм, использующие один распределенный мозг для принятия решений и адаптирующийся друг к другу, как стая в природе, считает директор Управления стратегических возможностей У. Ропер.

Группа обладает рядом преимуществ, повышается «живучесть» отдельных дронов. Такого рода конструкции можно использовать не только в военных, но и в мирных целях, например, для мониторинга больших пространств или геологических изысканий с применением специальных детекторов⁴⁷.

⁴¹ Крылья войны. США создают новую технологию адаптивного управления беспилотниками [Электронный ресурс] // Федеральное агентство новостей. - 24.11.2020. - URL: <https://riafan.ru/1340991-ssha-sozdayut-novuyu-tehnologiyu-adaptivnogo-upravleniya-bespilotnikami>

⁴² <https://www.airforcemag.com/app/uploads/2020/02/Northrop-Grumman-JADC2-briefing-1-900x600.jpg>

⁴³ К. Мурашева. Boeing позволила искусственному интеллекту управлять беспилотниками [Электронный ресурс] // ferra.ru. - 10.09.2020. - URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/ssha-pozvolili-iskusstvennomu-intellektu-upravlyat-bespilotnikami-10-09-2020.htm>

⁴⁴ Т. Алиреза. Выбор оптимальной стратегии полета транспортного вертолета с помощью методов искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 1999. - URL: <https://www.disserscat.com/content/vybor-optimalnoi-strategii-poleta-transportnogo-vertoleta-s-pomoshchyu-metodov-iskusstvennog>

⁴⁵ Д.А. Михайлин. Нейросетевая система управления посадкой самолетного типа для беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 1999. - URL: <https://www.disserscat.com/content/neirosetevaya-sistema-upravleniya-posadkoi-samoletnogo-tipa-dlya-bespilotnogo-letatel'nogo-ap>

⁴⁶ Л.А. Мирзоян. Нейросетевая система планирования полета группы беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 2007. - URL: <https://www.disserscat.com/content/neirosetevaya-sistema-planirovaniya-poleta-gruppy-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov>

⁴⁷ Chris Baraniuk. US military tests swarm of mini-drones launched from jets [Электронный ресурс] // BBC. - 10.01.2017. - URL: <https://www.bbc.com/news/technology-38569027>



Рис 10. Полет дронов Perdix по собственному для каждого маршруту

Ведущие позиции в мире в этом направлении занимают и отечественные ученые. В 2016 г. о разработке сетевидной архитектуры взаимодействия дронов сообщили в АО «Объединенная приборостроительная корпорация» (ОПК). При помощи созданной аппаратуры БВС смогут обмениваться информацией на расстоянии в сотни км. и передавать собранные данные на командный пункт, наземную и авиационную технику. Компания «Миллениум» разрабатывает нейросеть, создает «рой беспилотников» с единым сервером. В рамках этой концепции БВС передает информацию серверу, например, об изменениях в ландшафте, сервер ее обрабатывает и отправляет другим дронам. По замыслу разработчиков, обмен информацией между дронами позволит повысить эффективность выполнения задач БПЛА⁴⁸.

Беспилотному воздушному транспорту нужны продвинутые технологии искусственного интеллекта, который позволит передвигаться в динамично меняющейся среде, в частности в сложных метеоусловиях. Но в отличие от беспилотного наземного транспорта, у которого в движении постоянно возникают препятствия и ограничены сценарии реакций на опасную ситуацию, БВС таких проблем испытывать не будут. В случае возникновения препятствий, БВС может сменить эшелон (коридор воздушного пространства) и скорректировать траекторию движения⁴⁹.

Направление создания ИИ для БВС является одним из наиболее актуальных в мире, подтверждая высокую значимость технологий нового поколения в процессе стремительно развивающейся промышленной революции 4.0, кардинально меняющей устоявшиеся экономические, общественные, технологические и другие каноны. Коммерческое применение БВС обычно требует автономного полета, а не ручного управления. Связано это с тем, что часто коммерческие полеты надо выполнять регулярно в одном и том же месте и по одному полетному плану, который можно запрограммировать и снизить издержки на внешнего пилота.

1.3. ПРАВИЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Порядок использования воздушного пространства РФ, в том числе и беспилотными воздушными судами, установлен Федеральными правилами использования воздушного пространства РФ, утвержденными постановлением Правительства РФ от 11.03.2010 г. №138 (далее – ФАП-138)⁵⁰. Полёты БВС отнесены к деятельности по использованию воздушного

⁴⁸ В России создают нейросеть для управления роем беспилотников [Электронный ресурс] // Mil.Press. Военное.- 26.03.2017. - URL: <https://военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/>

⁴⁹ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

⁵⁰ Порядок использования воздушного пространства РФ беспилотными воздушными судами [Электронный ресурс] // Федеральное агентство ВТ. - URL: <https://favt.gov.ru/poryadok-ispolzovaniya-bespilotnyh-vozdnyh-sudov/> (дата обращения: 23.11.2020)

пространства. Физические или юридические лица, планирующие осуществлять запуски БВС, должны знать и выполнять правила и процедуры, установленные воздушным законодательством РФ в сфере использования воздушного пространства.

Для выполнения полётов БВС ФАП-138 установлен разрешительный порядок использования воздушного пространства, независимо от класса воздушного пространства, в котором выполняется полёт.

Разрешительный порядок использования воздушного пространства предусматривает направление в оперативные органы (центры) Единой системы организации воздушного движения РФ (ЕС ОрВД) представленного плана полёта воздушного судна (БВС), а также получение разрешения центра ЕС ОрВД на использование воздушного пространства. Использование воздушного пространства БВС осуществляется посредством установления временного и местного режимов, а также кратковременных ограничений в интересах пользователей воздушного пространства, организующих полёты БВС.

При необходимости использования воздушного пространства БВС над населённым пунктом пользователю воздушного пространства (гражданину - владельцу БВС) в соответствии с п.49 ФАП-138 дополнительно необходимо получить разрешение органа местного самоуправления такого населённого пункта.

По прогнозам специалистов, популярность БВС в мире будет лишь расти, однако некоторые эксперты считают, что административные барьеры тормозят движение⁵¹. Так, с 27.09.2019 г. начали действовать новые правила регистрации беспилотных воздушных аппаратов. Согласно им, владельцы БВС массой от 0,25 до 30 кг. в течение 30 дней должны поставить свои устройства на учет в Росавиации. Любой незарегистрированный дрон, осуществляющий полет, нарушает правила использования воздушного пространства, а его владелец подвергнется штрафу. Эксперты и эксплуатанты БВС отмечают, что процент зарегистрированных аппаратов в России невысокий, и если принятые жесткие правила и заявленные сроки регистрации не изменятся и не упростятся до использования единой онлайн-платформы, то такое решение станет основным препятствием в развитии отрасли, которую усиленными темпами развивает весь мир и продвигают профессионалы на уровне Национальных технологических инициатив.

В октябре 2019 г. на заседании межведомственной рабочей группы под руководством помощника Президента РФ А.Р. Белоусова и вице-преьера М.А. Акимова был утвержден проект организации воздушного движения для дронов (RUTM), предполагающий создание специальной инфраструктуры для управления дронами. Для БПЛА будут выделять воздушные коридоры в автоматическом режиме, БВС смогут связываться друг с другом без диспетчеров и т.д. Исполнителем проекта стало АО «Аэронавигационные спутниковые технологии и разработки в авиации» (АСТРА)⁵²

10.02.2020 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ от 03.02.2020 г. №74 «О внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации». Среди наиболее значимых поправок можно выделить переименование БПЛА на «Беспилотное воздушное судно» (БВС), а также освобождение от получения спецразрешения у авиационных регуляторов на полеты БПЛА с максимальной взлетной массой до 30 кг.⁵³

С февраля 2020 г. для БВС массой менее 30 кг не нужно составлять и согласовывать план полета для получения разрешения у контролирующих воздушные полеты органов в случае визуальных полетов на высотах менее 150 м. Документов на полеты над населёнными пунктами не нужно, если БВС весит менее 250 г. Использование шлемов виртуальной реальности, в том числе FPV-очков (First Person View — вид от первого лица), не нарушает законодательства.

07.09.2020 г. на федеральном портале проектов нормативных правовых актов был размещен проект ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты (в части систематизации обязательных требований в сфере воздушного транспорта)», разработанный Министерством

⁵¹ Практическое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // М. - Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М.: ИНИОН РАН, 2020. – Ч. 1. - URL: <http://innclub.info/archives/16770>

⁵² В 2022 году протестируют доставку посылок «Почты России» беспилотниками [Электронный ресурс] // РБК. - 17.02.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/02/2020/5e469d9a9a794755d543d651

⁵³ Разрешите взлет: в России внесены поправки в закон о БПЛА [Электронный ресурс] // DJI Authorized Retail Store. - 10.02.2020. - URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2020/02/10/v-rossii-vneseny-popravki-v-zakon-o-bpla/>

транспорта РФ⁵⁴. В законопроекте предложено несколько новелл, связанных с регулированием в сфере БВС, в частности ряд ужесточающих мер, среди которых:

- введение обязательной государственной сертификации для «легких» БАС;
- установление новых требований к подготовке специалистов авиационного персонала только в образовательных организациях, имеющих выданный Росавиацией сертификат авиационного учебного центра (АУЦ).

По итогам экспертизы оценка регулирующего воздействия признана отрицательной. 20.11.2020 г. Министерство экономического развития РФ подготовило заключение о том, что введение новых требований в отношении БАС в составе с БВС максимальной взлетной массой 30 кг и менее создаст избыточные обязанности, запреты, и приведет к возникновению необоснованных расходов при ведении деятельности с применением БАС⁵⁵. Законопроект был снят с повестки, однако в Ассоциации «Аэронет» (с 2021 г. - Межрегиональное межотраслевое объединение работодателей Ассоциация предприятий индустрии беспилотных авиационных систем «Аэронекст»⁵⁶) предполагают, что он может быть внесен на рассмотрение в 2021 г. Безусловно, что безопасность полетов является приоритетом развития отрасли, и цель разработчиков - создание транспорта будущего, который будет безопасен для пользователей, однако регулирование отрасли только набирающей в РФ оборот, должно быть комфортным для всех участников этого рынка, а не только для государственных контролирующих органов и регуляторов рынка.

Но именно Арктика характеризуется наличием огромных расстояний, больших пространств с минимальным воздушным трафиком. Это обстоятельство позволяет даже на нормативном уровне выделить зоны воздушного пространства для применения БВС без ущерба для полетов на регулярных авиалиниях.

Несмотря на изменения законодательной базы, основной фактор, ограничивающий развитие беспилотной авиации — отсутствие нормативных документов, которые позволят интегрировать БВС в общее воздушное пространство. Эти документы, скорее всего, будут представлять собой перечень правил и зон, разрешённых и запрещённых для полетов⁵⁷.



Рис 11. Полёт на квадрокоптере с камерой FPV⁵⁸.

Пандемия COVID-19 вызвала резкий рост интереса к БВС в развитых странах. В мире их используют для экстренной доставки, тестируют для контроля симптомов вирусных заболеваний, использования населением масок и соблюдения дистанции, а также для обеззараживания поверхностей. В России сдвига не произошло, за исключением ряда предложений от Ассоциации «Аэронет». Карантин ускорил решение регуляторных ограничений использования БВС. Так, Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) стало выдавать онлайн экстренные разрешения на полеты за пределами прямой видимости для нефтяных компаний, испытывающих нехватку сотрудников для инспекции трубопроводов или для перевозки медицинских препаратов.

⁵⁴ О внесении изменений в отдельные законодательные акты (в части систематизации обязательных требований в сфере воздушного транспорта) [Электронный ресурс]

// Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. - 07.09.2020. - URL: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=108034>

⁵⁵ Минэкономразвития оценил недавнюю инициативу изменений Воздушного кодекса [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет». - 08.12.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/regulation/081951?fbclid=IwAR01TbecSdjBdR2MGw8B2TIsYLDt_98hCx1rUcfEZJNT9EDiyc9HrLGiK_U

⁵⁶ <https://aeronext.aero/>

⁵⁷ А. Ахмедова. Самолёт без пилота. Когда искусственный интеллект заменит человека за штурвалом [Электронный ресурс] // Секрет фирмы. - 14.01.2020. - URL: <https://secretmag.ru/technologies/samolet-bez-pilota-kogda-iskustvennyi-intellekt-zamenit-cheloveka-za-shturvalom.htm>

⁵⁸ Что такое FPV? Описание и особенности [Электронный ресурс] // Digbox.ru. - 06.04.2017. - URL: <https://digbox.ru/reviews/fpv/avegantjellyfish.jpg>

корпорации по организации воздушного движения (ГК по ОрВД) может занять до нескольких дней, что совершенно неприемлемо для доставки срочных грузов, аварийно-спасательных операций, срочного мониторинга объектов и решения множества других задач. При этом территории Арктической зоны и Крайнего Севера, несмотря на практическое отсутствие урбанизированных территорий также находятся в области общего действия законов. Для проведения всех авиационной деятельности с применением БВС/БАС в Арктической зоне РФ особых регламентирующих документов не установлено.

2. ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2.1. ВОЗМОЖНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, В Т.Ч. С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Пилотируемая авиация в арктических и северных территориях РФ является единственным круглогодичным средством транспортного сообщения и выполняет жизненно важную функцию⁶². В перспективе аналогичный статус могут получить и арктические БАС. Главное преимущество любых беспилотных транспортных средств — неограниченная работоспособность. Оснащенные системой автономного управления (искусственного интеллекта) аппараты не устают, не ошибаются на маршрутах даже в условиях низких температур и сложных метеоусловий⁶³.

Беспилотные технологии в логистике, разведке и добыче природных ресурсов, науке и туризме в Арктике открывают невероятные перспективы. Компании и местные жители смогут быстро получать грузы, доставки которых сейчас приходится ждать неделями или месяцами. Ученые будут исследовать изменение климата и миграции животных с воздуха. С помощью дронов можно найти экспедицию, попавшую в беду, и оказать ей экстренную помощь.

В условиях Арктики и Крайнего Севера строить автомобильные и железные дороги трудно, долго и затратно. Доставка материалов обходится дорого, летом верхний слой мерзлого грунта оттаивает и «плывет», трассы и объекты инфраструктуры разрушаются. Кроме того, создание дорог наносит ущерб экологии и ломает уклад жизни коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока: снижается биоразнообразие, разрываются традиционные кочевые маршруты.

Выполнение перевозок пассажиров и грузов, а также решение ряда других задач в Арктической зоне РФ обеспечивается, в основном, устаревшим парком пилотируемых ВС (Ан-24/26/32, Ан-72/74, Ми-8), а в ближайшем будущем новыми перспективными самолетами, предназначенными для полярной эксплуатации и базирования, такими как Ил-112, Ил-114 и Л-410УВП-Э в версиях для регионов Крайнего Севера. Однако, ряд задач, не связанных с доставкой людей или тяжелых грузов могут решать БВС. Грузовые дроны помогут сократить издержки и время на доставку посылок с «большой земли». БВС используют для аэрофотосъемки и мониторинга с воздуха. Добывающие компании с их помощью наблюдают за разработкой месторождений и следят за целостностью трубопроводов. Природоохранные организации получают сведения о пожарах и имеют возможность эффективно бороться с браконьерами. Самые загруженные, но и самые коварные транспортные пути в Арктике — морские. Дроны оценивают ледовую обстановку и уточняют прогноз погоды, что позволяет ледоколам проводить суда, избегая айсбергов и опасных участков⁶⁴.



Рис 13. Грузовой дрон Skyf доставляет груз на платформу в Арктике⁶⁵

⁶² Круглый стол «Перспективы развития малой авиации в Арктической зоне Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс] // Министерство по развитию Арктики и делам народов Севера Республики Саха (Якутия). - 04.12.2020. - URL: <https://arktika.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3248082>

⁶³ П.Чернышов. «Газпром нефть» внедряет в Арктике беспилотные технологии [Электронный ресурс] // Комсомольская правда (Ямал). - 23.04.2020. - URL: <https://www.yamal.kp.ru/daily/27121/4204242/>

⁶⁴ А.Подшибякина. Умный Север. Как технологии помогают развивать Арктику [Электронный ресурс] // Нож. - 23.05.2018. - URL: <https://knife.media/arctic-technology/>

⁶⁵ «Русский Халк»: британцы оценили новый российский грузовой дрон [Электронный ресурс] // Экономическое обозрение. - URL: <https://finobzor.ru/50996-russkiy-halk-britancy-ocenili-novyy-rossiyskiy-gruzovoy-dron.html>. (дата обращения: 23.11.2020)

Преимущества использования БВС в Арктической зоне РФ:

- более низкая стоимость производства работ, чем пилотируемой авиацией;
- значительное уменьшение количества регламентных операций;
- простота запуска. БВС не нужен даже самый примитивный аэродром. Аппараты запускаются с руки или с помощью специального взлетного устройства — катапульты;
- отсутствует необходимость в высококвалифицированной технической помощи для обслуживания ЛА;
- не так сложны мероприятия по обеспечению безопасности на объекте работ;
- отсутствует или намного увеличен межрегламентный период эксплуатации БВС по сравнению с пилотируемым воздушным судном;
- возможно использование в более сложных метеоусловиях по сравнению с пилотируемыми ВС.

Задачи БВС, такие как: выявление и локализация техногенных катастроф, оценка их последствий; оценка состояния тепловых сетей, полей фильтрации и аэрации, дорожного покрытия; оценка состояния высоковольтных линий передач; оценка состояния трубопроводов; контроль технического состояния зданий и сооружений; обнаружение мест утечек, предаварийных и аварийных участков; контроль за железными и автомобильными дорогами; контроль судоходства — *могут быть классифицированы как задачи осуществления мониторинга промышленных объектов.*

Задачи БВС, в числе которых: выявление и локализация естественных катастроф; выявление участков загрязнений земной и водной поверхности; обнаружение очагов возгорания в населенных пунктах, в лесах и на торфяниках; слежение за динамикой лесных пожаров; слежение за ходом лесовосстановления на вырубках и гарях — *могут быть классифицированы как задачи осуществления экологического мониторинга.*

Задачи БВС, среди которых: ведение радиационной, бактериологической и химической разведок; контроль гидро-, метеообстановки, исследование атмосферы; информационное обеспечение сельскохозяйственных работ и геологоразведки; разведка ледовой обстановки; разведка косяков рыб, контроль рыболовства — *могут быть классифицированы как задачи осуществления климатического, гео- и биоконтроля.*

Задачи БВС: наблюдение за заданным участком местности с целью поиска и идентификации объектов; аэрофотосъемка и контроль земной поверхности; составление ортофотопланов участков местности с заданной точностью и разрешением; обеспечение формирования земельного кадастра отдельных территорий — *могут быть классифицированы как картографические и топографические задачи*⁶⁶.

Специальная авиационная техника для решения комплексных задач в Арктической зоне РФ уже существует, находится в опытной эксплуатации или разрабатывается, в т.ч. в стадии НИОКР. Приведем некоторые примеры:

В 2016 г. ОАО «ДКБА» из г. Долгопрудный и ОАО «Торгово-промышленный центр «СибВПКнефтегаз» из Омска представили беспилотные аэростатические аппараты и комплексы. Малоразмерный мобильный аэростатный комплекс предназначен для подъема, удержания на заданной высоте и спуска полезной нагрузки, для мониторинга объектов инфраструктуры. В качестве полезной нагрузки используются: гиросtabilизированная камера Титан «День» с двумя оптическими модулями, гиросtabilизированная камера Титан «Ночь» с двумя термальными модулями, гиросtabilизированная камера «Скайвотч» или другая аппаратура. В составе комплекса может использоваться шасси повышенной проходимости, в т.ч. на воздушной подушке, производства ОАО «ТПЦ «СибВПКнефтегаз» или колесное ООО «Омские Вездеходы». Привязные аэростаты ПА-60, ПА-80, ПА-160 для использования в составе мобильных комплексов.

Автоматический дирижабль ДП-29 в составе комплекса обеспечивает:

- вертикальный взлет/посадку, зависание, полет по заданному маршруту;

⁶⁶ Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.- URL: https://www.rflbr.ru/rffi/ru/books/o_18298#1

- устойчивость к ветровым воздействиям;
- возможность управления дирижаблем оператором дистанционно с НПУ (наземный пункт управления, наземная станция управления);
- выполнение автоматического полета по заданной программе, в т.ч. при нарушении информационного обмена с НПУ;
- совершение полета дирижабля с полезной нагрузкой днем и продолжительностью одного вылета не менее 1 часа;
- совершение автоматического полета дирижабля по заданному маршрутно-полетному заданию, в том числе при нарушении информационного обмена с НПУ;
- возможность изменения полетного задания или переход на ручное дистанционное управление полетом с НПУ в режиме реального времени с передачей команд управления по радиоканалу с НПУ на БВС на дальности до 10 км.

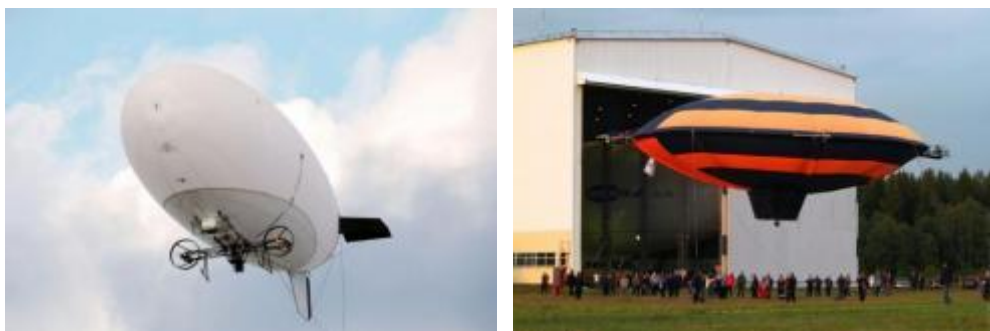


Рис 14, 15. Дирижабли ОАО «ДКБА»

Малообъемные роботизированные дирижабли типа ДП-27 («Анюта») - это автономные аэростатические БВС, предназначенные для:

- мониторинга протяженных объектов инфраструктуры с полезной нагрузкой 50 кг (ДП-27) и 200 кг (перспективный образец);
- проведения поисково-спасательных операций;
- проведения мониторинга оперативного состояния лесного и сельского хозяйства;
- ведения и ретрансляцию связи;
- проведения экологического мониторинга;
- проведения наблюдения за состоянием опасных производств, магистрального нефтегазового трубопроводного транспорта;
- освещения объектов в темное время суток;
- проведения гидрографических и географических исследований.

Технические характеристики: максимальная скорость 70 км/ч; максимальная высота полета (над уровнем моря) 1000 м; максимальная дальность полета 40 км; максимальная полезная целевая нагрузка 100 кг; подъемный газ: гелий, водород; энергопотребление комплекта аппаратуры 1 кВт; напряжение тока на борту 27 В.

Созданы пневмокаркасные сооружения, предназначенные для хранения и обслуживания воздухоплавательной и другой техники.

К числу основных потенциальных заказчиков относят: нефтяные и газовые компании; компании энергетики в северных районах и Арктике, другие ведомства. Стадия жизненного цикла: опытное производство, НИОКР, мелкосерийное производство, внедрение⁶⁷.

В феврале 2019 г. компания «БАС-технологии» провела испытания беспилотной авиационной системы «Птеро-G1» в Иркутской области при участии Иркутского филиала Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Восточно-Сибирского МТУ Росавиации, управления государственного авиационного надзора (ВС

⁶⁷ Аэростатические летательные аппараты, транспортные комплексы на их базе и наземная инфраструктура [Электронный ресурс] // Сводный каталог Промышленная и научно-техническая продукция Сибирского федерального округа для Арктической зоны и Крайнего Севера. Том 1. Высокотехнологичная машиностроительная продукция. Рабочая группа по развитию сотрудничества организаций Сибири в сфере производства и поставок продукции для арктических нужд при полномочном представителе Президента РФ в Сибирском федеральном округе 2016. - <https://media.rspg.ru/document/1/e/6/e6b953349fc694101c600427c0dc10b2.pdf>

ТО УГАН Ространснадзора) и специалистов компании «ПТЕРО». Доказано, что БВС «Птеро-G1» исправно работает при температурах ниже -39°C ⁶⁸.

Конвертопланы Triada, создаваемые компанией «ADA Aerospace» обладают дальностью полёта от 80 до 1,6 тыс км и способны находиться в воздухе от 1 до 8 час при температуре до -50°C . Основное преимущество конвертопланов - вертикальный взлет и горизонтальная посадка, что облегчает процесс эксплуатации. В будущем они смогут выполнять функции аэротакси⁶⁹.

Выполнять БВС полеты в трудных метеоусловиях помогают системы искусственного интеллекта. Так, беспилотные самолеты «Геоскан» работают полностью автоматически. Оператор (внешний пилот) указывает территорию съемки на интерактивной карте, а задачи исполняет БВС. Для запуска самолета достаточно просто поставить его на катапульту и запустить с наземной станции управления. Закончив полет, БВС плавно спустится на парашюте в точку запуска. Умный автопилот собственной разработки рассчитан на безотказную работу даже в сложных условиях эксплуатации, с помощью множества датчиков он постоянно отслеживает такие параметры полета, как воздушная скорость, высота, ориентация планера в пространстве и заряд батареи. В случае нештатной ситуации, БПЛА «Геоскан» сам вернется к месту старта или совершит аварийную посадку. Следя за полетом с наземной станции, оператор всегда может отменить миссию по первому требованию⁷⁰.



Рис 16. Наземная станция управления комплексом БВС

По данным со-руководителя рабочей группы «AeroNet» Национальной технологической инициативы С.А. Жукова, из 200 отечественных компаний, занимающихся БВС, 100 перепродают аппараты иностранного производства. Из оставшихся 100 — 2/3 представляют собой малые и средние компании, оказывающие услуги с применением беспилотной авиации. Только 10-15 — конечные производители беспилотных авиационных систем⁷¹.

В России ряд КБ и институтов работает над созданием искусственного интеллекта для БВС. Задачи, решение которых доверяют дронам, становятся все сложнее и ответственнее. Обычная схема управления - «оператор — БВС» часто дает сбой. Информационные потоки в системах управления БВС зачастую превышают объемы, которые способен воспринять человек для выработки адекватных решений. Потоки информации кратно возрастают при увеличении численности БВС. Выходом в создавшейся ситуации является создание информационных систем на основе ИИ. Они способны оказать помощь операторам в анализе информации, оценке обстановки и принятии решений. Кроме того, такие системы позволяют «научить» беспилотники самостоятельно, автономно оценивать ситуацию и организовывать управление группой при потере информационного контакта с оператором. Над созданием таких систем работает группа

⁶⁸ Прогнозная оценка развития БАС для решения задач в Арктике [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет». - 15.05.2019. - URL:

https://aeronet.aero/press_room/news/151791

⁶⁹ М. Майоров. Беспилотные технологии в Арктике [Электронный ресурс] // Экспертный центр ПОРА. - 04.07.2020. - URL:

<https://goarctic.ru/work/bespilotnye-tehnologii-v-arktike/>

⁷⁰ Беспилотные самолеты Геоскан [Электронный ресурс] // Группа компаний Геоскан. - URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/bespilotnie-samoleti> (дата обращения: 23.11.2020)

⁷¹ Для Арктики тестируют беспилотники [Электронный ресурс] // Эксперт Урал. - №40 (830). - 28.09.2020. - <https://expert.ru/ural/2020/40/dlya-arktiki-testiruyut-bespilotniki/>

специалистов Научно-исследовательского центра «Институт имени Н.Е.Жуковского» под руководством директора проектного комплекса «Роботизированные авиационные системы», профессора В.П. Кутахова.

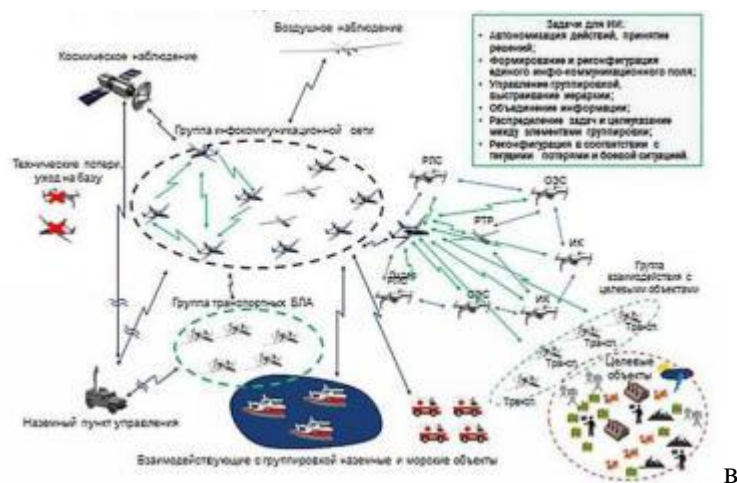


Рис 17. Схема многоэшелонной группировки БПЛА в зоне катастрофы

Ученые прорабатывают методы использования технологий ИИ при создании и управлении крупномасштабными интеллектуальными беспилотными авиационными системами. Исследования призваны обеспечить возможности БВС действовать и принимать решения самостоятельно, в зависимости от развития обстановки. При этом управление БВС - не управление каждым отдельным беспилотным летательным аппаратом, а управление всей группой в целом. По оценке экспертов, разнообразие и масштаб групп будут возрастать: от нескольких аппаратов до крупных групп информационно связанных, разнородных по возможностям и выполняемым функциям дронов. В дальнейшем, считают специалисты «НИЦ имени Н.Е. Жуковского», предстоит перейти к вопросам управления группировками беспилотных летательных аппаратов. Хотя это предмет более отдаленной перспективы, начинать заниматься этими исследованиями необходимо уже сейчас⁷².

Однако самую первую интеллектуальную систему управления БВС предложили в 2014 г. специалисты АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова». Речь шла о создании единой информационно-управляющей системы в Арктической зоне РФ⁷³.



Рис 18. Задачи комплекса БВС большой дальности и продолжительности полета в Арктике

⁷² Д. Федутин. Разум дронов. В России работают над созданием искусственного интеллекта для беспилотников [Электронный ресурс] // Армейский стандарт. - 25.06.2020. - URL: <https://armystandard.ru/news/t/20206231146-GlcZr.html>

⁷³ Предложения АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» по созданию единой информационно-управляющей системы в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова». - 22.08.2014. - URL: http://okbsimono.ru/press/news/predlozheniya_ao_npo_%25C2%25ABokb_im_m_p_simonova%25C2%25BB_po_sozdaniyu_edinoy_informatsionno-upravlyayushchey_siste_mi_v_arkticheskoy_zone_rf-67/

В ОКБ предложили создать принципиально новую информационно-управляющую систему, в которой задействованы спутники арктической космической группировки, многоцелевая космическая система «Арктика М», пилотируемые воздушные суда, аварийно-спасательные центры МЧС на протяжении Северного морского пути, а также центры сбора, обработки и доведения информации. Система осталась только проектом, однако ее основные структурные подразделения и характеристики позволяют реализовать единый центр управления БВС в Арктике уже в ближайшее время.

Системы точного позиционирования и сенсорное оборудование, установленные на борту БВС Supercam совместно с математическим алгоритмом на базе бортового вычислителя (автопилота), позволяют идентифицировать и избежать препятствия на пути БВС, заранее предупреждая внешнего пилота о возможном авиационном происшествии. Кроме того, дроны способны принять самостоятельное решение о необходимости возвращения в точку старта с обеспечением сантиметровой точности при посадке по координате или инфракрасной метке⁷⁴.

В мае 2019 г. прогнозную оценку развития БАС для решения задач в Арктике представила Ассоциация «Аэронет»⁷⁵. По мнению экспертов Ассоциации, БВС в арктических условиях позволяют решать сразу несколько задач:

- улучшить ситуационную осведомленность о регионе и способствовать его устойчивому развитию;
- обеспечить доставку грузов в труднодоступные места и на отрезке «последней мили»;
- развиться инновационным технологиям, связанным с применением БАС;
- обеспечить конкурентное преимущество РФ на мировых рынках.

По состоянию на февраль 2019 г. крупные участники рынка и члены Ассоциации «Аэронет», такие организации, как: ФГУП «ГосНИИАС», АФМ-Серверс (Птеро), ГК «Геоскан», ГК «Кронштадт», ОАО «НПП «Радар ММС», ООО «Фирма «НИТА», ООО «БАС Технологии», ГК «Беспилотные системы» и другие уже активно тестируют и применяют беспилотные авиационные технологии.

Специалисты ООО «ВР-Технологии», дочерней структуры холдинга «Вертолеты России», на международном авиационно-космическом салоне МАКС-2017 впервые представили прототипы БВС вертолетного типа VRT300 (BPT300 «Геомониторинг»). Комплекс VRT300 был представлен в двух версиях: «Arctic Supervision» – с радаром бокового обзора для ведения ледовой разведки и эксплуатации в условиях Арктики и «Opticvision» – с увеличенной дальностью полета для задач мониторинга и дистанционного зондирования⁷⁶.



Рис 19. Вертолет VRT300 в версии «Arctic Supervision»⁷⁷

Приоритетными задачами комплекса VRT300 Arctic Supervision являются развитие

⁷⁴ По собственной информации ГК «Беспилотные системы», 29.12.2020

⁷⁵ Прогнозная оценка развития БАС для решения задач в Арктике [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет». - 15.05.2019. - URL: https://aeronet.aero/press_room/news/151791

⁷⁶ А.В. Карпенко. Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа VRT300 [Электронный ресурс] // ВТС «БАСТИОН» А.В.Карпенко. - 08.08.2017. - URL: <http://bastion-karpenko.ru/vrt-300-bla/>

⁷⁷ «Вертолеты России» в рамках МАКС-2017 впервые представили два прототипа беспилотников VRT300 // Aviation Explorer. - 18.07.2017. - <https://www.aex.ru/news/2017/7/18/172492>

транспортной системы Северного морского пути, предупреждение и ликвидация аварийных ситуаций в сфере арктического судоходства, всесторонняя помощь в освоении Арктики. Комплекс должен быть готов к использованию в дневное и ночное время, в простых и сложных метеорологических условиях, в любое время года, над равниной и дезориентированной местностью, при температуре воздуха от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Авиакомпания «Полярные авиалинии» стала единственным оператором по развитию применения БВС в Республике Саха (Якутия). В мае 2019 г. началась эксплуатация БВС самолетного типа. Аппарат ZALA 421-16E совершает полеты при температуре от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, развивает скорость до 110 км/ч, непрерывно летает до 5 ч, охватывая радиус до 50 км. Компания намерена оказывать услуги по воздушному мониторингу ледовой и паводковой ситуаций, лесных пожаров, а также по поиску пропавших в лесу людей. В перспективе - использование БВС при прокладывании магистральных газо- и нефтепроводов, решении задач картографии и экологического мониторинга⁷⁸. В планах фирмы ZALA AERO создание БВС ZALA 421-16E5 с дальностью 150 км и временем полета - до 7 ч⁷⁹.



Рис 20. Работа Центра управления БВС ZALA в Якутии

В сентябре 2020 г. Комитет Санкт-Петербурга по делам Арктики обсудил с Научно-производственным арктическим кластером Санкт-Петербурга перспективы взаимодействия с госкорпорациями «Ростех» и «Росатом». «Росатом» и «Ростех» выразили заинтересованность в использовании научных и производственных разработок участников Кластера, в числе которых БВС, способные работать в арктических широтах⁸⁰.

Не менее важным является развитие технологических инициатив в арктических регионах. Интерес представляет научно-техническое творчество молодежи.

В марте 2018 г. действительные члены и члены-корреспонденты Малой академии наук Республики Саха (Якутия) представили ряд своих проектов для Арктики. Один из них: «Разработка проекта беспилотного летательного аппарата на воздушной подушке "МАК-00" для работы в условиях Арктики»⁸¹. Проект предполагает разработку экономичного БВС, который не нанесет вреда природе и будет использоваться для разработки арктического шельфа.



Рис 21. Проект БЛА «МАК-00» и его автор Мария Макарова

⁷⁸ Компания «Полярные авиалинии» презентовала беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] // Новости Якутии. - 14.05.2019. - URL: <https://news.ykt.ru/article/86600>

⁷⁹ Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. -2017. - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone>

⁸⁰ Арктический кластер Санкт-Петербурга планирует сотрудничество с Росатомом и Ростехом и разработает свой собственный кластерный проект [Электронный ресурс] // Центр кластерного развития. - 17.09.2020. - URL:

<https://spbcluster.ru/2020/09/17/arkticheskij-klaster-sankt-peterburga-planiruet-sotrudnichestvo-s-rosatomom-i-rostehom-i-razrabotaet-svoj-sobstvennyj-klasternyj-proekt/>

⁸¹ Действительные члены и члены-корреспонденты Малой академии наук Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] // Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова. - 12.03.2018. - URL:

https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/vspomogatelnye-podrazdeleniya/lyceum/detail.php?ELEMENT_ID=92447

В декабре 2018 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете им. М.В.Ломоносова (САФУ) на средства президентского гранта открылась Школа моделирования беспилотных летательных аппаратов⁸². Молодежь под руководством наставников из стандартных конструкторов строит квадрокоптеры с полезными обвесами. Технологические запросы сделали крупные игроки — от Ростелекома до регионального Фонда капремонта. БВС несут на борту тепловизоры для оценки температуры над зданиями, датчики метана, угарного газа. Собираются дроны для прокладки кабелей между высотными домами, разрабатываются беспилотники-ветеринары для вакцинации животных. Планируется, что БВС могут использовать зачатки ИИ. Школа направлена на решение масштабных актуальных задач развития РФ, реализацию ответов на вызовы современности путем инициирования и реализации конкретных практико-ориентированных проектов на командной основе. Основная цель Школы — популяризация научно-технического творчества среди школьников и студентов Архангельской области в сфере моделирования БВС. В рамках Школы участники ознакомятся с принципами работы и особенностями сборки коптеров, а также научатся программировать БВС. Эксперты из числа сотрудников университета и внешних партнеров прочитают лекции и проводят практические занятия по темам:

- история, принцип работы и особенности сборки БВС;
- настройка и модульное (базовое) программирование БВС;
- опыт и перспективы использования БВС;
- возможности Технопарка САФУ: 3D-моделирование и печать; знакомство с ПО Blender;
- схемотехника, схема базовой платы управления;
- принцип винтовых устройств, подъемная сила;
- экономика Архангельской области: проблемы и возможности решения с помощью БВС;
- влияние арктических условий на жизнеспособность технических систем БВС;
- робототехника;
- навыки эффективной презентации.

23 декабря 2020 г. в Сибирском федеральном университете (СФУ) стартовала работа междисциплинарного студенческого конструкторского бюро по разработке беспилотных летательных аппаратов, созданного в партнёрстве с группой компаний «Геоскан». Его участниками стали молодые учёные и студенты из Политехнического института, Института космических и информационных технологий и Института цветных металлов и материаловедения⁸³.



Рис 22. Студенческое КБ по разработке беспилотных летательных аппаратов в СФУ⁸⁴

В Ноябрьске планируется строительства первого на Ямале кванториума. Сдача объекта намечена на IV кв. 2022 г. После его открытия дети смогут изучать виртуальную реальность,

⁸² В САФУ открылась Школа моделирования беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // ГТРК «Поморье». - 04.12.2018. - URL: <https://www.pomorie.ru/2018/12/04/5c06404012f17bcb387983b2.html>

⁸³ В СФУ создано студенческое конструкторское бюро [Электронный ресурс] // СФУ. - 24.12.2020 - URL: <http://news.sfu-kras.ru/node/24049>

⁸⁴ Фото пресс-службы СФУ, 24.12.2020. - URL: http://news.sfu-kras.ru/files/imagecache/thumb2016/photos/img_5904_0.jpg

робототехнику, устройство беспилотных летательных аппаратов и проектировать транспортные средства будущего⁸⁵.

Важнейшее преимущество БВС перед традиционной авиацией (кроме доставки пассажиров) заключается в стоимости изделия и его эксплуатации. БПЛА, лишенный всех систем, необходимых пилотам на борту (авионика, бортовая система генерирования кислорода, поддержание повышенного давления, кондиционирование, санузел и т.д.), неизбежно дешевле, не говоря уже о выигрыше в массе и объеме, который, в конечном счете, опять выливается в снижение стоимости⁸⁶. Одна из задач, которые стоят перед разработчиками — максимально удешевить финансово-экономические модели, связанные с БВС, сделать использование БВС менее дорогим, чем на сегодняшний период, чтобы конечный продукт можно было сделать массовым, особенно с учетом повышенной стоимости эксплуатации в условиях арктических регионов.

При помощи БВС можно обеспечить безопасность персоналу при производстве работ, в т.ч. в трудных климатических условиях, на высоте и т.д. Персоналу не приходится входить в зону высокого напряжения, подвергаться электромагнитному облучению, подниматься на высоту. Отсутствует риск нападения животных и заражения инфекционными заболеваниями, в т.ч. передающихся через укусы комаров, клещей и других насекомых тундры. Особенно эффективно применение БАС в труднодоступных районах и при сложном рельефе местности.

2.2. ВОЗДУШНАЯ СЪЕМКА И ТУРИЗМ

В настоящее время в Арктике все чаще внедряются технологии картографирования и хранения пространственных данных, определяющие новый этап развития картографирования в высоких широтах, в т.ч. в труднодоступных территориях и в тяжелых климатических условиях. Но современные дроны способны также делать фотографии с высоким разрешением, выступать в качестве курьеров, изучать животный мир, проводить мониторинги и реализовывать другие задачи. Для туристов беспилотник — дополнительные глаза, следящие за территорией с небольшой высоты, а также средство для доставки небольших грузов и помощник в случае опасной ситуации.

С помощью дронов делаются фотографии природных и культурных памятников, видео- и киносъемки, создаются спортивные и развлекательные шоу. В национальных парках и в особо-охраняемых природных территориях тестируется применение БВС для охраны и регулярного мониторинга, проектирования маршрутов, определения территорий для восстановления зеленых насаждений после пожаров, а также реновации сломанных вандалами объектов, обнаружения браконьеров, пожаров. Также дроны оказывают помощь в составлении каталогов достопримечательностей живой и неживой природы, необходимости их реконструкции и т.д.

Мощный мультикоптер способен тянуть по воде взрослого человека на доске, что уже дало стимулы к популяризации БВС в серфинге. БПЛА становятся основой масштабной системы контроля, поиска и спасения - одним из приоритетных направлений развития рынка беспилотников, обозначенных в Дорожной карте AeroNet. Дроны способны доставлять медикаменты в отдаленные места для групп или одиночных туристов. В целом их использование для нужд туристической отрасли дешевле и практичнее любого другого вида транспорта независимо от места использования.

БВС четвертого поколения стало возможным использовать в регионах Арктической зоны РФ с их экстремальным климатом практически круглогодично и круглосуточно. Многие модели работоспособны при температурах до -40°C , для более низких температур на них устанавливаются специальные легкие нитевые электрические системы обогрева. БВС снабжены большим количеством датчиков и электронных помощников, среди которых: компас, GPS, гироскоп или

⁸⁵ Власти ищут подрядчика для строительства первого на Ямале кванториума в Ноябрьске [Электронный ресурс] // Телеканал «Ноябрьск 24». - 11.11.2020. - URL: <https://noyabrsk24.ru/novosti/2020/11/11/vlasti-ishchut-podriadchika-dlia-stroitelstva-pervogo-na-iamale-kvantoriuma-v-nojabr-ske/>

⁸⁶ Настоящее и будущее беспилотной авиации [Электронный ресурс] // Военное обозрение. - 25.01.2016. - URL: <https://topwar.ru/89642-nastoyashee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-1.html>

более продвинутые системы стабилизации и ориентации в пространстве, инфракрасные датчики, камеры формата UHD (4K), посадочные фары. Процессор БВС в режиме реального времени обчисляет все данные и управляет полетом: держит высоту, удерживает на месте даже при порывах ветра в любые стороны, тормозит перед препятствиями и облетает их.



Рис 23. Аэрофотосъемка и создание цифровых ортофотопланов БВС⁸⁷

Для создания системы мониторинга больших площадей несколько БПЛА интегрируются в наземную станцию управления, для полета аппараты самостоятельно используют системы навигации без прямой связи с оператором. Многокамерные БПЛА позволяют создавать цифровые модели местности, ортофотопланы, 3D-модели для актуализации топографических данных в масштабах не всегда доступных для спутниковых систем картографирования, и достаточно дорогих при авиафотосъемке с самолетов и вертолетов, что в условиях арктических пустынь актуально для развития научного, экологического и познавательного туризма.

Дроны помогают обеспечить потенциальным будущим туристам возможность осуществить реальную поездку, чтобы посмотреть красоты Арктики. С помощью БВС формируются виртуальные прогулки по заповедникам, зданиям, делаются качественные фотографии флоры и фауны, для повышения степени реалистичности используется программное обеспечение и шлемы дополненной или микс-реальности.

БВС с 4K (UHD) фотокамерами являются частью платформы виртуальной реальности, проводят фотометрию и создают базу изображений для формирования цифровых двойников. В последующем это позволит туристу буквально переместиться в локацию и понять суть изучаемого объекта. Но для развития туризма в Арктике дроны способны не только делать фотографии с высоким разрешением, но и выступать в качестве курьеров, изучать животный мир, проводить мониторинги и реализовывать другие задачи. Для туристов беспилотник — дополнительные глаза, следящие за территорией с небольшой высоты, а также средство для доставки небольших грузов и помощник в случае опасной ситуации.

Современные беспилотники можно использовать в регионах Арктической зоны РФ с их экстремальным климатом практически круглогодично и круглосуточно. Дроны оснащены рядом камер и датчиков, различают людей и животных, имеют режим автопилота, огибают препятствия, стабилизируют свое положение при порывах ветра или осадках, что повышает безопасность их эксплуатации, могут использоваться операторами, не имеющими значительного опыта управления. Профессиональные специализированные БВС, подготовленные для работе в тяжелых климатических условиях Арктики и оснащенные элементарной системой искусственного интеллекта способны реализовать девиз VR в туризме: «Путешествуйте сидя на диване» и используются для создания цифровых двойников значительных по размерам объектов или площади территорий.

Цифровой двойник (англ. Digital Twin или цифровой дублер, ЦД) определяется как цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность его управления. Цифровые двойники создаются не только для заводов и городов, но и для неурбанизированных территорий, в т.ч. таких как особо-охраняемые природные территории.

⁸⁷ Роскартография разработала стандарт использования БПЛА при АФС [Электронный ресурс]// Главгеоком. - 18.11.2019. - URL: https://glavgeocom.ru/news/news_33.html

Модели больших пространств формируются с использованием космического мониторинга и БВС. С их помощью проводится ортофотосъемка необходимой территории. Затем, в результате обработки нескольких десятков тысяч снимков, создается 3D-модель. Так, технология ATLAS VR, впервые представленная в мае 2018 г., позволяет на основе информации с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли создать актуальный достоверный цифровой двойник любой территории планеты, в т.ч. для визуального мониторинга изменений, моделирования процессов и явлений, имеющих пространственную составляющую⁸⁸.

В рамках платформы рельеф местности и высокодетализированный растительный мир воссоздаются по мультиспектральным данным, получаемым в результате космической и аэрофотосъемки. Также в качестве примера можно привести 3D моделирование рельефа участка Кроноцкого государственного заповедника, расположенного в восточной части Камчатки (Крайний Север), проведенное в 2011 г. компанией NextGIS⁸⁹. Таким образом поддерживаются актуальные картографические материалы значительных территорий, в т.ч. для туристической отрасли.

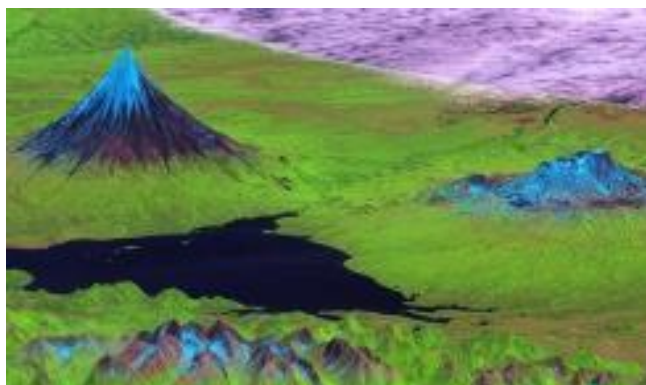


Рис 24. 3D моделирование рельефа участка Кроноцкого заповедника; источник: NextGIS

Полученная информация может храниться и обрабатываться на локальных серверах, в «облаке» центров обработки данных (ЦОД, дата-центры). В Российской Арктике дата-центры уже работают. При создании и вводе их в эксплуатацию широко используется мировой опыт и стандарты. Строительство ЦОД в Арктике позволит привлечь в регион крупные инвестиции, что, несомненно, станет новым драйвером развития регионов, а цифровизация туризма поможет активизировать этот процесс. В ноябре 2020 г. Совет по развитию цифровой экономики при Совете Федерации рекомендовал Правительству РФ проработать вопрос создания в Арктике сети дата-центров «преимущественно на российских программно-аппаратных комплексах»⁹⁰. Так, в октябре 2020 г. первый частный дата-центр в Заполярье открылся в Норильске.

Немаловажным является постоянная разработка и обновление программных приложений для решения всевозможных задач силами БВС. Для этого существуют специальные Конструкторы софта, способные помочь пользователю аппарата научить его необходимым функциям, запрограммировать для исполнения иных, чем заложенные первично, задач. Все эти параметры и технические возможности БВС в скором времени приведут к массовому использованию в сфере туризма в Арктике⁹¹.

2.3. ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА, ЭКОЛОГИИ И ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ

Российские БВС используются в Арктике с 2007 г. Тогда над дрейфующей станцией

⁸⁸ «ТЕРРА ТЕХ» впервые провел массовое тестирование нового цифрового формата обучения // Российские космические системы. - 31.08.2018. - URL: <http://russianspacesystems.ru/2018/08/31/terra-tekh-vpervye-provel-testirovanie-atlas-vr/>

⁸⁹ Стажировка специалиста из Кроноцкого заповедника // NextGIS. - 23.12.2011. - URL: <https://nextgis.ru/blog/kronoki-intern/>

⁹⁰ Совет Федерации предложил создать дата-центры в Арктике [Электронный ресурс] // РБК. - 10.11.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/10/11/2020/5fa93e719a7947e273f617e1

⁹¹ Практическое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // М. - Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М.: ИНИОН РАН, 2020. – Ч. 1. - URL: <http://innclub.info/archives/16770>

«Северный полюс - 35» поднялся «Элерон-Т23». С 2009 г. дроны используют для получения оперативной информации о ледовой обстановке в зоне дрейфа станции круглый год. На российских научных дрейфующих станциях БПЛА успешно используют с 2008 г.: полярникам важно знать о любых изменениях ледового поля, где разбит их лагерь⁹².

Интерес представляет международный опыт. К примеру, в Дании дроны не только делают красивые фотографии, их используют и для более важных задач. БВС — это дополнительные глаза, следящие за территорией с небольшой высоты. Поэтому в будущем планируется оснастить датские патрульные суда небольшими дронами, которые, в частности, помогут с навигацией в арктических льдах. Дания при помощи спутников и дронов впервые составляет широкомасштабную картину происходящего в северной Атлантике от Фарерских островов до Гренландии, а также в океане вокруг Северного Полюса, где Дания претендует на определенные участки морского дна.



Рис 25. Дрон, работающий в Арктической части Дании (Rick Bowmer/AP)

В докладе Датского института космических исследований перечислен ряд потенциальных возможностей дронов: мониторинг разливов нефти, измерение толщины льда, предупреждение о разрастании водорослей, что важно для рыбных ферм, подсчет белых медведей и китов. Спутники не могут участвовать в этой работе, т.к. находятся на высоте сотен километров. Небольшие БВС, летающие низко над землей, или более крупные дроны на высоте 15—20 км справляются с подобными задачами. Высотные «супердроны» недешевы: цены начинаются от 20 млн и могут превосходить 1 млрд крон. Но они могут оставаться в воздухе месяцами, а также использоваться повторно, что, в отличие от спутников, не требует запуска ракет⁹³. Датские БВС проводят исследования климата в тяжелых арктических условиях. Холод, снег и штормовой ветер — препятствия для многих беспилотников, но парадокс в том, что ученые сегодня часто выбирают именно их в качестве инструмента для исследований снега и льда. С помощью дронов можно точно измерить толщину ледяного покрова на земле и воде, а также определить температуру, скорость и направление течений, уровень загрязнений.

В Якутии ГУ «Служба спасения РС (Я)» первой стала использовать беспилотные летательные аппараты. В декабре 2012 г. на баланс службы были приняты три БАС Zala 421-16EM. Для эксплуатации комплексов в структуре Службы спасения была создана группа перспективного развития и применения БВС. Сформирован личный состав группы с высшим техническим образованием, который прошел обучение в авиационном центре подготовки специалистов в г.Ижевск. Для группы выделили площади под склад хранения оборудования, мастерскую для обслуживания БВС, общий служебный кабинет, офисную оргтехнику, автотранспорт. С 2013 г. якутские спасатели путем беспилотного мониторинга оценивают обстановку в зонах чрезвычайных ситуаций, а также обстановку на ледовых переправах в период их закрытия⁹⁴.

⁹² Беспилотники для спасения людей в Арктике показали на выставке «Интерполитех-2020» [Электронный ресурс] // Оружие России. - 25.10.2020. - URL: <https://www.arms-expo.ru/news/vystavki-i-konferentsii/bespilotniki-dlya-spaseniya-lyudey-v-arktike-pokazali-na-vystavke-interpolitekh-2020/>

⁹³ A. Hannestad. Rapport: Send droner til Arktis (Дания в Арктике делает ставку на БПЛА) [Электронный ресурс] // Politiken. - 28.08.2016. - URL:

<https://politiken.dk/indland/art5633958/Rapport-Send-droner-til-Arktis> (перевод на русский: 5 секунд нейронной активности. - <https://5cek.livejournal.com/467958.html>)

⁹⁴ Н.А. Находкин, А.Н. Быков. Опыт применения БПЛА при производстве поисковых работ, воздушного мониторинга лесных и водных объектов в экстремальных физико-географических условиях Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы

В ходе научной-исследовательской экспедиции 2015 г., флагманский БВС Supercam S250 ГК «Беспилотные системы» продемонстрировал стойкость к воздействию отрицательной температуры при осуществлении воздушного патрулирования ледников в районе Северного Ледовитого океана. На протяжении 55 дней специалисты компании выполняли задачи по геоэкологическому мониторингу для проектирования инженерных объектов нефтедобычи и охране объектов животного мира. Все это время, БВС Supercam ежедневно выполнял облеты с получением фотографического и видеоматериала. Экспедиция проходила на ледоколе «Ямал» в интересах НК «Роснефть». Другая модель БВС Supercam S350 успела побывать на Северном полюсе. В ходе эксплуатации опорным пунктом для применения авиационной системы была дрейфующая ледовая база Арктической экспедиции «Барнео-2017». Мобильный отряд с БВС Supercam показал свою эффективность при обследовании ледников и определении траектории их движения. Комплекс с БВС самолетного или мультироторного типа применяется в температурном диапазоне от +45°C до -45°C.



Рис 26. БВС «Суперкам» проводит беспилотную разведку льдин в Арктике⁹⁵

Многие из эксплуатантов Supercam осуществляют запуск судна в районах Крайнего Севера. ГК «Беспилотные системы» оказывает услуги в районах Крайнего Севера для крупных нефте- и газодобывающих компаний. Беспилотный авиа-мониторинг с применением БВС Supercam является эффективным средством контроля и пресечения несанкционированной деятельности на объектах. Ежедневно на протяжении последних 5 лет, техника выполняет работы по аэрофотосъемке и видеонаблюдению в таких районах как Новый Уренгой, Сыктывкар, Ноябрьск, Губкинский и др. Беспилотные системы самолетного и мультироторного типа выполняют полеты над объектами топливно-энергетического комплекса для таких компаний как Газпром и Сибур, несмотря на высокую влажность и экстремально холодные условия в районах эксплуатации.

Кроме животных, программный модуль с вероятностью до 95% выдаст информацию о человеке, группе людей или технике на земной поверхности. С помощью БВС можно идентифицировать объекты животного мира и посчитать численность популяции, «воздушный учет» позволяет точно определить численность животных в охотхозяйстве и выявить места их концентрации, что важно для учета популяции редких и исчезающих видов, которых в Арктике десятки. Программа посчитает количество единиц объекта в режиме реального времени на протяжении всего полета и не допустит повторного подсчета. Таким образом, БАС обладают большим потенциалом для реализации мероприятий по охране окружающей среды, обеспечению военной безопасности, а также защиты и охране государственной границы РФ согласно направлениям развития Арктической зоны РФ в соответствии с Указом Президента РФ №645 от 26.10.2020 г.⁹⁶

безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: СПбГУ ГПС МЧС России. - 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>

⁹⁵ Суперкам проводит беспилотную разведку льдин в Арктике [Электронный ресурс] // Беспилотные системы. - URL: <https://supercam.aero/news/supercam-provodit-bespilotnyuyu-razvedku-ldin-v-arktike> (дата обращения: 30.12.2020)

⁹⁶ По собственной информации ГК «Беспилотные системы», 29.12.2020

Активно применяют БВС в Арктике специалисты Росгидромета. При изучении процессов энергообмена торосистых образований возникает проблема их труднодоступности. Стандартные метеорологические станции и актинометрические стойки использовать невозможно. Для выполнения этой задачи задействован БВС, на который помещены приборы для измерения отраженной солнечной радиации и температуры поверхности тороса. В планах для максимального покрытия изучаемых объектов обеспечить пролёты вдоль и поперёк гряды торосов рядом с научно-экспедиционным судном «Академик Трёшников». Помимо этого, исследователи планируют непрерывные измерения основных характеристик прилёдного слоя воздуха с наветренной и подветренной стороны в точках на ровном льду, удалённых на равное расстояние от оси гряды. Полученные количественные оценки вертикального турбулентного обмена вблизи торосов позволят уточнить характер и интенсивность теплообмена между атмосферой и морским ледяным покровом.

Использование средств визуального анализа является важным инструментом при исследовании крупномасштабных явлений и процессов на поверхности планеты. Наряду со спутниковыми данными, одним из основных источников визуальной информации является аэрофотосъёмка. С её помощью решается широкий спектр фундаментальных и прикладных задач в различных областях деятельности. Современные методы аэрофотосъёмки позволяют получить фотопланы с высокой степенью детализации, что необходимо при комплексном мониторинге поверхности нашей планеты, и особенно – при изучении ледяного покрова⁹⁷.



Рис 27. Фотоплан ледового покрова для мониторинга деформации льдин

В июле 2020 г. сотрудники отдела прикладных морских и водохозяйственных исследований и изысканий Государственного океанографического института (ГОИН) провели измерения характеристик снежного и ледового покрова Обской губы Карского моря для отладки программ обработки данных радиолокационного зондирования с беспилотных летательных аппаратов. Измерения проводились в районе села Сёяха – самого северного оседлого поселения на Ямале. Экспедиция была организована совместно с Московским физико-техническим институтом (МФТИ)⁹⁸. Полученные характеристики снежного и ледового покрова были использованы для заверки данных с испытываемого инженерами МФТИ беспилотника, оснащенного радиолокационным и оптическим оборудованием. Как сообщил руководитель полевой партии ГОИН С.В. Годецкий, создание таких БВС поможет в обеспечении перевозок по Северному морскому пути: аппараты смогут поставлять оперативную информацию, необходимую для безопасной проводки судов в зимний ледовый период. Возможно также их применение в поисково-спасательных работах и для мониторинга экологической ситуации. Содействие ГОИН позволило верно интерпретировать полученные с БВС данные, провести валидацию моделей

⁹⁷ Применение беспилотных летательных аппаратов при проведении работ на сезонной дрейфующей станции «Северный полюс-2019» [Электронный ресурс] // Росгидромет. - 25.04.2019. - URL: <http://www.meteorf.ru/press/trans/19125/>

⁹⁸ Сотрудники ГОИН и МФТИ испытывали в Арктике беспилотный летательный аппарат, оснащенный радиолокатором [Электронный ресурс] // Росгидромет. - 20.07.2020. - <http://www.meteorf.ru/press/news/21772/>

обратного рассеяния электромагнитного излучения и настроить автоматическое распознавание различных типов льда и открытой воды. Результаты проекта позволят получить дополнительный источник достоверных данных о ледовой обстановке на морях в научных и практических целях.

Другое направление - мониторинг Северного морского пути. Это актуальнейшая задача, связанная с прокладкой пути для судов и с оценкой ситуаций в различных акваториях, с прогнозом погоды и с решением других задач. Сегодня такое наблюдение осуществляют спутники, однако это не всегда удобно. Качество их работы зависит от погоды. В Арктике она редко бывает ясной. БВС могут стать своеобразными квазиспутниками, которые смогут осуществлять мониторинг постоянно и при любой погоде⁹⁹.

В ЗАО ЦНИИ «Волна» предлагают проект для воздушной разведки на трассе Северного морского пути с использованием беспилотного авиационного комплекса дальнего радиолокационно-оптического обнаружения (БАК ДРЛО). В настоящее время Россия не имеет постоянных мониторинговых комплексов способных оперативно проводить мониторинг ледовой обстановки по всей трассе Северного морского пути. Использование искусственного интеллекта в БАК ДРЛО позволит проводить в режиме реального времени мониторинг гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в акватории Северного морского морпути, повысить точность картографирования маршрутов ледоколов и судов, точность карт ледовой обстановки и суточной гидрометинформации, синоптического прогноза и гидрометбюллетеня.



Рис 28. Проект воздушной разведки на трассе Севморпути ЗАО ЦНИИ «Волна»

Мониторинг гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в акватории Северного морского пути с применением беспилотных авиационных комплексов, является актуальной задачей. БАК ДРЛО имеет возможность осуществлять геофизический мониторинг по всей протяженности Северного морского пути, производить точное картографирование маршрутов для ледоколов и судов, при этом имеют возможность базирования на борту ледокола в качестве бортового ледового разведчика¹⁰⁰.

Работы по изучению природы Арктики с помощью данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и БПЛА ведут в лаборатории аэрокосмических методов географического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (МГУ). Проект «Методология оценки состояния и динамики наземных экосистем Арктики в условиях антропогенного воздействия по данным ДЗЗ» выполняется при грантовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Работа ведется с лета 2018 г. и завершается в 2021 г. На примере центральной части Кольского полуострова (Мурманская область) впервые в РФ разработана методика изучения продуктивности лесов в ответ на изменение климата, характер и степень деятельности человека на основе использования различных космических снимков и

⁹⁹ Бесчеловечная война [Электронный ресурс] // Российская газета - Федеральный выпуск №57(8111). - 17.03.2020. - URL: <https://rg.ru/2020/03/17/konstruktor-nikolaj-dolzhnikov-rasskazal-o-besplotnikah-budushchego.html>

¹⁰⁰ Проект воздушной разведки на трассе Севморпути ЗАО ЦНИИ «Волна» [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей - Арктика. - 07.06.2018 - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/proekt-vozdushnoj-razvedki-na-trasse-sevmorputi-zao-cznii-%C2%ABvolna%C2%BB.html>

снимков с БВС¹⁰¹.

В результате выполнения проекта опытным путем устанавливается ряд характеристик для мониторинга арктического климата и экологии, среди которых: проанализировать ареалы загрязнения снежного покрова и их динамику для модельных арктических территорий в районах промышленного освоения; оценить вклад техногенного загрязнения снежного покрова в энергетический баланс его поверхности; составить карты современного состояния и динамики растительного покрова в сфере техногенного воздействия; разработать комплекс методов использования современных радиолокационных данных для тематического картографирования наземных экосистем Арктики.

В 2018 г. концерн «Радиотехнические и информационные системы» (РТИ) разработал и успешно провел наземные испытания бортового радиолокационного комплекса (БРЛК), который может применяться для ледовой разведки в режиме реального времени в Арктике на БВС¹⁰². Он способен определять уровень сплоченности, тип и траекторию движения льдов, а также исследовать метеорологическую обстановку. Актуальность разработки связана с тем, что в России нет серийных комплексов, способных вести оперативную разведку ледовых полей и мониторинг дрейфа айсбергов. По этой причине страдает эффективность поисково-спасательных операций, недостаточно полно обеспечивается выполнение геологоразведочных работ и снижается безопасность судоходства на арктических маршрутах. Радар способен оценивать толщину льда на пути движения судов, оказывать информационную поддержку спасательным операциям и проводить экологический мониторинг арктического шельфа. Комплекс для БПЛА работает с использованием реконфигурируемых двух-диапазонных (Р и Х) длин волн. Однако в зависимости от требований заказчика комплекс можно с лёгкостью «перевести» под нужды других типов воздушных носителей. Основной отличительной особенностью новейшего радиолокационного комплекса является модульная архитектура и колоссальная ремонтпригодность. Компоненты расположены максимально плотно, что позволило добиться уникального соотношения массогабаритных характеристик и снизить потребляемую мощность. Такие особенности позволяют установить комплекс на самолёты разных классов, в том числе БПЛА типа «Орион» и «Альтиус», а также на другие сверхлёгкие модификации беспилотников отечественного производства¹⁰³.

Беспилотный комплекс ZALA Arctic концерна «Калашников» предназначен для круглогодичного мониторинга окружающей среды, обнаружения и идентификации судов на расстоянии до 100 км. В воздухе он может находиться около 4 ч и выполнять задачи при скорости ветра 25 м/с при температуре до -50°C. Помимо ГЛОНАСС и GPS, БВС имеет собственную навигационную систему GIRSAM. С его помощью, можно проводить исследования климата, снега и льда, замерять толщину ледяного покрова на земле и воде, определять температуру, скорость и направление течений и уровень загрязнения, отслеживать количество моржей, птиц или белых медведей¹⁰⁴.

В августе 2020 г. в Арктике стартовала работа по созданию системы мониторинга белого медведя. Тестовые авиаучеты проводились с борта самолета-амфибии Ла-8. Один из методов учета - изучение космических снимков и поиск на белом фоне льдов медведей. Однако ученые уверены, что необходимы наземные, наледные, наснежные исследования, а также мониторинговые облеты с использованием БВС с применением тепловизоров, блистеров, специальных фото- и видеокамер, обеспечивающих съемку с малых высот¹⁰⁵.

Эксперты считают, что самой перспективной технологией мониторинга морских млекопитающих в Арктике следующего поколения является использование БВС, бортовое радиоэлектронное оборудование которых управляется дистанционно лицензированными пилотами

¹⁰¹ Т.Матвеева. Новые методики изучения природы Арктики с помощью космоснимков и данных с беспилотников разработали на географическом факультете МГУ [Электронный ресурс] // Научная Россия. - 14.04.2020. - URL: <https://scientificrussia.ru/articles/copy-of-novye-metodiki-izucheniya-prirody-arktiki-s-pomoshchyu-kosmosnimkov-i-dannyh-s-bespilotnikov-razrabotali-na-geograficheskoy-fakultete-mgu>

¹⁰² В России разработали радар для арктических беспилотников [Электронный ресурс] // 17.09.2018. - URL: <https://ria.ru/20180917/1528670863.html>

¹⁰³ Освоение Арктики: в РФ представили уникальный радиолокационный комплекс для БПЛА [Электронный ресурс] // Newsland. - 22.12.2018. - URL: <https://newsland.com/user/4297850201/content/osvoenie-arktiki-v-rf-predstavili-unikalnyi-radiolokatsionnyi-kompleks-dlia-bpla/6592973>

¹⁰⁴ М. Майоров. Беспилотные технологии в Арктике [Электронный ресурс] // Экспертный центр ПОПА. - 04.07.2020. - URL: <https://goartic.ru/work/bespilotnye-tehnologii-v-arktike/>

¹⁰⁵ Как и зачем учёные собираются считать белых медведей — хозяев Арктики [Электронный ресурс] // МИА «Россия сегодня». - 01.08.2020. - URL: <https://ru.arctic.ru/analytic/20200801/958418.html>

из наземных центров управления полётами¹⁰⁶.

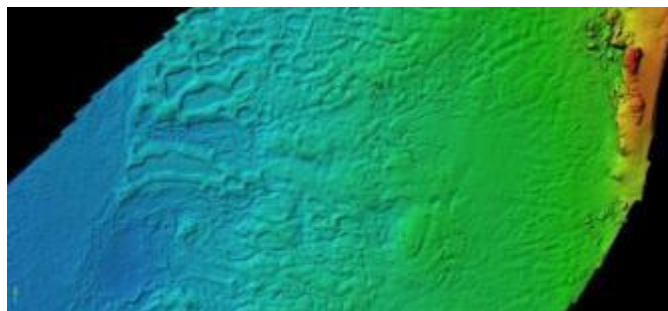


Рис 29. Цифровая модель рельефа, созданная на основе материалов съемки с БВС

Применение БВС позволяет получать информацию с таких мест, куда добраться невозможно. С помощью БВС с видеокамерой 4К можно зафиксировать количество яиц в гнездах арктических птиц, расположенных на высоких берегах, недоступных для обследования с земли, проконтролировать количество вылупившихся птенцов для определения популяции¹⁰⁷. За популяцией редких арктических животных при подсчете может следить БВС Phantom компании DJI. Особенность БВС в том, что они способны следовать за намеченной целью, облетая при этом сторонние объекты на пути. Бот развивает скорость до 70 км/ч и летает до 30 мин. В России уже существуют аналоги такого аппарата.

В Арктической зоне РФ особенно острой является проблема метеорологического обеспечения полетов, в т.ч. и самих БАС. Специальная наземная инфраструктура отсутствует. Но с увеличением грузоподъемности, дальности и времени полёта БВС появляется всё больше возможностей их использования в метеорологии. Список вариантов применения можно расширять бесконечно: сбор информации о температуре, влажности, скорости и направлении ветра, осадках, газовом составе и наличии загрязнений, физических и химических процессах в атмосфере, положении атмосферных фронтов и состоянии озонового слоя. Для этих целей лётная платформа БВС оборудуется телевизионной, тепловизионной или мультиспектральной камерами, анемометрами, барометрами и другими чувствительными приборами, а передатчик GPS в реальном времени транслирует оператору информацию с данными о координатах и высоте. На высотах в пределах дальности полёта возможен забор проб воздуха. Все эти данные при последующей обработке могут использоваться для моделирования погоды, изучения нижних слоёв атмосферы и природных явлений. Отдельный важный пункт — наблюдение и прогнозирование погоды в аэропортах и на космодромах. Изучение природных явлений — ураганов, — становится возможным благодаря увеличенной мощности БВС, возможности дистанционного управления без прямого видения и прямой трансляции видео и фото оператору. Другое перспективное прикладное направление — управление погодой и «засев облаков» йодистым серебром. Использование БВС значительно снижает затраты по сравнению с пилотируемой авиацией. Изучение ледников, лесов и водоёмов также не составляет труда для таких приборов. Тем более удобным становится наблюдение за морскими течениями при условии наличия тепловизора на борту.

БВС, оснащенные метеорологическими датчиками, уже помогают предсказывать погоду. Такой проект разрабатывали ученые Томской области в 2015 г. Устройства делают замеры и передают данные на обсчёт, после чего математическая модель выстраивает профили атмосферы. Система способна на создание как традиционных прогнозов погоды, так и краткосрочных, например, для аэропортовых служб¹⁰⁸. О применении системы в массовом порядке неизвестно, однако о внедрении аналогичных по назначению комплексов неоднократно говорилось в отечественных и зарубежных источниках.

¹⁰⁶ Добыча в Арктике. Технологии для обеспечения безопасности и бесперебойности промышленных операций [Электронный ресурс] // 13.08.2012. - URL: <https://pro-arctic.ru/13/08/2012/technology/185>

¹⁰⁷ Н.Аллилуева. Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Технологии защиты. - 2015. - №6. - URL: <http://www.tzmagazine.ru/jpage.php?uid1=1348&uid2=1474&uid3=1479>

¹⁰⁸ Томским метеорологам в работе помогут роботы-дроны [Электронный ресурс] // ИА «Омск Здесь». - 13.04.2015. - URL: <https://omskzdes.ru/society/31239.html>

Для проведения метеонаблюдений также создана портативная электронная метеостанция, устанавливаемая на платформе БВС, предназначенная для контактных измерений вертикальных профилей температуры воздуха, влажности воздуха и атмосферного давления. Измерения текущих значений метеорологических величин могут производиться как на этапе вертикального подъема БВС, так и на этапе его спуска в диапазоне высот атмосферного пограничного слоя от 0 м до 2000 м с пространственным разрешением до 25 м в режиме реального времени. Предусмотрен режим измерения в отдельных «точках зависания» БВС, задаваемых оператором. Информация об измеренных значениях метеорологических величин передается в наземный модуль по каналу радиосвязи в режиме реального времени. Вычисления средних, максимальных и минимальных значений метеорологических характеристик за заданный временной интервал производится в наземном модуле. Кроме того, портативная электронная метеостанция на БВС может выступать в качестве высотного модуля для реализации трассового метода измерений ветровых характеристик и температуры воздуха. Тип используемого БВС - коптер - определяется исходя из ряда критериев: стоимость, грузоподъемность, допустимая высота полета, длительность полета, обеспеченность навигационным оборудованием, допустимая максимальная скорость бокового ветра. Наиболее оптимальным оказался гексакоптер DJI S900 с диапазоном применения от +50°C до -50°C¹⁰⁹.

Таким образом, беспилотная авиация предоставляет новые методы исследования для прикладной и теоретической метеорологии. Оперативность сбора информации способствует качеству моделирования погоды, а относительная дешевизна и простота метода в совокупности с мобильностью открывают новые возможности для изучения атмосферы¹¹⁰.

2.4. МОНИТОРИНГ, ИНСПЕКТИРОВАНИЕ И РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

Развитой в Арктике отраслью применения БВС является промышленный мониторинг, особенно трубопроводов, ведь в силу нормативно-правовых барьеров БВС находятся в полете на значительном расстоянии от населенных пунктов и не представляют опасности для окружающих.

Внеплановые и аварийные осмотры и мониторинги производят при возникновении ряда условий, вызванных повреждениями: порывы, гололедно-изморозевые отложения, интенсивный туман, мокрый снег, пожары, сильные ветер и морозы, вскрытие рек и т.д. Преимуществами использования БАС в сфере мониторинга объектов являются:

- оперативность. БАС обеспечивает выигрыш в скорости осмотра, по сравнению с традиционными методами обследования, в т.ч. с земли;
- объективность. Снижается роль человеческого фактора, после осмотра остаются документы в виде фото- и видеоматериалов;
- качество. Полученные материалы имеют высокое разрешение и геопривязку;
- безопасность. Использование БАС вместо персонала снижает вероятность несчастных случаев;
- экономия. Для обследования объектов мониторинга достаточно команды из 2 чел, которые при необходимости могут обследовать до 200 км в день¹¹¹.

¹⁰⁹ Портативные автоматические метеостанции на платформе БПЛА [Электронный ресурс] // Сибаналитприбор. - URL: <http://meteosap.ru/development/bpla/> (дата обращения: 11.02.2021)

¹¹⁰ Метеорология [Электронный ресурс] // Беспилотные системы. - URL: <https://unmannedsystems.ru/examples/meteorologija/> (дата обращения: 01.12.2020)

¹¹¹ К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ. - 2018. - URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>



Рис 30. Дрон инспектирует трубопровод в Арктике¹¹²

Чтобы расширить область применения БВС в Арктике создается первая в мире система управления дронами. Такое решение было принято по итогам стратегической сессии «Беспилотный авиатрафик: от Крайнего Севера к городам», прошедшей в рамках «Транспортной недели - 2019», состоявшейся в ноябре в Москве. В обсуждении плана системы приняли участие представители министерств и ряда российских компаний. Новые проекты позволят проводить мониторинг нефтепроводов и грузовых перевозок в Арктической зоне РФ. К их реализации будут привлечены разработчики аэронавигационных систем и сервисов, БВС и сервисов на их основе, антидроновых систем, будущих крупных потребителей услуг в Арктике и регуляторов отрасли. Тестирование планируется в режиме «регулятивной песочницы» на территориях, где потенциальные риски применения дронов минимальны. В первую очередь, это арктические малонаселенные регионы. Основной спикер Форума - директор Департамента цифровой трансформации Министерства транспорта РФ Д.В. Баканов подчеркнул, что «ведомство заинтересовано в инициативах бизнеса по разработке отечественных технологий, систем и услуг управления трафиком беспилотных воздушных судов и защиты наземных и воздушных объектов»¹¹³.

В целях дальнейшего развития отрасли БАС, доведения техники до необходимых требований, отвечающих экстремальным условиям Северо-Востока РФ в 2017 г. было предложено обратиться к Правительству РФ о создании на территории Республики Саха (Якутия) специализированного полигона для испытания БВС всех типов. Большая территория Республики, малая заселенность, невысокая интенсивность полетов на малых воздушных линиях (МВЛ), нахождение в единой зоне ответственности регионального обслуживания воздушного движения способствует более широким и безопасным испытаниям дистанционно пилотируемых авиационных систем большой дальности и всепогодности¹¹⁴.

Одно из популярных коммерческих применений — автономная инспекция. Для этого используют промышленные дроны с тепловизорами. Они могут подлететь и посмотреть состояние линии электропередач, вышек связи телекоммуникационных компаний, газо- и нефтепроводов, строительных и других конструкций. В РФ уже решили задачу наведения камеры БВС на провод, что пилоту достаточно сложно сделать в движении¹¹⁵.

Для контроля над процессом строительства и добычи ископаемых дроны уже используют компании Brasfield&Gorrie, 3DRobotics, Airwave. В России разработкой дронов-инспекторов занимается стартап Traseair. В память устройства записывается строительный план, а после фотосъемки и анализа полученных данных аппарат выдает рекомендации по исправлению текущих ошибок либо подтверждает нормальный ход работ¹¹⁶.

Другая инновация представляет собой установку на борт БВС микрогазохроматографа, который позволяет проводить быстрый и качественный химический анализ атмосферы в прямом

¹¹² Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Testing In Prudhoe Bay, Alaska [Электронный ресурс] // Sumflows. - 10.04.2013. - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oRs2kaCcPCI>

¹¹³ Тестирование первой в мире системы управления дронами начнется в Арктике в 2020 году [Электронный ресурс] // Будущее России. Национальные проекты. - 21.11.2019. - URL: <https://futureussia.gov.ru/nacionalnye-proekty/testirovanie-pervoj-v-mire-sistemy-upravlenia-dronami-nacneta-v-arktike-v-2020-godu>

¹¹⁴ Н.А. Находкин, А.Н. Быков. Опыт применения БПЛА при производстве поисковых работ, воздушного мониторинга лесных и водных объектов в экстремальных физико-географических условиях Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: СПбГУ ГПС МЧС России. - 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>

¹¹⁵ А. Киреев. Беспилотное будущее: как тестируют дроны и почему они падают [Электронный ресурс] // Хайтек. - 27.07.2020. - URL: <https://hightech.fm/2020/07/27/drones-innopolis>

¹¹⁶ И.Попов. Беспилотники «рулят», или Почему за дронами будущее [Электронный ресурс] // vc.ru. - 19.02.2018. - URL: <https://vc.ru/flood/33549-bespilotniki-rulyat-ili-pochemu-za-dronami-budushchee>

смысле на лету, а система ИИ наносит на карту место изменения атмосферного воздуха, что дает возможность отследить промышленные выбросы или узнать их путь независимо от розы ветров, которая в последние годы подвержена в Арктике значительным изменениям. В качестве навесного оборудования для мониторинга используется и лазерный детектор утечек метана (ЛМС - серия)¹¹⁷.

Тяжелый БВС взлетной массой 5 т - разработка ОКБ «Сокол» (ОКБ им. Симонова, г.Казань). Аппарат практически полностью создан из российских комплектующих, что важно в условиях импортозамещения и разработан, в первую очередь, для мониторинга ситуации в Арктике¹¹⁸. Аппарат может быть двойного назначения. «Альтиус - М» разрабатывался на основе концепции «электрического самолета» и оснащен экономичными двигателями. Небольшой расход топлива позволит БПЛА находиться в воздухе более 2 суток. Дальность полета составит 10000 км, высота полета - до 12 км. БВС сможет с легкостью пересечь всю Арктику. К сожалению, в настоящее время проект не получил своего практического развития.

В ноябре 2017 г. компания «Совзонд» в г. Кировске Мурманской области на VII Международной конференции «Горнодобывающая промышленность Баренцева Евро-Арктического региона: взгляд в будущее» - «МГПК БЕАР - 2017» представила роботизированный комплекс SkyWatch. Автоматический комплекс воздушного мониторинга предназначен для наблюдения за объектами и территориями площадью до 100 км² и позволяет автоматически обслуживать летательные аппараты мультироторного типа. Использование БВС и специальной зарядной станции для получения актуальной информации является оптимальным решением для пространственно-распределенных и удаленных друг от друга объектов и территорий¹¹⁹.



Рис 31, 32. Автоматический комплекс воздушного мониторинга SkyWatch¹²⁰

На этапе опытно-промышленной эксплуатации находится сегмент воздушного мониторинга объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и электроэнергетики¹²¹. БВС находят все более широкое применение в нефтегазовом секторе Крайнего Севера и Арктики. Внедрение БВС в российской нефтегазовой отрасли уже ведется, и довольно успешно. Точкой отсчета использования БВС в мировом нефтегазовом секторе многие эксперты называют 2006 г., когда Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) выдало компании «BP» разрешение на использование дронов при работе на нефтяных месторождениях Аляски¹²².

В процессе мониторинга определяются возможные отклонения в эксплуатации промышленных объектов; оценивается соответствие нефтепроводов проектным параметрам; выполняются функции контроля состояния окружающей среды. Авиационный мониторинг объектов нефте- и газопроводов и других объектов нефтегазовой отрасли проводится, как правило,

¹¹⁷ Квадрокоптер с лазерным детектором газа [Электронный ресурс] // Пергам-Инжиниринг. - URL: https://www.pergam.ru/catalog/gas_leaks/gascopier.htm (дата обращения: 01.12.2020)

¹¹⁸ В России испытывают тяжелый беспилотник для Арктики [Электронный ресурс] // ПолитПазл. - 25.09.2015. - URL: <https://politpuzzle.ru/5876-v-rossii-ispytayut-tyazhelyj-bespilotnik-dlya-arktiki/>

¹¹⁹ Беспилотные технологии в Мурманске [Электронный ресурс] // Совзонд. - 21.11.2017. - URL: <https://sovzond.ru/press-center/news/corporate/3453/>

¹²⁰ SkyWatch – автоматизированный комплекс, предназначенный для обеспечения автономной работы БПЛА мультироторного типа // Совзонд. - URL: <https://sovzond.ru/products/equipment/skywatch> (дата обращения: 01.02.2021)

¹²¹ Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tehnologiy-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

¹²² А. Никаноров. Время летать. Беспилотные летательные аппараты в нефтяной отрасли [Электронный ресурс] // Сибирская нефть. - 2019. №163. - URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-july-august/3406691/>

не реже 1 раза в неделю. Использование для такого мониторинга БВС более эффективно и экономически оправдано. Применение новых технологий в области БПЛА способствует снижению потерь от утечек нефти, а также быстрому обнаружению и ликвидации аварий. Однако существующие конструкции БВС имеют ряд существенных недостатков:

- низкое аэродинамическое качество;
- малая продолжительность и недостаточная дальность полетов мультикоптеров;
- ограниченная транспортабельность крупных планеров;
- продолжительная подготовка оборудования к полету;
- затрудненные взлеты и посадки, особенно в сложных метеоусловиях¹²³.

Дрон может обследовать более 240 км трубопровода в день, что сопоставимо с экипажем вертолета, летный час которого стоит \$2500 (по ценам 2019 г.), работа дрона обходится в 6 раз дешевле. Эксплуатируют БВС как самолетного, так и коптерного типа «Газпром нефть», «ЛУКОЙЛ» и «Сургутнефтегаз» для мониторинга состояния нефтепроводов и объектов капитального строительства. С помощью БВС проводится аудит открытых складских площадок, изучается местность на ранних этапах разработки месторождения. «Газпром нефть» с 2014 г. использует БВС для контроля за нефтепроводами на месторождениях «Ноябрьскнефтегаза»¹²⁴. В ходе ежедневных полетов беспилотные аппараты пролетали по заранее заданному маршруту и в режиме онлайн передавали полученную информацию на пункт управления. Испытания показали высокую эффективность технологии, и БВС были приняты в промышленную эксплуатацию. Суммарное расстояние, которое преодолели БВС, курсирующие над месторождениями этого дочернего общества, составляет уже более 500 тыс км.



Рис 33. Сферы применения БВС в нефтяной отрасли¹²⁵

В 2019 г. в Губкинском университете создан БВС в виде диска. Особый профиль для крыльев аппарата в виде выпуклой линзы. Управление осуществляется с помощью передатчика, БВС может самостоятельно поддерживать зафиксированную высоту, лететь по цепочке заданных GPS координат. Минимальная скорость полета дископлана 15-20 км/ч, средняя 60-80 км/ч. Продержаться в воздухе он способен около 4 ч. Потеряв связь с передатчиком, дископлан автоматически возвращается в точку запуска. Летательный аппарат с дискообразным крылом является сложнейшим аэродинамическим устройством. Себестоимость модели ниже аналогов. На всех стадиях эксплуатации оборудования достаточного 1 квалифицированного специалиста, что актуально для условий Крайнего Севера. Научный коллектив университета под руководством И.Ю.Бабакина в течение 6 лет разрабатывал и исследовал поведение полета дископлана, проводил множество испытаний. Построено и испытано 7 типов дисколетов. Особенность дископлана в

¹²³ В Губкинском университете создан беспилотный летательный аппарат в виде диска // Губкинский университет. - 21 марта 2019. -

<https://www.gubkin.ru/news2/detail.php?ID=39045>

¹²⁴ Тяжесть беспилотника для российских нефтяников [Электронный ресурс] // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса. - 19.04.2019. - URL:

<https://nangs.org/news/technologies/tyazhesty-bespilotnika-dlya-rossiyskih-neftyanikov>

¹²⁵ А. Никаноров. Время летать. Беспилотные летательные аппараты в нефтяной отрасли [Электронный ресурс] // Сибирская нефть. - 2019. №163. - URL:

<https://www.gazprom-neft.ru/img/sibneft/163/32-big.png>

том, что он не срывается в штопор, Полевые испытания показали, что при порывистом ветре силой до 8 м/с дископлан ведет себя устойчиво. Его удобно перевозить с места на место, его крылья складываются и размер аппарата уменьшается вдвое. Помимо мониторинга местности и инфраструктуры, аэрофотосъёмки и поиска людей с помощью прикрепленной камеры, дископлана может доставлять небольшие грузы. Его вес – чуть меньше 3 кг и такая же полезная нагрузка¹²⁶.



Рис 34, 35. Дисколет Губкинского университета¹²⁷

Эксперты прогнозируют, что во многих сферах деятельности мониторинг средствами БВС постепенно заменит дорогостоящую авиацию и в некоторой части спутниковую группировку, поскольку БВС - транспорт намного более дешевый и оперативный, особенно в условиях частой облачности в регионах Арктической зоны РФ, а значит более эффективный, чем спутники. Группировки дронов с едиными центрами управления смогут контролировать в реальном времени северную инфраструктуру, города и заповедники, тысячекилометровые трубопроводы.



Рис 36. Комплекс БВС «Канатоход»¹²⁸

Для суровых арктических условий применим первый в мире БВС, который может совершать посадку на провод и которому при этом не требуется отключение энергоснабжения ЛЭП на время ремонтных работ. Комплексом можно управлять дистанционно из офиса, он полезен для оцифровки электросетей, ремонта мелких повреждений провода или троса и т.д. Комплекс «Канатоход», разработанный в екатеринбургской «Лаборатории будущего» (резидент IT-кластера «Сколково» и инновационное предприятие Уральского федерального университета) проходит тестирование и доработку¹²⁹.

Военно-промышленная комиссия при Правительстве РФ разработала программу

¹²⁶ В Губкинском университете создан беспилотный летательный аппарат в виде диска // Губкинский университет. - 21 марта 2019. -

<https://www.gubkin.ru/news2/detail.php?ID=39045>

¹²⁷ Инновационный беспилотный летательный аппарат с областью применения от южных широт до Арктики // г. Москва 04.02.2019.-

https://www.gubkin.ru/departaments/university_departments/DIaCS/download/prelises/2019/04-02-2019.pdf

¹²⁸ Свердловские ученые придумали первый в мире беспилотник, который может совершать посадку на провода [Электронный ресурс] // Уральский рабочий. - 27.12.2018. - URL: https://уральский-рабочий.рф/media/publications/f/2/f25c78b171d1824b6acf789517e91fc5_1152x_.jpg, фото Б.Ярков

¹²⁹ Свердловские ученые придумали первый в мире беспилотник, который может совершать посадку на провода [Электронный ресурс] // Уральский рабочий. - 27.12.2018. - URL: <https://уральский-рабочий.рф/news/item/23440>

«Инновационный транспорт Севера», в которой предусматривается мониторинг Крайнего Севера и Арктики с использованием беспилотных дирижаблей. Аппараты будут оснащены тепловизорами, лазерными датчиками, радиолокационными системами и системами видеонаблюдения. Проект предусматривает вышеописанные модели дирижаблей ДП-27 «Анюта» и присоединяемый аэростат ЭМАК. ВС предусмотрены для мониторинга нефтяных и газовых магистралей, но могут использоваться и для решения задач в условиях ЧС. Планируется к использованию для обеспечения непрерывного мониторинга арктических территорий РФ БВС большой продолжительности полета (до 24 ч) «Орион» компании «ТРАНЗАС»¹³⁰.

Практическое применение БАС реализуется рядом электросетевых компаний РФ. С использованием БВС проводится осмотр линий электропередач (ЛЭП), составляются поопорные схемы для обеспечения бесперебойной работы ЛЭП и качественного обслуживания потребителей¹³¹. Кроме повышения эффективности выполнения многих видов работ важным является и повышение безопасности человека. Использование БАС не только повышает уровень безопасности специалистов при полевых работах, но и повышает эффективность выполнения работ. Также применение БВС позволяет существенно увеличить оперативность мониторинга и сократить сроки проведения обследований и ремонтно-профилактических работ.

2.5. ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

Существующие технические средства БАС и технологии обработки геопространственных данных позволяют решать широкий спектр задач в этом направлении. Последнее десятилетие характеризуется системным увеличением доли аэрогеофизических работ в общей структуре геологоразведки, однако рост объемов аэрогеофизических съемок в РФ меньше среднего мирового уровня примерно в 5 раз. Одна из причин этого состоит в высокой стоимости эксплуатации носителей геофизических платформ (вертолеты Ми-8, Ка-26/226, самолеты Ан-24 /26/30, Ту-204 и др.), сложности привлечения авиационной инфраструктуры, наличие или создание специальных взлетно-посадочных площадок в районах проведения исследований и, как следствие, ограничение доступа широкого круга исследователей к этой технологии. В условиях Крайнего Севера и Арктики это наиболее проблематично.

Применение БВС в аэрогеофизике предоставляет следующие преимущества по сравнению с пилотируемыми носителями:

- снижение стоимости работ;
- возможность использования нового, ранее практически не используемого, высотного диапазона проведения геофизических съемок: от единиц до сотен м;
- возможность оперативного проведения разновысотной съемки на заданном маршруте;
- получение более подробной и качественной информации, необходимой для выделения малококонтрастных аномалий;
- отсутствие необходимости в специальных взлетно-посадочных площадках;
- обслуживание БВС не требует высококвалифицированного летного и технического персонала;
- возможность оснащения этой системой полевых отрядов и экспедиций, что позволит резко увеличить объемы и качество выполнения исследовательских работ.

Регистрация на борту БВС геофизических данных (съемка в оптическом и инфракрасном диапазонах, магнитная съемка, дистанционная электроразведка, гамма-спектрометрия) позволяет использовать эту систему для решения широкого круга геофизических задач, а также для наблюдения¹³².

На практике чаще всего БВС используют и для проведения дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Предпосылками применения БВС в качестве фотограмметрического инструмента

¹³⁰ Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. -2017. - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone>

¹³¹ К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ. - 2018. - URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>

¹³² М.И. Эпов, И.Н. Злыгостев. Применение беспилотных летательных аппаратов в аэрогеофизической разведке [Электронный ресурс] // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2012. - №3. - т.2. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-aerogeofizicheskoy-razvedke>

являются недостатки традиционных способов получения данных ДЗЗ с помощью космических спутников (космическая съемка) и пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка самолетами и вертолетами). Данные спутниковой съемки позволяют получить снимки с максимальным общедоступным разрешением не более 0,5 м, что недостаточно для крупномасштабного картирования. Традиционная аэрофотосъемка, которая проводится с помощью пилотируемых самолетов, требует высоких экономических затрат на экипажи, обслуживание и топливо, что приводит к повышению стоимости конечной продукции¹³³.

Для получения пространственных данных, с целью составления и оформления карт, широко используются БПЛА. Это обусловлено многофункциональностью дронов, а также очевидной финансовой выгодой. Многие компании готовы содержать целый флот для оперативного выполнения различных задач¹³⁴. БПЛА является эффективным инструментом проведения аэрофотосъемки, доступным и надёжной альтернативой классической пилотируемой технике.

Назначение аэрофотосъемки с БВС подразделяется на следующие виды:

- фотосъемка: проведение аэрофотосъемки, создание ортофотопланов для обнаружения, дешифрирования объектов, создания картографических материалов, формирование цифровых моделей местности, мониторинг объектов наземной инфраструктуры;

- гиперспектральная съемка: идентификация объектов и получение данных об их физико-химических свойствах, определение состояния и видов растительности, определение состояния и породного состава лесного фонда, создание гиперспектральных 3D-моделей местности;

- тепловизионная съемка: поиск и обнаружение людей и объектов, мониторинг и учет животных, определение тепловых утечек на объектах инфраструктуры, определение абсолютной температуры объектов, составление тепловых карт и тепловых моделей местности;

- лазерное сканирование: составление высокоточных цифровых моделей местности и рельефа, мониторинг и контроль темпов строительства, изменений на территории;

- магнитометрическая съемка: геологическая профильная разведка, составление магнитометрических карт для определения типов залегаемых пород.

Аэросъемка с БВС дает возможность получения пространственных данных высочайшего качества с разрешением до 10 см.¹³⁵

Геодезические исследования в Арктике проводятся по таким же технологиям как и в других регионах РФ, но с учетом особенностей территории, в частности:

- на этапе проектирования автомобильных и железных дорог, аэродромов, особенно в условиях растепления и подвижек грунтов;

- на этапе проектирования строительства жилых и общественных зданий, инженерных сооружений, предназначенных для эксплуатации в сверхнизких температурах и агрессивной климатической среде;

- при выполнении работ по землеустройству и межеванию, в зимний период провести которые на местности практически невозможно, в связи со снежным покровом;

- при выполнении поисковых работ и нанесения на топоплан различных инженерных коммуникаций: водопроводов, канализационных и электрических сетей, установленных на конструкциях, приспособленных к вечной мерзлоте;

- съемка фасадов зданий, в т.ч. при подготовительных работах по реновации, реконструированию и капитальному ремонту сооружений¹³⁶.

Отметим, что одним из мировых лидеров в этом сегменте является китайская компания DJI, дроны которой работают и в Заполярье.

В 2015 г. ученые Омского государственного технического университета (ОмГТУ, ОКБ «Малые беспилотные аппараты») создали БВС для работы в экстремальных условиях Арктики.

¹³³ О.Н. Зинченко. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) [Электронный ресурс] // Ракурс. - 2011. - <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/uav-for-mapping-1/>

¹³⁴ Картографирование с БПЛА — преимущества и сферы применения [Электронный ресурс] // AEROMOTUS.- 25.09.2019. - URL: <https://aeromotus.ru/kartografirovanie-s-bpla-preimushhestva-i-sfery-primeneniya/>

¹³⁵ Аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Совзонд. - URL: https://sovzond.ru/services/aerophotography/aerofoto_bpla/ (дата обращения: 11.12.2020)

¹³⁶ А. Семенов. Летящие платформы и программное обеспечение DJI для геодезических исследований [Электронный ресурс] // DJI Blog. - 06.09.2019. - URL: <https://dji-blog.ru/naznachenie/letajushhie-platforny-i-programmnoe-obespechenie-dji-dlja-geodezicheskikh-issledovanij.html>

Это БПЛА третьего поколения «Взор», который может работать при температуре от -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$, ветре - до 15 м/с, в снег и дождь. По характеристикам беспилотник ПП-50 в разы превосходит созданные в 2011-2013 гг. ПП-40 и ПП-45, работающие в геофизических и географических организациях. Радиус действия увеличен в 4 раза - до 100 км, полетное время - в два раза (до 3,5 ч), потолок полета - в пять раз (до 5 км), скорость - с 80 до 120 км/ч. Продолжительность нахождения самолета в воздухе достигает 6 ч. Сложная система автопилотирования полностью отечественного производства. Гиросtabilизированная платформа «Взора» устойчиво держит под 10-30-кратным «прицелом» любые объекты на поверхности земли, а сама оптика позволяет обозревать всю нижнюю полусферу под БПЛА. БВС ПП-50 вызвал большой интерес представителей «Газпрома» и работающих на Севере нефтяных корпораций. Его характеристиками заинтересовались в Министерстве обороны РФ¹³⁷.



Рис 37. БПЛА «Взор» для Арктической зоны РФ¹³⁸

В 2016 г. ОмГТУ представил аппаратно-программные комплексы для мониторинга окружающей среды и технических объектов на базе беспилотных летательных аппаратов. Аппаратно-программный комплекс на базе малого БВС предназначен для выполнения цифровой аэрофотосъемки локальных участков местности, видеонаблюдения, осуществление видеосъемки высокого разрешения Full HD. Основные технические характеристики фотоплатформы:

- устанавливаемые камеры Sony, Pentax, Canon, Olympus, Panasonic, FujiFilm;
- общий угол захвата – $75-95^{\circ}$;
- вес фотоплатформы – 500-600 г;
- скорость съемки – 2-3 с;
- разрешающая способность снимков на местности – 0,05-0,10 м;
- масштаб создаваемого ортофотоплана – 1:1000-1:2000.

¹³⁷ В России создали работающий в экстремальных условиях Арктики беспилотник [Электронный ресурс] // Взгляд. - 13.10.2015. - URL: <https://vz.ru/news/2015/10/13/772037.html>

¹³⁸ Ученые создали беспилотник, который работает при низких температурах [Электронный ресурс] // The Arctic. - 13.10.2015. - URL: <https://ru.arctic.ru/infrastructure/20151013/190334.html>



Рис 38. БВС Омского государственного технического университета

Изготовление планера БВС осуществляется с применением современной технологии 3D конструирования, новейших композиционных материалов на основе кевларовых сот и углепластиков с удобным размещением различного оборудования. Экономичные электрические силовые установки (электродвигатели, аккумуляторные батареи Li-Po, Li-Fe, топливные электроэлементы) обеспечивают продолжительный полет. Полезная нагрузка – до 0,3 кг на 1 кг взлетного веса. Мощность силовой установки – до 0,3 кВт на 1 кг взлетного веса. Существует модификация специального «северного» исполнения ПП-45 «Artic Line». Основные заказчики – компании с распределенной на больших площадях протяженной инфраструктурой, в т.ч. территориях Севера, Сибири, Дальнего Востока: ПАО «Газпром», АК «АЛРОСА» (ПАО) и др.¹³⁹

Создание карт с применением лидара (активный дальномер оптического диапазона) и фотограмметрических систем, установленных на БВС, становится все более распространенным явлением¹⁴⁰.

Специалисты Фонда перспективных исследований (ФПИ) ведут работы по созданию БВС для использования в Арктике, которые смогут находиться в воздухе непрерывно до 4 суток. БВС повышенной автономности с системой искусственного интеллекта должен обеспечить выполнение функциональных задач в беспосадочном полете на высоких широтах¹⁴¹. БВС планируется использовать для мониторинга территорий, а также картографирования.

Дистанционные методы сканирования с БВС при поиске и оценке залежей углеводородов дают возможность наиболее точно отображать на картах контуры предполагаемых залежей, вплоть до выявления точек, где заложение поисково-оценочных и разведочных скважин будет наиболее эффективным. Для разработки арктического шельфа решение задачи поиска месторождений таким способом видится наиболее выгодным.

На шельфе БПЛА будут востребованными в горнодобывающей отрасли. Это обусловлено возможностью получения качественных снимков в режиме реального времени. Их можно использовать в самых разных аспектах: при добыче, взрывных работах, при планировании и разведке.

В связи с отсутствием массового спроса на профессиональные аппараты стоимость БВС и издержки в процессе их эксплуатации в настоящее время довольно высоки. Так, аппарат для магнитного исследования в геологоразведке стоит порядка 30 тыс долларов США. К нему

¹³⁹ Инновационные беспилотные летательные аппараты и технологии для компаний и регионов Севера [Электронный ресурс] // Сводный каталог Промышленная и научно-техническая продукция Сибирского федерального округа для Арктической зоны и Крайнего Севера. Том 1. Высокотехнологичная машиностроительная продукция. Рабочая группа по развитию сотрудничества организаций Сибири в сфере производства и поставок продукции для арктических нужд при полномочном представителе Президента Российской Федерации в Сибирском федеральном округе 2016. - URL: <https://media.rssp.ru/document/1/e/6/e6b953349fc694101c600427c0dc10b2.pdf>

¹⁴⁰ Картография по беспилотникам: фотограмметрия и лидары [Электронный ресурс] // SoftLine direct. - 03.05.2018. - URL: <https://slddigital.com/article/Nashi-proekty-po-kiberbezopasnosti/>

¹⁴¹ Специалисты ФПИ создадут беспилотник для Арктики с длительностью полета до четырех суток [Электронный ресурс] // ТАСС Наука. - 21.01.2019. - URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/6021742>

необходимы датчики стоимостью по 5 тыс долларов США, в статьи расходов входят стоимость расходных материалов, зарплата пилота-оператора. Но даже такие затраты выглядят вменяемыми для нефтяных компаний, особенно в сравнении с использованием самолетов или вертолетов с экипажами.

Мультикоптеры нано- и микрокласса могут быть успешно использованы для съемки малых по площади объектов с небольших (до 500 м) высот. Фотоматериалы такой съемки имеют высокое метрическое качество и удовлетворяют требованиям, предъявляемым для решения задач тематического картографирования.

БВС могут заменить ручной труд при выполнении опасных и монотонных операций в маркшейдерском деле и геодезии. Они более универсальны и рентабельны, чем вертолеты. Также они быстрее, ими легче управлять.

Существует четыре области применения аппаратов при добыче открытым способом: планирование, добыча, охрана окружающей среды и отчетность. Область применения дронов при производстве геологоразведочных работ варьируется от предоставления данных, позволяющих выполнить расчет ресурсов полезных ископаемых, составить обзорную карту района добычи, до управления работами. БВС могут быть оснащены дополнительной аппаратурой для доставки запасных частей или забора образцов почвы для анализа месторождения.



Рис 39. Схема технологии использования БВС на карьере

С использованием БАС можно решить целый ряд исследовательских задач, таких как изучение динамики проветривания карьеров после взрывных работ, дистанционное картирование систем трещин на уступах карьера с целью анализа устойчивости его бортов. Помимо съемки в визуальном диапазоне возможно применение мультиспектральных сенсоров для решения таких задач, как поиск полезных ископаемых, анализ состава пород уже открытых месторождений¹⁴².

Выполнение топографической съемки состоит из следующих этапов¹⁴³:

1. Подготовительные работы. Создание и координирование опознавательных знаков на земной поверхности в контуре выполнения съемки. Знак должен иметь простую, крестообразную конструкцию, размеры зависят от высоты полета БВС. Цвет и размеры опознавательного знака рассчитываются так, чтобы на темной поверхности он был ярких тонов. Опознавательные знаки расставляются таким образом, чтобы их покрытие было равномерным по всему периметру границы съемки. Измерение координат опознавательных знаков производится при помощи глобальных СНС-приемников относительным методом спутникового позиционирования. Базовая станция устанавливается в непосредственной близости к участку проведения работ. В случае, если съемка производится зимой, цвет и размер знаков менее важны, т.к. они располагаются на снежном или ледовом покрове. В соответствии с требованиями отраслевых инструкций, для получения топографического плана масштаба 1:1000 необходима фотооснова, имеющая разрешение 15 см/пикс и имеющая погрешность определения координат в каждой точке не выше

¹⁴² Оника С.Г., Куликовская О.Е., Атаманенко Ю.Ю. Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии // Горная механика и машиностроение. - 2018. - №2. - с.15-21

¹⁴³ Л.Н. Попова. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2016. — № 24 (128). — С. 105-108. — URL: <https://moluch.ru/archive/128/35313/> (дата обращения: 18.02.2021)

60 см.

2. Выполнение полетов. Съемка выполняется по заранее заданным маршрутам с проектными перекрытиями 60% и 40%. Цифровая фотокамера подвергается процедуре фотограмметрической калибровки, в результате которой определяются элементы внутреннего ориентирования фотокамеры и параметры фотограмметрической дисторсии объектива. Снимки получают в форматах RAW и JPEG. В зависимости от выполняемых задач устанавливаются: фотокамеру (от 12 мегапикселей) с различными объективами; тепловизор; высокоточный GPS приемник; лазерный дальномер с разрешением не менее 1 м.; фотовспышка для ночной съемки; иная полезная нагрузка.

3. Обработка полученных результатов производится при помощи специального программного обеспечения.

В качестве примера использования БВС можно привести практическую работу по получению топографического плана масштаба 1:1000 административной территории с. Усть-Миль Усть-Майского улуса площадью 90 Га в Республике Саха (Якутия). По характеру рельефа территория относится к горному типу речных долин. Были произведены наземная съемка методами тахеометрии, горизонтальной и вертикальной съемки с помощью электронного тахеометра; аэрофотосъемка, производимая БПЛА «Птеро-Е4» массой 5,3 кг разработки компании «АФМ-Серверс» с дальнейшей его фотограмметрической обработкой на комплексе PHOTOMOD GeoMosaic. Общее количество дней при выполнении работ путем наземной съемки местности составила 33 дня, а при выполнении работ путем аэрофотосъемки с помощью БВС — 17 дней. Поэтому, в связи с коротким сезоном съемочных работ (примерно 100 дней) и со сложной транспортной обстановкой для районов Арктики и Крайнего Севера следует использовать новейшие технологии. «Традиционные» методы инструментальной съемки с использованием электронных тахеометров зачастую занимают продолжительное время и связаны со значительными издержками. На практике подтверждено, что работы с помощью БВС по сравнению с наземной съемкой выполняются вдвое быстрее, однако, это зависит от площади земной поверхности.

Важнейшее достоинство использования БВС состоит в том, что получаемые цифровые картографические материалы являются актуальными на момент съемки и не несут устаревшую информацию, как при использовании традиционных методов¹⁴⁴.

2.6. ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

В настоящее время для доставки грузов в регионы Арктической зоны и Крайнего Севера альтернативы привлечению вертолетной техники не существует. При этом перевозки пилотируемым воздушным транспортом дороги и малодоступны. Процессы создания и эксплуатации транспортных БВС, в связи с отсутствием на борту экипажа и пассажиров, значительно отличаются от классической пилотируемой авиации. Отсутствуют жесткие требования по теплоизоляции и герметизации, поддержанию комфортной температуры и влажности. Применяются иные нормативы по допустимым нормам для конструкции летательного аппарата по перегрузкам, маневрам и вибрациям.

Эксперты прогнозируют, что к 2030 г. доля грузовых перевозок с использованием БВС должна вырасти до 9%. Сейчас эта доля, по некоторым оценкам, меньше 1%¹⁴⁵.

Освоение Арктики происходит в тяжелых климатических условиях при низких температурах, на вечной мерзлоте, при длительной полярной ночи. Это требует наличия разнообразных технических и материальных средств и значительных капитальных вложений. Известно, что работа в условиях Крайнего Севера требует от работающих специалистов значительного напряжения сил, знаний, умения и крепкого здоровья. Завоз тяжелой техники и других материально-технических средств для создания технических баз и строительства мест для

¹⁴⁴ Л.Н. Попова. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2016. — № 24 (128). — С. 105-108. — URL: <https://moluch.ru/archive/128/35313/> (дата обращения: 18.02.2021)

¹⁴⁵ Воздушные трассы дронов появятся в Арктике и на Дальнем Востоке [Электронный ресурс] // Московский комсомолец. - 20.10.2018. - URL: <https://www.mk.ru/economics/2018/10/20/vozdushnye-trassy-dronov-poyavyatsya-v-arktike-i-na-dalнем-vostoke.html>

проживания специалистов, а также для поддержания эксплуатации техники и жизнеобеспечения людей, осуществляется морским и речным транспортом, тяжелой транспортной авиацией и в будущем, возможно, будет выполняться с помощью экранопланов и дирижаблей. Для доставки «легких» грузов на месте применяются вертолеты и легкие транспортные самолеты со своими достоинствами и недостатками. Для их эксплуатации необходим наличие достаточного количества ВС и экипажей, выполнение требований по безопасности полетов, выполнение условий погодного минимума, штатное техническое обслуживание, наличие пригодных взлетно-посадочных полос (ВПП). Значительная дороговизна эксплуатации таких ВС и их сомнительная эффективность требует принятия мер для улучшения положения, поскольку работа в арктических условиях будет продолжаться долго и с нарастанием объема. Данную задачу логично решить применением транспортных БВС различной грузоподъемности, лишенных многих недостатков современных пилотируемых ВС. Массовых отечественных транспортных БВС нет. На Западе, учитывая большую плотность населения, наличие автодорог и изобилие автомашин, такие транспортные БВС не нужны.

Необходимость в создании отечественных транспортных БВС вызвана сложностью в поддержании исправности (летней годности) самолетов и вертолетов, трудностью техобслуживания из-за отсутствия ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности), дороговизны авиационного топлива и иных горюче-смазочных материалов (ГСМ), изношенности бортового оборудования, низкого уровня остаточного ресурса двигателей и завершения в ближайшее время выработки ресурса и срока службы у действующего парка самолетов и вертолетов. Особое место занимает недостаток квалифицированных пилотов и технических кадров для техобслуживания. В связи с этим необходимо находить другие способы решения задач, стоящих перед авиацией для выполнения транспортных перевозок менее затратных и более эффективных. Все это вызывает особый интерес к оценке возможности применения транспортных БВС различной грузоподъемности, дальности полета, технической оснащенности для их использования в грузоперевозках.

Потребность в транспортных БВС в России есть: у военных, специалистов, занятых освоением Крайнего Севера, моряков для освоения Северного морского пути, служб МЧС, специалистов лесного хозяйства, геологов, метеорологов, нефтяников на морских платформах. Причина тому – прогресс освоения северных территорий РФ, при отсутствии дорог для автотранспорта, огромная площадь освоения нефтяных и газовых месторождений, поддержание и развитие лесного хозяйства и др.¹⁴⁶

В сентябре 2017 г. компания «Газпром нефть» впервые осуществила доставку груза на удаленное месторождение с помощью беспилотного летательного аппарата. Проект был реализован совместно со специалистами компаний «Газпромнефть-Снабжение» и «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» при поддержке научно-производственного предприятия «Радар ММС». БПЛА массой 37 кг доставил груз весом 4,5 кг на Пограничное месторождение «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаза». Воздушное судно взлетело с центральной базы предприятия в г. Ноябрьске и преодолело 40 км до цели всего за 42 мин. Средняя скорость полета составила около 40 км/ч. Испытания подтвердили возможность использования БВС для доставки грузов на отдаленные производственные площадки, где в весенне-осенний период отсутствует наземное сообщение, а также в случаях, когда использование вертолетной техники экономически нецелесообразно. Проект использования беспилотных летательных аппаратов для доставки грузов был разработан и реализован в рамках программы технологического развития «Газпром нефти». В зимний период 2017-2018 гг. в активах компании продолжились испытания БПЛА вертолетного типа, а также роторных воздушных судов¹⁴⁷.

¹⁴⁶ О.В. Скуднева. Безальтернативность беспилотных летательных аппаратов в реалиях современной геополитики [Электронный ресурс] // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XIX международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук; Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет. СПб: 2018. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36836215>

¹⁴⁷ «Газпром нефть» впервые использовала беспилотный летательный аппарат для доставки груза на месторождение [Электронный ресурс] // Газпром нефть. - 22.09.2017. - URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-vpervye-ispolzovala-bespilotnyy-letatelnyy-apparat-dlya-dostavki-gruza-na-mestorozhdenie/>



Рис 40. БВС «БРИЗ» компании «Газпром нефть»

В 2018 г. КБ «Ильюшин» и фирма «Кронштадт» договорились о проработке тяжелого военно-транспортного БВС на базе существующих проектов. Новые самолеты будут выполнять задачи транспортных летательных аппаратов в самых экстремальных условиях в полностью автоматическом режиме. «Кронштадт» готовит электронную систему, обеспечивающую беспилотную работу, а КБ «Ильюшин» внедрит электронику в свои проекты. Выбор платформы для тяжелого транспортного БВС будет выполняться по целому ряду критериев, в т.ч. по грузоподъемности, ЛТХ и эксплуатационным характеристикам. Самолет будет обеспечивать доставку широкой номенклатуры грузов, сможет совершать посадку на слабо оборудованные и необорудованные в радиотехническом отношении грунтовые аэродромы. БВС могут использоваться и в гражданском варианте. В ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАК) считают, что учитывая активное освоение Арктики БВС, способные в полностью автономном режиме транспортировать до нескольких т груза будут крайне востребованы¹⁴⁸.

Национальная технологическая инициатива выделила 110 млн руб КБ «Русь» из г.Воронеж. В 2020 г. российские инженеры презентовали беспилотный вертолет, способный переносить грузы массой до 80 кг на расстояния до 200 км в условиях Крайнего Севера. Сертификация винтокрылой машины, которая может поднять в воздух более 35 кг, в России пройдет впервые и завершится в 2022 г. До недавнего времени в нашей стране не было создано ни одного реально летающего беспилотного вертолета, способного поднять полезную нагрузку массой более 35 кг. R-2200 конструкторского бюро «Русь» сможет доставлять грузы массой до 80 кг. Длина БВС — чуть менее 4 м, ширина — 1,5 м. Его можно будет арендовать на час всего за 20 тыс руб, что выглядит существенной экономией по сравнению с обычным вертолетом. Благодаря системе автоматического управления воздушное судно самостоятельно проходит весь маршрут: от взлета до посадки. Разработчики планируют применять его не только для перевозки грузов, но также для разведки местности, например, для составления предварительной карты залегания полезных ископаемых или получения информации о ледовой ситуации в морях Северного ледовитого океана. Собственная локальная система навигации позволяет вертолету взлетать и садиться на неподготовленную поверхность, на движущуюся грузовую платформу или на качающуюся палубу корабля. Это огромное преимущество R-2200, ведь полноценные посадочные площадки есть далеко не на каждом судне и отсутствуют в удаленных северных территориях. Таким образом, аппарат, способный нести сканер весом 40 кг для ледовой разведки, поможет существенно упростить эту работу. БВС можно использовать даже в самых суровых погодных условиях, он оснащен системой антиобледенения¹⁴⁹.

В 2020 г. Уральский завод гражданской авиации (УЗГА) сообщил о том, что разрабатывает коммерческий проект по доставке почтовых отправлений с помощью беспилотных систем. Его тестирование будет осуществлено в Свердловской области с участием «Почты России». Цель проекта — строительство инфраструктуры для гражданской отрасли беспилотной авиации, наподобие сети региональных аэродромов. Пилотирование почтовых БВС пройдет в течение 2022 г. БВС уже проходят летные испытания. Это БВС самолетного типа, которые будут адаптированы

¹⁴⁸ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkimi-innovatsionnymi-proektami/>

¹⁴⁹ О. Коленцова, А. Буланов. Хитрый винт: создан беспилотный вертолет-тяжеловоз для Арктики [Электронный ресурс] // Известия. - 13.08.2020. - URL: <https://iz.ru/1046490/olga-kolentcova-aleksandr-bulanov/khityri-vint-sozdan-bespilotnyi-vertolet-tiazhelovoz-dlia-arktiki>

как для почтовых перевозок, так и для мониторинга местности с помощью фото- и видеоаппаратуры. Максимальная грузоподъемность составит 20 кг, дальность полета 1200 км, максимальная скорость 150 км/ч, продолжительность полета сможет достигать 8 ч. После тестирования в Свердловской области проект планируют расширить на северные территории Уральского федерального округа, Сибири и Дальнего Востока. Инициаторы проекта подчеркнули, что видят развитие рынка гражданской беспилотной авиации при одновременном возрождении сети местных аэродромов. Проект реализуется для снабжения удаленных населенных пунктов и объектов промышленного хозяйства, не имеющих развитой дорожной инфраструктуры¹⁵⁰.

В сентябре 2020 г. компания «Газпром нефть» испытала в Арктике новый БВС, на этот раз тяжёлый. Машина поможет специалистам добывающей компании вовремя получать и отправлять всё необходимое для обеспечения бурения. Специалисты «Газпром нефти» впервые в России испытали транспортный беспилотный вертолёт на Восточно-Мессояхском нефтегазоконденсатном месторождении. Беспилотный воздушный комплекс предназначен для доставки тяжёлых и негабаритных грузов в условиях Арктики, перевозка которых обычным воздушным транспортом дорога и не всегда безопасна. Беспилотный вертолёт «Тайбер» KAGU-150 успешно совершил несколько рейсов и доставил на нефтепромысел материально-технические ресурсы. KAGU-150, участвовавший в испытаниях на Восточно-Мессояхском месторождении, способен беспосадочно перевозить до 150 кг груза с крейсерской скоростью 160 км/ч. Масса самого аппарата не превышает 500 кг. Контроль и управление машиной осуществляются с нескольких наземных станций, в том числе и удалённых, по каналам спутниковой или коммерческой связи¹⁵¹.



Рис 41. Маршрут и ТТХ БВС вертолетного типа «Тайбер» KAGU-150¹⁵²

Запланирован второй этап испытаний на Восточной Мессояхе в зимние месяцы: разработчики воздушного комплекса и нефтяники намерены протестировать БВС в условиях арктической зимы.

Военный БВС проекта «Циклон» Фонда перспективных разработок, Института теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук (РАН) и НПП «Автономные аэрокосмические системы» способен транспортировать до 20 кг.

¹⁵⁰ В 2022 году протестируют доставку посылок «Почты России» беспилотниками [Электронный ресурс] // РБК. - 17.02.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/02/2020/5e469d9a9a794755d543d651

¹⁵¹ С. Андреев. «Газпром Нефть» испытала в Арктике тяжёлый беспилотник [Электронный ресурс] // LIFE. - 21.09.2020. - URL: <https://life.ru/p/1346370>

¹⁵² «Газпром нефть» испытала тяжёлый беспилотный вертолёт на арктическом месторождении [Электронный ресурс] // Газпром Нефть. 21.09.2020. - URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom_neft_ispytala_tyazhelyy_bespilotnyy_vertolet_na_arkticheskom_mestorozhdenii/



Рис 42. БВС-циклолет «Циклон»

Проект «Циклон» – общее название для циклолетов вертикального взлета. Аппарат с очень экстремальной весовой сводкой выполнен из карбона и может садиться на наклонную поверхность, в отличие от вертолетов. БВС способен совершить посадку на участок под наклоном в 20° и причаливать к необходимому месту. Циклолет обладает гибридной силовой установкой: бензиновый двигатель с генератором, электродвигатели с аккумуляторами. Возможно индивидуальное управление каждым ротором. Аппарат летает на электричестве и способен поднимать 20 кг. на 10 мин. На бензиновом двигателе циклолет сможет летать 1 ч с грузом в 10 кг¹⁵³. Эксперты считают, что такой БВС в гражданском исполнении, к примеру, может использоваться для доставки материалов на высотные стройки и быть курьером между арктическими судами и береговой линией.

Итак, с применением БВС сроки доставки сократятся, а пункты приёма грузов будут всё ближе к получателю. Идеальный сценарий - до двери (окна), промежуточный - специальные площадки, в том числе почтовые отделения¹⁵⁴.

Однако БВС имеют ряд недостатков перед традиционными видами носителей. Среди таковых: чувствительность к ветру и малый объем полезной нагрузки¹⁵⁵. Поэтому использование БВС тяжелого класса перспективно для развития рынка авиaperевозок – самого востребованного и емкого сегмента рынка авиационных услуг¹⁵⁶.

2.7. ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Эффективность поисково-спасательных работ с использованием классических средств и методов снижается в виду влияния ряда факторов:

- с наступлением темноты, а также в условиях плохой видимости поиск визуальным методом затрудняется.
- труднопроходимая местность снижает оперативность проводимых поисковых работ вплоть до невозможности их проведения
- удаленность и масштабность поисково-спасательных работ приводит к затягиванию процесса поиска людей.
- климатические условия (снегопад, ветер) нарушают график работ и резко снижают эффективность, в некоторых случаях погодные условия не дают возможности проводить какие-либо действия.

В тестовом режиме БВС уже используются для спасения людей в Арктике. Во время экспедиции Арктического и антарктического научно-исследовательского института (АНИИ) откололась льдина и люди оказались отрезаны от основной группы. БВС «Элерон» помог

¹⁵³ Беспилотный летательный аппарат проекта «Циклон» продемонстрировали на форуме «Армия-2020» [Электронный ресурс] // ГИИТ СО РАН. - 25.08.2020. - URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/bpla-proekta-tsiklon-24082020>

¹⁵⁴ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

¹⁵⁵ В.Н. Никитин, Д.Н. Раков. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъемочных комплексов [Электронный ресурс] // Вестник СГУГиТ. - 2013. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-ispolzovaniya-besplotnyh-aerofotosemochnyh-kompleksov>

¹⁵⁶ В.В. Воронов, П.А. Пономарев. Бизнес-перспективы применения беспилотных воздушных судов тяжелого класса [Электронный ресурс] // ГосНИИГА.- 31.01.2019. - URL: http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2019/01/Ponomarev-P.-A.-Voronov-V.V.-OOO-Kronshtadt-Besplotnye-sistemy-_ssylka-dlya-skachivaniya_.pdf

перекинуть на льдину трос, при помощи которого передавались продукты питания и готовилась спасательная операция. Также при помощи комплекса «Элерон» была обнаружена трещина вблизи дрейфующей станции. Это позволило выиграть время для срочной эвакуации, которая длится около 1 мес. Мультироторный БВС «Веер» казанского предприятия «ЭНИКС» будет использоваться не только как дополнение к «Элерону», но и как самостоятельный комплекс. В частности, он будет задействован в случаях, когда необходимы вертикальный взлет и посадка¹⁵⁷.

БВС SeaDrone, специально разработанный для работы в арктических условиях подмосковной компанией «Съемка с воздуха», успешно прошел испытания на Карском море. Тестирование беспилотного арктического комплекса проводили потенциальные пользователи аппарата - «Газпром недра» и ФГБУ «Морспасслужба».



Рис 43. БВС SeaDrone MG на испытаниях в Карском море¹⁵⁸

В ходе испытаний были проведены тестовые взлеты БВС с палубы ледокола и посадки на воду. Посадка на воду позволит использовать аппарат в поисково-спасательных работах в качестве средства, позволяющего продержаться на плаву до прибытия спасательного судна. Компания «Съемка с воздуха» в 2017 г. получила грант на 2,5 млн.руб. на разработку беспилотного комплекса. Ранее БВС такого уровня не использовались при проведении геологоразведочных работ в арктических широтах ввиду крайне сложных для подобной техники климатических условий¹⁵⁹. БПЛА герметичен (стандарт IP67) и водонепроницаем, морозоустойчив, оснащен специальным магнитометром, что делает возможным его эксплуатацию в Арктике, в том числе в условиях открытого моря и соляного тумана. При спасении людей дрон может быть посажен на воду в качестве средства, позволяющего продержаться на плаву до прибытия спасательного судна. Кроме того, дрон используется при маркировке айсбергов, чтобы избежать угрозы столкновения буровой установки с ледовыми объектами.

МЧС России совместно с ЦНИИ робототехники и технической кибернетики разрабатывает систему поиска и спасения пострадавших в Арктике. Инженеры планируют к 2021 г. создать отряд роботов-спасателей, состоящий из воздушных и наземных аппаратов. БВС будут определять координаты людей, которые нуждаются в помощи, а беспилотники на земле — искать и эвакуировать пострадавших.

В 2017 г. состоялись испытания в сложных климатических условиях БАС «Орлан-10» производства ООО «Специальный технологический центр» с радиусом полета до 300 км и продолжительностью до 16 ч. Ведется дальнейшая модернизация этой системы с целью увеличения характеристик дальности и продолжительности¹⁶⁰.

Арсенал ГКУ «Управление аварийно-спасательной службы Ямало-Ненецкого автономного округа» пополнили 3 БВС. В декабре 2019 г. в распоряжении поисковиков из Тарко-Сале поступил БВС мультикоптерного типа «Supersam», в Салехарде работают два аппарата дальнего радиуса

¹⁵⁷ Беспилотники для спасения людей в Арктике показали на выставке «Интерполитех-2020» [Электронный ресурс] // Оружие России. - 25.10.2020. - URL: <https://www.arms-expo.ru/news/vystavki-i-konferentsii/bespilotniki-dlya-spaseniya-lyudey-v-arktike-pokazali-na-vystavke-interpolitekh-2020/>

¹⁵⁸ Испытания отечественного БПЛА провело ООО «Газпром недра» в Арктике [Электронный ресурс] // ROGTEC. - 21.09.2020. - URL: <https://rogtecmagazine.com/%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B1%D0%BF%D0%BB%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5/?lang=ru>

¹⁵⁹ Дроны подмосковной компании будут использовать для изучения Арктики [Электронный ресурс] // ТАСС. - 05.10.2020. - URL: <https://tass.ru/moskovskaya-oblast/9626795>

¹⁶⁰ Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. -2017. - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotnoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone>

действия самолетного типа «Орлан-10». БВС работают в любой сезон для обнаружения объектов в труднодоступной местности и получения с воздуха информации. В летний и осенний периоды с помощью БВС специалисты выявляют пожары, весной аппараты отслеживают ситуацию на реках для прогноза противопаводковой обстановки и нахождения ледовых заторов. БВС также используются в аварийно-спасательных и поисково-спасательных работах. Поступившие модели обладают повышенной дальностью полета, благодаря чему увеличится площадь территории, на которой можно вести мониторинг¹⁶¹.



Рис 44. Зимняя эксплуатация БВС «Орлан-10» на Ямале (фото правительства ЯНАО)

Специалисты мобильной бригады поисково-спасательной службы Тарко-Сале используют гексакоптер Supersam X6M2 для поиска и оповещения людей на территории вечной мерзлоты и выполнения аэрофотосъемки местности. Относительная влажность в районе эксплуатации достигает 70%.

В 2021 г. на Ямале продолжили развивать беспилотную систему видеомониторинга. Для покрытия восточной части автономного округа будут приобретены ещё два БВС «Орлан-10». Ранее, благодаря поисково-спасательным работам с помощью этих аппаратов в окрестностях Салехарда, Ямальского района и Шурышкарского районов удалось найти пострадавших. Для более эффективного и широкого применения планируется внедрение нейросетевых систем, позволяющих автоматически находить и идентифицировать объекты не только по результатам прошедшего полёта, но и в самом процессе – в режиме реального времени. Представители технологического центра из Санкт-Петербурга дорабатывают существующие нейросетевые алгоритмы распознавания объектов для задач ЯНАО. Новую систему планируют тестировать летом 2021 г. на острове Белый, где спасатели проведут подсчёт диких северных оленей с помощью БВС¹⁶².

БВС-спасатели не только могут обнаружить человека в беде, дадут сигнал в экстренные службы, доставят медикаменты, окажут психологическую поддержку, а при необходимости смогут эвакуировать раненного или помочь тонущему.

¹⁶¹ В ГКУ «Ямалспас» поступили беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]// АиФ - Ямал. - 25.12.2019. - URL: https://yamal.aif.ru/society/details/v_gku_yamalspas_postupili_bespilotnye летательные аппараты

¹⁶² Беспилотная авиация Ямала обзаведётся нейросетью для эффективного патрулирования // Официальный сайт Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа. - 10.03.2021. - URL: <https://www.yanao.ru/presscenter/news/61597/>

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

3.1. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ АПРОБИРОВАНИЕ

Представленная работа основана не только на теоретических исследованиях, но и на итогах практического использования БВС на полуострове Таймыр в целях туризма, фотосъемки и картографирования, участии в разработке профессиональных квалификаций, а также представлении опыта автора работы в рамках реализации проекта «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики». В рамках проводимых научных теоретических и практических исследований ведется полномасштабная работа по поиску и внедрению адаптированных к суровым арктическим условиям современных образцов БВС, в первую очередь, оснащенных элементами искусственного интеллекта.

Важно отметить, что проект, являясь некоммерческим, реализует популяризаторскую задачу продвижения регионов Арктической зоны РФ как высокотехнологичных. Автор представленной работы является ответственным за направление «Цифровизация Арктической зоны РФ» в Координационном совете по развитию Северных территорий и Арктики Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП).



Рис 45. Проект «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики»

27.07.2018 г. в Реестре научных направлений Российской Академии Естествознания под №0080 решением от 02.07.2018 г. было зарегистрировано новое научное направление «Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера». Шифры научных специальностей, в рамках которых разрабатывалось научное направление: 08.00.05.2 и 08.00.05.9.15¹⁶³. Автору присвоено звание «Основатель научного направления» и выдано Свидетельство о включении в Реестр новых научных направлений. Реестр направлен в профильные государственные министерства, ведомства и иные структуры, вошел в состав экспозиций на крупнейших российских и международных выставках, зарегистрирован в РИНЦ (см. Приложение 3).

Отчетные материалы о проводимых исследованиях и предложения о внедрении систем искусственного интеллекта в Арктике, в т.ч. в части разработки, выпуска и применения БВС, опубликованы в ряде научных работ, в изданиях Российской академии наук (далее РАН), Международного экспертного Совета по сотрудничеству в Арктике (далее ИЕССА), Российской Академии Естествознания (далее РАЕ) и других организаций:

¹⁶³ А.В. Федотовских. Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Известные ученые. Научные направления. - 20.08.2018. - URL: <https://famous-scientists.ru/direction/view/225>

1. А.В. Федотовских. Современные направления разработок беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] // Клуб авиастроителей. – 16.08.2013. – URL: http://www.as-club.ru/publ/sovremennye_napravlenija_razrabotok_bespilotnykh_letatelnykh_apparatov_s_iskusstvennym_intellektom/4-1-0-102
2. А.В. Федотовских. Россия 2030: эпоха аэропортов с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] // Промышленный маркетинг. – 2014. – №6. – URL: <http://marketprom.ru/archive/?act=view&id=49>
3. А.В. Федотовских. Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики: аналитический обзор [Электронный ресурс] // М. - Первый том. - 2018. – 52 с. – УДК.004.8. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/userfiles/images/hi-tech/docs/ai-rf-arctic-2018.pdf>
4. А.В. Федотовских. Удаленное освоение Арктики - задание для робототехники и искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Арктические ведомости. - 2018. - №2 (25). - URL: https://issuu.com/arctic-herald/docs/ah_02_2018_web2
5. А.В. Федотовских. Использование робототехники и искусственного интеллекта на Крайнем Севере и в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 14 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества. – М., 2019. – Ч. 1. - URL: <http://ukros.ru/archives/19499>
6. А.В. Федотовских. Использование искусственного интеллекта в нефтегазодобыче в Арктике» [Электронный ресурс] // М. - Сборник тезисов VII Международной научно-технической конференции «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток». - 2019. - URL: <https://vniigaz.gazprom.ru/events/2018/roogd2018/>
7. А.В. Федотовских. Технологии искусственного интеллекта, робототехника и дата-центры как драйверы развития наукоемких технологий нефтегазового комплекса в Арктике [Электронный ресурс] // Neftegaz.ru. OFFSHORE. - 2019. - №5. - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473752-beschelovechnaya-arktika-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-robototekhnika-i-data-tsentry-kak-dra/>
8. А.В. Федотовских. Внедрение интеллектуальных цифровых технологий и робототехники в условиях Арктики [Электронный ресурс] // Арктическое обозрение (Arctic review). - 2019. - №5. - URL: <http://csef.ru/ru/politica-i-geopolitica/501/arkticheskoe-obozrenie-5-2019-8972;>
<http://csef.ru/media/articles/8972/11439.pdf>
9. А.В. Федотовских. Практическое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // М. - Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М.: ИНИОН РАН, 2020. – Ч. 1. - электронный ресурс. - URL: <http://innclub.info/archives/16770>
10. А.В. Федотовских. Рынок в будущее. Профессиональные стандарты для Арктики 2050 [Электронный ресурс] // Арктическое обозрение (Arctic review). - 2020. - №6. - URL: <http://csef.ru/media/articles/9229/12039.pdf>



Рис. 46, 47. Свидетельства: о включении в Реестр научных направлений и депонировании¹⁶⁴.

¹⁶⁴ «Искусственный интеллект в экстремальных условиях Арктики» - новое научное направление [Электронный ресурс] // Социально - ответственное предпринимательство в Арктической зоне РФ. - 27.07.2018. - URL: <http://www.arctic-social.biz/novosti/%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-ekstremalnyx-usloviyax-arktiki%C2%BB-novoe-nauchnoe-napравlenie.html>

Аналитические материалы, статьи, обзоры по внедрению систем искусственного интеллекта и беспилотного транспорта в регионах Арктической зоны РФ представлены автором на выставках, презентованы в ходе работы профильных мероприятий общероссийского и международного уровня при поддержке гранта ЕАНН:

16.10.2018 г. в Москве состоялось заседание Дискуссионного клуба Экспертного центра Проектного офиса развития Арктики (ПОРА) по итогам реализации проекта «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики»¹⁶⁵. Представлен доклад о применении БВС с ИИ в условиях эксплуатации в экстремальных условиях.

06.11.2018 г. в Москве Российский совет по международным делам (РСМД) провел конференцию «Международные и социальные последствия использования технологий искусственного интеллекта»¹⁶⁶. Представлен доклад о развитии систем ИИ в Арктике и прогнозе использования на период до 2035 г.

27–28.11.2018 г. состоялась VII Международная научно-техническая конференция «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток» в ООО «Газпром ВНИИГАЗ»¹⁶⁷. Презентована система удаленного управления нефтегазовыми месторождениями, в т.ч. с доставкой грузов при помощи БВС.

20-21.12.2018 г. в Москве в Российском экономическом университете им. Г.В.Плеханова состоялась XVIII Международная научная конференция «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения» в рамках Общественно-научного форума «Россия: ключевые проблемы и решения». Организатор - Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук. В секции «Регионы и города России: стратегии модернизации и их воплощение в проектах инновационного и технологического развития» представлен доклад «Использование роботехники и искусственного интеллекта на Крайнем Севере и в Арктической зоне РФ».

10-13.04.2019 г. в Москве на ВДНХ состоялся Московский Международный Салон образования, состоялась презентация Реестра новых научных направлений с аннотацией научного направления «Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера»¹⁶⁸.



Рис 48. Реестр новых научных направлений и награды за развитие систем ИИ в Арктике

20.05.2019 г. в Российском совете по международным делам состоялось обсуждение проекта модельной конвенции, посвященной этическим и правовым правилам робототехники и разработки искусственного интеллекта (ИИ, AI). Участникам был представлен мнение о проекте по внедрению систем искусственного интеллекта в Арктике, разъяснена ситуация в части экономической составляющей на рынках робототехники и ИИ России, их несформированность, разрозненность и отсутствии единых площадок для коммуникаций, предложено выступить такой

¹⁶⁵ В Москве представят умных роботов и искусственный интеллект для Арктики [Электронный ресурс] // Союз промышленников и предпринимателей Красноярского края - 14.10.2018. - URL: <https://www.sppkk.ru/v-moskve-predstavjat-umnyh-robotov-i-iskusstvennyj-intellekt-dlja-arktiki/>

¹⁶⁶ В Москве состоялась конференция «Международные и социальные последствия использования технологий искусственного интеллекта» [Электронный ресурс] // Российский совет по международным делам. - 06.11.2018. - URL:

<https://russiancouncil.ru/news/v-moskve-sostoyalas-konferentsiya-mezhdunarodnye-i-sotsialnye-posledstviya-ispolzovaniya-tehnologii/>

¹⁶⁷ VII Международная научно-техническая конференция «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток» [Электронный ресурс] // Газпром ВНИИГАЗ. - 27.11.2018. - URL: <https://vniigaz.gazprom.ru/events/2018/roogd2018/>

¹⁶⁸ Московский Международный Салон Образования 2019. Итоги [Электронный ресурс] // Российская Академия Естествознания. - 15.04.2019. - URL: https://rae.ru/ru/conferences/chronicle_mmso2019.html

площадкой РСПП с его профильными и отраслевыми Комитетами и Комиссиями¹⁶⁹.

20-23.05.2019 г. в Москве состоялась Весенняя сессия Российской Академии Естествознания. Состоялась презентация реестра новых научных направлений и обсуждение докладов основателей новых научных направлений. На сессии представлен доклад «Использование искусственного интеллекта и робототехники в Арктике». В рамках торжественного вручения дипломов и наград по решению Президиума Академии и Европейского научно-промышленного консорциума проект развития ИИ в Арктике награжден медалью имени Сократа за заслуги в совершенствовании и формировании знаний и разработку новых научных направлений. Сообществом ученых и экспертов была отмечена популяризация внедрения технологий искусственного интеллекта и развитие прикладной науки для потребностей регионов Арктической зоны РФ.

25-26.05.2019 г. на территории аэродрома Черное в Московской области состоялся фестиваль «НЕБО: теория и практика». На площадке MCFly.aero демонстрировался БВС Bartini вертикального взлета. Кроме блокчейна, концепция затрагивает популярное направление Интернет вещей, когда устройства в инфраструктуре будут взаимодействовать друг с другом как отдельные единицы. По приглашению посещена экспозиция для ознакомления с возможностями использования БВС для служб спасения, мониторинга и патрулирования, а также для доставки грузов в отдаленные районы территорий Крайнего Севера и Арктики¹⁷⁰.

19.07.2019 г. подтверждено включение в состав технического комитета по стандартизации «Искусственный интеллект» в работах по подготовке проектов стандарта в группах подкомитета SC42 «ISO/IEC NP TR 24030 Примеры практического применения систем ИИ» и «ISO/IEC NP 38507: Последствия ии для сферы управления». ТК является зеркальным по отношению к подкомитету SC42 «Artificial Intelligence» Объединённого технического комитета Международной организации по стандартизации и Международной технической комиссии ISO/IEC JTC 1 «Information Technologies»¹⁷¹.

07.11.2019 г. в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в Москве состоялось VII ежегодное заседание Международного экспертного Совета по сотрудничеству в Арктике (IESSA) на тему «Информационные технологии в Арктике: навигация, связь и управление». Представлен доклад «Инфраструктурная поддержка создания дата-центров в Арктической зоне РФ» в т.ч. в части использования дата-центров для обработки картографической информации, получаемой с БВС¹⁷².

05.12.2019 г. в Москве состоялось Общее собрание НП «Клуб авиастроителей»¹⁷³. На площадке Клуба неоднократно обсуждались возможности БВС с ИИ в Арктике и предложения о правовом регулировании использования воздушного пространства БВС в применении к изменению федерального законодательства.

18-19.12.2019 г. в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова состоялась XIX Национальная научная конференция с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения». На конференции ИНИОН РАН представлено использование БПЛА в Арктике в работе секций «Стратегия развития России в XXI веке» и «Регионы и города России и других стран: стратегии модернизации, инновационного и научно-технологического развития и сотрудничества в XXI веке». Текст доклада опубликован в сборнике докладов по итогам конференции в 2020 г.¹⁷⁴

28.02.2020 г. в Москве рабочая группа Ассоциации Европейского Бизнеса (АЕБ) по модернизации и инновациям провела круглый стол «Стратегия и приоритеты развития

¹⁶⁹ Стартовало обсуждение модельной конвенции по робототехнике и AI [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.05.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/startovalo-obsuzhdenie-modelnoj-konvenczii-po-robototexnike-i-ai.html>

¹⁷⁰ Инновационные аппараты на фестивале «НЕБО: теория и практика» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 27.05.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/innovacionnyie-apparatyi-na-festivale-%C2%ABnebo-teoriya-i-praktika%C2%BB.html>

¹⁷¹ Председатель РСПП-Заполярье вошел в состав ТК «Искусственный интеллект» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 19.07.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/predsdatel-rssp-zapolyare-voshel-v-sostav-tk-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt%C2%BB.html>

¹⁷² Дата-центры - тренд развития цифровых технологий в Арктике [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 07.11.2019. - URL: <http://pcnp.pf/events/news/data-tsentry-trend-razvitiya-tsifrovyykh-tekhnologiy-v-arktike/>

¹⁷³ Публикуем итоги Общего собрания Клуба [Электронный ресурс] // Клуб авиастроителей. - 20.12.2019. - URL: http://www.as-club.ru/news/publikuem_itogi_obshego_sobranija_kluba/2019-12-20-292

¹⁷⁴ На конференции ИНИОН РАН представлено использование БПЛА в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.12.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/na-konferenczii-inion-ran-predstavleno-ispolzovanie-bpla-v-arktike.html>

Арктической зоны России. Инжиниринг и технологии для развития Арктики». Представлена презентация «Цифровая Арктика», посвященная ходу и проблемам внедрения систем искусственного интеллекта, робототехники и дата-центров, использованию БВС на плато Путорана при реализации туристического проекта, возможности управления городом при помощи цифровых двойников. Для взаимодействия с АЕБ и членскими организациями Ассоциации предложено создать каталог продукции для нужд Арктической зоны РФ¹⁷⁵.

04.06.2020 г. в рамках юбилейных мероприятий к 25-летию Российской Академии Естествознания Президиум академии и оргкомитет международных книжных выставок провели XIV Международную юбилейную выставку-презентацию научной, учебно-методической и художественной литературы. Издание «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики», учитывая новизну, актуальность, научную и педагогическую значимость, стало Лауреатом выставки и отмечено юбилейной наградой к 25-летию Академии¹⁷⁶. Издание отобрано Президиумом РАЕ и представлено оргкомитетом в экспозиции дистанционной юбилейной выставки-презентации научных, учебно-методических и литературно-художественных изданий на специальной выставочной платформе expo-books.ru¹⁷⁷.

02.06.09.2020 г. состоялась Московская международная книжная ярмарка (ММКЯ) в ЦВЗ «Манеж». 33-я ММКЯ соединила в программе онлайн- и офлайн-форматы. На стенде Российской академии естествознания 04.09.2020 г. в каталогах презентована аннотация аналитического обзора «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики»¹⁷⁸.

14-17.09.2020 г. использование БВС в туризме и спасании на Крайнем Севере обсудили на выставке HeliRussia 2020. Представлено мнение по теме использования БВС для туризма, спасания, мониторинга в ходе круглого стола «Беспилотные авиационные системы (БАС) в задачах экономического развития». Предметом рассмотрения стали технологии, регулирование, сертификация, вопросы интеграции БАС в единое воздушное пространство¹⁷⁹.

29.09.2020 г. на конференции Digital Twins Day 2020 в Москве¹⁸⁰ представлена презентация «Бесчеловечная Арктика: особенности создания цифровых двойников в высоких широтах»¹⁸¹. В докладе отмечается, что реализуемые и планируемые глобальные инвестиционные проекты в Арктической зоне выделяются на фоне других регионов стратегическим подходом к решению задач, часто не имеющих аналогов в современном цифровом мире в связи с особенностями региона. Особое внимание уделено созданию цифровых двойников заповедников с использованием БВС с системами ИИ¹⁸².

15.10.2020 г. - участие во 2-ой Международной педагогической конференции «Подготовка кадров для цифровой экономики» на площадке Технограда на ВДНХ в Москве в дискуссиях «Равенство образовательных возможностей в условиях цифровой трансформации образования» и «Карта цифровых образовательных ресурсов и сервисов». Внесены предложения об обучении школьников профессиям будущего¹⁸³.

27.10.2020 г. Подписан Указ «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Согласно текста Стратегии, выполнение основных задач в сфере социально-экономического развития Арктической зоны обеспечивается путем реализации мер, ряд из которых вносился в период с 2015 по 2020 гг. в

¹⁷⁵ Круглый стол по развитию Арктической зоны России [Электронный ресурс] // Ассоциация Европейского Бизнеса. - 28.02.2020. - URL:

https://aeburus.ru/ru/news/round_table_on_the_russian_arctic_development/

¹⁷⁶ «Искусственный интеллект в Арктике» на выставке-презентации к 25-летию РАЕ [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 04.06.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%AABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike/%C2%BB-na-vyistavke-prezentaczi-k-25-letiyu-rae.html>

¹⁷⁷ Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики: аналитический обзор [Электронный ресурс] // Юбилейная XLVI Международная выставка-презентация. - 04.06.2020. - URL: <https://expo-books.ru/category/book?id=11852>

¹⁷⁸ «Искусственный интеллект в Арктике» представлен на ММКЯ - 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 05.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%AABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike/%C2%BB-predstavlen-na-mmky-2020.html>

¹⁷⁹ Использование БАС в туризме и спасании на Крайнем Севере обсудили на HeliRussia 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 18.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/ispolzovanie-bas-v-turizme-i-spananii-na-krajnem-severe-obsudili-na-helirussia-2020.html>

¹⁸⁰ Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] // TAdviser. - 29.09.2020. - URL:

https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F:Digital_Twins_Day_2020

¹⁸¹ Презентация на конференции Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] :

https://www.tadviser.ru/images/f/16/10_%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80.pdf

¹⁸² Цифровые двойники в Арктике на Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 28.09.2020. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/czifrovye-dvojniki-v-arktike-na-digital-twins-day-2020.html>

¹⁸³ Подготовка кадров для цифровой экономики поможет эффективности бизнеса [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 15.10.2020. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/podgotovka-kadrov-dlya-czifrovoy-ekonomiki-pomozhet-effektivnosti-biznesa.html>

ФОИВ. В их числе активизация ввода в эксплуатацию образцов робототехники и беспилотных транспортных систем (п. 31к) стала возможной при поддержке междисциплинарного научно-практического проекта «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики»¹⁸⁴.

12.11.2020 г. состоялось годовое заседание Международного экспертного Совета по сотрудничеству в Арктике (ИЕССА) в Российском экономическом университете им. Г.В.Плеханова с презентацией издания Международного экспертного совета по сотрудничеству в Арктике «Арктическое обозрение» (№6, 2020). Представлена презентация-доклад «Рывок в будущее. Профессиональные стандарты для Арктики 2050», посвященная новым профессиям, содержание деятельности и компетенции которых должны быть уникальными и подходят для арктических регионов, в т.ч. в области развития БВС с ИИ¹⁸⁵.

Аналитические материалы, статьи, обзоры автора по представленной теме отмечены медалями и дипломами ряда выставок и салонов:

05-09.2018 г. в Москве на ВДНХ состоялась 31-я Московская международная книжная выставка-ярмарка (ММКВЯ). Аналитический обзор «Искусственный интеллект в Арктике» признан Лауреатом выставки¹⁸⁶.

01.11.2018 г. обзор «Искусственный интеллект в Арктике» вошел в число участников Премии «Экономическая книга года» 2018 по научному направлению «Инновационная региональная экономика», рассчитанному на участие научных работников и специалистов, занимающихся вопросами внедрения моделей инновационной экономики, инновационного освоения регионов Крайнего Севера Арктической зоны РФ, разработчиков систем искусственного интеллекта, а также студентов и аспирантов профильных специальностей¹⁸⁷.

29-31.04.2019 г. в выставочном центре Jacob K. Javits convention center of New York (США, Нью-Йорк) прошла международная книжная выставка BookExpo America 2019. В каталог Международной книжной выставки с аннотациями научной и учебно-методической литературы Издательского дома РАЕ вошла англоязычная аннотация аналитического обзора «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики». Он получил сертификат участника выставки и медаль участника¹⁸⁸.

17-23.07.2019 г. состоялось участие в выставке HONG KONG BOOK FAIR 2019 (КНР, Гонконг). В каталоге и на выставке была представлена аннотация аналитического обзора «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики». Он получил сертификат участника¹⁸⁹.

6-10.11.2019 г. в Вене, в выставочном центре Messe Wien прошла 12-я международная книжная выставка Buch Wien 2019. Особое место в работе выставки заняла экспозиция научной и учебной литературы. В каталог выставки научной и учебно-методической литературы, изданной Издательским домом РАЕ, вошла аннотация аналитического обзора «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики». 11.02.2020 г. в Москве автор получил сертификат участника и медаль выставки¹⁹⁰.

26-29.04.2020 г. состоялся Московский Международный Салон образования. Форум прошел в формате виртуальной выставки. В каталог научной и учебно-методической литературы, изданной Издательским домом РАЕ, вошла аннотация аналитического обзора «Применение

¹⁸⁴ В Стратегию развития Арктики 2035 включены проекты арктических отделений РСПП [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 27.10.2020. - URL: <https://rssp.ru/events/news/v-strategiyu-razvitiya-arktiki-2035-vklyucheny-proekty-arkticheskikh-otdeleniy-rssp-5f98031eb27d8/>

¹⁸⁵ Профстандарты для Арктики 2050 в новом журнале «Арктическое обозрение» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 30.10.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/profstandarty-dlya-arktiki-2050-v-novom-zhurnale-%E2%80%9C9Carkticheskoe-obozrenie%E2%80%9D.html>

¹⁸⁶ На ММКВЯ представлен обзор «Использование искусственного интеллекта в Арктике» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 10.09.2018. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/na-mmkvya-predstavlen-obzor-%C2%ABispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-v-arktike%C2%BB.html>

¹⁸⁷ Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» - участник Премии «Экономическая книга года» 2018 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 01.11.2018. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike%C2%BB-uchastnik-premii-%C2%ABekonomicheskaya-kniga-goda%C2%BB-2018.html>

¹⁸⁸ Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» вошел в аннотацию BookExpo America 2019 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 01.05.2019. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike%C2%BB-voshel-v-annotacziyu-bookexpo-america-2019.html>

¹⁸⁹ «Искусственный интеллект в Арктике» представлен на выставке в Гонконге [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 09.11.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike%C2%BB-predstavlen-na-vystavke-v-gonkong.html>

¹⁹⁰ Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» вошел в аннотацию выставки BUCH WIEN 2019 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 11.02.2020. - URL:

<http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike%C2%BB-voshel-v-annotacziyu-vystavki-buch-wien-2019.html>

систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики», а также было представлено само издание в формате онлайн. 18.09.2020 г. в Москве обзор получил медаль и диплом участника ММСО¹⁹¹.

10.05.2020 г. в Москве в рамках юбилейных мероприятий к 25-летию РАЕ Президиум Российской академии естествознания и организационный комитет международных книжных выставок провел XLV Международную юбилейную выставку-презентацию научной и учебно-методической литературы. По решению Президиума Академии аналитический обзор «Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики», учитывая новизну, актуальность, научную и педагогическую значимость, стал Лауреатом выставки и отмечен юбилейной наградой - медалью имени М.В.Ломоносова и дипломом «Опередивший время». Издание отобрано Президиумом РАЕ и представлено оргкомитетом в экспозициях юбилейной выставки-презентации научных, учебно-методических и литературно-художественных изданий на специальной выставочной платформе expo-books.ru¹⁹².

3.2. РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОРСКОГО ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ

В качестве практических результатов деятельности по проекту необходимо отметить четыре комплекса мероприятий.

*Первый комплекс связан с заинтересованностью в реализации проектов разработки, создания и внедрения систем ИИ в Арктике крупных производственных компаний*¹⁹³. Так, в ноябре 2018 г. в ПАО «Газпром» поддержали реализацию проектов систем и технологий искусственного интеллекта в сотрудничестве с Союзами промышленников и предпринимателей Арктической зоны РФ. Центр стандартизации и сертификации ООО «Газпром ВНИИГАЗ» предложил разработчикам свои бесплатные услуги, в т.ч. в части поддержки разработки БВС. В компании работает система «Одно окно» для внедрения инновационной продукции субъектов малого и среднего бизнеса.



Рис 49. Главная страница системы «Одно окно» группы «Газпром»¹⁹⁴

В рассмотрении материалов с целью дальнейшего внедрения на объектах ПАО «Газпром» участвуют в качестве экспертов ведущие специалисты профильных департаментов ПАО «Газпром» и дочерних обществ, а также ученые ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Разработчики и эксперты систем и технологий искусственного интеллекта и робототехники регистрируются в системе и направляют предложения или проекты. Можно представить четыре фазы проекта: от идеи до готового к реализации. Наиболее интересные и практико-ориентированные проекты финансируются со стороны ПАО «Газпром» и внедряются на предприятиях. Эксперты и

¹⁹¹ Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» награжден медалью ММСО-2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 19.09.2020. - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike-%C2%BB-nagrazhden-medalyu-mmso-2020.html>

¹⁹² Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» - Лауреат XLV Международной книжной выставки [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 10.05.2020. - URL:

<http://www.rspp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt-v-arktike-%C2%BB-laureat-xlv-mezhdunarodnoj-kniznoj-vystavki.html>

¹⁹³ «Газпром» поддерживает высокотехнологичные проекты в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.07.2018. - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/%C2%ABgazprom/%C2%BB-podderzhivaet-vysokotekhnologichnyie-proektyi-v-arktike.html>

¹⁹⁴ Главная страница сайта «Одно окно» группы «Газпром» [Электронный ресурс]. - <https://www.oknogazprom.ru/>

разработчики проектов искусственного интеллекта и робототехники в Арктике и на Крайнем Севере могут направлять свои вопросы и предложения на сайте «Одно окно». Адрес системы <https://www.oknogazprom.ru/>

Второе направление - практическое применение БВС в Арктике. Одним из направлений деятельности автора представленной работы и его коллег является расширение возможностей применения БВС для нужд туристической отрасли в связи с тем, что в настоящее время использование их в Арктике ограничено и не развито.

В июле 2019 г. стартовало сотрудничество с Таймырским отделением Русского географического общества и Агентством развития Норильска. В число совместных приоритетных направлений деятельности вошло проведение картографирования туристических территорий, входящих в состав туристско-рекреационного кластера «Арктический» Севера Красноярского края. В ходе реализации проекта по созданию новых туристических точек притяжения команда столкнулась с отсутствием качественных карт для массового использования, а туристические территории не указаны в основных геоинформационных системах, таких как 2GIS, ArcGIS и других. Для восполнения недостающей информации летом 2019 г. около ущелья Красные камни за пределами населенных пунктов, в начале плато Путорана на Таймыре в рамках реализации проекта создания туристического экологического центра проводилось экспериментальное, а в сентябре и повторное картографирование территории охватываемой зоны мини-квадрокоптером с камерой высокого разрешения и системой стабилизации¹⁹⁵. Несмотря на неблагоприятные погодные условия при помощи квадрокоптера были сделаны первичные облеты на высоте до 20-30 м в безлюдной обстановке вдали от населенных пунктов. Технология позволила определить точки для установки схем и указателей туристической навигации на маршрутах, разметить экологические тропы для разработки маршрутов, определить точки стоянок, что в условиях вечной мерзлоты и труднодоступности территории является актуальным.

В настоящее время в Арктической зоне РФ все чаще внедряются технологии картографирования и хранения пространственных данных, определяющие новый этап развития картографирования в высоких широтах. Дроны способны также делать фотографии с высоким разрешением для альбомов и сайтов, выступать в качестве курьеров, изучать животный мир, проводить мониторинги и реализовывать другие задачи. Для туристов БВС — дополнительные глаза, следящие за территорией с небольшой высоты, а также средство для доставки небольших грузов и помощник в случае опасной ситуации.



Рис 50. Картографирование территории на Таймыре

Мы практически доказали, что БВС можно использовать в регионах Арктической зоны РФ с их экстремальным климатом практически круглогодично и круглосуточно. Оценив возможности БВС, в будущем планируется их групповое использование для целей развития туристического кластера «Арктический» на Севере Красноярского края¹⁹⁶. Рассматривается возможность

¹⁹⁵ В Арктике проведено картографирование территории с помощью дрона [Электронный ресурс] // Хибины.com. - 13.06.2019. - URL: <https://www.hibiny.com/news/archive/193911/>

¹⁹⁶ Для картографирования в целях туризма в Арктике использован дрон [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 13.06.2019. - URL: <https://old.rspn.ru/photo/set/2109?s=2&p=6>

внедрения услуги аренды беспилотных летательных аппаратов. Для этих задач планируется покупка профессионального среднего специализированного БВС, подготовленного для работы в тяжелых климатических условиях и оснащенного системой искусственного интеллекта (см. Приложение 1).

Профессионалы отрасли считают, что для картографии подходят БПЛА самолетного типа, их выносливость и производительность позволяют снимать тысячи гектар в час¹⁹⁷. В случае обследования локальных зон более выгодно использовать дрон мультироторного типа, который и был использован на Таймыре. Такой БВС характеризуется плавным и стабильным полетом, оснащен мощными навигационными системами, датчиками обнаружения препятствий и предотвращения столкновений, а также камерой с разрешением 4К (UHD).



Рис 51. Процесс картографирования территории

Информация с дрона может поступать на шлем виртуальной реальности, что делает территорию еще более близкой и применяется также в туристической сфере или для изучения местности. В последующем это позволит туристу буквально переместиться в локацию и понять суть изучаемого объекта. Полученные снимки накладываются на спутниковые карты онлайн, наиболее доступные из которых предоставляют Яндекс и Google. Используются также приложения, такие как «Google Планета Земля» – самое реалистичное представление нашей планеты в цифровых снимках¹⁹⁸ или технологию ATLAS VR, впервые представленную в мае 2018 г. и позволяющую на основе информации с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли создать актуальный достоверный цифровой двойник любой части поверхности Земли, в т.ч. для визуального мониторинга изменений, моделирования процессов и явлений, имеющих пространственную составляющую¹⁹⁹.



Рис 52. Карта центра экотуризма на основе карт со спутника и фото БВС

Таким образом поддерживаются актуальные картографические материалы значительных пространств Земли. После этого этапа создается подробная гибридная карта необходимой

¹⁹⁷ Картографирование с БПЛА — преимущества и сферы применения [Электронный ресурс] // AEROMOTUS.- 25.09.2019. - URL: <https://aeromotus.ru/kartografirovaniye-s-bpla-preimushhestva-i-sfery-primeneniya/>

¹⁹⁸ Стартовая страница проекта Google Earth [Электронный ресурс]. - <https://www.google.com/earth/>

¹⁹⁹ «ТЕРРА ТЕХ» впервые провел массовое тестирование нового цифрового формата обучения // Российские космические системы. - 31.08.2018. - URL: <http://russianspacesystems.ru/2018/08/31/terra-tekh-vpervye-provel-testirovanie-atlas-vr/>

территории, на нее наносится дополнительная информация: точки установки указателей, маршруты, экотропы, места стоянок и отдыха, мусорные баки и т.д.

В ряде случаев необходимо применение нейросетей, что позволяет создавать цифровые двойники значительных по размерам объектов или площади территорий. Этот процесс актуален для автоматического распознавания объектов по снимкам, автоматического сбора GPS-треков пользователей мобильных приложений, что позволяет определить места наиболее частого передвижения туристов. Разработка модели нейросети представлена в Приложении №3.



Рис 53. Наложение нейросети на фото с БПЛА (плато Путорана, пример)

Совместное использование снимков с БВС и космических спутников способствуют появлению более новых фотографий менее популярных областей поверхности Земли, каковыми являются именно арктические территории. А нейросети уже в скором времени постепенно научатся распознавать на более детальных спутниковых снимках или снимках с БВС более сложные объекты и делать это будут точно и быстро²⁰⁰. Использование современного оборудования, в частности БВС, для создания топографического плана местности позволяет за минимальное время выполнить съемку и последующую камеральную обработку материалов, что в свою очередь существенно повышает производительность работ в регионах Арктической зоны РФ²⁰¹. В 2019 г. автор представленного исследования стал Лауреатом Первого международного маркетингового конкурса в сфере туризма «ПРОбренд» за реализацию проекта по созданию единого туристического бренда регионов Арктической зоны РФ «АРКТИКА 2020», в т.ч. за обоснование и практическое использование БВС в туризме²⁰².

Третий комплекс мероприятий включает в себя разработку профессиональных стандартов в рамках системы профессиональных квалификаций.

Координационный совет по развитию Северных территорий и Арктики РСПП при поддержке Национального агентства развития квалификаций (НАРК) участвует в разработке профессиональных стандартов и делает ставку, в том числе на профессии будущего. Рассматриваются и направляются предложения по вопросам совершенствования подготовки кадров для арктических регионов, расширения масштаба целевого обучения и целевого приема специалистов, необходимых для работы на проектах в Арктике, а также проводится мониторинг потенциала развития профессиональных стандартов по специальностям, представляющим интерес для предприятий, осуществляющих деятельность в районах крайнего Севера и Арктической зоны. Научным партнером выступает Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова (С(А)ФУ).

В макет профессионального стандарта входят: общие сведения; описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт; характеристика обобщенных трудовых функций; сведения об организациях - разработчиках. Со временем такой набор будет видоизменяться под влиянием рынка труда, социальных и государственных задач. С 2017 г. начато

²⁰⁰ Е. Лисовский. Искусственный интеллект и нейросети в картографии — 2: когда «народные» карты круче Google [Электронный ресурс] // Forbes. - 09.10.2017. - URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/351121-iskusstvenny-intellekt-i-neyroseti-v-kartografii-2-kogda-narodnye-karty-kruche>

²⁰¹ Попова Л. Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2016. — № 24 (128). — С. 105-108. — URL: <https://moluch.ru/archive/128/35313/> (дата обращения: 18.02.2021)

²⁰² Итоги Первого международного маркетингового конкурса в сфере туризма «ПРОбренд» [Электронный ресурс] // Евразийское содружество специалистов туристической индустрии. - 08.07.2019. - URL: <https://union-esot.com/?p=861>

сотрудничество с Национальным арктическим научно-образовательным консорциумом (НАНОК)²⁰³.



Рис 54, 55. Описание профессий «Оператор БПЛА для разведки месторождений» и «Проектировщик интерфейсов БПЛА» в Атласе новых профессий версии 3.0²⁰⁴

Основой для профессиональных стандартов в Арктике стал «Атлас новых профессий» версий 2.0 и 3.0 (<https://atlas100.ru/>). По нашим оценкам, для нужд освоения Арктики в видеоизмененных вариантах возможно применение более чем 50 профессий Атласа. На повестке дня - обсуждение актуальности и возможностей внедрения программ обучения по специальностям, указанным в Атласе, в том числе на период их изменения в ближайшие 30-50 лет. Получено личное разрешение авторов Атласа на использование визуальных материалов по лицензиям Creative Commons by-SA 3.0 и Creative Commons Attribution 4.0 International.

Более 10 лет назад стало понятно, что архитектура профессий будущего в Арктике должна измениться под воздействием социальных и климатических перемен, а автоматизация технических процессов должна соответствовать новой кадровой политике. Новые специальности будут востребованы в Арктике уже в ближайшие 5-10 лет, однако подготовка по этим направлениям в учебных заведениях еще не началась. в этом случае корпоративные учебные центры в разы мобильнее, чем система образования и способны максимально быстро освоить новые образовательные лакуны. В Стратегии развития Арктической зоны РФ до 2035 г. заложены меры поддержки образовательного и кадрового потенциала. Это означает, что к этому времени необходима разработка и практическое применение новых арктических профессиональных стандартов. Мы на пороге создания универсального арктического технологического кадрового пакета, основанного не только на динамичном переходе в онлайн-образование, но и на максимальной возможности удаленной работы. Новая кадровая и образовательная парадигмы потребуют специалистов исследователей, инженеров, строителей, транспортников, связистов и работников вспомогательных сфер. Потребность в профессиональной стандартизации будет не только у тех профессий, которые занимаются технической эксплуатацией, но и у разработчиков, авторов прорывных технологий²⁰⁵.

На основе экспертных мнений, прогнозов развития отраслей экономики и информации из «Атласа новых профессий» выявилось, что практически все виды деятельности в Арктике потребуют разработки новых профессиональных стандартов и описания квалификаций в ближайшие 10 лет, в их числе и в части разработки и эксплуатации БВС с ИИ. Среди таких профессий (специальностей) выделим следующие (по отраслям):

- добыча и переработка полезных ископаемых: оператор беспилотных летающих аппаратов для разведки месторождений арктического шельфа;

²⁰³ РСПП, САФУ и НАНОК обсудили вопросы подготовки кадров для регионов Арктической зоны и Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 08.05.2017. - URL: <https://old.rspn.ru/regionalnews/view/14365>

²⁰⁴ Оператор БПЛА для разведки месторождений [Электронный ресурс] // Атлас новых профессий. - URL: <https://atlas100.ru/catalog/dobycha-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh/operator-bpla-dlya-razvedki-mestorozhdeniy/> (дата обращения: 20.12.2020)

²⁰⁵ А.В. Федотовских. Рынок в будущее. Профессиональные стандарты для Арктики 2050 [Электронный ресурс] // Арктическое обозрение (Arctic review). - 2020. - №6. - URL: <http://csef.ru/media/articles/9229/12039.pdf>

- экология и природопользование: оператор мониторинга очистки ледовых загрязнений; полярный эколог; эколог по вечной мерзлоте; гляциолог - оператор БВС;
- культура и туризм: специалист по оцифровке труднодоступных территорий; гид по виртуальным турам; VR-технолог; разработчик арктических тур-навигаторов;
- транспорт и логистика: системный инженер инфраструктуры морей Северного ледовитого океана; проектировщик инфраструктуры для высокоширотного воздухоплавания; проектировщик высокопрочных композитных конструкций для БПЛА; специалист по цифровой системе управления логистикой с использованием БВС.

Такое мнение подтверждают исследования специалистов Петрозаводского государственного университета. Специальность «Оператор беспилотных летательных аппаратов для разведки месторождений» входит в число профессий будущего для Арктической зоны РФ, а в качестве базиса выступают уже имеющиеся профильные профессии²⁰⁶.

05.12.2019 г. в ходе V всероссийского форума «Национальная система квалификаций России» (протокол №41) был создан Совет по профессиональным квалификациям воздушного транспорта Национального Совета при Президенте РФ по профессиональным квалификациям (СПК ВТ). На состоявшемся 14.01.2020 г. в РСПП первом заседании Совета была рассмотрена и утверждена организационная структура и Положение о Совете, а так же принято решение о создании специальной Комиссии по эксплуатации беспилотных авиационных систем. В мае 2020 г. Национальный Совет при Президенте РФ по профессиональным квалификациям (НСПК) утвердил создание Комиссии по профессиональным квалификациям беспилотных авиационных систем. Комиссия работает в структуре Совета по профессиональным квалификациям воздушного транспорта²⁰⁷. Таким образом структуры РСПП активно участвуют в процессе.

Основой для новых «арктических» профессиональных стандартов станет разработанный Ассоциацией эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем «Аэронет» и утвержденный приказом Министерства труда РФ 05.07.2018 г. профессиональный стандарт «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее»²⁰⁸. В настоящее время ведется доработка таких стандартов.

Четвертое направление - создание центров обработки данных (ЦОД, дата-центры), в т.ч. для сбора, хранения и обработки информации, в т.ч. получаемой с БВС. В мае 2018 г. в Москве был создан Экспертный совет по применению систем искусственного интеллекта в Арктике²⁰⁹. В его состав вошли 26 экспертов из Красноярска, Норильска, Архангельска, Новосибирска, Мурманска, Магадана, Казани, Владивостока, Москвы и Санкт-Петербурга.



Рис 56. Заседание Экспертного совета по применению систем искусственного интеллекта в Арктике (обсуждение БВС), 2018 г.²¹⁰

²⁰⁶ И.С. Степуть, С.В. Шабаева. Настоящее и будущее рынка труда регионов Арктической зоны России: востребованные профессии [Электронный ресурс] //Непрерывное образование: XXI век. – 2019. – Вып. 3 (27).- URL: <https://i1121.petrsu.ru/journal/article.php?id=5026>

²⁰⁷ Национальный Совет при Президенте утвердил создание Комиссии по профессиональным квалификациям в сфере БАС [Электронный ресурс] // Ассоциация эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем. - 25.05.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/news/251920

²⁰⁸ Профессиональный стандарт «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее» [Электронный ресурс] // Министерство труда и социально защиты Российской Федерации. - 23.07.2018. - URL: <https://mintrud.gov.ru/uploads/magic/ru-RU/Document-0-8561-src-1535017720.628.docx>

²⁰⁹ Формируется Экспертный совет по искусственному интеллекту в Арктике [Электронный ресурс] // Бизнес-Поинтер. - 20.05.2018. - URL: <https://b-pointer.ru/formiruetsya-ekspertnyj-sovet-po-iskusstvennomu-intellektu-v-arktike/>

²¹⁰ Искусственный интеллект и роботы помогут России в освоении Арктики [Электронный ресурс] // Экономика сегодня. - 17.10.2018. - URL: <https://rueconomics.ru/355916-iskusstvennyi-intellekt-i-roboty-pomogut-rossii-v-osvoenii-arktiki>

В число экспертов вошли представители компаний-разработчиков БВС с ИИ для эксплуатации на Крайнем Севере и в Арктике: И.Т. Акулов, заместитель Генерального директора по работе с государственными органами АО НПО «Опытно-конструкторское бюро имени М.П. Симонова» (ОКБ им. М.П. Симонова), г. Казань; С.В. Гарбук, заместитель генерального директора – руководитель направления информационных исследований Фонда перспективных исследований, к.т.н., Москва; Д.С. Гуцина, исполнительный директор Комплексного инвестиционного проекта по созданию беспилотных воздушных судов тяжелого класса для воздушного мониторинга протяженной инфраструктуры арктического и других регионов АО НПО «Опытно-конструкторское бюро имени М.П. Симонова» (ОКБ им. М.П.Симонова), к.т.н., г. Казань; В.Э. Карпов, руководитель Отделения нейрокогнитивных наук и интеллектуальных систем НИЦ «Курчатовский институт», вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта, к.т.н., доцент, Москва; С.А. Половко, заместитель Главного конструктора федерального государственного автономного научного учреждения «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики», к.т.н., Санкт-Петербург.

Одним из первых поддержал внедрение систем искусственного интеллекта в Арктике председатель Норильского городского Совета депутатов А.А.Пестряков, являющийся профильным специалистом в сфере IT и социальной инженерии. Власти Норильска стали оказывать помощь в создании в Норильске и на Таймыре центров обработки данных. Обоснование создания дата-центров в Российской Арктике было предложено автором проекта в 2017 г., состоялись презентации потенциала арктических территорий заинтересованным сторонам в Москве и Санкт-Петербурге. Были обозначены основные векторы строительства ЦОД в Арктике за рубежом и в России, их преимущества и недостатки, а также представлены комплексные возможности арктических регионов и меры поддержки со стороны органов государственной власти и муниципалитетов, необходимые условия для создания ЦОД²¹¹.

В сентябре в Норильске открылся первый частный ЦОД. Создает дата-центр международный инфраструктурный проект с головным офисом в Швейцарии BitCluster, предлагающий готовые бизнес-решения в сфере майнинга криптовалют. На площадках имеются различные типы инфраструктуры для криптооборудования. Как мобильные модульные решения, так и стационарные ЦОДы²¹². Создание в северных регионах дата-центров наиболее целесообразно, потому что на искусственное охлаждение зданий центров обработки данных требуются значительные энергозатраты, а в арктических территориях такой проблемы не будет – дата-центры будут охлаждаться естественным способом. В Норильске реализация таких проектов стала возможной с приходом в город волоконно-оптической линии связи, энергетические мощности позволяют построить несколько таких дата-центров. Строительство ЦОДов в Арктике позволит привлечь крупные инвестиции, что несомненно станет драйвером развития регионов²¹³.

ЦОДы входят в комплекс обработки данных с БВС. Полученная информация с беспилотных летательных аппаратов занимает значительные объемы дискового пространства, требует расшифровки и последующей обработки, поэтому может храниться на локальных серверах, в «облаке» локальных центров обработки данных, без передачи «на материк», а цифровизация туризма поможет активизировать этот процесс.

²¹¹ Дата-центры - тренд развития цифровых технологий в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 07.11.2019. - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/data-czentryi-trend-razvitiya-czifrovyyih-tekhnologij-v-arktike.html>

²¹² Почему Норильск стал местом для создания самого «северного» в мире дата-центра [Электронный ресурс] // BitCluster. - 26.09.2020. - URL: <https://bitcluster.ru/news-1/pochemu-norilsk-stal-mestom-dlya-sozdaniya-samogo-severnogo-v-mire-data-tsentra-bitcluster-nord.html>

²¹³ В Норильске создается полярный дата-центр [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 02.10.2020. - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/v-norilске-sozdaetsya-polyarnyj-data-czentr.html>

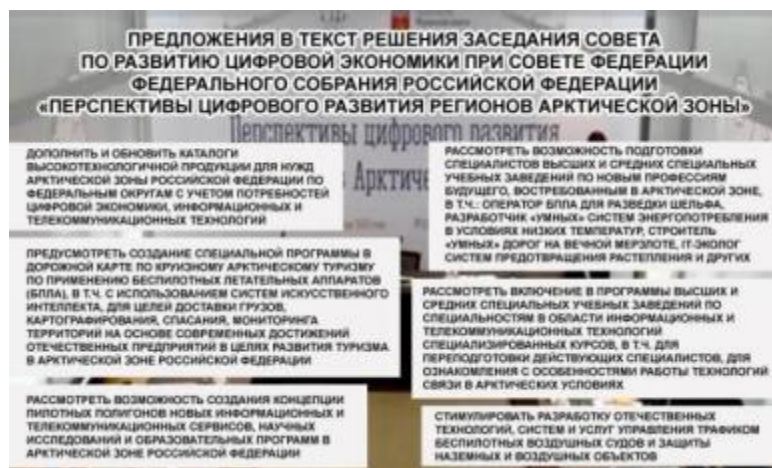


Рис 57. Предложения по развитию цифровой экономики в Арктической зоне РФ

В ноябре 2020 г. Совет по развитию цифровой экономики при Совете Федерации рекомендовал Правительству РФ проработать вопрос создания в Арктике сети дата-центров «преимущественно на российских программно-аппаратных комплексах»²¹⁴. Поэтому, одним из мероприятий в этом блоке работ стало направление 10.11.2020 г. предложений и дополнений в проект решения заседания Совета по развитию цифровой экономики при Совете Федерации Федерального Собрания РФ на тему «Перспективы цифрового развития регионов Арктической зоны», состоявшегося в Мурманске.

Правительству РФ и Ростуризму предлагается предусмотреть создание специальной подпрограммы в Дорожной карте по круизному арктическому туризму по применению БВС, в т.ч. с использованием систем ИИ, для целей доставки грузов, картографирования, спасания, мониторинга территорий на основе современных достижений отечественных предприятий в целях развития туризма в Арктической зоне РФ²¹⁵. Текст направлен в адрес ответственного секретаря Совета по развитию цифровой экономики. Рассмотрение предложения и внесение его в Дорожную карту планируется в течение 2021 г. в рамках деятельности рабочей группы по содействию формированию региональных туристских кластеров и продвижению туризма в Арктической зоне РФ на национальном и международном туристских рынках Федерального агентства по туризму, в составе которой деятельность ведется с 2018 г.²¹⁶

Таким образом, создается цифровая комплексная инфраструктура арктических регионов, уменьшается цифровое неравенство и доступ к ряду сервисов.

3.3. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА

Прогнозы и тренды в области БАС неоднократно публиковались в открытом доступе с привлечением мнения экспертного сообщества. В большей степени такие прогнозы носят экономический характер или обзоры рынков в хронологической привязке²¹⁷. Для понимания процессов, связанных с поиском решений и практической эксплуатацией БВС преимущественно на Крайнем Севере и в Арктической зоне РФ использовался не только аналитический метод исследования, но и точечное интервьюирование.

²¹⁴ Совет Федерации предложил создать дата-центры в Арктике [Электронный ресурс] // РБК. - 10.11.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/10/11/2020/5fa93e719a7947e273f617e1

²¹⁵ Предложения и дополнения в проект решения СФ ФС РФ «Перспективы цифрового развития регионов Арктической зоны» [Электронный ресурс] // КС РСФП по развитию Северных территорий и Арктики. - 09.11.2020. - URL: <http://www.rsp-p-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/predlozheniya-i-dopolneniya-v-proekt-resheniya-sf-fs-rf-%C2%ABperspektivy-cifrovogo-razvitiya-regionov-arkticheskoy-zonyi%CB.html>

²¹⁶ В Ростуризме обсудили проект Дорожной карты развития туризма Арктики [Электронный ресурс] // Seldon.News. - 05.03.2020. - URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/225147749>

²¹⁷ А. Бойко. Прогнозы и тренды в области беспилотников [Электронный ресурс] // RoboTrends. - 16.04.2016. - URL: <http://robotrends.ru/roboedia/prognozy-i-trendy-v-oblasti-bespilotnikov>

С 30.11.2020 г. по 20.12.2020 г. был проведен экспертный опрос руководителей компаний - разработчиков, изготовителей и эксплуатантов БВС в Арктической зоне РФ. В опросе приняли участие представители 12 профильных компаний разработчиков, конструкторские бюро, эксплуатирующие и другие организации, в частности: ООО «ВР-Технологии», ООО «Беспилотные системы», ООО «Тайбер», ООО «НейроЛаб». Наиболее активные эксперты высказали своё мнение по поводу развития отрасли БВС с ИИ в перспективе до 2035-2050 гг.

Эксперты, принявшие участие в опросе, дали свою оценку текущему состоянию разработки БВС с ИИ, рассмотрели вызовы и угрозы, а также особенности его использования в условиях Арктики. Систематизируя высказывания можно объединить их и сделать следующие выводы касательно перспективных направлений. Выделяется два разнонаправленных вектора профессиональной эксплуатации БВС:

- создание универсальных многофункциональных беспилотных платформ;
- повышение узкоспециализированных навыков.

На сегодняшний период основные недостатки, присущие практически всем гражданским БВС, следующие: недостаточные дальность и время полета; низкая скорость полета; привязанность к внешнему пилоту; низкая автономность; низкая надежность систем навигации; ограниченность контроля пространства; слабая помехозащищенность; слабая маневренность; невысокие скорости передачи данных в режиме онлайн; низкое качество искусственного интеллекта и невозможность принятия оптимального решения без участия оператора; недостаточный уровень роботизации; отсутствие заложенных алгоритмов реакции на изменения внешней среды; невозможность групповых полетов.

3.3.1 ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Возможности БВС в настоящий период впечатляют, однако в обозримом будущем прогнозируется взрывной рост технологий, в первую очередь, это касается летательных аппаратов с электрическими и водородными силовыми установками как наиболее экономически выгодными, а также улучшение летно-технических характеристик и установка систем ИИ как на само воздушное судно, так и в наземные пункты управления полетами, для контроля полета, характеристик БВС и решения поставленных задач.

По состоянию на 2021 г. эксплуатация БВС в Арктической зоне РФ носит эпизодический характер. Большинство полетов планируется и совершается в нормальных метеоусловиях. Однако этого недостаточно. БВС должны совершать регулярные рейсы, например, планируемая доставка грузов и почты не может быть периодической, а спасание происходит не всегда в удобных для эксплуатации условиях. БВС должны стать всепогодными, только в этом случае они смогут быть действительно полезными и экономически выгодными. Простой техники приносит только убытки.

Условия самолетовождения в Арктике как в пилотируемой, так и в беспилотной авиации, характеризуются следующими особенностями²¹⁸:

I. Однообразие местности с небольшим количеством ориентиров, позволяющих вести визуальную и радиолокационную ориентировку. Материковая часть - тундра, зимой вся покрыта снегом, с воздуха видна как необъятная снежная пустыня с малым количеством ориентиров. Населенные пункты встречаются крайне редко. Крупных рек мало, расположены в меридиональном направлении. Побережье изрезано заливами, губами и бухтами, они образуют полуострова, что при полетах вдоль побережья позволяет вести ориентировку. Большую часть года моря Северного ледовитого океана покрыты льдом, который перемещается под влиянием морских течений и ветров. Побережье Арктики изобилует озерами. Берега их низкие и зимой сливаются с тундрой. Летом появляется много дополнительных водоемов.

II. Неустойчивостью метеорологической обстановки и преобладанием низких средних

²¹⁸ Особенности самолетовождения в Арктике и Антарктике [Электронный ресурс] // Все самое интересное о летательных аппаратах. - URL: <http://livit.ru/plane-driving/flights-in-special-conditions/466-osobennosti-samoletovozhdenija-v-arktike-i.html> (дата обращения: 20.12.2020)

температур. Метеорологические факторы – это атмосферные процессы и метеорологические условия, которые могут прямо или косвенно повлиять на безопасность и регулярность полетов²¹⁹. Для Арктики характерна неустойчивая метеорологическая обстановка. Климат — субарктический, с длительной и холодной зимой (октябрь — апрель) и коротким летом. Из теории авиационной метеорологии и теории аэродинамики известно, что параметры режима ветра на маршруте полета БВС воздействуют на ряд показателей:

- дальность полета – расстояние, которое может пролететь БВС в одном направлении при заданном запасе топлива или заряде аккумулятора;
- радиус действия – максимальное расстояние, на которое может удалиться БВС от места старта и вернуться назад, не пополняя запаса топлива или без зарядки аккумулятора в точке прибытия;
- продолжительность полета – время, за которое БВС функционирует при данном запасе топлива или заряде аккумулятора.

Неустойчивость метеорологической обстановки выражается в резком изменении направления и скорости ветра (от штиля до шторма), в частом изменении высоты и характера облачности, в неожиданном натекании тумана с моря на побережье. Сильные ветры осенью и зимой (до 40 м/с) часто приносят снежную пургу и поземку. Облачность в Арктике является обычным явлением. Число ясных дней в году колеблется от 20 до 46. Среднемесячная температура 9 месяцев зимы — ниже нуля. Лучшим временем для полетов БВС в Арктике является период с начала мая до середины августа. В это время заканчивается полярная ночь, наступает полярный день и наступает улучшение погоды. Наиболее повторяющимися являются такие метеоявления: низкая температура, сильный ветер, обледенение и туманы. Резкая изменчивость погоды затрудняет выполнение полетов по маршрутам даже для опытных операторов. Для БВС сложные метеоявления являются чувствительными, приводя к критическому снижению видимости, значительным ветровым нагрузкам, динамическому давлению и вибрации аппарата. Одним из важных факторов, определяющих динамику развития атмосферных процессов в приземном слое, является профиль температуры, который приводит к возникновению зон турбулентности, восходящих и нисходящих потоков.

Тип опасных метеорологических явлений	Воздействие на ВС	Возможность обнаружения, прогнозирования
Конвективная турбулентность	Болтанка, конструктивные повреждения ВС	возможно
Струйные течения низкого уровня	Возможны трудности при взлете и приземлении	возможно
Сильное обледенение	Ухудшение аэродинамических характеристик ВС Возрастание веса и неравномерность центровки Ухудшение обзора.	возможно
Град	Повреждение обшивки самолета, лопастей пропеллера и турбин, скольжение на ВПП	возможно
Осадки	Снижение видимости, попадание воды в кабину, отсек двигателя, асимметричное торможение, выкатывание за пределы ВПП	возможно
Твердые осадки	Снижение видимости. Ухудшение аэродинамических характеристик ВС. Скопление в gondole двигателя. Ухудшение торможения. Затенение огней ВПП	возможно
Туман	Сильное снижение видимости Создание сложных условий для посадки	возможно
Туман Дымка Мгла Метель	Снижает видимость, дает ложное представление о горизонтальной видимости на аэродроме (может достигать больших площадей в этом случае представляет опасность, также опасно в горной местности)	возможно
Внезапное временное усиление ветра (порывы)	Сдвиг ветра, вызывающий трудности при взлете и посадке	возможно

Табл 4. Перечень опасных для беспилотной авиации метеоявлений²²⁰

В целом сложность метеорологической обстановки и суровость климата делают полеты в Арктике весьма трудными.

²¹⁹ Т.В. Сафонова. Авиационная метеорология [Электронный ресурс] // УВАУГА. - Учебное пособие. - 2005. - URL: http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2015/Safonova_1.pdf

²²⁰ Ю.Н. Кораблев. Оперативное информирование экипажей воздушных судов об опасных метеоявлениях в районах арктических посадочных площадок [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - том 21 - №05. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-informirovanie-ekipazhey-vozdushnyh-sudov-ob-opasnyh-meteoyavleniyah-v-rayonah-arkticheskikh-posadochnyh-ploschadok>

III. Большой величиной магнитного склонения и резким его изменением на небольших расстояниях, наличием магнитных аномалий и магнитных бурь. Магнитное склонение достигает больших значений и довольно резко изменяется на сравнительно небольших расстояниях как по причине близости полюсов, так и вследствие наличия магнитных аномалий. В полярных районах магнитное склонение также изменяется в период магнитных бурь, связанных с солнечной активностью (до 10—20°, иногда до 50—60°). Наблюдаются полярные сияния, которые значительно затрудняют применение астрономической ориентировки вследствие того, что небесные светила теряются в светлых перебивах сияния и их трудно различить.

IV. Неустойчивостью показаний магнитных и гироманнитных компасов из-за малой величины горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

V. Неустойчивостью распространения радиоволн, особенно КВ-диапазона, наличием помех радиотехническим средствам. Во время магнитных бурь распространение радиоволн становится неустойчивым, что ухудшает радиосвязь и ограничивает применение радиотехнических средств. При полете в среде, насыщенной ледяными иглами или снежной пылью, возникают помехи радиотехническим средствам, которые образуются местными разрядами между разноименно заряженными частицами. УКВ-диапазон не подвергается влиянию ионосферных и атмосферных помех, но дальность их распространения равна дальности прямой геометрической видимости, что незначительно для применения БВС на дальние расстояния.

VI. Особенностью естественного освещения. Арктика начинается от Полярного круга, который является границей полярной ночи и дня. Для районов Арктики характерны длительные периоды полярного дня, сумерек и полярной ночи. Поэтому при подготовке к полету необходимо определять условия естественного освещения на разных участках маршрута.

VII. Особенности географического положения, вызывающего большие углы схождения меридианов и быстрое изменение долготы при полете самолета. При полетах в высоких широтах курс лучше измерять относительно не истинных или магнитных меридианов, а относительно условных меридианов.

К особенностям подготовки к полету в Арктике можно отнести следующие:

- изучение материалов аэрографических и климатических описаний района полетов, а при полете над морями — специальные лоции моря;
- изучение особых указаний и инструкций, регламентирующих полеты над морями Северного ледовитого океана;
- подготовка необходимого набора полетных, морских и магнитных карт, различных справочных материалов;
- разработка плана полета;
- проверка правильности установки и работоспособности бортового оборудования. Для полетов в центральных районах Арктики используется карта центральной полярной проекции масштаба 1:2000000 и карта полярной стереографической проекции масштабов 1:2000000, 1:3000000 и 1:4000000.

Применение БАС на высоких широтах также имеет целый ряд технических сложностей, к которым можно отнести:

- отсутствие необходимой наземной инфраструктуры, малое количество наземных радиотехнических средств навигации;
- влияние внешних помех на радионавигационное обеспечение, особенно для выполнения продолжительных полетов (качество спутниковых сигналов; риски, связанные с выбором несущей частоты радиоканала с учетом дальности осуществления полетов БВС и т.д.);
- первоочередные требования по массогабаритным характеристикам, автономности функционирования, минимального энергопотребления и стоимости²²¹.

Есть и другие особенности эксплуатации БВС в условиях Арктики. К ним можно отнести:

²²¹ А.В.Митько. БПЛА в условиях арктического региона [Электронный ресурс] // Нефтегаз.Ру. - 09.07.2019. - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>

большие расстояния при полном отсутствии дорог; сложность ориентации по магнитному курсу вблизи магнитного полюса на широтах выше 70°), отсутствие наземных ориентиров, полярная ночь, и др. Однако эти проблемы могут успешно решаться в составе навигационно-пилотажного оборудования БВС, созданием автонавигатора и автомата пилотирования на основе современной курсовой системы. Для тяжелых транспортных БВС взамен курсовых систем могут применяться инерциальные системы, являющиеся автономным датчиком идеального авиагоризонта и курса, с блоком контроля, позволяющие обеспечить безопасный полет и взлет-посадку в условиях нулевой видимости и действующих внешних возмущений на БВС. Реализацию такого предложения целесообразно начинать с создания автонавигатора и автомата пилотирования на современных пилотируемых ВС. При положительных результатах это позволит в перспективе заменить второго пилота и штурмана на штатных ВС²²².

3.3.2 ТЕНДЕНЦИИ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИКЕ И НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

Конструирование и производство БВС на основе отечественных комплектующих

Отрасль БВС в России испытывает отставание критических технологий для эксплуатации при температурах от +30°C до -50°C и в сложных метеоусловиях в следующих областях:

- силовые установки: как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), так и электродвигатели;
- силовые и формообразующие, легкие, но прочные конструкции планера (корпуса);
- энергетические и электрические системы;
- бортовые полетные контроллеры;
- наземные системы обнаружения и слежения за БВС;
- системы бортовой локации и навигации;
- сенсоры и техническое зрение, особенно для использования при посадке на движущиеся объекты и при сильном ветре;
- радиотехнические системы связи и системы телекоммуникации;
- помехозащищенность и кибербезопасность от несанкционированного доступа третьих лиц к управлению БВС;
- системы искусственного интеллекта БВС и наземных пунктов управления;
- групповое применение БВС, в т.ч. без участия внешнего пилота;
- логистические системы управления БВС²²³.

Практически все российские разработчики БВС применяют поршневые или электрические силовые установки, готовые или доработанные на основе импортных базовых двигателей. Отечественная беспилотная авиация в целом продолжает испытывать нехватку, прежде всего, поршневых двигателей российского производства. Разработка и массовый выпуск двигателей для нужд беспилотной авиации — новая область компетенций для отечественных КБ и предприятий. До введения международных санкций силовые агрегаты для БВС приобретались за рубежом. Проблема отсутствия экономичных поршневых двигателей отечественной разработки для БВС, является одной из самых чувствительных, но в условиях международных санкций использовать зарубежную технику невозможно, а российские разработчики не готовы представить собственный малоразмерный двигатель даже в ближайшую пятилетку. В качестве примера можно привести Турцию, разработчики БВС в которой заимствуют и импортируют необходимые компоненты в США, Канаде, Израиле и т.д.²²⁴. Так, только с 2020 г. производимые Уральским заводом гражданской авиации (УЗГА) военные БВС «Форпост», созданные в 2009-2010 гг. на базе

²²² О.В. Скуднева. Безальтернативность беспилотных летательных аппаратов в реалиях сегодняшней геополитики [Электронный ресурс] // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XIX международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук; Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет. СПб: 2018. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36836215>

²²³ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

²²⁴ Цап-цап не получается: почему не летают российские беспилотники [Электронный ресурс] // 13.01.2021. - <https://newizv.ru/article/general/13-01-2021/tsap-tsarap-ne-poluchaetsya-pochemu-ne-letayut-rossiyskie-besplotniki>

аппарата Searcher из Израиля, стали собираться из российских комплектующих²²⁵.

При этом основные жизненно важные системы и датчики, соответствующие авиационным правилам, начинают разрабатываться и производиться отечественными предприятиями. Слабая и зависимая часть компонентов БВС связана с микроэлектроникой. Лидером здесь являются США, Китай, Южная Корея. Если решения в сфере ИИ на 50% укомплектованы российским hardware-продуктами, то в создании микропроцессорной базы отставание России от развитых стран катастрофическое. Это наиболее уязвимая точка, особенно в случае продолжения международных санкций и закрытия зарубежных поставок²²⁶.

Острая нехватка качественных отечественных микропроцессоров, датчиков, контроллеров и программного обеспечения продолжает делать погоду на российском производстве БВС всех классов²²⁷.

Государственным структурам, в частности, Министерству промышленности и торговли РФ, необходимо принимать стратегические решения о поддержке отрасли. Поэтому, в РФ основная задача на ближайшие 10-15 лет заключается в полном импортозамещении зарубежных компонентов и систем для БВС и уменьшении стоимости комплектующих, а значит и готовых изделий, в т.ч. приспособленных к работе в условиях арктического климата. С появлением российских материалов для 3D-печати, позволяющих изготавливать двигатели (внутреннего сгорания, детонационные и газотурбинные) для БВС, локализация производства потеряет значение. Стоимость платформы (планера и двигателя) упадет как минимум на порядок.

Отметим, что также системы ИИ оказывают помощь в разработке БВС, в т.ч. в части расчета параметров надежности, выбора материалов для изготовления и подбора компонентов. Таким образом искусственный интеллект участвует как в проектировании, так и в эксплуатации БВС.

Расширение пределов климатической эксплуатации

Продолжительное время с начала эксплуатации БВС считались неподходящими для действий в северных широтах. Но развитие технологий позволило улучшить ЛТХ, а в отличие от автомобильного транспорта, БВС могут выполнять более широкий спектр задач в приполярных регионах.

Присутствует жесткая взаимосвязь между свойствами БВС (ЛТХ, показателями функциональной эффективности, выживаемости, надежности, стоимости) и условиями его эксплуатации, зависящими как от качества управления, ремонта, технического обслуживания, так и от внешней среды²²⁸. Таким образом полеты в регионах Арктической зоны РФ наиболее неблагоприятны для авиатехники в связи с климатическими условиями и ведет к значительно более быстрому ее износу, чем в других регионах РФ. Поэтому, в регионах Арктической зоны РФ актуальны вопросы увеличения объемов перевозок, повышения экономичности и надежности эксплуатации БВС в жестких климатических условиях²²⁹.

Проведя анализ всех данных, можно сделать вывод, что БВС в Арктике в настоящее время все еще очень ограничены в применении в части климатических условий и метеорологической обстановки. На малых высотах – пограничным слоем, на больших высотах – силой ветра, температурой и влажностью. Ограничения уменьшают высоту применения БВС, дальность полета и грузоподъемность. Несмотря на эксплуатирующиеся БВС, разработанные специально для суровых условий Крайнего Севера и Арктики, их ЛТХ и возможности использования, в первую очередь при низких температурах (до -60°C), недостаточны. В большинстве случаев разработчики «арктических» БВС ограничивают условия зимней эксплуатации температурой до -40°C.

Исследования зависимости вероятности лётного происшествия с БВС самолетного и

²²⁵ Форпост // Новый оборонный заказ. - <https://dfnc.ru/katalog-vooruzhenij/bpla/forpost/> (дата обращения: 20.02.2021)

²²⁶ Глава Cognitive Pilot: беспилотников из фильмов про будущее придется ждать еще десять лет [Электронный ресурс] // ТАСС. - 15.04.2020. - URL: <https://tass.ru/interviews/8242121>

²²⁷ Воздушные трассы дронов появятся в Арктике и на Дальнем Востоке [Электронный ресурс] // Московский комсомолец. - 20.10.2018. - URL: <https://www.mk.ru/economics/2018/10/20/vozdushnye-trassy-dronov-poyavyatsya-v-arktike-i-na-dalнем-vostoke.html>

²²⁸ В. Ростоцкий, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

²²⁹ Т. Ларионова. Арктическая авиация: необходим системный подход. Эксперты обсудили современное состояние и перспективы развития полярной авиации [Электронный ресурс] // Транспортная безопасность. - 08.09.2020. - URL: <http://atb-tsa.ru/archives/16364>

вертолётного типа от скорости ветра показали, что при скорости ветра более 30 м/с потеря БВС гарантирована. При равных условиях скорости ветра БВС вертолётного типа более устойчив, чем самолётного типа. Малый вес БВС не даёт достаточной устойчивости при сильных порывах ветра. Все разработчики современных БВС устанавливают ограничение максимально допустимого встречного ветра на взлёте и посадке – не более 15 м/с²³⁰. В ходе применения БВС игнорирование метеорологических факторов может привести, в лучшем случае, к неэффективному применению ВС, в худшем - к его потере.

Все производители БВС указывают граничные параметры применения БВС по ветровой нагрузке, но она незначительна и часто не дает возможности эффективно применять аппарат. Во многих случаях БВС должны работать в более жестких метеорологических условиях - продолжительность периода с температурами ниже -40°C в некоторых районах Арктической зоны и Крайнего Севера может достигать нескольких месяцев.

В 2018 г. были опубликованы материалы исследования, целью которого является повышение эффективности применения БВС в условиях влияния внешних дестабилизирующих факторов, обусловленных метеорологическими причинами, на основе выявления связей и закономерностей их функционирования в сложных погодных условиях. Эта работа крайне актуальна для разработчиков БВС, пригодных к круглогодичной эксплуатации в условиях сложного арктического климата. Авторами применены методы системного анализа, математического моделирования атмосферных явлений и процессов, теории вероятности и статистического оценивания.

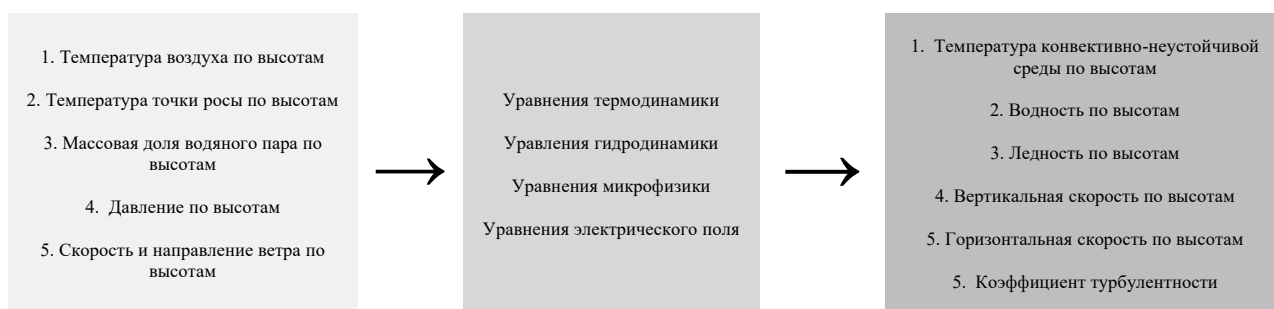


Табл 5. Модель прогностических характеристик атмосферы

Итогом работы кроме классификации дестабилизирующих воздействий, влияющих на выполнение полетного задания БВС стали:

- обоснование динамического вероятностного показателя «временная эффективность выполнения полетного задания БВС», характеризующего динамику функционирования БВС как сложной технической системы;

- разработана методика оценки динамического показателя эффективности функционирования БВС при выполнении полетного задания в условиях дестабилизирующих воздействий, на основе применения вероятностной модели конфликтного взаимодействия между БВС и дестабилизирующими воздействиями;

- приведены стратегии выбора траектории облета локальных зон, в которых на БВС могут повлиять дестабилизирующие воздействия;

- использование методов теории конфликта в процессе построения модели функционирования БВС позволило разработать адекватные модели анализа и оценки динамического показателя эффективности функционирования БВС при выполнении полетного задания в условиях дестабилизирующих воздействий, а также выявить закономерности влияния метеорологических факторов на эффективность БВС.

Предложенная методика позволяет повысить эффективность применения БВС в сложных метеорологических условиях по временному показателю на 20-30% по сравнению с

²³⁰ Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала [Электронный ресурс] //Вестник Санкт-Петербургского государственного университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2016.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-meteorologicheskikh-faktorov-na-primenenie-i-bezopasnost-polyota-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom>

традиционными подходами²³¹.

Задача синтеза систем управления БВС характеризуется сложностью их математических моделей и наличием существенных ограничений и внешних возмущений. К основным ограничениям относят ограничения, обусловленные нелинейностью элементов сервоприводов, входящих в состав автопилота, и ветровыми возмущениями, действующими на БВС. Необходимость учета скорости ветра при синтезе автопилота угла тангажа для БВС малой дальности на режиме посадки доказана математическими моделями. В 2015 г. представлена математическая модель ветра с учетом его порывистой части и ветра устойчивого направления, действующего на БВС малой дальности в связанной системе координат и рассмотрена реакция автопилота управления углом тангажа БВС на ветер. Доказана необходимость учета скорости ветра при синтезе автопилота угла тангажа для БВС малой дальности на режиме посадки. В результате проведенных исследований:

- на основе модели Драйдена разработана математическая модель расчета скорости ветра, действующего на БВС в связанной системе координат;
- установлено, что применительно к заданной географической территории, стохастическая компонента ветра существенно больше значения ветра устойчивого направления;
- влиянием ветровых возмущений на БВС, при его крейсерских скоростях полета более 100 км/ч можно пренебречь.

Актуальной задачей при синтезе автопилота БВС с учетом ветровых возмущений является решение задач посадки, где скорости полета БВС значительно меньше 30 м/с²³².

Таким образом создание высокоэффективного БВС для особых условий эксплуатации является сложной организационно-технической задачей, решение которой требует привлечения как профессиональных специалистов, так и технологий из разных областей науки и техники. Эксперты считают, что российские компании готовы взяться за решение такой задачи с соответствующими НИОКР и полевыми испытаниями. Также важным является дальнейший рост дальности полета БВС, ведь зачастую полеты должны совершаться без заправок или заряда батарей в связи с невозможностью проведения таких операций в пункте прибытия. Для этого в районах Заполярья необходимо выделение площадок для проведения НИОКР коммерческих БВС в соответствии с технологическими требованиями заказчиков техники.

Другой тенденцией ближайших лет может стать внедрение в отрасли турбореактивных двигателей малой тяги, в связи с тем, что возможности в существующем формате БПЛА с винтом в качестве движителя серьезно ограничены²³³. Замена силовой установки позволит увеличить скорость полета, дальность и применение в условиях более низких температур наружного воздуха и порывистого ветра.

Увеличение энерговооруженности, дальности и скорости полета

Многофункциональным направлением в разработке арктических БВС является повышение энергетической автономности аппаратов, что дает возможность увеличить и дальность полета, и грузоподъемность, решить проблему обледенения. В качестве основной характеристики БВС используется эксплуатационный диапазон высот и скоростей БВС. Физическое определение эксплуатационного диапазона высот и скоростей БВС является сложной технической задачей, которая под силу предприятиям, имеющим возможность проведения всесторонних и дорогостоящих летных испытаний. Важнейший показатель БВС – взлетная энерговооруженность.

В районах с относительно высоким уровнем ветровой нагрузки более 8 м/с применение БВС с энерговооруженностью менее 0,2–0,25 кВт/кг проблематично, в связи с тем, что невозможно выдерживать заданные параметры полета. Следует также учитывать отбор мощности

²³¹ И.Е. Кузнецов, А.В. Мельников, Е.А. Рогозин, О.В. Страшко. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа [Электронный ресурс] // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2018. - №45(2): 125-139. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-ucheta-vliyaniya-meteorologicheskikh-faktorov-na-effektivnost-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-na-osnove>

²³² А.А. Санько, И.В. Рожков, А.А.Шейников. Влияние ветра на систему угловой стабилизации беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Среде Expert: транспорт, общество, образование, язык. - 2015. - URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-vestra-na-sistemu-uglovoy-stabilizatsii-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata>

²³³ Д. Михайлова. «Потребность в малых реактивных двигателях – гигантская» - о прорывной разработке для беспилотников [Электронный ресурс] // Блог Дианы Михайловой. - 29.10.2028. - URL: <https://diana-mihailova.livejournal.com/2871986.html>

двигателя для обогрева аэродинамических поверхностей, чтобы предотвратить их обледенение²³⁴.

Эффект достигается за счет совмещения двигателей разных типов, оптимизированных для отдельных этапов полета, гибридные силовые установки состоят из двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя. Всё чаще используются микроструйные и микротурбинные моторы.

Наряду с известными и наиболее часто встречающимися БВС малой дальности и небольшой продолжительности полета, предназначенными в основном для выполнения задач в тактической глубине, объективные условия и географическое положение Арктической зоны РФ предполагают необходимость наличия БВС большой дальности и продолжительности полета²³⁵.

Решение возможно с использованием высокотехнологичных аккумуляторных батарей, солнечных панелей, водорода, а некоторые эксперты предлагают использовать сжиженный природный газ (СПГ) как источник энергии для двигателей. Производство СПГ является драйвером развития ряда северных регионов РФ, его эксплуатационная цена значительно ниже, чем у других углеводородных производных, однако сегодня решение технологических вопросов хранения и транспортировки, а также перевода двигателей внутреннего сгорания или разработка принципиально новых силовых установок не дает возможности СПГ стать альтернативой существующим видам топлива, в т.ч. и для БВС. При этом жидкий водород практически идеальное топливо, при сгорании которого образуется только вода и некоторое количество окислов азота. Направление развития современных силовых установок БВС — использование гибридных систем, состоящих из батарей и топливных элементов. Обычно это комбинация батарей с высокой удельной энергией и водородных топливных элементов. Водородное топливо допустимо хранить на борту БВС в баллонах под давлением или в виде химических соединений. Наилучшие значения удельной массы представлены именно жидким или сильно сжатым водородом. Возможность использования углеводородного топлива в условиях Арктики очень привлекательна, но сложна в реализации. Прямой топливный элемент обладает более высоким электрическим КПД (70–90%), но в настоящее время является источником энергии только под стационарными применениями²³⁶. Наиболее перспективным решением вопроса некоторые эксперты считают разработку крупногабаритных БВС с гибридной силовой установкой, когда за счет генератора на водородном топливе происходит постоянная подача заряда на аккумуляторные батареи для непрерывной работы подсистем БВС в течение длительного промежутка времени. В дополнение к водородным источникам рассматриваются алюминиевые топливные элементы высокой степени энергоэффективности.

Сжиженный газ значительно уступает водороду, но всё же практически весь сгорает и является намного чище керосина. В отечественной практике известно несколько разработок двигателей на альтернативном топливе. Они устанавливались на самолеты Ту-155 и Ту-156 и вертолет Ми-8ТГ, летавший на сжиженном топливе ШФЛУ (широкие фракции легких углеводородов) или АСКТ (авиационное сконденсированное топливо). Однако серийного применения эти разработки не получили.

Одновременно с этим эксперты отмечают, что к наиболее сложным в конструировании БВС в условиях Арктики технологиям относят технологии отечественных поршневых двигателей на тяжелом топливе и двигателей разрешенных для эксплуатации на кораблях. В настоящее время в РФ отсутствуют поршневые двигатели на тяжелом топливе и турбовальные двигатели с требуемыми характеристиками для оснащения.

В числе технологий энергосбережения для БВС, осуществляющих долговременные беспосадочные полеты, используются разнообразные технические новации. Например, имитация полета птиц. В 2012 г. в США создан беспилотный аппарат, который парит в потоках воздуха как альбатрос и расходует энергию экономичнее обычных БВС, летающих только за счет двигателей. Сильные ветры, мешающие традиционным БВС, и вынуждающие их тратить дополнительную

²³⁴ В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

²³⁵ Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. -2017. - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone>

²³⁶ Беспилотные летательные аппараты на топливных элементах [Электронный ресурс] // Zetsila. - 20.03.2019. - URL: <https://zetsila.ru/%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B/>

энергию на сопротивление, становятся для парящих аппаратов поддержкой и дают возможность работать в экономном режиме. Двигатели необходимы парящим БВС, в основном, для взлета, посадки и навигации, а также для полета при отсутствии ветра. БВС может использоваться для дистанционного наблюдения и сбора данных около водной поверхности, от обнаружения моряков, терпящих бедствие, до слежения за передвижением морских млекопитающих²³⁷.

Современные технологии готовы придать БВС уникальные характеристики. В совместном проекте корпорации «Иркут» и Московского авиационного института (МАИ) разрабатывается экспериментальный БВС для длительных полетов с использованием солнечной энергии. Аппарат должен летать длительное время в беспилотном режиме, его вес — до 25 кг, размах крыльев — более 5 м. Совместно с Центральным аэрогидродинамическим институтом (ЦАГИ) произведен демонстратор, который летает без солнечных батарей. Первый опытный образец БВС летом 2018 г. успешно выполнил несколько испытательных полетов. В ходе летных испытаний были определены минимальные и максимальные скорости, на которых БВС сможет летать, а также проверены характеристики устойчивости и управляемости. Для дальнейших летных испытаний предназначен второй экспериментальный образец с большей площадью крыла и весом до 30 кг, на поверхности выклеены солнечные батареи, запитка всех систем и двигателя осуществляется не от автономного аккумулятора, а от солнечных батарей. Такие БВС, способные летать без посадки по несколько суток, могут использоваться в качестве ретрансляторов связи, а также для мониторинга земной поверхности, в т.ч. в полярных условиях.



Рис 58. БВС для длительных полетов²³⁸

В 2014 г. сотрудники корпорации «Иркут» получили патент на разработанную консоль крыла планера ВС, использующего в качестве силовой установки электродвигатели, работающие на энергии солнечных батарей. Консоль содержит панели фотоэлектрических преобразователей, силовой поперечный и продольный наборы консоли крыла и обшивку. Панели фотоэлектрических преобразователей установлены внутри конструкции консоли крыла таким образом, что обеспечивается возможность их поворота. Обшивка консоли выполнена прозрачной; а силовой поперечный и силовой продольный наборы консоли крыла покрыты светоотражающим материалом. Использование такой конструкции обеспечивает максимизацию получаемой солнечной энергии в наиболее широком диапазоне углов падения солнечных лучей²³⁹.

Ряд экспертов считает, что применение БВС на солнечных батареях в Арктике малоэффективно в связи с небольшим количеством ясных дней, однако, использование гибридного варианта может быть оправданным.

Компания Zala Aero из Ижевска в мае 2020 г. запустила в производство дрон-конвертоплан ZALA 421-16EV HD. Аппарат работает в сложных режимах: вертолет-самолет, самолет-вертолет, чистый вертолет, чистый самолет. Взлет БВС происходит с небольшими энергетическими

²³⁷ Имитация полета альбатроса позволяет беспилотникам экономить энергию [Электронный ресурс] // РИА Новости. - 20.07.2012.- URL: <https://ria.ru/20120720/704733403.html>

²³⁸ Московский авиационный институт, - 29.01.2019. - URL: <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=101074>

²³⁹ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolikimi-innovatsionnymi-proektami/>

затратами: как только аппарат взлетает, он сразу переходит в режим вертолета-самолета. С учетом ветра в 5–10 м/с БВС пользуется его подъемной силой. Набрав высоту 5–10 м, БВС переходит в горизонтальный полет. При посадке ветер не нарушает работы БВС, аппарат использует воздушный поток, опасный для всех других типов БВС, что может быть актуально для арктических регионов.



Рис 59. БВС-конвертоплан Zala Aero

Уникальным преимуществом модели является возможность вертикальных взлета-посадки в полностью автоматическом режиме. Дублирующиеся системы безопасности делают конвертоплан очень надежным. Однако в Zala считают эту ветвь тупиковой из-за затрат энергии при посадке. Зависание в 1 мин при переходе из режима самолета в режим вертолета равносильно по энергозатратам 30 мин горизонтального полета²⁴⁰.

Таким образом, в настоящее время, в связи с рядом нерешенных задач, в Арктике эффективнее использовать преимущественно средние и тяжелые БВС, способные эксплуатироваться в сложных метеорологических условиях, в круглогодичном и круглосуточном режимах.

Увеличение грузоподъемности

Для БВС наблюдается общая тенденция роста взлетной массы, геометрических размеров, что ведет к увеличению полезной нагрузки, высоты, дальности и продолжительности полета. При этом масса самого БВС постоянно уменьшается. Это связано с применением современных конструкционных материалов, обладающих малой удельной массой и высокой прочностью, а также с использованием легких электродвигателей, миниатюрных радиоэлектронных компонентов²⁴¹.

Наиболее оптимальный вариант увеличения полезной нагрузки - за счет дальнейшего облегчения конструкции и установки на борт более мощных, но при этом более легких и экономичных двигателей. Конструкции перспективных двигателей уже создаются с помощью 3D-печати. Главным преимуществом подобного производства является скорость разработки и меньший вес агрегата, который после проектирования сразу можно отправить на печать. Эта же технология применяется для изготовления корпусов БВС. С применением новых высокопрочных материалов из армированных нитей возможно уменьшить массу планера БВС в 2-2,5 раза. Такие материалы практически не намокают, поэтому снижается риск обледенения и повреждения корпуса аппарата. В целом, указанные нововведения позволяют значительно упростить конструкцию и увеличить грузоподъемность БВС.

Сравнительно новым для отрасли БВС, но зарекомендовавшим себя десятилетиями в других транспортных системах решением является управление и питание при помощи кабеля. Привязные дроны работают по принципу кордовой авиамодели, что позволяет обеспечить работу аппарата почти неограниченное время и значительно увеличить грузоподъемность в связи с отсутствием аккумуляторной системы питания, а также переноса систем управления (в т.ч. нейросети) на наземный пункт. Дроны с электродвигателями получают электрический ток через

²⁴⁰ А.Грек. Заря беспилотной авиации: от гонок в небе до доставки кофе [Электронный ресурс] // Популярная механика. - 15.08.2020. - URL: <https://www.popmech.ru/technologies/601793-zarya-bespilotnoy-aviacii-ot-gonok-v-nebe-do-dostavki-kofo/>

²⁴¹ Г.А. Кузнецов, И.В. Кудрявцев, Е.Д. Крылов Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. - №9. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retrospektivnyy-analiz-sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-otchestvennyh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>

кабель от наземного источника, низкое напряжение и сила тока позволят использовать гибкие морозостойкие сверхлегкие кабели с изоляцией, что практически не влияет на характеристики дрона. В Арктике в условиях отсутствия стационарного энергетического подключения возможно использование генераторов или систем энергоснабжения автомобилей, судов, в т.ч. находящихся в плавании или на дрейфе. Такая конструкция способна функционировать при температурах до -50°C . Подобные системы являются крайне ограниченными по радиусу использования, но отлично зарекомендовали себя как мобильные ретрансляторы спутникового, GSM или WiFi сигнала, а также могут быть полезными для мониторинга ледового или снежного покрова около морских судов. Однако ограничения в высоте подъема в заявленном способе определяются массой кабеля - медный кабель не может быть слишком тонким в расчете на довольно большие потребляемые токи. К тому же двигатели БВС с кабелем должны обеспечивать большую подъемную силу по сравнению с БВС с аналогичной полезной нагрузкой без кабеля, что увеличивает стоимость и габариты всей системы в целом.

Кроме вышеизложенного необходимо вернуться к вопросу внешних воздействий: до тех пор как БВС не научатся противостоять турбулентному ветру 15 м/с и более о надежности полетов говорить не приходится, тем более об увеличении дальности полета с грузом. Также для эксплуатации в арктических условиях без какой-либо наземной инфраструктуры БВС необходимо создание малогабаритных бортовых автономных навигационных систем, легких и одновременно эффективно управляющихся с решением поставленных задач.

Противообледенительные системы

Согласно нормативным документам Министерства по чрезвычайным ситуациям и Министерства транспорта РФ, сохранение эффективного функционирования БВС в различных климатических условиях является важным этапом при составлении требований к бортовому оборудованию, обеспечивающему безопасность полетов в аварийных ситуациях, возникающих под действием воздействий природного и техногенного характера.

Анализ открытых литературных источников, проведенный в 2019-2021 г. показал, что в настоящее время отсутствует единая методика оценки эффективности функционирования БВС в сложных метеорологических условиях (СМУ), которая позволит исследовать аппарат в динамическом временном диапазоне с целью выработки практических рекомендаций на этапах проектирования и эксплуатации²⁴².

Обледенение БВС в большинстве случаев происходит в воздушной среде, содержащей капли переохлажденной воды, в основном в условиях тумана, мороси, дождя, мокрого снега при отрицательной или околонулевой температуре наружного воздуха. Наибольшая вероятность обледенения существует в условиях повышенной влажности воздуха на высотах менее 3 км в диапазоне температур от 0°C до -20°C , в особенности, от -5°C до -10°C . Входные устройства авиационных двигателей могут подвергаться обледенению и при положительных температурах наружного воздуха до $+5^{\circ}\text{C}$, т.к. вследствие расширения воздуха во входном устройстве влага конденсируется на его стенках и в последующем замерзает. Если систем для борьбы с обледенением на БВС не предусмотрено, то необходимо соблюдать правила выполнения полетов:

- поддерживать высокую скорость, трение об атмосферу вызывает нагрев плоскостей, препятствует образованию или заставляет наледь распределяться равномерно, не нарушая аэродинамических показателей;

- использовать химические реагенты-противообледенители перед запуском ВС;

- исключить подъём БВС на высоту сформировавшегося облачного фронта²⁴³.

Обледенение наиболее вероятно на высоте нулевой изотермы. Оно происходит преимущественно в переохлажденных капельно-жидких облаках и осадках при температуре

²⁴² Е.А. Рогозин, О.И. Бокова, А.В. Мельников. Основные аспекты совершенствования методики оценки эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения [Электронный ресурс] // Вестник Воронежского института МВД России. Информатика, вычислительная техника и управление. - 2019. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-aspekty-sovershenstvovaniya-metodiki-otsenki-effektivnosti-funktsionirovaniya-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-v>

²⁴³ А.А. Горбунов, А.Ф. Галимов. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2016. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-meteorologicheskikh-faktorov-na-primenenie-i-bezopasnost-polyota-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom>

воздуха от -3°C до -12°C и зависит от скорости полета воздушного судна. Наиболее характерно возникновение обледенения воздушных судов на этапе захода на посадку. Это является наиболее опасным событием, т. к. внешний пилот не всегда в состоянии принять меры по парированию возникающих ограничений. Для вертолетов обледенение представляет еще большую опасность. Особенно опасно нарастание льда на лопастях несущего винта вертолета, так как происходит очень быстро и неравномерно и приводит к резким колебаниям лопасти, которые передаются всей конструкции вертолета и вызывают большие вибрации ее частей²⁴⁴.

Полученный с помощью математической модели в 2019 г. ряд зависимостей вероятности перехода БВС без противообледенительной системы (ПОС) в состояние неконтролируемой потери высоты вследствие обледенения от времени полета для нескольких типовых наборов метеоусловий позволяет сделать выводы:

- сильная интенсивность обледенения исключает возможность применения БВС, так как время пребывания в зоне обледенения без ПОС не превышает 5-6 мин;

- при умеренной интенсивности обледенения и при слабой интенсивности время пребывания БВС в зоне обледенения ограничено 15—16 и 45—50 мин полета соответственно, слабое обледенение не накладывает существенных ограничений на применение БВС;

- необходим поиск и реализация приемлемых способов повышения времени пребывания БВС в зоне обледенения, обеспечивающих снижение в 2-3 раза степени обледенения мини и легких БВС. Для этого необходимо разработать энергоэффективную ПОС, отвечающую требованиям по массогабаритным размерам, что является направлением дальнейших исследований²⁴⁵.

Корпус и лопасти двигателя БВС в арктическом небе покрывает ледяная корка, что приводит к падению всех ЛТХ, нарушению работы приборов и двигателя и в худшем случае - к падению летательного аппарата в связи с резким увеличением максимально разрешенного взлетного веса. В «большой авиации» применяются жидкостные и электрические противообледенительные системы, однако, первым необходим большой запас специальной жидкости, а электрические нагреватели или ультразвуковые системы потребляют много электроэнергии, что приводит к уменьшению продолжительности полета и повышенной нагрузке на систему питания БВС. Конечно, в РФ существуют БВС с эффективной системой борьбы со льдом. Так, аппарат «Орион» из одноименного комплекса воздушной разведки АО «Кронштадт» снабжен уникальной противообледенительной системой, что дает возможность использовать его в северных широтах. Однако этот БВС имеет взлетную массу 1 т и использование подобной системы на аппаратах классами ниже крайне затруднительно²⁴⁶.

Вариантов решения проблемы для небольших, наиболее массовых аппаратов несколько.

Первый - обработка аэрозольной силиконовой смазкой, но в связи с тем, что продолжительность ее действия во время осадков уменьшается, возникает необходимость создания специальной жидкости для предполетной обработки БВС, чтобы сделать поверхности менее гигроскопичными.

Второй вариант - оптимизация прохождения воздушного потока через корпус БВС при его конструировании для сброса корки льда в полете.

Третий - установка датчиков температуры и задача логики работы автопилота, основанного на ИИ. Это наиболее продвинутый и действенный способ решения задачи: спрогнозировать появление обледенения и дать команду БВС на снижение или посадку для предотвращения потери аппарата.

Четвертый - электрические системы антиобледенения с низким потреблением энергии и большим выделением теплоты на основе наноматериалов, находящиеся в настоящее время в

²⁴⁴ Ю.Н. Кораблев. Оперативное информирование экипажей воздушных судов об опасных метеоявлениях в районах арктических посадочных площадок [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - том 21 - №05. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-informirovanie-ekipazhey-vozdushnyh-sudov-ob-opasnyh-meteoyavleniyah-v-rayonah-arkticheskikh-posadochnykh-ploschadok>

²⁴⁵ Е.А. Рогозин, О.И. Бокова, А.В. Мельников. Основные аспекты совершенствования методики оценки эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения [Электронный ресурс] // Вестник Воронежского института МВД России. Информатика, вычислительная техника и управление. - 2019. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-aspekty-sovershenstvovaniya-metodiki-otsenki-effektivnosti-funktsionirovaniya-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-v>

²⁴⁶ Бесчеловечная война [Электронный ресурс] // Российская газета - Федеральный выпуск № 57(8111). - 17.03.2020. - URL: <https://rg.ru/2020/03/17/konstruktor-nikolaj-dolzhakov-rasskazal-o-bespilotnikah-budushchego.html>

практической разработке.

В 2019 г. группой ученых с помощью марковской модели диффузионного типа оценена эффективность предложенного способа механической защиты от обледенения крыла легкого БВС типа «Орлан-10», основанного на использовании сбрасываемого пленочного покрытия с низкой теплопроводностью.

Схожие свойства процессов обледенения и диффузии	Особенности проявления процесса обледенения
Непрерывность	Обусловлено непрерывным переходом воды из одного агрегатного состояния (жидкой пленки на поверхности БВС) в другое состояние (лед на поверхности БВС, имеющей отрицательную температуру)
Случайность	проявляется в разном количестве и диаметре капель (частиц) влаги в набегающем воздушном потоке, которые осаждаются на элементах конструкции в виде пленки
Монотонность	Толщина намерзающего слоя льда на элементах конструкции БВС не уменьшается с течением времени пребывания в зоне обледенения
Зависимость от температуры среды	Интенсивность нарастания слоя льда обратно пропорциональна значению температуры
Зависимость от длительности процесса	Толщина слоя намерзшего льда увеличивается с течением времени пребывания в зоне обледенения
Зависимость от давления	С уменьшением давления (увеличением высоты полета) изменяется температура и концентрация влаги в облаке
Зависимость от концентрации вещества	Интенсивность образования пленки воды и льда прямо пропорциональна водности облака
Зависимость от наличия примесей	Примеси влияют на интенсивность образования пленки воды и льда на поверхности БВС

Табл 6. Характеристика свойств обледенения, схожих с диффузией²⁴⁷

Легкие БВС самолетного типа в настоящее время не оснащаются противообледенительными средствами, т.к. имеют слабую энерговооруженность. Отложение льда на аэродинамических элементах конструкции БВС приводит к неконтролируемому снижению высоты из-за перегрузки и к потере БВС. Требуется разработка эффективного энергонезависимого способа противообледенительной защиты таких БВС, позволяющего осуществлять полеты в зонах с различными типами облачности. Анализ результатов исследований проблемы льдообразования показал, что скорость роста слоя льда на холодном твердом теле зависит от теплопроводности твердого тела: чем теплопроводность меньше, тем интенсивность льдообразования меньше. Следовательно, снизить интенсивность обледенения крыла представляется возможным путем крепления на его кромке пластичного материала (пленки) с низкой теплопроводностью.

В 2019 г. в г.Воронеж была представлена научная работа по разработке энергонезависимого способа механической противообледенительной защиты крыла легкого БВС и оценке его эффективности в различных метеоусловиях. Способ должен удовлетворять следующим требованиям: масса устройства не должна превышать запаса грузоподъемности БВС; крепление элементов устройств на центроплане и крыле не должно приводить к повреждению его конструкции и ухудшению поляры; сбрасывание пленки с намерзшим льдом должно осуществляться автоматически. Состав защитного устройства: гибкое защитное покрытие кромки крыла; механизм крепления и сбрасывания пленки с намерзшим льдом; 2 микродвигателя; датчики обледенения; устройство управления; малогабаритный химический источник тока. Размещение элементов защитного устройства приведено на рисунке ниже.

²⁴⁷ Е.А. Рогозин, О.И. Бокова, А.В. Мельников. Основные аспекты совершенствования методики оценки эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения [Электронный ресурс] // Вестник Воронежского института МВД России. Информатика, вычислительная техника и управление. - 2019. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-aspekty-sovershenstvovaniya-metodiki-otsenki-effektivnosti-funktsionirovaniya-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-v>

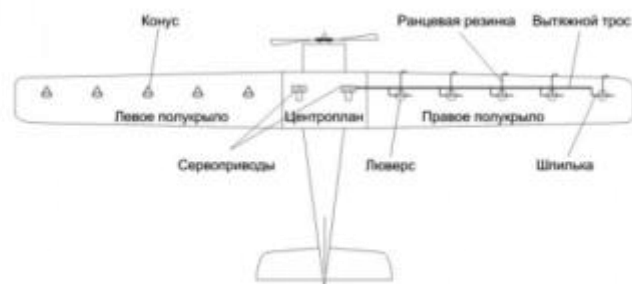


Рис 60. Схема расположения элементов противообледенительной защиты крыла БВС

Перед вылетом элементы устанавливаются (приклеиваются скотчем) на заранее обозначенные места. Конусы крепятся на верхней полуплоскости крыла, крючки – на нижней; источник тока, устройство управления, двигатели постоянного тока (ДПТ) с редукторами и вытяжными тросиками в сборе – на центроплане, датчики обледенения – на кромке крыла. Резинки (ранцевого типа) зацепляются за крючки и люверсы и защитное покрытие натягивается на крыло, люверсы накидываются на конусы и закрепляются шпильками вытяжного троса. В полете устройство управления при срабатывании датчиков обледенения подает сигнал на оба ДПТ, редукторы которых, вращаясь, наматывают тросики на барабаны. Шпильки вытяжных тросиков выходят из отверстия конусов и освобождают люверсы. Под действием усилия натянутых резинок защитное покрытие верхней полуплоскости крыла стягивается с передней кромки крыла вниз, резинки выходят из зацепления с нижними крючками крыла и набегающим воздушным потоком сбрасываются вместе с обледеневшим покрытием.

В качестве материала для защитного покрытия, обладающего малой теплопроводностью, можно применить пленки из поливинилхлорида (ПВХ), стеклопластика, полиуретана или полиэтилена. Для выбора наилучшего материала защиты используем три показателя качества: эффективность; массу (вес); затраты (стоимость). Из приведенных результатов следует, что несмотря на установку защитного покрытия сильное обледенение практически исключает применение БВС, т.к. продолжительность полета не превысит 13-14 мин. Применение механического способа защиты целесообразно при полетах БВС в облачности с умеренным обледенением, т.к. защитное покрытие примерно в 4 раза увеличивает продолжительность полета (до 37-40 мин), а при близком к умеренному обледенению – до 17 раз (до 635 мин). При слабой интенсивности обледенения продолжительность полетов ограничена только запасом топлива на борту²⁴⁸.

Для сокращения времени предполетной подготовки БВС, особенно в условиях Севера в зимний период, необходимо автоматизировать процесс управления обогревом приемника воздушного давления (ПВД), а также исключить возможность не включения обогрева в полете вследствие отказа внешних данных. Алгоритм автоматического включения обогрева типового приемника воздушного давления, установленного на БВС был разработан и представлен группой специалистов в 2019 г. и решается штатными средствами бортового оборудования аппарата. Анализ результатов выполнения данного алгоритма показал, что введение подобной автоматизации повышает также и надежность ПВД, т.к. при этом исключается возможность его перегрева при длительной стоянке. В условиях пониженных температур (что особенно актуально для Арктики) для достаточного разогрева ПВД и отогревания, намерзшего во время стоянки льда необходимо время (2-5 мин). Предлагаемый к реализации блок контроля обогрева (БКО), подключается к приемникам ПВД, и управляет обогревом ПВД в соответствии с алгоритмом. Алгоритм построен таким образом, что при любых комбинациях одиночных и двойных отказов внешних систем (в том числе ложного сигнала от них), текущее состояние самолета определяется корректно и приемники ПВД становятся защищенными как от перегрева, так и от не включения в

²⁴⁸ В.А. Бобрусь, А.В. Мельников, И.В. Лосев. Эффективность способа механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», 14-15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf

полете. Управляющие сигналы на включение/отключение обогрева ПВД, подаются на схему управления обогревом, которая коммутирует ключи управления обогревом, расположенные на плате модуля управления обогревом (МУО). При этом к БКО подключается пара приемников ПВД, что позволяет реализовать включение пониженного обогрева путем последовательной коммутации цепей обогрева, и соответственно снижения в 4 раза потребляемой мощности. Полный обогрев реализуется путем параллельного подключения цепей обогрева приемников ПВД. Выбор типа подключения и коммутация происходит внутри самого блока БКО. При этом блок непрерывно контролирует величину тока, протекающего по каждой из цепей обогрева на соответствие заданному для текущего режима обогрева диапазону. Текущий режим работы обогрева ПВД, а также признак «отказ обогрева» в случае если обогрев должен быть включен, но обогрев неисправен, выдается блоком в виде РК. Использование алгоритма позволяет автоматизировать один из процессов предполетной подготовки и тем самым сократить ее время (за счет более раннего включения обогрева штатных ПВД), при этом также повысилась надежность т.к. алгоритм исключает превышение эксплуатационных режимов ПВД при стоянке на земле²⁴⁹.

Точность навигации и безопасное пилотирование

Как уже отмечалось, эксплуатация БВС на высоких широтах имеет ряд сложностей вследствие плохого навигационного обеспечения, которое связано с низким показателем доступности радиовидимости навигационных космических аппаратов, влиянием высокоширотной ионосферы, а также с инструментальной погрешностью инерциальных систем.

Средства обеспечения посадки БВС делятся на 2 типа:

С наземной поддержкой:

- радиотехнические: спутниковая (достоинства: доступность, точность, недостатки: низкая помехоустойчивость), радиолокационная (достоинства: всепогодность, помехоустойчивость, недостатки: стоимость, необходимость юстировки, отражения от земли в боковых лепестках могут влиять на точность), радиокоординатометрия (достоинства: совмещенный широкополосный канал связи и канал измерений, большая дальность, недостатки: двухкоординатные измерения (пеленг и дальность), низкая точность);

- оптические: лазерная система определения координат (ЛСОК, достоинства: точность, помехоустойчивость (условно, т.к. измерения нужно передавать на борт по радиоканалу), недостатки: метеозависимость, малая дальность), видеонавигация по инфракрасным (ИК) маякам (достоинства: помехоустойчивость, автономность, недостатки: малая дальность, точность зависит от геометрии расположения маяков, метеозависимость).

Автономные методы:

- видеонавигация по карте и известным ориентирам (достоинства: автономность, недостатки: необходимость точных баз данных геоинформационных систем и метеозависимость)²⁵⁰.

Для автоматической посадки на платформу как правило сначала используется GPS для возвращения БВС в окрестность посадочной станции с точностью около 5 м (с RTK можно добиться и сантиметров). Затем — камеры видимого и ИК-диапазонов для ориентации относительно специальной метки на посадочной станции, а также лазерный высотомер для уточнения относительной высоты. С помощью такой системы можно обеспечить точность посадки порядка десятка сантиметров или даже нескольких сантиметров, в зависимости от характеристик БВС и внешних условий.

Традиционные модели радиоканалов типа Земля-воздух и воздух-Земля для связи с БВС предназначены для узкополосных каналов и специфических мест размещения антенн наземных станций управления (НСУ). Анализ результатов исследования радиоканала связи с БВС над водой, в холмистой местности и горах, а также в городе и пригороде позволяет сделать следующие

²⁴⁹ А.А. Задорожний. Автоматическое управление обогревом ПВД, установленного на беспилотном летательном аппарате [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР». - 14–15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf

²⁵⁰ Дрягин Д.М. Разнородные средства обеспечения посадки БЛА [Электронный ресурс] // Материалы конференции HeliRussia. - 08.09.2020. - URL: <https://helirusia.ru/wp-content/uploads/2020/09/4.Sredstva-posadki-BLA4-Dryagin.pdf>

выводы. Удовлетворительный прогноз потерь распространения радиоволн (РРВ) дает двухлучевая модель РРВ над сферической поверхностью Земли с соответствующими сценарию коэффициентами, включающая компоненту луча прямой видимости и компоненту отраженного сигнала. Потери РРВ в С-диапазоне больше на ~5–15 дБ, чем в L-диапазоне вследствие более гладкой отражающей поверхности на большей длине волны. Корреляция сигналов, принятых на пространственно разнесенные антенны на борту БВС, оказалась довольно сильной и составила порядка 0,85 во всех сценариях, что позволяет усомниться в целесообразности реализации методов разнесенного приема на борту БВС. Во всех сценариях полета БВС наблюдается компонента отраженного луча, что подтверждается измерениями К-фактора более 12 дБ в L-диапазоне и более 27 дБ в С-диапазоне. Третий луч во всех сценариях наблюдается эпизодически, и, при определенных допущениях, его проявление можно с некоторой степенью погрешности считать несущественным. Для задач позиционирования наблюдаемую многолучевость можно трактовать как дискретную, включающую компоненту луча прямой видимости и компоненту отраженного сигнала, которую необходимо учитывать при позиционировании с отсутствием прямой видимости в условиях неравномерного рельефа местности²⁵¹.

К числу факторов, влияющих на навигационные параметры БВС, эксплуатируемых на высоких широтах относят:

- геометрический фактор (GDOP) – термин, использующийся в области систем глобального позиционирования для параметрического взаиморасположения спутников относительно антенны приёмника. Когда спутники в области видимости находятся слишком близко друг к другу, говорят о «слабой» геометрии расположения (высокое значение GDOP), и, наоборот, при достаточной удаленности геометрию считают «сильной» (низкое значение GDOP);

- влияние условий распространения сигналов и воздействия возмущающих факторов на работу спутниковой навигационной системы (СНС) на высоких широтах. Помехи радиоприему создаются как естественным путем, так и искусственными источниками. К естественным источникам помех в высоких широтах относятся полярные сияния, внеземные источники помех и др. Искусственными источниками являются радиотехнические средства, такие как радиовещательные, радионавигационные и связные средства. В общем случае на приемоусилительный тракт воздействуют аддитивные помехи, связанные, например, с авроральными возмущениями ионосферы;

- факторы, влияющие на навигационные параметры инерциальной системы навигации (ИНС). Инерциальным системам присущи недостатки, которые не позволяют использовать их долгое время в автономном режиме. Измерительным элементам ИНС, прежде всего, гироскопам и акселерометрам, присущи собственные методические и инструментальные ошибки, начальные условия не могут быть введены абсолютно точно, вычислитель, входящий в состав ИНС, вносит свои погрешности. Под влиянием этих факторов ИНС работает в так называемом «возмущенном» режиме, и получаемая с нее информация будет содержать ошибки, вызванные влиянием перечисленных возмущений. Для устранения влияния этих факторов переходят к созданию комплексов, обеспечивая коррекцию ИНС.

В Арктике также велика вероятность отсутствия сигналов спутниковой навигации, таким образом, актуальными и практически важными являются задача оценки координат БВС в условиях отсутствия сигналов спутников, а также вопросы решения целевых задач в указанной ситуации.

Определение координат БВС в подобных условиях может быть выполнено:

- с использованием дополнительного бортового и/или наземного оборудования;
- автономно с использованием штатного (целевого) оборудования на БВС.

В качестве целевой аппаратуры на БВС используется система наблюдения (СН), включающая в свой состав визирные устройства, вычислители. К недостаткам использования дополнительного оборудования можно отнести снижение мобильности комплекса БВС в целом и увеличение массогабаритных показателей БВС. Последнее существенно влияет на дальность

²⁵¹ Фокин Г.А. Обзор моделей радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами [Электронный ресурс] // Труды учебных заведений связи. - 2018. - Т. 4. - № 4. С. 85–101. - URL: https://tuvs.sut.ru/release/tuvs_v4_i4_y2018/article_9.pdf

полета БВС. Использование целевого оборудования лишено подобных недостатков, но в настоящее время недостаточно проработано. Использование систем наблюдения в условиях высоких широт имеет ряд сложностей. В системах наблюдения используются так называемые обзорно-сравнительные методы навигации. В основе подобных методов лежит поиск и сравнение отдельных фрагментов изображения подстилающей поверхности (линии, точки, площади) с некоторым эталонным представлением. В связи с тем что на высоких широтах большую площадь занимает водная поверхность, поиск и отображение подстилающей поверхности становится невозможным. Поэтому для повышения точности работы лучше всего использовать инерциальные системы навигации с корректировкой от наземных источников. Наземным источником для выдачи корректировочных координат для инерциальных систем навигации на высоких широтах может быть морское судно, передающее на БВС сигналы коррекции. На рисунке приведены моделирование полета БВС с использованием БИНС без коррекции от наземного источника и моделирование полета БВС с использованием корректировочных данных для БИНС от наземного источника.

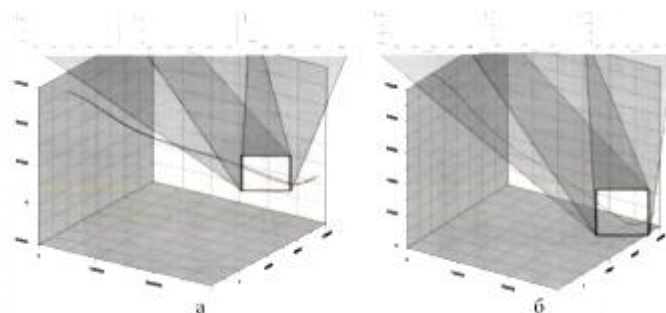


Рис 61. Моделирование полета БВС с использованием БИНС: а – без коррекции; б – с коррекцией

Как видно из рисунка слева, на котором приведены модельная и расчетная траектории, характерные для 120 с полета планирующего объекта, ошибка определения координат объекта через 120 с превышает 100 м. Такая ошибка неприемлема для задач ориентации и навигации большинства беспилотных объектов, поэтому целесообразно корректировать вектор скоростей БИНС информацией от наземного источника и уменьшать последствия возмущенного режима работы БИНС путем совершенствования процедуры калибровки. На рисунке справа представлены модельная и расчетная траектории длительностью около 120 с, характерные для планирующего объекта. Из рисунка видно, что составляющие вектора координат не расходятся с модельными более чем на 5 м через 120 с полета без улучшения процедуры калибровки. Это позволяет отнести систему к среднему классу точности²⁵².

Существенно возрастают требования к качеству связи, которая обеспечивает не эпизодическую передачу информации, но задействована в контуре управления полетом. Обострены проблемы в навигации БВС, что особенно заметно проявляется для малых и сверхмалых аппаратов.

Одним из наиболее ответственных этапов применения БВС, выполнение которого в автоматическом режиме давно стало насущной необходимостью, является посадка на аэродромы, посадочные площадки, палубы кораблей²⁵³. В 2018 г. в ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) создан опытный образец монокулярной системы технического зрения (СТЗ)²⁵⁴

²⁵² С.В. Кореванов, В.В. Казин. Анализ проблем эксплуатации навигационных систем беспилотных летательных аппаратов на высоких широтах [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА № 201. - 2014. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-ekspluatatsii-navigatsionnyh-sistem-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-na-vysokih-shiroтах>

²⁵³ А.И. Логвин, А.В. Волков. Алгоритмы автоматического распознавания взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях [Электронный ресурс] // Научный вестник – М. : МГТУ ГА. 2015. – № 213. – С. 115–117. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-avtomaticheskogo-raspoznaniya-vzletno-posadochnoy-polosy-na-videoizobrazheniyah>

²⁵⁴ Патент РФ 2378664 от 09.07.2008. Способ определения местоположения и углов ориентации летательного аппарата относительно взлетно-посадочной полосы и устройство для его осуществления. Заявитель и патентообладатель Бондарев В. Г., Бондарев В. В., Бондарев М. В., Ипполитов С. В., Конотоп В. И., Лейбич А. А. – № 2008128185; заявл. 09.07.2008; опубл. 10.01.2010, Бюл. № 8. – 16 с. - URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2007115257A_20081027



Рис 62. Структурная схема системы посадки

Система включает в себя комплект из трех наземных лазерных инфракрасных маяков (ИК-ориентиров) диапазона 1,55 мкм, размещаемых вдоль ВПП, бортовую цифровую видеокамеру диапазона 0,9...1,7 мкм с вариообъективом и узкополосный в 1,55 мкм фильтр, установленные на трехступенном гиросtabilизированном управляемом подвесе. СТЗ БВС обеспечивает автоматический заход на посадку до высоты 0 м и способна обеспечить измерение шести навигационных параметров, а также шести компонент линейной и угловых скоростей, обеспечивающих автоматическое управление полетом на посадке до 0 м без использования дополнительных датчиков. Субпиксельная обработка изображений обеспечивает сантиметровые погрешности измерений линейных координат местоположения БВС относительно ВПП в момент посадки, кроме этого система способна обеспечить начальную выставку ИНС за время < 1 с, с погрешностью < 0.01 ²⁵⁵.

Для использования малогабаритных БВС, позволяющих решать широкий круг задач, разработан проект теории построения авионики мини-БВС с взлетной массой до 4-6 кг. Авионика малоразмерного БВС должна обеспечивать его автономный полет, а также дистанционное управление в зоне радиовидимости. В качестве чувствительных элементов авионики используются микромеханические чувствительные элементы. В связи с этим возникает необходимость разработки теории построения авионики малогабаритного БВС. Существует возможность построения авионики на микромеханических чувствительных элементах. Авторами предложены структуры построения и алгоритмы работы авионики малогабаритных БВС, разработаны методики оценки динамических свойств БВС, в частности проведены расчеты аэродинамических характеристик БВС с верхним расположением крыла, с центральным расположением крыла и получены коэффициенты автопилота. Построена полная модель малогабаритного БВС и проведено моделирование полета по заданному маршруту. Разработаны структура построения и алгоритмы взаимосвязи основных блоков авионики малогабаритного БВС. На основании структуры реализован действующий образец малогабаритного БВС включающий в себя: планер, наземную и бортовую аппаратуру управления. Проведены испытания на местности. Разработаны оригинальные алгоритмы коррекции бесплатформенной системы ориентации (БСО), основанные на привлечении информации с микромеханических акселерометров, датчиков магнитного поля, спутниковой навигационной системы, микродатчиков давления, температуры использующие алгоритмы оптимальной фильтрации. Таким образом, была реализована концепция построения авионики как интегрированной навигационной системы.

Размеры и вес мини-БВС накладывают серьезные ограничения на бортовую аппаратуру управления. Основные требования к авионике мини-БВС: высокая точность, качество и производительность, малые размеры и простая схемотехника, низкое энергопотребление, а в условиях низких температур высокая отказоустойчивость и надежность, низкая стоимость изделия и его эксплуатации. Автоматической режим - это обеспечение полета по заранее заданному с

²⁵⁵ В.Г. Бондарев, Д.В. Лопаткин, Д.А. Смирнов. Автоматическая посадка летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. -2018.- № 2. - URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2018/02/2018-02-06.pdf>

помощью контрольных точек маршруту. В данном режиме возможно отсутствие радиосвязи бортовой аппаратуры управления БВС с аппаратурой управления и связи на земле (НСУ). В связи с тем, что в энергопотребление и размерных компьютерных embedded-платформ достигли соответственно единиц ватт и размеров около 100x70 мм, а производительность - сотен млн операций в секунду, представляется возможным оснащать ими мини-БВС, организовывая микрокомпьютерное управление на базе известных платформ, что дает возможность достичь легкого программирования, оперативного вмешательства в алгоритм работы БВС, а в случае необходимости - полной автономности работы БВС с элементами искусственного интеллекта, т.е. возможностью самообучения и принятия решений²⁵⁶.

В 2019 г. «Конструкторское бюро промышленной автоматики» (КРЭТ Госкорпорации Ростех) представило на выставке HeliRussia-2019 ядро пилотажно-навигационных комплексов (ПНК) для средних беспилотных вертолетов. В качестве ядра ПНК вертолетов весом 250-2000 кг разработаны дублированный вычислитель управления полетом ВУП-МБВ, содержащий 2 независимых высокоточных спутниковых приемника, и блок преобразования сигналов БПС-МБВ. Он обеспечивает интерфейс пилотажно-навигационного комплекса с бортовым оборудованием с разнородными, в том числе нестандартными, входными и выходными характеристиками. КРЭТ представили дублированный вычислитель ВУП-МБВ, обеспечивающий взаимодействие с датчиками и приводами по шести интерфейсам CAN. Вычислитель предназначен для решения задач навигации и автоматического управления пространственным движением беспилотного вертолета, управления траекторией его полета по дискретным радиокомандам с рабочего места оператора или автоматически по программе, введенной в ВУП-МБВ перед взлетом. Также был представлен блок преобразования сигналов для обеспечения согласования датчикового оборудования с различными интерфейсами и магистральной шиной CAN. Программное обеспечение вычислителя позволяет управлять беспилотным вертолетом как в автоматическом и ручном режимах (оператором пункта управления), так и смешанных режимах полета: при взлете, полете по маршруту, посадке на аэродромы и необорудованные площадки. Это позволяет применять беспилотные вертолеты для мониторинга сельского, лесного, водного и дорожного хозяйства, грузовых перевозок, спасательных операций, а также при тушении пожаров, опылении полей, освоении Арктики, включая и мониторинг ледовой обстановки²⁵⁷.

Наблюдается также рост производительности и надежности применяемых технических средств, в частности, систем автоматического зависящего наблюдения-вещания (АЗН-В), но в то же время отсутствие тенденции их использования при управлении БВС²⁵⁸.

Эксперты считают, что необходима разработка системы оперативного оповещения внешнего пилота о внезапных ухудшениях погодных условий и непредвиденных атмосферных осадках, которые могут негативным образом сказаться на качестве полета БВС. Подобное решение в первую очередь собирает данные с аппаратных элементов. Следует рассматривать датчики влажности, осадков и обледенения, а программный элемент за счет бортовых расчетов с помощью системы автоматического управления сгенерирует сценарий поведения БВС. Таким образом, БВС самостоятельно примет решение по факту анализа внешней обстановки и выберет оптимальную точку посадки в районе осуществления полета для того чтобы «переждать» непогоду. Реализация указанной системы потребует для того чтобы избежать полного разрушения БВС при возвращении в точку старта если возникает буря и увеличивается вероятность обледенения.

На тяжелых БВС возможно применение бортовых компактных метеолокаторов. Так, ООО «Контур-НИИРС» выпускает семейство бортовых метеорадиолокаторов «Контур-10М», предназначенных для установки в составе комплексов бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО). Вес локатора составляет 3,3 - 3,5 кг, размер решетки около 30 см.²⁵⁹

²⁵⁶ Ю.В. Иванов. Концепция построения и проектирования авионики малоразмерных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2009. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_52075

²⁵⁷ Саратовская электроника для беспилотников поможет в освоении Арктики [Электронный ресурс] // СаратовБизнесКонсалтинг. - 20.05.2019. - URL: <http://news.sarbc.ru/main/2019/05/20/232781.html>

²⁵⁸ А.А. Ахмадиев. Методы управления дистанционными пилотируемыми авиационными системами в общем воздушном пространстве [Электронный ресурс] // Доклад научной квалификационной работы. - МГТУ ГА. - 2018. - URL: <http://www.mstuca.ru/upload/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%9D%D0%9A%D0%A0%20%D0%90%D1%85%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%20%D0%90.%D0%90..pdf>

²⁵⁹ Метеонавигационная радиолокационная станция «Контур-10М» [Электронный ресурс] // Контур НИИРС. - URL: <http://www.kontur-niirs.ru/items/43/#tab2>. -

Создание многоцелевых и модульных БВС

Единого мнения об универсальности или монозадачности БВС пока не выработано. Стремление ряда конечных потребителей БАС постоянно иметь на борту полный комплект оборудования, вне зависимости от реальной потребности конкретного полета, влечет заметное снижение функционально-экономической эффективности аппаратов. В этом случае более эффективен модульный принцип реализации БВС. Он подразумевает, что БВС конструктивно допускает смену контейнеров с разного рода бортовым оборудованием. Однако опыт показывает, что зачастую более эффективно использовать несколько БВС с различной полезной нагрузкой, чем один – с универсальной²⁶⁰. Направление развития БВС идет от универсальности в сторону специализации беспилотных аппаратов и самих комплексов на унифицированных платформах управления, т.е. комплексы, в перспективе, должны создаваться исключительно под целевые требования заказчика. При этом унификация платформы управления позволит формировать один комплекс с набором аппаратов разного класса и типа. Данный подход позволяет снизить стоимость как самого комплекса, так и удельные затраты в период его эксплуатации за счет оптимизации выполнения полетов путем выбора типа аппаратов и полезной нагрузки под конкретные задачи.

С другой стороны многоцелевые БВС должны иметь возможность решения ряда задач. Поэтому, особенностью гражданских БВС, входящих в структуры БАС, является их использование в качестве универсальных высотных платформ для размещения целевого оборудования различного назначения. Любой беспилотный комплекс включает наземную станцию управления (НСУ) для контроля и управления БВС оператором с земли, а также для получения данных и управления целевой нагрузкой. Для многозадачных операций управление комплексом осуществляют два оператора. Первый оператор занимается задачами, связанными с управлением БВС, второй оператор следит за показаниями целевой нагрузки (видеокамера, тепловизор и др.) и производит управление. Для осуществления задач по мониторингу БВС комплектуется комплектами целевой нагрузки, в которые входят: оптико-электронная система на гиростабилизированной платформе с трехканальным выводом: тепловизор, видеокамера, инфракрасная камера, а также возможна установка любого варианта целевой нагрузки: дозиметр, газоанализатор, детектор метана, лазерный сканер, магнитометрическое оборудование, дозатор – устройство сброса, нестандартная целевая нагрузка²⁶¹. В случае изменения задачи того же БВС на перевозку груза целевая нагрузка меняется, в первую очередь устанавливается грузовой контейнер.

Количество типов БВС специального назначения значительно превышает количество БВС, разработанных только для гражданского применения. Конверсия военных БВС в гражданские представляется наиболее простым решением задачи обеспечения успешной эксплуатации. Однако целесообразно применять смешанный подход, предусматривающий сочетание модификации существующих БВС в соответствии с концепциями их применения в экономике с одновременной разработкой специализированных БВС. Опытная эксплуатация модифицированных БВС позволит отработать технологии их применения, выявить наиболее важные технические решения и критические технологии и уточнить научно-технический задел для создания специализированных БВС для гражданского применения²⁶². Аналогичный принцип можно использовать при создании новых моделей и разработке «арктического» исполнения БВС на базе уже существующих и эксплуатирующихся.

Инновационное направление в разработке БВС - создание корпусов многоцелевых аппаратов в виде складных конструкций. Тензор-дроны представляют собой практически неуязвимые аппараты и основаны на принципе тенсегрити в архитектуре. Рама и конструкция

²⁶⁰ В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

²⁶¹ А.А. Алексеев. Применение инновационных средств отечественного производства для обеспечения безопасности в арктическом регионе [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России. - 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>

²⁶² В.Н. Журавлев, П.В. Журавлев. Применение беспилотных летательных аппаратов в отраслях экономики: Состояние и перспективы [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - 2016. - № 226. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-otraslyah-ekonomiki-sostoyanie-i-perspektivy>

защитной клетки объединены и реализованы как тенсегрити-структура, позволяющая БВС выживать при падениях и ударах. В северных условиях такой вариант корпуса представляется выигрышным, особенно с учетом использования легких металлоконструкций вместо пластика, чувствительных к низким температурам.

Автономность с использованием технологий искусственного интеллекта

Самое уязвимое место в эксплуатации БВС - человек, а стоимость аппарата и качество его работы зависит от степени автономности от человека. В Руководстве по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) ИКАО определено такое понятие как «Аспект человеческого фактора»: принципы, применимые к процессам проектирования, сертификации, подготовки кадров, эксплуатационной деятельности и технического обслуживания в авиации и нацеленные на обеспечение безопасного взаимодействия между человеком и другими компонентами системы посредством надлежащего учета возможностей человека. Но современное поколение аппаратов, в большинстве своем, не способно доставить даже груз из точки А в точку Б без человека - внешнего пилота.

Навигационные системы большинства БВС основаны на показаниях сигналов GPS и ГЛОНАСС и не учитывают объекты, не отмеченные на карте, а также не имеющие высотных отметок. Неурбанизированные территории Арктики и Крайнего Севера практически не охвачены достоверной картографической информацией. Решение задачи состоит в оснащении БВС фотокамерой высокого разрешения с дальномером, который будет передавать автопилоту, основанному на системе ИИ команду на уклонение от ЛЭП, антенн, лесных и горных массивов, а также стай птиц и т.д. БВС сможет использовать технологии искусственного интеллекта, чтобы летать самостоятельно, в групповом полете сохраняя безопасное расстояние между воздушными и наземными объектами. Также ИИ будет прокладывать оптимальный курс или рекомендовать выполнить любое действие. Даже автономные взлет и посадка значительно ускорят выполнение задач пилотами-людьми. Если нужно будет только следить за процессом старта, а не управлять, то человек сможет сосредоточиться на выполнении другой задачи с большей эффективностью. Таким образом, к технологиям искусственного интеллекта для эксплуатации в БВС в высоких широтах относятся технологии обеспечивающие: автономную навигацию БВС в режиме автоматического полета без участия внешнего пилота в условиях отсутствия сигналов наземных (корабельных) радионавигационных и глобальных спутниковых систем навигации; автоматический привод и посадку БВС на необорудованную в инженерно-техническом отношении площадку для посадки, когда ИИ автоматически выбирается площадка, определяется наличие искусственных и естественных препятствий; слабооборудованную площадку для посадки; на площадку корабля при его движении и наличии качки; автоматический мониторинг подстилающей поверхности в зоне района, объекта (с его автоматическим сопровождением). В случае отсутствия видимости во время полета в связи с неблагоприятными метеоусловиями и отсутствием видимости заменой традиционным фото и видеокамерам может стать радиолокатор с синтезированной апертурой для обследования крупных объектов и определения высоты ледниковых образований, однако, обработку информации должен осуществлять ИИ, в т.ч. на основе технологий создания нейросетей.

Так, БВС могут применяться с целью детектирования объектов интереса. Цель детектирования – обнаружение объекта на изображении, его классификация и определение положения в экранной системе координат. Положение объекта в зависимости от выбора алгоритма детектирования может определяться координатами прямоугольника, окаймляющего объект, либо контуром этого объекта, либо координатами точек, наиболее характерных для объекта. Решение задачи детектирования объектов позволяет анализировать качественный состав сцены, представленной на изображении, а также получить информацию о взаимном расположении объектов.

Наука значительно продвинулась в изучении искусственных нейронных сетей, они успешно применяются в распознавании объектов на изображении, показывают гораздо лучший результат по сравнению с классическими методами распознавания. При обнаружении образа и его

распознавании достаточно часто возникают трудности, связанные с большим разнообразием искажений, таких как различные сдвиги, повороты, освещенность и т.д. Преимущество нейронных сетей для распознавания образов в том, что с этими проблемами они справляются хорошо за счет выделения ключевых характеристик образов из обучающих выборок, тем самым увеличивая точность распознавания по сравнению с остальными методами (в среднем на 10%–15%). Так, в АО «РПКБ» проходит научно-исследовательская работа (НИР), целью которой является разработка и практическое применение алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей для создания системы автоматического распознавания объектов (САРО). САРО должна обеспечивать автоматизированное распознавание объектов заданного типа на основе анализа видеоизображения от бортовых систем технического зрения.

Предполагается, что наиболее актуальной для решения задач БВС является сверточная нейронная сеть, которая относится к многослойным сетям. Выделение признаков осуществляется частью сети, которая состоит из чередования слоев свертки (S- слои) и слоев усреднения (S- слои). Пластины с нейронами в каждом слое воспринимают информацию из предыдущего слоя посредством своего рецептивного поля. Рецептивное поле представляет собой квадратное окно с нейронами на предыдущем слое, которое связано с помощью настраиваемых параметров с нейроном в текущем слое.



Рис 63. Архитектура сверточной нейронной сети²⁶³

В ходе проведенных исследований в рамках НИР «САРО» было практически доказано, что сверточные нейронные сети малой размерности позволяют добиться показателя корректности распознавания на уровне 90%. Использование сверточных нейронных сетей для САРО БВС позволит распознавать объекты на изображениях с различными искажениями, сдвигами, изменениями масштаба, а обучение таких сетей отличается простотой благодаря связанности весов. Разработанное в ходе НИР «САРО» программное обеспечение реализует сверточную нейронную сеть, алгоритмы машинного обучения и позволяет контролировать данные процессы с помощью удобного и наглядного интерфейса²⁶⁴.

Нейросети работают на основе программного обеспечения, устанавливаемого на «железо» БВС. Функциональное программирование, как и другие модели «неимперативного» программирования, обычно применяется для решения задач, которые трудно сформулировать в терминах последовательных операций. К таковым относятся практически все задачи, связанные с искусственным интеллектом, такие, как задачи распознавания образов, общение с пользователем на естественном языке, реализация экспертных систем, автоматизированное доказательство теорем, символьные вычисления (грант РФФИ №09-08-07004)²⁶⁵. Автоматизация решения интеллектуальных задач с помощью соответствующей экспертной системы поддержки летных экипажей и операторов дает возможность решения задач, которые ставятся на современном этапе перед БВС, требуют интеграции автопилота с «интеллектуальным» оборудованием, занятым обработкой целевой информации, например, видеоинформации.

²⁶³ А.С. Медведев. Исследование программной модели сверточной нейронной сети при распознавании лиц на снимках из видеопотока // ДонНТУ. Реферат по теме выпускной работы. - URL: <http://masters.donntu.org/2018/fknt/medvedev/diss/index.htm> (дата обращения 20.03.2021)

²⁶⁴ Сазонова Т.В., Пахунов А.С., Погодин А.А., Туленков А.А. Исследование по выбору нейронной сети и ее архитектуры для создания системы автоматического распознавания объектов беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Четвертая всероссийская научно-техническая конференция «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». Тезисы докладов. - 14-15.11.2019. - URL: <https://gosniias.ru/pages/d/st-4-konf.pdf>

²⁶⁵ Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - URL: https://www.rflbr.ru/rffi/ru/books/o_18298#1

Авторы работы «Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик» (грант РФФИ №19-18-00006) разработали бортовую систему, реализующую функции мониторинга и интеллектуальной поддержки экипажа, требующую развития подходов, базирующихся на методах математического моделирования. Реализация подобных подходов предполагает исследования особенностей поведения летчика как звена системы управления и разработку методов формального описания процесса функционирования системы «самолет–летчик». Работа является актуальной и для внешнего пилота БВС, и для оператора группы БВС. Внимательность экипажа пилотируемого ВС является одной из наиболее распространенных причин, на долю которой в гражданской авиации приходится 22% авиационных происшествий, имеющих место по вине «человеческого фактора». Для поддержки экипажа в особых ситуациях, обусловленных нештатным функционированием элементов бортового оборудования необходимы дополнительные меры, в т.ч. системы искусственного интеллекта. Недостаточная внимательность экипажа проявляется в том, что люди не уделяют необходимого внимания или даже игнорируют некоторые информационные сигналы в процессе управления ВС. Вследствие этого инструментальный (приборный) образ полета, формируемый членами экипажей, не соответствует текущей полетной ситуации, что порождает неадекватные этой ситуации управляющие действия. В 2019 г. авторы работы предложили вариант экспертной системы, база знаний которой формируется на основе «Руководства по летной эксплуатации» (РЛЭ). Используется иерархическая модель представления знаний, в которой для определения момента возникновения особой ситуации и локализации ее источника применяются критерии, базирующиеся на использовании эллипсоидальной модели эргатической системы «самолет–летчик», а выработка рекомендаций экипажу базируется на правилах, основу которых составляет РЛЭ²⁶⁶.

Однако уровень технологий уже сегодня позволяет на борту БВС принимать «решения» во время облета без участия внешнего пилота. При этом используется два подхода. Первый — классический: планировщик, регулятор, отдельные перцепшн-модули и создается нейросеть. Второй - end-to-end с единой нейросетью, работающей как черный ящик. У нейросети есть входы, сенсорика и выходы управления, реализуются заданные критерии²⁶⁷.

По мнению экспертов компании «ВР-технологии», БАС вертолетного типа многофункционального назначения с элементами когнитивного ИИ способна решать очень широкий спектр задач в условиях арктического региона в заранее неизвестных условиях и приспосабливаться к изменениям условий применения и ожидаемых условий эксплуатации. Основными из назначенных задач БАС с элементами ИИ заявлены:

- получение достоверной и точной ледовой информации, мониторинг посадочных площадок и ледовых аэродромов в арктическом регионе;
- получение информации о состоянии льда в период таяния — определение воды на поверхности ледяного покрова;
- получение информации по трудно определяемым характеристикам ледяного покрова: айсберги, стамухи, гряды торосов, навалы льда на берег, снежницы;
- обеспечение безопасности мореплавания, хозяйственной деятельности на шельфе арктических морей; возможность оперативного контроля подвижек льда (например, оперативный контроль состояния ледового канала на подходах к арктическим портам).

По существу БВС с системами искусственного интеллекта является интеллектуальным мобильным роботом (ИМР). Еще в 2000 г. авторы работы «Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов» (грант РФФИ №00-01-14052) рассмотрели принципы построения однородных нейроподобных структур (ОНС), ориентированных преимущественно на решение вариационных задач общего вида. Более 20 лет назад была рассмотрена необходимость создания интеллектуальных роботов, способных функционировать в сложной реальной обстановке без участия человека, которая назрела во многих областях науки, техники, промышленности и быта. На стыке указанных направлений

²⁶⁶ В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков, Р.В. Ким, Г.Г. Себряков. Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик» [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2019. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2089355

²⁶⁷ А. Киреев. Беспилотное будущее: как проектируют дроны и почему они падают [Электронный ресурс] // Хайтек. - 27.07.2020. - URL: <https://hightech.fm/2020/07/27/drones-innopolis>

активно формировалась и развивалась теория и практика построения интеллектуальных роботов - одного из фундаментальных научно-технических направлений нашего времени. В работе были представлены фрагменты испытаний прототипов интеллектуальных мобильных роботов-планетоходов, оснащенных системами выбора действий на базе однородных нейроподобных структур. Развитые выше принципы построения систем выбора действий ИМР в заранее неизвестной среде послужили основой для создания ряда бортовых систем управления автономных интеллектуальных мобильных роботов - ИМР. К классу интеллектуальных мобильных роботов относится робот, способный автономно, без участия человека-оператора, передвигаться по заранее неизвестной, пересеченной местности к заданной цели. В число таких интеллектуальных роботов входят и БВС. В этом случае под действиями робота чаще всего понимается выбор того или иного направления и скорости движения робота, а задача оптимизации действий ИМР сводится к определению оптимального, в том или ином смысле, пути перемещения ИМР из исходного положения в некоторую конечную целевую точку на поверхности земли. Ограничениями здесь являются непроходимые для данного ИМР участки поверхности, препятствия в виде стен, зданий, сооружений, других транспортных средств и т.д. Ограничениями обычно являются также запасы топлива, ограничения скорости и т.п. Следовательно, способность к выбору (планированию) целенаправленного поведения как раз и является определяющей чертой, отличающей интеллектуального робота от других подобных систем, в частности, от промышленных роботов. Именно поэтому система, обеспечивающая решение задачи выбора действий, является основополагающей системой интеллектуального робота²⁶⁸.

Несовершенство каналов передачи данных (перебои в работе, а в худшем случае потеря канала управления БВС ведет к значительному ухудшению качества выполнения задачи); инертность, связанная со временем передачи сигналов управления и телеметрии от борта оператору и обратно (иногда и секундная задержка может быть критична); требования к уровню подготовки оператора БВС значительно ниже, чем у летчика пилотируемой авиации (программы подготовки операторов БВС в США, Израиле в настоящий момент наращиваются и по сложности приближаются к программе подготовке пилотируемой авиации); достаточно большой объем информации, который оператор БпЛА должен «держать в голове» и оперировать ею в процессе принятия решений для выполнения полетного задания при ограниченном времени²⁶⁹.

Таким образом, существует противоречие между необходимостью своевременной выработки достаточно обоснованных рекомендаций по управлению комплексом с БВС в условиях неопределенности, и ограниченными возможностями существующего в этих комплексах программного обеспечения (ПО). Разрешение такого противоречия позволит существенно снизить риски провала задания подразделениями, оснащенными комплексами с БВС, и представляется возможным за счет снижения информационной нагрузки на операторов и инженерно-технического состава (ИТС) путем усовершенствования ПО посредством применения новых информационных технологий, в частности технологий интеллектуальных систем (ИС). Анализ существующей литературы показывает, что в настоящий момент отсутствует единый общепринятый подход к разработке ИС для комплексов с БВС. Недостаточная степень адаптивности к внешним условиям и неспособность выработки частных решений на основе неполной, неточной исходной информации, несмотря на достаточный уровень проработанности расчетных задач, негативно сказывается на качестве решения полетного задания. В связи с этим, разработка подхода по формированию рекомендаций для своевременного принятия обоснованных решений расчетом комплекса с БВС на всех этапах выполнения полетного задания, является актуальной задачей. В качестве такого подхода, предлагается разработка концепции создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений с функциями преодоления неопределенностей за счет применения аппарата нечеткой логики²⁷⁰.

²⁶⁸ И.А. Каляев, А.Р. Гайдук. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов [Электронный ресурс] // М. : Янус-К. - 2000 - URL: https://www.rifbr.ru/rffi/ru/books/o_27174

²⁶⁹ Е.В. Евтушенко, А.Н. Володин, Н.В. Штанькова. Анализ проблемы выработки обоснованных решений при выполнении задач с применением беспилотных летательных аппаратов // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР». - 2019

²⁷⁰ Е.В. Евтушенко, А.Н. Володин, Н.В. Штанькова. Анализ проблемы выработки обоснованных решений при выполнении задач с применением беспилотных летательных аппаратов // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР». - 2019

Особое внимание в части работы систем искусственного интеллекта уделяется структуре пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) БВС. Так, сложной задачей при разработке транспортного БВС является именно создание ПНК, обладающего функциями автоматического управления и навигации для замены внешнего пилота. Основными требованиями по составу навигационно-пилотажных систем транспортных БВС являются:

- высокая надежность и точность аппаратуры, обеспечивающей требования по безопасности;
- автономность работы в полете при отсутствии (пропадании) управления и коррекции от радиотехнических средств;
- возможность взаимодействия со штатным бортовым компьютером и современными цифровыми и штатными аналоговыми приборами;
- минимальная масса и приемлемая стоимость систем.

На рисунке приведена структурная блок-схема двухканального (1к, 2к) цифрового ПНК транспортного БВС.

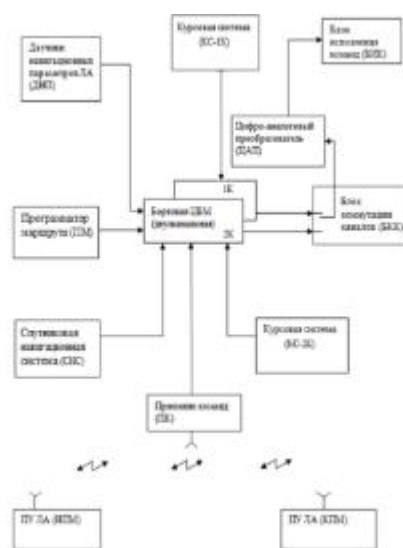


Рис 64. Блок-схема цифрового ПНК транспортного БВС

При разработке и эксплуатации различных ВС и прежде всего БВС, важная роль отводится решению задач автоматического пилотирования и решению навигационных задач - определению начального стояночного и текущего курса, определению скорости и высоты полета, определению местоположения, программированию маршрута, решению задачи выхода с высокой точностью в промежуточные точки маршрута, а также для выполнения взлета, посадки, мониторинга, задач сброса груза и пр. Эти задачи должны решаться на основе применения бортовой вычислительной машины (БЦВМ, бортового компьютера) и ее взаимодействия с курсовыми системами (КС-1к, КС-2к), датчиками навигационных параметров (ДНП), программатором маршрута (ПМ), с выдачей командных сигналов через блок коммутации каналов (БКК) и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на устройства блока исполнения команд (БИК) БПЛА. Новизна, полезность и технические решения разработанного в 2019 г. ПНК для транспортных БВС подтверждается патентами РФ на изобретения и материалами статей. С целью повышения точности навигации в настоящее время применяют спутниковые навигационные системы (СНС) - ГЛОНАСС, GPS, определяющие с высокой точностью навигационные параметры, за исключением курса ВС, автономным датчиком которого являются две современные высокоточные курсовые системы. К сожалению, СНС имеет низкую помехоустойчивость и зоны их постоянно устойчивой работы не могут охватить все районы работы ВС на отечественной территории. Чтобы исключить зависимость БВС от работы СНС целесообразно иметь на конечных пунктах маршрута (КПМ) пульт управления ВС аналогичный пульту на начальном пункте маршрута (НПМ).

БВС, так же как и пилотируемые самолеты и вертолеты, должны выполнять взлет и посадку с необорудованных площадок, полет при отсутствии наземных средств обеспечения навигации, полет в условиях неустойчивой работы СНС и других средств радиокоррекции. Сложность внедрения такого навигационного-пилотажного оборудования заключается в разработке и отладке программно-математического обеспечения (ПМО) – математических формульных зависимостей, алгоритмов и программы бортовой ЦВМ. Это решаемая инженерная задача, которая требует учёта всех условий и особенностей полета транспортного БВС. Ранее проводились работы с целью использования отработавших технический ресурс боевых самолетов в беспилотном варианте в качестве мишеней и носителей специальных грузов. Это был скоростной самолет со взлетом и посадкой с бетонной ВПП. При этом были получены положительные результаты, что подтверждает возможность создания ПНК для транспортного и сервисного БВС. Предлагаемая структура ПНК БВС и его реализация представляется вполне выполнимой задачей. Следует отметить, что предлагаемая структура ПНК для разработки специальных транспортных БВС, может быть применена для создаваемых и уже находящихся на этапе внедрения в эксплуатацию ВС типа дирижабль, экраноплан, вертоплан и др. в качестве дублирующего контура, а так же для замены второго пилота и штурмана на борту самолетов и вертолетов. Тем более что при отладке такого ПНК потребуются проведение летных испытаний с участием пилотов. Создание многоцелевых БВС, в т.ч. тяжелых транспортных, для отечественной промышленности в настоящее время не представляется сложной задачей, так как нет требований по жизнеобеспечению экипажа, и значительно упрощаются требования по механическим и климатическим воздействиям на БВС, что позволяет облегчить массу и увеличить его грузоподъемность. Что касается летного и технического обслуживания БВС, то оно значительно проще, чем техобслуживание пилотируемого ВС. Подготовка оператора БВС несравнима с длительной и сложной подготовкой пилота и штурмана. На этапе внедрения и в дальнейшем в эксплуатации транспортных БВС с ПНК значительную помощь в качестве пилотов-операторов могут оказать пилоты, вынужденные уйти с летной работы по возрасту или состоянию здоровья²⁷¹. Таким образом, БВС с программными системами искусственного интеллекта не только способны заменить внешних пилотов, но и продлить «летный» стаж действующим линейным летчикам.

Таким образом, БВС может быть доступен автономный полет без управления пилотом - оператором. ИИ прокладывает маршрут, использует в помощь ветер, ведет автономный полет через спутник, способен управлять групповыми полетами, управляет ПНК. Программное обеспечение при этом может быть открытым, чтобы эксплуатирующие организации при необходимости могли быстро провести обновление системы.

Однако в число задач, требующих практической научно-практической проработки и отработки в реальном режиме эксплуатации в Арктике включим такие:

- навигация, автономность, функционирование в высоких широтах;
- навигации между БВС при групповом применении, в т.ч. в сложных метеоусловиях, при потере управления и т.д.;
- управление и связь, в том числе при управлении внутри группы БВС;
- автоматическая взлет/посадка, в т.ч. при движении носителя;
- помехозащищенность и кибербезопасность в системах управления и телекоммуникационной среде;
- интеллектуализация процессов полета, исполнения задач и логистики;
- автоматизация заправки (зарядки и перезарядки аккумуляторных батарей) БВС и грузозачно-погрузочных работ;
- разработка рациональных и экономически эффективных вариантов создания и применения БАТС на базе современных систем моделирования²⁷².

Однако отметим, что точку зрения использования ИИ в БВС и полностью автономный

²⁷¹ О.В. Скуднева. Безальтернативность беспилотных летательных аппаратов в реалиях сегодняшней геополитики [Электронный ресурс] // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XIX международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук; Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет. СПб: 2018. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36836215>

²⁷² А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

полет поддерживают не все эксперты. Некоторые считают, что необходимо точное соблюдение программы действий, а ИИ присуще творчество, что противоречит протоколу полета.

В целом необходимо отметить, что несмотря на существующие проблемы в части конструирования и модернизации БВС для выполнения полетов в Арктической зоне РФ, у каждого из производителей есть уникальный шанс выработать целый ряд перспективных решений наряду с широкомасштабным испытанием и применением оборудования.

3.3.3. ИНФРАСТРУКТУРА И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Эксплуатация БВС в Арктике зависит не только от технических характеристик и сфер применения конкретных летательных аппаратов, но и от создания беспилотных авиационных систем (БАС, БАТС) или комплексов (БАК), в состав которых входят центры управления полетами, точки обслуживания и ремонта, офисы взаимодействия с клиентами и т.д. Все эти направления работы формируют единую инфраструктуру для БВС, на сегодняшний день отсутствующую в России.

Директор Центра перспективных исследований компании «Кронштадт» В.В. Воронов в декабре 2019 г. рассказал о беспилотных технологиях, эффективных при выполнении различных видов авиационных работ в Арктике.



Рис 65 . План создания сети базовых станций для БАС (БВС) в Арктике

БАС большой продолжительности полета – наиболее перспективный вариант, способный обеспечить непрерывный мониторинг всей Арктической зоны РФ. БВС такого класса способны справиться с широким кругом задач, в числе которых: мониторинг ледовой обстановки для проводки судов, исследования атмосферы, погоды и климата, поиск разливов нефтепродуктов, поддержка поисково-спасательных операций и многое другое. Компания представила возможный проект развития беспилотной сети в Арктической зоне РФ. Как видно из приведенного ниже рисунка-карты, базовые станции техобслуживания аппаратов могут располагаться в семи крупных городах: Североморск, Варандей, Норильск, Хатанга, Тикси, Певек. Размещение станций техобслуживания в этих городах позволит за один вылет БВС охватывать расстояние порядка 3000 км.²⁷³

Рабочая группа Национальной технологической инициативы AeroNet предложила создать единого заказчика для беспилотных авиационных систем. Он будет эксплуатировать отечественные БВС, владеть необходимой инфраструктурой, оказывать услуги на коммерческой основе: выполнять авиационные работы, а также осуществлять перевозки для организаций и ведомств. Новую структуру предложили создать в форме автономной некоммерческой организации и назвать «Российские беспилотные авиационные системы» (АНО «РОБАС»)²⁷⁴. Среди участников АНО могут быть «Почта России», «Объединенная авиастроительная

²⁷³ О перспективах использования БАС в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // Новый оборонный заказ. - 20.12.2019. - URL: <https://dfnc.ru/yandeks-novosti/o-perspektivah-ispolzovaniya-bespilotnyh-aviasistem-v-arkticheskoy-zone-rf/>

²⁷⁴ В РФ хотят создать структуру, которая поможет узаконить тяжелые беспилотники для Арктики [Электронный ресурс] // Знак. - 13.11.2020. - URL: https://www.znak.com/2020-11-13/v_rf_hotyat_sozdat_strukturu_kotoraya_pomozhet_uzakonit_tyazhelye_bespilotniki_dlya_arktiki

корпорация», «Росатомфлот», «Роснефть», «Росгеология», которым нужны экстренные перевозки, поставки грузов, базирование на кораблях в Арктике. На создание и операционную деятельность организации потребуется 24 млрд руб государственного финансирования на 3 г. Средства пойдут для закупки БАС и отработки технологии, модернизации объектов наземной инфраструктуры, создания склада запчастей, проведения зачетных испытаний БВС. Ожидаемый эффект внутреннего рынка услуг беспилотной перевозки грузов может составить 15 млрд руб ежегодно. Создание оператора БВС с государственным участием позволит ускорить разрешение запрещенных полетов тяжелых дронов там, где риск от аварии или нештатного поведения минимален. Арктические территории идеально подходят к таким условиям.

Для полноценного и всеобъемлющего использования БВС в Арктике необходима соответствующая инфраструктура²⁷⁵. Под комплексной инфраструктурой для БАС (БАТС) понимается система из ряда составляющих:

1. Несегрегированное (без конкретно установленных коридоров) воздушное пространство.
 2. Безопасность полетов, в т.ч. контроль, метеобеспечение, навигация и локация.
 3. Наземная инфраструктура (дромодромы, пункты дозаправки, аварийной посадки, передачи и получения груза и т.д.).
 4. Выделенные радиочастоты для управления БВС.
 5. Нормативная база, регулирующая законодательно отрасль БАС.
 6. Система подготовки специалистов.
- Рассмотрим все составляющие подробно.

1. Воздушное пространство

Уровень потенциальных возможностей БВС, особенно дальнего радиуса действия, не сопоставим с запретом их использования в общем воздушном пространстве. Главное преимущество БВС перед ВС пилотируемой авиации заключается именно в том, что для его полета необходимы только направления, а не выделенные коридоры. БВС не привязаны к постоянным направлениям и могут летать (с определённой поправкой) в любое место, за исключением законодательно закрытых для полета пространств, и в любое время суток. Это огромное преимущество по сравнению с пилотируемой коммерческой авиацией, летающей только по заданным маршрутам. Также отсутствует необходимость в создании специальных аэронавигационных карт. На уровне программного обеспечения БВС можно предусмотреть возможность экстренного приземления при полете над запретной зоной в случае нештатного возникновения такой ситуации.

Безусловно, что цель всех организаций, участвующих в регламентации использования БВС в воздушном пространстве РФ (сегрегированном или нет), состоит в том, чтобы достигнуть уровня безопасности полетов любого класса БВС, эквивалентного как минимум уровню безопасности полетов пилотируемой гражданской авиации и выше этого уровня²⁷⁶. Такой уровень может быть обеспечен открытостью каждого индивидуального БВС. Для этого эксплуатанты техники должны поддержать разработку базы данных и интернет-портала открытых данных БВС (данные о пройденных маршрутах в открытых зонах и т.д.) Для полетов БВС совместно с пилотируемой авиацией необходима разработка и внедрение системы безопасности БВС по аналогии с системой ADS-B для самолетов (БВС оповещает другие воздушные суда о своих координатах), установка ретрансляторов GPS/Глонасс.

В целом такая работа уже ведется, однако, специфика районов Арктики и Крайнего Севера накладывает ряд отпечатков, в частности, речь может идти об отставании внедрения БАС в целом.

2. Безопасности полетов и контроль за беспилотными воздушными судами

Большинство производителей и продавцов БВС не интересуются глобальными вопросами

²⁷⁵ Д. Леонтьев. Инфраструктура для беспилотных летательных аппаратов в России [Электронный ресурс] // TAdviser. - 11.01.2021. - URL:

https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Инфраструктура_для_беспилотных_летательных_аппаратов_в_России

²⁷⁶ А.А. Ахмадиев. Методы управления дистанционными пилотируемыми авиационными системами в общем воздушном пространстве [Электронный ресурс] // Доклад научной квалификационной работы. - МГТУ ГА. - 2018. - URL:

<http://www.mstuca.ru/upload/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%9D%D0%9A%D0%A0%20%D0%90%D1%85%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%20%D0%90.%D0%90.pdf>

развития наземной инфраструктуры, решают задачи пассивной и активной безопасности самих аппаратов. Пассивная система безопасности представляет собой парашют, позволяющий в нештатной ситуации осуществить мягкую посадку без последствий. Активная система реализуется при помощи радара на борту судна, он распознает препятствия и избегает столкновения путем их облета. Однако это только небольшая часть общей системы безопасности полета и связана она не с наземной инфраструктурой, а с бортовым оборудованием. Не менее важными являются вопросы метеорологического обеспечения полетов БВС, наземные средства локации и навигации.

Метеорологическое обеспечение беспилотной авиации является таким же необходимым элементом комплексной системы организации воздушного движения как и при пилотируемых полетах. Неверная метеорологическая информация об опасных метеоявлениях у внешнего пилота оказывает значительное влияние на уровень безопасности полетов и на другие аспекты по управлению воздушным движением БВС. В Арктике такие явления носят труднопрогнозируемый и одновременно значительный по силе воздействия характер. Выполнение взлетно-посадочных операций в Арктической зоне РФ чаще всего связано с повышенным риском, особенно в зимнее время. Многолетний анализ авиационных происшествий и инцидентов показал, что на безопасность полетов БВС, особенно малой размерности, существенно влияет режим ветра на маршруте полета. Также в приземном слое в ходе процесса трения воздушных масс о подстилающую поверхность возникает большое количество турбулентностей и завихрений. От этого - кратковременные, локальные изменения движения воздушных масс. Изменение движения ветра обычно сопровождается кратковременным увеличением его скорости – «порывы ветра». В большинстве случаев они возникают в местах перепадов высот, границ леса. Это значит, что место запуска и посадки БВС следует выбирать на открытых площадках без ветрозащитных полос. На таких пространствах движение воздушных потоков равномерно как по скорости, так и по направлению²⁷⁷. Для БВС отсутствуют специальные станции или посадочные площадки, существующие вертолетные площадки имеют минимальную оснащенность в плане аэродромного оборудования, на них почти или полностью отсутствует метеорологическое обеспечение, не проводится сбор статистических данных об особенностях погоды в месте совершения взлета и посадки.



Рис 66. Портативная автоматическая метеостанция на платформе БВС²⁷⁸

Обслуживать стационарные станции или посадочные площадки в Арктической зоне РФ в настоящее время затруднительно, на них установлено устаревшее оборудование, обслуживающий персонал не всегда может проживать около такого объекта инфраструктуры. Поэтому, для эффективного и безопасного использования авиации в Арктическом регионе необходимо, по аналогии с наземными станциями для БВС, максимально автоматизировать процессы получения, обработки и доведения до эксплуатирующих компаний данных о метеорологической обстановке в районе взлета и посадки, а также на всей протяженности маршрута полета. В районе взлета и посадки БВС для обеспечения безопасных операций необходимо иметь возможность получения

²⁷⁷ А.А. Горбунов, А.Ф. Галимов. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала [Электронный ресурс] //Вестник Санкт-Петербургского государственного университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2016.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-meteorologicheskikh-faktorov-na-primeneniye-i-bezopasnost-polyota-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom>

²⁷⁸ Портативные автоматические метеостанции на платформе БПЛА [Электронный ресурс] // Сибаналитприбор. - URL: <http://meteosap.ru/development/bpla/> (дата обращения: 11.02.2021)

достоверных данных о текущем и предстоящем в ближайшее время состоянии приземного слоя атмосферы. Для задач мониторинга таких опасных метеорологических явлений локального масштаба, как конвективная турбулентность, обледенение, туманы в районе посадки, необходимо применение комплекса аппаратуры наземного дистанционного зондирования температурной стратификации (КДЗТС). В состав комплекса должны входить метеостанция (МС), система измерения профиля температуры (СИПТ), устройство обработки данных (УОД)²⁷⁹.

В настоящее время в связи с развитием информационных технологий существует возможность использовать широкий спектр программного обеспечения, устанавливаемого на портативные устройства. Для передачи данных о метеорологической обстановке в районе посадки и взлета можно опираться на технологию сервиса информационного обслуживания в полете FIS (Flight information services), способного обеспечить регулярный доступ к обновляемой метеорологической (MET) информации. Технология позволяет в зависимости от способа доведения информации осуществлять адресную в контрактном режиме (FIS-C) или широкоэвещательную доставку сообщений (FIS-B). В Арктической зоне РФ для повышения осведомленности внешних пилотов о полетных условиях целесообразно оснастить наземные станции управления или места взлета/посадки КДЗТС. Для передачи информации внешнему пилоту использовать элементы технологии FIS-B. В целях оперативного информирования пилотов БВС о фактической погоде в районе посадочной площадки необходимо вести регулярные метеорологические наблюдения, сбор и анализ метеорологических данных непрерывно.

С целью исключения человеческого фактора, а также в связи с трудностями в обеспечении непрерывного пребывания людей в районах арктических посадочных площадок необходимо максимально автоматизировать процессы сбора, обработки и предоставления метеорологической информации о фактической погоде в районе посадочной площадки. Современные способы дистанционного зондирования атмосферы в сочетании с комплексным подходом к обработке данных позволяют заблаговременно выявить предпосылки возникновения таких опасных для авиации метеоявлений, как обледенение и радиационные туманы. Данные о направлении и скорости ветра на малых высотах, а также информация о состоянии метеобразований позволят дать дополнительные данные об опасных метеоявлениях в районе посадки. Для повышения достоверности и оправдываемости прогнозов необходимо расширять сеть метеостанций, производить их оснащение автоматизированными средствами метеорологического наблюдения. При формировании требований к метеоаппаратуре, размещаемой в Арктике, особое внимание уделять ее устойчивости к сложным метеорологическим условиям и возможности функционировать в энергосберегающем и автономном режиме.

В будущем необходима дистанционная активация функции передачи метеорологической информации при подлете БВС к посадочной площадке, а также дистанционное включению и выключению наземного оборудования, в т.ч. при необходимости посадочных огней. Оперативное предоставление метеоинформации в автоматическом режиме позволит значительно повысить безопасность совершения взлетно-посадочных операций в Арктической зоне РФ²⁸⁰.

Таким образом, компании - эксплуатанты БВС должны иметь доступ к метеоинформации как в текущем времени, так и прогнозы, а в любом случае оператору БВС перед вылетом следует тщательно изучить фактические и ожидаемые значения метеорологических параметров.

Другая проблема - отсутствие качественного наземного радиотехнического и радионавигационного обеспечения полетов на расстояния от 100 км. и далее. Например, слепая посадка на неподготовленные площадки становится причиной значительного процента авиационных происшествий. Производители считают, что решением является оборудование БВС системой синтетического зрения, радаром W диапазона, лидарами. Что касается осведомленности о пространственном положении БВС, то современные бортовые навигационные приборы (GPS, инерциальный измерительный блок, доплеровский измеритель скорости, гироскоп,

²⁷⁹ Ю.Н. Кораблев. Оперативное информирование экипажей воздушных судов об опасных метеоявлениях в районах арктических посадочных площадок [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - том 21 - №05. - 2018. - URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-informirovanie-ekipazhey-vozdushnyh-sudov-ob-opasnyh-meteoyavleniyah-v-rayonah-arkticheskikh-posadochnykh-ploschadok>

²⁸⁰ Ю.Н. Кораблев. Оперативное информирование экипажей воздушных судов об опасных метеоявлениях в районах арктических посадочных площадок [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - том 21 - №05. - 2018. - URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-informirovanie-ekipazhey-vozdushnyh-sudov-ob-opasnyh-meteoyavleniyah-v-rayonah-arkticheskikh-posadochnykh-ploschadok>

радиовысотомер) способны дать сведения, однако только при хорошей видимости. Большинство современных радиовысотометров плохо работают в пыльном/снежном вихре и не отображают реальную высоту над землей и скорость снижения. Сенсоры состояния зоны посадки для обзора сквозь вихрь неэффективны: существующие решения - традиционные метео-РЛС, тепловизионные и ТВ-камеры не пригодны, а сенсоры с высокой проникающей способностью находятся на разных этапах технологической готовности²⁸¹. Все вышеперечисленные системы на борту БВС в той или иной степени применяются, однако, этого часто недостаточно. Необходимы наземные или комплексные средства обеспечения полетов.

Таким образом, повышение безопасности полетов БВС в общем воздушном пространстве на основе применения новых методов управления с использованием полетной и наземной информации является одним из наиболее актуальных направлений исследований и внедрения.

3. Наземная инфраструктура

В настоящее время даже на международном уровне можно наблюдать единичные проекты создания разветвленной, сетевой модели наземных станций для БВС. В России перспективы массовой эксплуатации БВС связаны именно с наземной инфраструктурой, в Арктике ее создание является первой необходимостью для развития отрасли.

В зарубежных проектах для управления полетами БВС тестируется инфраструктура гражданской авиации, однако, существующая наземная инфраструктура гражданской авиации РФ применяться для беспилотной авиации не может в связи со значительной разницей в части экономики, логистики, удаленности, низкой плотности инфраструктуры в Арктике и т.д.

Наземная инфраструктура БВС делится на несколько секторов, что подразумевает разницу в наземных объектах поддержки:

- для перевозки по воздуху людей и тяжелых грузов (свыше 100 кг);
- для перевозки легких грузов, мониторинга, исследований с воздуха и решения других сервисных задач.

Оба типа требуют разного подхода к инфраструктуре. В первом случае - аналоги вертолетных площадок или вертодромов, на базе которых создаются аэротакси, во втором - наземные стационарные или мобильные станции незначительных размеров (дрондромы). В советское время в Арктике существовала развитая инфраструктура малой авиации, однако, в настоящее время многие вертолетные площадки заброшены, хотя часть из них и восстанавливается. В Государственном реестре гражданских аэродромов по состоянию на 2018 г. на территории Арктической зоны РФ зарегистрировано всего 73 аэродрома и 222 посадочные площадки для вертолетов. Конечно, при освоении новых месторождений, закладке новых населенных пунктов, а также военных баз на начальном этапе их строительства создаются новые самолетные и вертолетные посадочные площадки. Но для эксплуатации легких БВС необходим иной подход, т.к. содержание больших площадок экономически нецелесообразно. Стоимость станций для взлета/посадки, зарядки или заправки БВС начинаются от 3-5 тыс долларов США. Решение кроется в организации сети заправочных станций, в т.ч. автоматических, а энергоснабжение постов зарядки аккумуляторов станет возможным от автономных зарядных станций - мобильных источников питания. Станции могут получать электроэнергию не только от классических источников - генераторов и сети питания, но также от солнечных панелей, ветрогенераторов, геотермальных станций. В Арктике с низкой численностью населения, большими проблемами в части кадрового потенциала наземная инфраструктура БВС должна быть максимально автономной, роботизированной, без участия человека. Автономность должна охватывать все процессы от заправки, загрузки БВС, получения страховки и разрешения на полет.

Применение автоматических станций для БВС было описано впервые еще в 2005-2007 гг. Их современная типология приводится специалистами Университета Иннополис²⁸². Посадочные платформы можно разделить на:

- платформы без устройств позиционирования;

²⁸¹ Сажам вертолет вслепую: обзор технологий синтетического зрения [Электронный ресурс] // Хабр. - 09.09.2016. - URL: <https://habr.com/ru/post/369655/>

²⁸² Роботизированные платформы для посадки и обслуживания дронов: обзор современных решений [Электронный ресурс] // Интеграл. - 12.10.2020. - URL: <https://integral-russia.ru/2020/10/12/robotizirovannye-platformy-dlya-posadki-i-obsluzhivaniya-dronov-obzor-sovremennyh-reshenij/>

- с активными устройствами позиционирования;
- с пассивными устройствами позиционирования;
- с комбинацией устройств позиционирования;
- другие не подпадающие под предыдущие пункты, с нестандартными устройствами позиционирования.

Основное назначение посадочных платформ - борьба с недостатком БВС коптерного типа - малым временем работы. Аппарат может выполнить зарядку или замену батарей в посадочной станции и продолжить свою миссию. Также такие платформы могут иметь и другие функции автоматического наземного обслуживания БВС - получение грузов, укрытие и хранение БВС, обмен данными и т.п.

Отдельное поднаправление наземной инфраструктуры - станции управления полетами (НСУ, ПУП, Ground Control Station, GCS). Основным назначением НСУ является создание интерфейса между пилотом и БВС на всех фазах подготовки и полёта аппарата. Наземные станции управления, входящие в состав БАС, предназначены для обеспечения управления БВС, приема и обработки информации от аппаратуры целевой нагрузки, данных телеметрии. Специальное программное обеспечение, установленное на автоматизированных рабочих местах операторов, служит для обеспечения всех этапов эксплуатации БВС²⁸³. В ряде случаев НСУ называют транспортируемый персональный компьютер в защищенном исполнении с интегрированной радиолинией, предназначенный для управления робототехническими комплексами и получения видеоизображения и телеметрической информации с установленной на БВС целевой нагрузки. Защитный ударопрочный кейс рассчитан на грубую эксплуатацию и пригоден для работы в любых погодных условиях²⁸⁴.

Наземный пункт управления в некоторых определениях более широкое понятие, чем станция. Это своеобразный аналог инфраструктуры аэродрома, состоящий из станции управления, радиотехнического обнаружения и пеленгования средств связи и управления БВС, ангара хранения, грузового терминала и других наземных сооружений.



Рис 67. Станция управления (кунг) и транспортно-пусковая установка БВС «ГрАНТ»²⁸⁵

Учитывая, что эксплуатация (запуск и возврат БВС) будет проходить в основном в период низких температур, необходимо принимать во внимание, что и передвижные (мобильные) пункты управления, а также стационарные посты БАС должны быть утепленными в соответствии с климатическими условиями. Кунги, автоприцепы, быстровозводимые строения в обязательном порядке должны иметь резервные источники питания (аккумуляторы, генераторы), имеющие допуск к работе при температурах до -55°C . В случае полетов БВС по постоянным маршрутам с высоким процентом загрузки, как правило - перевозка грузов, имеет смысл создавать наземные

²⁸³ Наземные станции управления [Электронный ресурс] // Радар ММС. - URL:

<https://radar-mms.com/product/bespilotnye-aviatsionnye-sistemy/nazemnye-stantsii-upravleniya/> (дата обращения: 03.03.2021)

²⁸⁴ IAI: Усовершенствованная наземная станция управления БПЛА [Электронный ресурс] // Радиосистемы и оборудование. - 09.10.2012. - URL: http://radiocom-review.blogspot.com/2012/10/iai_9.html

²⁸⁵ Тактический БПЛА «ГрАНТ» // Авиару.рф. - URL: <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/rf/bpla/takticheskij-bpla-grant/> (дата обращения: 03.03.2021)

станции управления в пунктах вылета и прилета. Кроме того, в настоящее время производители предлагают усовершенствованные наземные станции управления БВС с модульной наращиваемой структурой построения.

Разработка требований к наземной и информационной инфраструктуре опытного района для применения БВС была проведена в 2018 г. в Томске Фондом перспективных исследований²⁸⁶. Указанные в работе параметры можно считать универсальными и готовыми к тиражированию по всей стране.

Выделим основные части работы:

- взлетно-посадочная инфраструктура;
- помещения для обслуживания;
- автомобильный транспорт;
- средства контроля;
- информационная инфраструктура.

Взлетно-посадочная инфраструктура.

Основным требованием к наземной инфраструктуре является наличие площадки для взлета и посадки БВС. Требуемые размеры площадки:

- для малогабаритных БВС самолетного типа – до 100x200 м;
- для БВС самолетного типа больших и средних габаритов – не менее 100x400 м;
- для БВС мультироторного типа – до 20x20 м.

Основным способом взлета БВС, кроме самостоятельно взлетающих и производящих посадку, является запуск с катапульты или из рук, приземления – посадка на парашюте. Поэтому для взлёта и посадки подходит любое ровное пространство без строений и растительности, найти такое место в регионах Арктической зоны РФ не представляет сложности. В связи с ограниченной дальностью полета БВС площадки взлета и посадки должны располагаться вблизи объектов оказания функциональных сервисов.

Дальность полета малогабаритных БВС самолетного типа составляет не более 100-200 км. Для большинства задач, за исключением доставки грузов, основное время полета приходится на выполнение работ, поэтому удаление площадок взлета от объекта оказания сервисной услуги должно быть не более нескольких км.

При использовании БВС мультироторного типа, дальность полета которых составляет 15-20 км площадки запуска должны располагаться в непосредственной близости около объектов оказания услуги или на самих объектах.

В регионах Арктической зоны и Крайнего Севера в условиях практически полного отсутствия дорог в случае проведения работ на объектах, доступ к которым ограничен и подъехать к ним невозможно, следует использовать БВС с радиусом полета не менее 300 км.

Для БВС средних и больших габаритов возможен взлет с ВПП и посадка по самолетному. В этом случае необходимо строительство или аренда ВПП с соответствующей инфраструктурой. Это ведет к значительному удорожанию эксплуатации БВС, но в тоже время такие БВС имеют больший радиус применения и способны выполнять задачи на большой территории. Такие комплексы целесообразно применять для выполнения задач по мониторингу объектов большой протяженности, а также в труднодоступных районах. При возможности ВПП можно арендовать на имеющихся аэродромах.

Помещения для обслуживания.

В состав инфраструктуры входят помещения для хранения, технического обслуживания и ремонта БВС. Такие помещения можно организовывать в нескольких ключевых пунктах, сделав их общими для всех территориально близких точек взлета и посадки.

²⁸⁶ В.В. Доценко. Отчет о работе по теме «Оценка возможности создания опытного района применения беспилотных авиационных систем для выполнения сервисно-транспортных задач». Шифр «Тайга 1» [Электронный ресурс] // Фонд перспективных исследований. Томск. - 2018. - URL: <https://fpi.gov.ru/upload/iblock/229/229fd9253e376c2bcabee6daa9254714.pdf>



Рис 68, 69. Модульные здания для гражданской авиации²⁸⁷

Состав строений:

- отапливаемое складское помещение для хранения БВС;
- оборудованное стеллажами, электропитанием и столами помещение для технического обслуживания и текущего ремонта БАС, для зарядки АКБ. В случае эксплуатации одного или нескольких БВС возможно использование одного помещения и для его хранения, и для обслуживания;
- офисное помещение, оборудованное автоматизированными рабочими местами с доступом в Интернет для составления планов, графиков, отчетов, обработки предполетной и послеполетной информации, подготовки к проведению полетов и т.д.;
- в удаленных населенных пунктах необходимо помещение для проживания экипажей и другого персонала БАС с бытовыми удобствами (вода, душ, туалет) .

Помещения должны располагаться в населенных пунктах в которых находятся ВПП или посадочные площадки, в идеальном варианте - рядом с ними и объединяться в единый объект инфраструктуры - опорный пункт или ПУП. Каждый опорный пункт должен обслуживаться администратором (начальником опорного пункта), отвечающим за содержание опорного пункта, сохранность передаваемого ему на хранение оборудования и т.д. В случае круглосуточного использования БВС организуется посменная работа персонала.

Автотранспорт

Обязательным элементом наземной инфраструктуры является автомобильный транспорт для доставки БВС и экипажей к местам проведения полевых сервисных работ. Наличие у эксплуатанта БВС постоянного централизованного автотранспорта значительно упрощает проведение работ. Автомобильный транспорт желательно включать в состав инфраструктуры ПУП, что позволит экипажам БАС, выполняющим работы, добираться до взлетно-посадочных площадок, особенно в удаленных районах, где нет возможности арендовать автотранспорт. В регионах Крайнего Севера необходимо в парке обязательно содержать специализированный автотранспорт (трэколы, вездеходы).

Средства контроля

Наземные средства контроля за использованием воздушного пространства, диспетчерского оборудования, средств связи внедряются одновременно с развитием системы оказания услуг. Ряд экспертов предполагает, что одним из оптимальных вариантов на настоящем этапе развития БВС - расположение средств контроля в функциональных сервисах, предназначенных для решения задач в интересах существующей аэродромной сети гражданского назначения. Такое решение позволит обеспечить наиболее полное взаимодействие средств контроля пилотируемой авиации и разрабатываемых средств контроля беспилотной авиации. Основная задача внедрения таких наземных средств - обеспечение интеграции БАС в единое воздушное пространство и обеспечение возможности применения их не только в закрытых зонах и без длительных согласований.

²⁸⁷ Пункт управления аэродрома, зал прилета\вылета // Краснознаменная фабрика модульных конструкций. - URL: <https://kfmk-modul.ru/node/94> (дата обращения: 03.03.2021)

Особенно важно такое применение при решении задач в интересах задач при чрезвычайных ситуациях. Однако уже отмечено, что многие представители отрасли считают, что наземная инфраструктура гражданской авиации неприемлема для БАС.

Таким образом, для создания рациональной эксплуатации и поддержания рабочего состояния наземной инфраструктуры необходимо создавать подразделения организации-оператора, включающие в себя:

- помещения (здания) для хранения и обслуживания БВС;
- автомобильный (специальный) транспорт;
- инфраструктуру обеспечения использования воздушного пространства;
- администрацию опорного пункта²⁸⁸.

Информационная инфраструктура

Информационная инфраструктура представляет собой пакет инструкций, положений и руководящих документов по порядку и правилам использования БАС, воздушного пространства, проведения работ или оказания услуг, доставке грузов, страхованию и другим вопросам использования БАС.

Для эксплуатации БВС необходима разработка инструкций и технического обеспечения на случай нештатных ситуаций, в т.ч. при полетах в сложных метеоусловиях. Кроме инструктивного обеспечения в число нормативных актов входят мероприятия, реализуемые в случае потери БВС: разработка и внедрение поисковых систем в виде радиомаяков и пеленга радиостанциями, в т.ч. при отсутствии сотовой связи или сигналов спутниковой навигации. Для производства полетов в регионах Арктической зоны РФ кроме уже используемых методических указаний по полетам в условиях повышенной влажности, в условиях возможного обледенения, нестабильной работы систем GPS/ГЛОНАСС и потере связи обязательной является разработка инструкции по производству полетов в сложных метеоусловиях (СМУ).

Информационная инфраструктура должна обеспечивать максимально оперативную связь внешних пилотов БВС с организацией-оператором и с зональным центром организации воздушного движения (ЗЦ ОрВД). Вариантом обеспечения такой связи может быть создание должности оператора управления воздушным движением БАС. При этом должность оператора может как входить в состав ЗЦ ОрВД, так и создаваться в рамках организации-оператора, оператор в этом случае находится в ПУП²⁸⁹.

Еще один риск связан с программным обеспечением, - опасность его взлома. Коды становятся все сложнее, их все трудней как следует проверить на возможные слабые места.

4. Выделенные радиочастоты для управления БВС

Внешний пилот (оператор) не взаимодействует с системой управления воздушным пространством, полеты БВС не контролируются диспетчерами ЕС ОрВД. У пилота нет официальной возможности взаимодействовать с БВС по фиксированному радиоканалу на значительном удалении от наземной станции управления, т.к. в РФ не выделен официальный диапазон частот для БАС коммерческого использования. Для сравнения, радиостанции пилотируемой гражданской авиации работают в диапазоне частот 100...152 и 225...400 МГц. В будущем использование БВС в Арктике упростится: управление и доступ обеспечат мобильные спутниковые станции, которые будут расположены по маршрутам в виде сетевой структуры, по аналогии с наземными пунктами гражданской авиации.

Применение БВС в гражданском секторе также находится в ожидании решения ряда технических и организационных проблем, без чего невозможно стабильное использование БАС. В частности, взаимодействие с российской арктической спутниковой группировкой, выделение

²⁸⁸ В.В. Доценко. Отчет о работе по теме «Оценка возможности создания опытного района применения беспилотных авиационных систем для выполнения сервисно-транспортных задач». Шифр «Тайга 1» [Электронный ресурс] // Фонд перспективных исследований. Томск. - 2018. - URL: <https://fpi.gov.ru/upload/iblock/229/229fd9253e376c2bcabee6daa9254714.pdf>

²⁸⁹ В.В. Доценко. Отчет о работе по теме «Оценка возможности создания опытного района применения беспилотных авиационных систем для выполнения сервисно-транспортных задач». Шифр «Тайга 1» [Электронный ресурс] // Фонд перспективных исследований. Томск. - 2018. - URL: <https://fpi.gov.ru/upload/iblock/229/229fd9253e376c2bcabee6daa9254714.pdf>

частотного диапазона для управления БВС и передача информации с борта на землю и обратно²⁹⁰. Также в процессе доработки находится решение вопросов помехозащищенности, качества сигналов от спутника и скорости их передачи без значительной задержки, защиты информации, поступающей с БВС (криптографии).

В 2018 г. федеральную инфраструктуру для информационного обеспечения полетов БАС начал разрабатывать холдинг «Российские космические системы» (РКС). Наземная инфраструктура позволит организовать эффективное и безопасное массовое применение БВС в воздушном пространстве РФ. В режиме реального времени она будет принимать, обрабатывать и распространять информацию о местоположении, маршруте и параметрах полета всех БВС над территорией страны. Ее внедрение снизит операционные затраты владельцев БАС. Вместе с РКС в создании инфраструктуры участвуют Росавиация, «Ростелеком», Государственная корпорация по ОрВД и НП «ГЛОНАСС». Прокладку маршрута в рамках инфраструктуры информационного обеспечения трафика БАС осуществляют «Платформа навигационных приложений», а также «Геоинформационная система», которая содержит актуальную информацию о зонах ограничения полетов и интегрирована с государственными, ведомственными и отраслевыми информационными системами. Специальные приложения для операторов БАС, контент-провайдеров, страховых и других компаний будут создаваться на основе «Платформы комплексных приложений». В рамках проекта предусмотрена возможность создания в будущем специальных приложений для операторов БВС. Для служб доставки можно автоматизировать ряд процессов и свести задачу оператора только к выбору адреса точки назначения. Система рассчитана на работу с БВС всех типов и массы. Развитие рынка навигации обеспечивается за счет использования созданной платформы с возможностью реализации решений компаний-разработчиков и сервис-провайдеров, независимо от формы собственности и объема выручки компании. Данные в рамках системы передаются с помощью существующих систем сотовой связи, а также УКВ-передатчиков и спутниковой связи. Ожидается, что внедрение новой системы контроля и управления сократит эксплуатационные затраты операторов БАС за счет снижения рисков и формирования благоприятствующих условий для развития индустрии страхования аппаратов, удобных сервисов и облачного программного обеспечения²⁹¹.

5. Нормативная база

При значительной либерализации и определении правил регулирования полетов БВС, РФ может стать одним из мировых лидеров научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в этой области. Для этого Росавиация должна как минимум выделить зоны и коридоры для полетов БВС. Также необходимо внедрить онлайн открытую и простую систему сертификации новых моделей БВС для полетов в воздушном пространстве РФ (одно окно, короткий срок, электронный документооборот), упростить сертификацию моделей через создание открытого реестра производителей БВС и сервисных организаций, упростить, но одновременно качественно усилить подготовку операторов БВС.

Наиболее ограниченные административными барьерами тяжелые БВС гражданской авиации технически готовы к выполнению различных видов авиационных работ, в т.ч. в автономных режимах. Препятствуют их активному внедрению в экономику правовые диспропорции. Нормативно-правовая база, определяющая функционирование рынка беспилотных авиационных услуг, в настоящее время находится в стадии формирования. Задача разработчиков и эксплуатантов БАС – ускорить процесс ее разработки, внедрения и внесения изменений в процессе реального применения.

Согласно «Концепции развития до 2030 года» рабочей группы Аэронет (AeroNet) Национальной технологической инициативы снятие законодательных и нормативных ограничений является приоритетным. В число мероприятий по этому направлению входят:

- разработка классификации и единой системы категорирования БВС/БАС;

²⁹⁰ А.В.Митько. БПЛА в условиях арктического региона [Электронный ресурс] // Нефтегаз.Ру. - 09.07.2019. (№5, 2019) - URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>

²⁹¹ Инфраструктура для информационного обеспечения полетов беспилотных авиационных систем (БАС) [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 17.05.2018. - URL: https://russiandrone.ru/news/infrastruktura_dlya_informatsionnogo_obespecheniya_poletov_bespilotnykh_aviatsionnykh_sistem_bas/

- разработка норм лётной годности для различных типов БВС/БАС согласно классификации;
- разработка порядка и методов сертификации и подтверждения соответствия нормам лётной годности в соответствии с классификацией;
- разработка порядка контроля и периодического подтверждения соответствия сертификату типа конкретных экземпляров БВС/БАС;
- разработка временных правил полета БВС в зонах отчуждения линий электрических передач, железных дорог, магистральных трубопроводов, автомобильных трасс федерального значения, акваториями рек, озер, морских прибрежных территорий, лесами, сельскохозяйственными угодьями²⁹².

Часть из представленных работ уже исполнена, однако, решение вопросов беспрепятственного, оперативного, но в то же время безопасного использования воздушного пространства РФ остается открытым. Глобальной остается и проблема межведомственного взаимодействия и единого управления.

Создание уже упомянутого единого заказчика для БАС с государственным участием позволит ускорить разрешение пока запрещенных полетов тяжелых аппаратов в местах, где риск от аварии или нештатного поведения минимален²⁹³, а значит в Арктической зоне РФ в первую очередь.

Кроме разработки нормативных актов необходимо решить ещё одну первостепенную задачу - интеграции БАС в единое воздушное пространство. Это постепенный процесс, требующий исследований и апробации каждой новой технологии – Detect and Avoid (обнаружил и уклонился), обеспечивающей безопасное расхождение воздушных судов, стандартизированной линии связи и управления (C2 – Command and Control) и других. Эксперты считают, что установка Системы предупреждения столкновения самолётов в воздухе (Traffic Collision Avoidance System, TCAS) станет обязательной, производители авионики нового поколения должны начать выпуск таких систем с низкой массой и незначительными габаритами. Процесс интеграции БАС в общее пространство обещает начаться в 2021 г., но контроль за его ходом развития и особенно внедрения представляется на данном этапе не вполне прозрачным.

Кроме собственно процесса эксплуатации БАС, опасение вызывает недостаточная нормативно-правовая, финансовая и административная поддержка разработчиков систем искусственного интеллекта, в т.ч. применяющихся и на БВС. Необходимо включение программ создания российскими компаниями - разработчиками систем искусственных «мозгов» в перечень продукции для предоставления преференции. Также для этого нового типа продукции нужна регламентация и сертификация технологий ИИ.

Движение в этом направлении стартовало. Так, в августе 2020 г. утверждена концепция правового регулирования искусственного интеллекта и робототехники, разработанная Министерством экономического развития РФ. Документ определяет условия, при которых новые технологии могут активно развиваться и обеспечить выход России на лидерские позиции в мире и формирует подходы к обеспечению безопасности граждан. Концепция состоит из нескольких блоков, которые касаются юридической ответственности при применении систем ИИ и робототехники, защиты информации, финансового стимулирования разработчиков технологий и другие²⁹⁴. В сентябре 2020 г. было заявлено, что в ближайшие четыре года Правительство России готово направить порядка 12 млрд руб на гранты 1200 отечественным стартапам, занятым в области разработки технологий искусственного интеллекта. В начале 2020 г. Правительство РФ планировало направить на реализацию федерального проекта по искусственному интеллекту 124,8 млрд руб, 89,7 млрд руб из которых должны были составить средства федерального бюджета, но в августе сумма резко уменьшилась, что может негативно сказаться на решении заложенных задач. Одновременно с этим Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

²⁹² Концепция развития до 2030 года [Электронный ресурс] // АЭРОНЕТ НТИ. - 13.07.2018. - URL: <http://nti-aeronet.ru/koncepcija-razvitija-do-2030/>

²⁹³ В РФ хотят создать структуру, которая поможет узаконить тяжелые беспилотники для Арктики [Электронный ресурс] // Знак. - 13.11.2020. - URL: https://www.znak.com/2020-11-13/v_rf_hotyat_sozdat_strukturu_kotoraya_pomozhet_uzakonit_tjazhelye_bespilotniki_dlya_arktiki

²⁹⁴ И.Алпатов. Утверждена концепция правового регулирования искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Российская газета. - 24.08.2020. - <https://rg.ru/2020/08/24/utverzhdena-koncepcija-pravovogo-regulirovaniia-iskusstvennogo-intellekta.html>

расширяет федеральный проект «Цифровые технологии» из национальной программы «Цифровая экономика» и включает в него новое направление «Искусственный интеллект»²⁹⁵.

Применительно к территориям Арктики внедрение новых цифровых технологий прописано в п. 31к «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», в котором указано о вводе в промышленную эксплуатацию новых образцов техники, созданных с использованием инновационных материалов, в том числе образцов робототехники, судостроительной техники, беспилотных транспортных систем и портативных источников энергии. К сожалению, пункты о комплексном внедрении систем и технологий искусственного интеллекта, предлагаемые Координационным советом РСПП по развитию Северных территорий и Арктики вновь оказались вне документа и требуются усилия по внесению поправок в Стратегию.

26.11.2020 г. на аэродроме «Орловка» в Тверской области состоялся круглый стол «Сертификация беспилотных авиационных систем. Практическая реализация в Российской Федерации». Мероприятия включали в себя теоретическую и практическую части, демонстрационно-испытательные полеты БВС вертолетного типа АО «Радар – ММС» и сверхтяжелого эвакуокоптера разработки АО «Беспилотные вертолетные системы».



Рис 70. Испытания супертяжелого (460 кг.) эвакуокоптера АО «БВС», 2020 г., «Дронпорт»

Участники круглого стола приняли резолюцию по активизации деятельности Межведомственной комиссии по нормативно-правовому и нормативно-техническому регулированию в области летной годности и сертификации авиационной техники, созданной совместным приказом Министерства транспорта и Министерства промышленности и торговли РФ, а также предложения по корректировке Воздушного кодекса РФ, Федеральных авиационных правил «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21», утвержденных приказом Министерства транспорта РФ от 17.06.2019 №184, в части, касающейся установления процедур сертификации БАС и их элементов, устранения «белых пятен» в нормативном правовом регулировании²⁹⁶.

Эксплуатация БВС в труднодоступных регионах, в т.ч. в Арктике, стала немного удобнее с февраля 2021 г., когда Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ (Минцифры России) объявило о запуске новой функции портала «Госуслуги». Выдачу разрешительных документов в электронный вид перевела Росавиация, на «Госуслугах» стал доступен сервис учёта гражданских БВС с максимальной взлётной массой от 0,25 до 30 кг. Поставить БВС на учёт стало проще и быстрее: пользователь тратит на заполнение электронной формы менее 30 мин²⁹⁷.

²⁹⁵ Правительство выделит 12 миллиардов 1200 российским ИИ-стартапам [Электронный ресурс] // CNews.- 02.09.2020. - URL: https://www.cnews.ru/news/top/2020-09-01_pravitelstvo_vydelit_12

²⁹⁶ Первые полеты в интересах сертификации БАС состоялись на нашем аэродроме «Орловка» [Электронный ресурс] // МАМС. - 30.11.2020. - URL: <https://www.droneport.aero/post/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%8B-%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%85-%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%B1%D0%B0%D1%81-%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%8C-%D0%BD%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D1%88%D0%B5%D0%BC-%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5-%D0%BE%D1%80%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0>

²⁹⁷ Оформить СМИ и зарегистрировать дрон теперь можно через «Госуслуги» [Электронный ресурс] // 09.02.2021. - URL: https://russiadrone.ru/news/oformit_smi_i_zaregistrirovat_dron_teper_mozhno_cherez_gosuslugi/

6. Система подготовки специалистов

Инфраструктура включает в себя не только технические средства, но также систему образования, уровень компетенций персонала и т.д. Большое значение приобретают учебные курсы, готовящие операторов гражданских БВС. Много лет в РФ существует проблема с дефицитом лётного состава, но нельзя сказать, что её решит беспилотная авиация, как об этом говорят некоторые эксперты, т.к. горизонты массового внедрения технологий БВС находятся слишком далеко. Для обслуживания БВС понадобится много технических кадров, в частности, набирает популярность новая специальность «Диспетчер роботизированных беспилотных систем». Примерно до 2030 г. рынок будет насыщаться внешними пилотами, но далее спрос на эту профессию будет падать, так как беспилотная авиация развивается в сторону минимизации человеческого участия в действиях БВС²⁹⁸. Свидетельство внешнего пилота является официальным документом выдаваемым исключительно Федеральным агентством воздушного транспорта (ФАВТ, Росавиация). Ни одно другое учреждение или учебное заведение не имеет права выдавать такие свидетельства. Необходимо пройти обучение в сертифицированных авиационных учебных центрах (АУЦ), при этом в сертификате должно быть указано направление подготовки - подготовка внешних пилотов. Исключения составляют аккредитованные учебные заведения среднего профессионального и высшего образования, находящиеся в системе Министерства транспорта РФ (гражданской авиации)²⁹⁹. Сертифицированных центров подготовки гражданских внешних пилотов в РФ единицы. Для обучения персонала с учетом условий Сибири, Севера и Дальнего Востока такой центр создан в Иркутском филиале Московского государственного технического университета гражданской авиации. На базе университета проводятся курсы повышения квалификации по эксплуатации БВС, в первую очередь вертолетного типа³⁰⁰.

Сертификаты, выданные негосударственными учебными центрами также действительны и не повлияют на право эксплуатировать БВС менее 30 кг, однако, вопрос качества подготовки в рамках обучения курса по направлению «Внешний пилот» остается открытым. В РФ сохраняется тенденция роста числа курсов по подготовке операторов БВС, но учебные программы не всегда унифицированы, в ряде случаев переподготовка занимает 40-72 ч, что бывает недостаточным для получения полезных навыков. При этом операторов БВС для арктических условий эксплуатации готовят всего лишь несколько частных компаний, имеющих такой опыт.

Особенностью подготовки персонала по эксплуатации и обслуживанию БАС является необходимость совмещения множества разноплановых профессиональных компетенций, традиционно связанных с различными профессиями, а также малочисленность команд, обслуживающих БАС и необходимость обеспечения взаимозаменяемости персонала, что дает явный экономический эффект. Таким образом, профессиональная подготовка специалистов по эксплуатации БАС должна вестись как минимум на уровне дополнительного профессионального образования или среднего профессионального образования, так и на уровне высшего профессионального образования специалистов в сфере гражданской авиации для осуществления работы БВС в едином воздушном пространстве.

Оператор (пилот) БВС занимается подготовкой беспилотного летательного аппарата к полетам, созданием полетных заданий, настройкой техники, закрепляемой на беспилотном летательном аппарате, фототехники, проведением полетов, оформлением необходимой сопутствующей документации, а также техническим обслуживанием и при необходимости мелким ремонтом БВС. В местах запуска БВС в Арктике часто возникают опасные для авиации метеоявления: сильный ветер у земли; сильная турбулентность; сдвиг ветра; град, смерч, шквал, ледяной дождь; низкая облачность; плохая видимость при тумане, снеге, метели, снежной пурге, поземке; обледенение; гололед; низкая или даже сверхнизкая температура воздуха. Поэтому

²⁹⁸ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

²⁹⁹ Профессия - внешний пилот. Куда пойти учиться на оператора дрона в России? [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет».- 22.01.2018. - URL: https://aeronet.aero/press_room/analytics/2018_01_22_how_to_become_drone_operator_in_russia

³⁰⁰ К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ.- 2018. - URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>

внешние пилоты БВС должны иметь специальную теоретическую и практическую подготовку.

Задачу развития БВС как части полярной авиации необходимо решать на основе межотраслевого планирования. Полярной авиации нужен Центр компетенций, который будет интегрировать все элементы в единое целое, включая подготовку специалистов для летной и технической эксплуатации БВС. Очевидно, что для малонаселенных и труднодоступных районов Арктики со сложными природно-климатическими условиями развитие местных авиаперевозок имеет первостепенное значение. Министерство транспорта РФ предлагает предусмотреть разработку мероприятий по повышению престижа авиационных профессий, приобщению молодежи к авиации высоких широт, развитию интереса различных аудиторий. Необходимо создать специализированные авиационные учебные центры с применением многофункциональных тренажеров для отработки полетов в особых условиях Севера³⁰¹. Наравне с пилотируемой авиации такие мероприятия в полной мере актуальны и для отрасли БАС.

Ряд экспертов считает, что в связи с повышенным уровнем опасности БВС, необходимо обучение профессии внешнего пилота для всех типов и классов аппаратов исключительно в сертифицированных Росавиацией учебных заведениях и компаниях с выдачей диплома или свидетельства единого государственного или установленного образца в рамках утвержденных программ дополнительного образования и повышения квалификации. Поддерживает такую точку зрения и Министерство транспорта РФ, предложившее в сентябре 2020 г. изменения в законодательство в части подготовки специалистов авиационного персонала только в образовательных организациях, имеющих выданный Росавиацией сертификат (АУЦ). Законопроект был отклонен, на момент написания данной работы предполагается его доработка. В части подготовки для особых внешних условий, в т.ч. в Арктике, необходимо создание специализированного центра обучения внешних пилотов, разработка специальной образовательной программы или дополнения к существующим.

Принципиальным вопросом является активное внедрение профессиональной образовательной программы (государственного стандарта) «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» для вузов и ссузов. Профильные авиационные учебные заведения не в полной мере осуществляют подготовку специалистов для эксплуатации БВС. Наладить подготовку внешних пилотов или технических специалистов по обслуживанию БВС на годами выстроенной базе учебных заведений Росавиации возможно в кратчайшие сроки. Целью программ переподготовки по профессии внешнего пилота должно являться формирование у обучающихся устойчивых soft-skills и hard-skills (знаний и компетенций) не только по прямым авиационным дисциплинам, таким как аэродинамика, навигация, основы радиоэлектроники и схемотехники, программирование микроконтроллеров, лётная эксплуатация БВС, но и по другим направлениям. Особенно актуален такой подход в части эксплуатации и ремонта аппаратов с бортовыми или наземными нейросетями (системами искусственного интеллекта) и представлении БВС как летающего робота. Среди таких дисциплин: теория решения изобретательских задач, инженерная графика, конструирование БВС, основы машинного обучения, большие данные, Интернет вещей, мехатроника и роботехника, 3D моделирование и другие. Такой комплекс знаний позволит обучающимся быть в тренде долгие годы и в дальнейшем самостоятельно их обновлять, имея значительную теоретическую и практическую базу.

Для развития инженерной мысли и конструирования БВС в рамках новых профессий, таких как «Разработчик (проектировщик) интерфейсов БПЛА» необходима поддержка и дотации в сфере образования для общеобразовательных, средних профессиональных и высших учебных заведений, которые берут на себя обязанности по подготовке кадров для развития БВС и ИИ. Частные компании готовы помогать и координировать такой процесс, но вопрос системной подготовки кадров должен быть решен на государственном уровне. Кроме того, серьёзным вопросом при введении ИИ или цифровизации в различных отраслях является переподготовка кадров для тех областей, куда на смену традиционному труду приходят принципиально новые технологии.

Для решения всего комплекса образовательных проблем необходимо открытие Центров

³⁰¹ Т. Ларионова. Арктическая авиация: необходим системный подход. Эксперты обсудили современное состояние и перспективы развития полярной авиации [Электронный ресурс] // Транспортная безопасность. - 08.09.2020. - URL: <http://atb-tsa.ru/archives/16364>

компетенций; внедрение образовательных программ по БВС в технических ВУЗах, в т. ч. в рамках развития инжиниринговых центров Министерства промышленности и торговли РФ.

Решением вопросов образовательного характера является подготовка обоснованных комплексных предложений совместно усилиями бизнеса и образовательных структур в адрес Министерства транспорта, Министерства просвещения, Министерства высшего образования и науки, Министерства промышленности и торговли РФ. Такие предложения уже готовятся. Регулирование этой части рынка - действия ближайшего времени.

В перспективе БВС станут такими же полноправными участниками воздушного движения, как и пилотируемые самолеты и вертолеты. Полностью сформировать законодательную базу для полетов БВС всех классов и типов рассчитывают в 2022 г., но необходим ряд совместных усилий бизнеса и власти для создания совершенно новой для РФ нормативной базы. В этой работе принимают участие профильные структуры, Российского союза промышленников и предпринимателей, связанные с цифровизацией и транспортом, такие как: Комитет по профессиональному обучению и профессиональным квалификациям; Комитет по цифровой экономике; Комиссия по транспорту и транспортной инфраструктуре и другие. Поддержка разработчиков БВС должна осуществляться по различным государственным и региональным программам, однако, требуется создание единого свода мер такой поддержки.

3.4. РЫНОК БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Краткая информация о рынке беспилотных воздушных судов в РФ

Сложности адаптации БВС к конкретным условиям, проблемы их применения для решения различных задач бизнеса и государства находят отражение в накапливаемом опыте эксплуатации в РФ многочисленных отечественных и зарубежных БВС. Большое количество научных и практических публикаций помогают дать объективную оценку техническим возможностям БАС в целом. Но несмотря на восторженные и часто оптимистичные заявления разработчиков и производителей БВС у них, как и у конечных эксплуатантов этой техники возникает большое количество вопросов, накапливается объективное понимание возможностей БВС и осознание того, что эффективность применения такого рода техники зависит от множества факторов, связанных с ее созданием – от формулировки исходных требований до организации процесса разработки, производства и конечной эксплуатации³⁰².

Формирование рынка БВС условно делится на два периода. До 2015 г. наблюдался низкий порог входа компаний на рынок, невысокая конкуренция, необходимы были небольшие инвестиционные и капитальные затраты на открытие бизнеса по производству или продаже БВС. Но при производстве БВС создаются новые кооперационные связи, концентрируются усилия государства и частных предпринимателей³⁰³. Рост потребления БВС и их услуг на внутреннем рынке и расширение экспортного рынка привели к организации массового производства отечественных БВС уже к 2015 г. С 2015 г. изменения рыночных тенденций за счет расширения ассортимента БВС и количества представленных на рынке сервисных услуг в связи с ростом прорывных технологий привели к более высокому порогу входа на рынок, появлению лидеров рынка и сложностями в конкуренции с ними, инвестиционные и капитальные затраты значительно выросли, в т.ч. в РФ за счет девальвации рубля.

Экспертные оценки показывают, что объем мирового рынка БАС, комплексных решений и услуг БВС к 2035 г. составит более 200 млрд долларов США (в ценах 2019 г.)³⁰⁴.

³⁰² В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

³⁰³ Г.А. Кузнецов, И.В. Кудрявцев, Е.Д. Крылов Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. - №9. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retrospektivnyy-analiz-sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-otchestvennyh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>

³⁰⁴ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkimi-innovatsionnymi-proektami/>

Сегодня в РФ разработками в области беспилотной авиационной техники занимаются государственные и частные предприятия — от крупных самолетных и вертолетных фирм до небольших конструкторских групп³⁰⁵. Количество малых инновационных предприятий – разработчиков и производителей продуктов и услуг БАС по данным «АэроНекст»: 175 на 2020 г., 210 в 2021 г., 250 в 2022 г.

По состоянию на 2018 г. не существовало точных параметров российского рынка БВС, эксперты склонялись к цифре в 10 млрд руб в год. Из этой суммы около 1 млрд руб составляли продажи легких дронов; 1,5 млрд руб - поставки средних БВС; 7,5 млрд руб – оказание услуг с использованием БВС.

Считается, что российский рынок беспилотных авиационно-космических систем – мощная диверсифицированная отрасль. Планируется рост оборота отрасли с 5 млрд долларов США в год в 2020 г. до 60 млрд долларов США в год к 2035 г.³⁰⁶ Потенциал российского рынка БАС (без космического сектора) уже в ближайшее время может выйти на объемы в 30 млрд. руб³⁰⁷. В «Ernst&Young» («Эрнст энд Янг», EY) в 2020 г. посчитали, что потенциальный объем рынка использования БВС в РФ более 1 млрд долларов США в год. Наибольший потенциал имеют полеты БВС «за пределами прямой видимости»³⁰⁸.

В 2020 г. пандемия коронавирусной инфекции не только обрушила мировую экономику, но и простимулировала ряд высокотехнологичных отраслей промышленности. В частности, робототехнику, облачные системы баз данных, искусственный интеллект и беспилотный транспорт³⁰⁹. Отрасль БВС использует наиболее прибыльные сегменты бизнеса. По данным Российской ассоциации эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем («Аэронет», «Аэронекст»), в структуре российского гражданского рынка услуг БВС около 80% приходится на картографирование и анализ протяженных объектов.

Рынок применения гражданских БАС сравнивают не только с зарей авиации в начале XX в., но и со стадией рынка мобильной связи начала 2000-х гг³¹⁰. Первые успешные компании заняли на этом рынке прочные производственные, эксплуатационные, сервисные, финансовые позиции и, вероятнее всего, они станут лидерами. Прогнозы о взрывном росте технологий на базе БВС в России к 2021 г. оказались избыточными, даже несмотря на рост рынка во время пандемии коронавируса. С точки зрения кривой Гартнера беспилотные авиационные сервисы в настоящее время находятся в районе пика завышенных ожиданий, поэтому фазу долины разочарования российскому рынку предстоит пережить в недалеком будущем. Рынок движется в сторону как удешевления производства самих БВС, так и цены летного часа эксплуатации.

Гражданский рынок индустриальных технологий БАС в РФ находится на начальном этапе своего развития. Интерес для инвесторов представляют не современные технологические возможности конкретных моделей БВС, а темпы роста и перспективы развития рынка. Поэтому, роста прорывных технологий, внедряемых в эксплуатацию, пока не отмечено.

Самый массовый коммерческий сегмент - микро-БВС. Эта часть рынка сильно сегментирована, лидеры могут быстро смениться при качественном предложении. Цена такого аппарата для профессионального использования (например, фотосъемка) составляет от 1 тыс долларов США. Mini БВС являются наиболее коммерчески привлекательным сегментом из-за возможностей по транспортировке грузов. Цена среднего аппарата этого класса составляет от 100 тыс долларов США. В сегменте присутствуют как стартапы, так и традиционные авиапроизводители. Наиболее дорогостоящий в эксплуатации и ремонте сегмент - большие транспортные и специальные БВС. Потенциально они могут использоваться для коммерческих перевозок грузов и транспорта. Цена таковых может стартовать от 1 млн долларов США. В этом

³⁰⁵ При поддержке НТИ будет создан первый в России полигон для испытания беспилотной авиации [Электронный ресурс] // РБК. - 25.10.2019. - URL: <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/150427/>

³⁰⁶ С. Жуков. Изменения в ДК Аэронет 2.0 [Электронный ресурс] // Материалы конференции HeliRussia. - 08.09.2020. - URL: https://helirussia.ru/wp-content/uploads/2020/09/5.ZHukov_Izmeneniya-v-DK-Aeronet-2020_0809_final.pdf

³⁰⁷ Российский рынок беспилотной авиации набирает высоту [Электронный ресурс] // Город55. - 31.05.2018. - URL: <https://gorod55.ru/news/economy/31-05-2018/rossiyskiy-rynok-bespilotnoy-aviatsii-nabiraet-vysotu>

³⁰⁸ Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // EY. - 18.05.2020. - https://www.ey.com/ru_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020

³⁰⁹ А.Грек. Заря беспилотной авиации: от гонок в небе до доставки кофе [Электронный ресурс] // Популярная механика. - 15.08.2020. - URL: <https://www.popmech.ru/technologies/601793-zarya-bespilotnoy-aviacii-ot-gonok-v-nebe-do-dostavki-koфе/>

³¹⁰ В.В. Воронов. Беспилотные авиасистемы для грузоперевозок: оценка разработок (часть 2) [Электронный ресурс] // Авиатранспортное обозрение. - 13.07.2018. - URL: <http://www.ato.ru/content/bespilotnye-aviasistemy-dlya-gruzoperevozok-ocenka-razrabotok-chast-2>

сегменте доминируют поставщики для оборонного заказа и для крупных промышленных компаний³¹¹.

Высокие инвестиционные риски являются одними из стопоров рынка. Чтобы вкладывать значительные средства надо быть уверенным в последующем экономическом эффекте и высокой скорости возврата вложенных средств. Главный эффект от повсеместного внедрения БАС и сопутствующей инфраструктуры - не столько прямая прибыль, сколько новое качество жизни и выигрыш в сокращении инвестиций, в т.ч. в строительство и ремонт дорог, стоимость которых в Арктической зоне РФ значительно превышает общероссийские показатели. Однако российским инвесторам и так достаточно рисков, связанных с геополитикой, поэтому они вряд ли готовы добавлять еще один риск – вкладывать в решения, которые не пропилотированы даже в мире. Ожидать резкого всплеска инвестиционной активности в ближайшие 5-10 лет не стоит. Но в качестве мотивации принять участие в проекте разработки и/или эксплуатации БВС в Арктической зоне РФ инвестор получает следующие перспективы:

- получение прибыли более значительной, чем в других регионах РФ, в связи с более высокой стоимостью работ;
- захват доли рынка авиационных услуг, в т.ч. у пилотируемой авиации;
- реализация высокотехнологичного развития государственных программ;
- участие в реализации «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечении национальной безопасности до 2035 года»;
- обеспечение качественными авиатранспортными услугами государства, бизнеса и населения северных территорий;
- развитие конкурентной среды в транспортной отрасли;
- получение достижений высокого уровня в развитии техники и технологий;
- решение социально-экономических, экологических и иных проблем Арктики;
- создание новой подотрасли авиастроения и оказания авиационных и традиционно неавиационных услуг, создание новых высокотехнологичных рабочих мест;
- конверсионная деятельность и трансфер технологий из гражданской сферы в военную и наоборот.

Разработчики и производители военного сектора зарабатывают на поставках готовой продукции Вооруженным силам, а компании гражданского сектора не столько на поставках техники конечному потребителю, сколько на оказании услуг, являясь и поставщиками и сервисными компаниями одновременно. Заказчики гражданского сектора рынка как конечные потребители в настоящее время не готовы рисковать приобретением и эксплуатацией техники непрерывно модернизируемой и развивающейся и заказывают готовые услуги³¹². Как правило, в РФ разработчик, производитель и эксплуатант БАС гражданского сектора - одна компания.

Игроками рынка БВС являются организации ряда различных сегментов, представленных на схеме.



Рис 71. Основные группы игроков рынка БВС

Рассмотрим основные группы - участники рынка БВС: производители, сервисные компании и конечные потребители в части инвестиционного и финансово-экономического положения.

Разработчики и производители

³¹¹ Д.Н. Песков. Новая отрасль: беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] // Минпромторг РФ. - URL: <https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/D.N.Peskov.pdf>. (дата обращения: 03.03.2021)

³¹² Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tehnologiy-bespiilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

Наиболее важную роль в становлении отрасли БВС, в т.ч. предназначенных для эксплуатации в северных широтах, играют разработчики техники. Они предлагают конечный продукт потребителям и их финансовая стабильность определяет состояние и успех отрасли. Недавний пример – прекращение реализации проекта БВС для российской армии «Альтаир» или «Альтиус-М» массой до 7 т. Разработчик (КБ им. М.П. Симонова) не смог ввести БВС в массовую эксплуатацию. На базе военной разработки предлагалось создать и гражданский вариант БВС для использования в мониторинге северных районов, включая Северный морской путь, районов размещения объектов энергетики в Арктике и т.д. Однако бизнес-проект не сработал.

Значительная доля затрат в сфере БАС (20-30% и выше) в общих затратах компаний приходится на научно-исследовательские опытные конструкторские разработки (НИОКР). Это только подтверждает высокотехнологичность продукции и активное развитие отрасли³¹³. По словам экспертов пропорции внутри затрат на НИОКР БАС ориентировочно следующие:

- 40-45 % – на планеры, двигатели, бортовое оборудование;
- 35-40 % – на полезную нагрузку (датчики);
- 15-25 % – на средства связи и наземные станции управления полетами.

Необходимы затраты на специальные исследования смежных технологий на этапе НИОКР (строительство и эксплуатация объектов, ЛЭП, нефтепроводов, энергетика, нефтегазовая промышленность, геодезия и маркшейдерия, экология) ведут к росту количества и качества предоставляемых услуг. Однако только небольшая доля компаний, присутствующих на рынке РФ проводит собственные НИОКР. А научная оценка и экспертиза экономической эффективности использования БВС проводится и публикуется крайне редко. В основном, преимущества БВС перед пилотируемой авиацией тиражируются производителями.

Несмотря на кажущееся однообразие арктических территорий для успешной эксплуатации БВС по каждому региону разработчикам и потребителям БВС необходимо выработать рекомендации по схемам построения БВС с учетом требований по грузоподъемности, дальности применения, оперативности доставки грузов, защищенности, условиям метеорологической и климатической эксплуатации, условиям базирования и другим показателям. Так, в Мурманской области низкие и сверхнизкие температуры явление крайне редкое, но на заселенных прибрежных территориях преобладает высокая влажность. На Таймыре наибольшее скопление населения наблюдается в материковой зоне, в гг. Норильск и Дудинка температуры воздуха в зимний период могут опускаться ниже -50°C. В соответствие с этими данными должны применяться те или иные модели БВС.

Стоимостные характеристики БВС существенно зависят от степени его автономности, определенной разработчиками. Чаще всего для экономически эффективного решения различных задач необходим парк всех типов БВС каждый из которых имеет собственные уникальные конструктивные особенности и поэтому не может быть получен методом масштабирования одного в другой и/или путем простого усложнения бортовой аппаратуры или основных систем³¹⁴. Анализируя стоимость профессиональных БВС у отечественных разработчиков можно отметить, что разница в стоимости между аналогичными дистанционно-управляемыми БВС и БВС с ИИ и оборудованием может составлять до 5-10 раз. Стоимость специально подготовленного для Арктики БВС также отличается от 30% до 100% от стоимости серийной машины.

В дальнейшем для развития рынка разработчикам целесообразно выделить несколько направлений исследований:

- уточнение используемых в расчетах параметров жизненного цикла БАС (корпус, лопасти, двигатели, аккумуляторы и т.д.);
- выделение показателей влияющих на эффективность применения БАС при выполнении конкретных видов работ (система позиционирования, используемая оптика, применяемое программное обеспечение, технические характеристики конкретной БАС и т.д.) и их учет в методике оценки.

³¹³ Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tehnologiy-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

³¹⁴ В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>

К 2025 г. начнет работу платформа ситуационной осведомленности «Геохаб» - экосистема проектов и сообщество технологических лидеров в сфере геоинформационных технологий и геоданных. Будут созданы условия для эффективного использования новых аэрокосмических систем 6 цифровых платформ. Такой процесс значительно повысит роль отрасли в экономике страны.

Повышение экономической эффективности использования БВС возможно при условии снижения затрат на создание дополнительного нестандартного оборудования. Однако организация массового производства отечественных комплектующих к БВС не является задачей только малого и среднего бизнеса, как это ошибочно часто трактуют участники рынка и государственные структуры, но требует участия крупных инвесторов и системообразующих авиастроительных компаний, привлечение которых сможет насытить рынок БВС отечественными комплектующими и в перспективе снизить их стоимость, не привязанную к резко растущим зарубежным валютам.

Таким образом, в ближайшие 3-5 лет в РФ возникнут крупные отечественные компании, которые зададут отраслевые стандарты в своих сегментах как внутри страны, так и за рубежом.

Эксплуатанты и сервисные операторы

Опросы представителей компаний, членов Российского союза промышленников и предпринимателей, потенциальных конечных потребителей БАС показывают, что многие предприниматели не готовы к покупке БАС и сопутствующих услуг и считают, что перспективность любого бизнеса заключается в большой прибыли, которую новые технологии обеспечить быстро не смогут, т.к. требуют инвестиций. Однако следует помнить, что с течением времени любой бизнес без развития и внедрения инноваций становится традиционным и входит в состояние стагнации. Клиенты начинают искать новых поставщиков товаров и услуг, которые улучшат качество жизни и работу всей компании, а не только способны решить текущую задачу. Это подтверждают истории всех успешных предпринимателей и взлеты необычных стартапов за последние 10-15 лет. Вышеизложенное касается и эксплуатации БВС. Реализация бизнес-идей в этой отрасли заслуживает особого внимания, особенно с учетом увеличения скорости оказания услуги³¹⁵.

Результатом нововведений неизбежно становятся выигравшие и проигравшие. Изобретение автомобиля снизило спрос на железнодорожные перевозки и в итоге автомобили уничтожили гужевой транспорт. В результате были созданы новые рабочие места, но в то же время некоторые потеряли работу. Серьезная проблема – огромный дефицит летных кадров в арктических регионах, а также слабое материально-техническое обеспечение авиационно-учебных центров, осуществляющих подготовку летного персонала для Крайнего Севера и Арктики. Она является значительной и нерешаемой на протяжении последних 20 лет. Так, в Якутии дефицит экипажей вертолетов авиакомпании «Полярные авиалинии» составляет 81 человек, происходит отток пилотов вертолетов в связи с выходом на пенсию, по состоянию здоровья ежегодно увольняются в среднем 4–5 человек³¹⁶. Поэтому передача ряда задач от пилотируемой авиации к БВС не приведет к массовой безработице среди экипажей и инженерно-технического персонала, а замена ряда услуг, предоставляемых пилотируемой авиации, на услуги, оказанные при использовании БВС, резко сократят затраты на заработные платы авиационного персонала.

Поскольку для большинства жителей отдаленных территорий Арктики (Якутия, Красноярский край, Чукотка) авиационное сообщение является безальтернативным, то единственным способом реально обеспечить доступность перевозок является распространение механизма федеральных субсидий на внутрирегиональную сеть маршрутов. При экономической целесообразности бизнес может развернуть необходимую для БВС в северных регионах инфраструктуру, получив аналогичную государственную поддержку, но не на пассажирские, а на иные виды перевозок и оказания услуг.

Реализация инвестиционных проектов в Арктической зоне РФ по освоению природных

³¹⁵ Транспортная логистика будущего: как беспилотники изменят рынок [Электронный ресурс] // ABL. - URL: <https://www.ablcompany.ru/news/transportnaya-logistika-budushchego-kak-bespilotniki-izmenyat-rynok> (дата обращения: 01.03.2021)

³¹⁶ Т. Ларионова. Арктическая авиация: необходим системный подход. Эксперты обсудили современное состояние и перспективы развития полярной авиации [Электронный ресурс] // Транспортная безопасность. - 08.09.2020. - URL: <http://atb-tsa.ru/archives/16364>

ресурсов компаниями - потенциальными потребителями БВС и их услуг повлечет за собой восстановление и развитие авиационного сообщения. В первую очередь, это интересы крупного бизнеса и участие государства в логистических и инфраструктурных проектах³¹⁷. Органам государственной власти и бизнесу необходимо реалистично оценивать ситуацию. Продвижение России в Арктике, в основном, связано с целесообразностью освоения природных ресурсов, в том числе проведением разработки нефтегазовых месторождений. При запуске проектов освоения Арктики необходимость в секторе гражданской авиации будет только расти, причем как пилотируемой, так и беспилотной. Но именно экономическая целесообразность будет определять масштабы развития авиaperевозок³¹⁸.

Эксплуатация БВС в Арктике накладывает ряд специфичных для этой территории экономических реалий. Среди них: «северное удорожание», повышенная стоимость топлива, сложная логистика. Однако стоимость любого нового БВС несоизмерима со стоимостью нового даже самого небольшого пилотируемого ВС, исключая дельтапланы и дельталеты, воздушные шары и иные аппараты сверхлегкой (сверхмалой) авиации, имеющие низкую экономическую эффективность и сильно подверженные внешним условиям.

В то же время проблемы гражданской авиации в Арктической зоне РФ являются комплексными. Они, в первую очередь, связаны с экономической целесообразностью тех или иных видов работ. В пассажирских перевозках речь идет о низкой платежеспособности населения и небольшом пассажиропотоке, отсутствуют экономичные ВС для перевозок в арктических условиях. Имеется также ряд других проблем: высокая стоимость содержания аэродромной инфраструктуры, соответственно, высокие аэропортовые сборы; отсутствие специальных норм и требований для малых арктических аэродромов; обеспечение авиационным топливом арктических районов; проблема нехватки кадровых ресурсов. Необходимо создавать условия для развития частных авиационных перевозок пассажиров, грузов и почты путем устранения избыточности регулирования их деятельности и реформирования системы налогообложения авиапредприятий малой авиации, что уже делается в Якутии³¹⁹. Однако по ряду других направлений использования авиации, БВС готовы занять свою уникальную нишу.

Итак, БАС - свершившийся факт. Компаниям логистических и иных сфер услуг придется адаптироваться к новым реалиям, и тот, кто возьмет инновации на вооружение будет впереди конкурентов.

БВС могут находиться в собственности различных организаций:

- эксплуатант - коммерческая структура или совокупность структур, единолично осуществляющая эксплуатацию БВС;
- базовый оператор - региональная организация, сформированные органами региональной или местной власти, или/и заинтересованными коммерческими структурами;
- специализированная транспортная компания с парком БВС;
- многофункциональная компания с парком БВС, осуществляющие кроме транспортных функций (перевозка пассажиров и груза) и другие авиационные работы;
- авиакомпания со смешанным авиационным парком: пилотируемые ВС и БВС³²⁰.

По нормативам ИКАО эксплуатант – лицо, организация, предприятие, занимающееся эксплуатацией воздушных судов или предлагающее свои услуги в этой области. Сервисно-транспортная компания – предприятие, выполняющее функции оператора, организующее и контролирующее взаимодействие основных функциональных групп, обеспечивающее формирование тарифной политики услуг, развивающее и продвигающее услуги, осуществляющее экономический мониторинг и формирующее отчеты о текущих экономических показателях, планы и прогнозы развития³²¹.

³¹⁷ Для развития авиации в Арктике необходимы инвестпроекты и участие государства [Электронный ресурс] // Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. - 06.04.2020. - URL: <https://nangs.org/news/economics/dlya-razvitiya-aviatsii-v-arktike-neobhodimy-investproekty-i-uchastie-gosudarstva>

³¹⁸ Для развития авиации в Арктике необходимы инвестпроекты и участие государства [Электронный ресурс] // Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. - 06.04.2020. - URL: <https://nangs.org/news/economics/dlya-razvitiya-aviatsii-v-arktike-neobhodimy-investproekty-i-uchastie-gosudarstva>

³¹⁹ Круглый стол «Перспективы развития малой авиации в Арктической зоне Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс] // Министерство по развитию Арктики и делам народов Севера Республики Саха (Якутия). - 04.12.2020. - URL: <https://arktika.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3248082>

³²⁰ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - Москва. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

³²¹ В.В. Доценко. Отчет о работе по теме «Оценка возможности создания опытного района применения беспилотных авиационных систем для выполнения сервисно-транспортных задач». Шифр «Тайга 1» [Электронный ресурс] // Фонд перспективных исследований. Томск. - 2018. - URL:

Эксперты полагают, что создание авиационных компаний грузовых перевозок на базе БВС является конкурентной реализацией инновационного бизнеса в условиях современного авиагрузового рынка³²². Одним из вариантов развития направления грузовых перевозок является создание специализированных авиакомпаний в крупных арктических поселениях с флотом БВС вертолетного или коптерного типа, состоящим из 3-5 аппаратов, стационарной наземной инфраструктурой (посадочная площадка, стационарный и мобильный пункты управления, ангары для хранения, ремонта и технического обслуживания БВС, склад хранения запасных частей, склад хранения грузов с набором стандартных контейнеров для перевозки).

В категории легких и сверхлегких БВС наиболее эффективно использовать аппараты преимущественно с вертикальным взлетом. Обладая компактными габаритами и малым весом, они способны летать и приземляться в лесу и тундре, что особенно актуально для регионов Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. Учитывая малую стоимость таких аппаратов, последствия их потери и поломки, связанные с погодными условиями, будут наименее затратными³²³.

Экономическая выгода подталкивает предприятия к принятию решений по использованию БВС вместо использования классических видов услуг - как авиационных, так и неавиационных. Этот процесс начался всего около 5 лет назад, находится в начальной стадии, но будет неуклонно развиваться.

Для определения экономической эффективности использования БВС в каждом конкретном случае необходимо рассчитать финансовые затраты, которые определяются как совокупность всех затрат на производимые работы:

- затраты на создание обоснования работ (ТЭО);
- стоимость воздушных работ (летного часа);
- затраты на перевозку оборудования, зависящие от стоимости автомобиля, топлива и расстояния;
- оплата труда сотрудников.

Конечно, при использовании БВС значительно сокращается время использования автомобильного транспорта, а необходимость в некоторых видах специализированного транспорта отпадает. Учитывая нормы расхода топлива, особенно грузовых транспортных средств, работа БВС существенно снижает затраты на все виды производственных работ³²⁴.

Методика расчета экономической эффективности применения БВС основана на сравнении суммарной величины затрат по основным видам выполняемых работ. Сравниваются затраты на решение задачи классическими способами, используемыми конечным клиентом, и при помощи БВС. Общая схема расчета суммарной величины затрат (стоимости работ) представляется следующим образом:

Стоимость работы с БВС	=	Стоимость работы персонала + стоимость предварительного обучения персонала	+	Транспортные расходы	+	Стоимость работы БВС, включая амортизационные расходы
Стоимость работы без БВС	=	Стоимость работы персонала	+	Транспортные расходы		

Табл 7. Расчет суммарной величины затрат на БВС

Для расчета основных амортизационных расходов, эксплуатационный срок службы БВС в часах делим на усредненный срок службы элементов БВС: аккумулятора, лопастей, защиты лопастей, двигателей. Отдельный расчет ведется по навесному оборудованию. Тем самым получая количество этих элементов, используемых за весь эксплуатационный срок службы БВС.

В классической авиации значительная часть доходов авиакомпаний уходит на зарплаты

<https://fpi.gov.ru/upload/iblock/229/229fd9253e376c2bcabee6daa9254714.pdf>

³²² С.А. Мосиенко. Перспективы бизнеса: грузовые авиаперевозки беспилотными летательными аппаратами вертолетного типа [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2020. — № 33 (323). — С. 45-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/323/73190/> (дата обращения: 24.02.2021)

³²³ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkimi-innovatsionnymi-proektami/>

³²⁴ К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ.- 2018. - URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>

экипажам. Рост зарплат делает их главным фактором, влияющим на расходы авиакомпаний вместе с расходами на топливо. Управление БВС значительно упрощено в связи с использованием программных продуктов и отсутствием человека на борту, а автоматизация задач снижает расходы. При этом затраты на дистанционное наблюдение и управление БВС можно распределить между несколькими аппаратами, что даст значительную экономию денежных средств³²⁵. Большую роль в поддержании экономической эффективности БВС играет повышение производительности труда, во многом зависящей от опыта пилотирования, т.е. суммарного налета в часах. Так, с учетом специфики малоосвоенных Арктических территорий мониторинги и осмотры могут быть ускорены в 2-3 раза по сравнению с населенными регионами или имеющими сложный рельеф, а с привлечением программных средств управления и автономных систем искусственного интеллекта – еще в несколько раз.

Минимальный персональный состав НСУ, ПУП (в зависимости от количества БВС и продолжительности оказания услуг):

- Директор - 1 чел.
- Администраторы (1-3 чел.)
- Внешние пилоты (1-2 чел.)
- Оператор организации воздушного движения (при необходимости, 1 чел.)
- ИТС по ремонту и ТО БВС (1-2 чел.)
- Водители (1-2 чел.)

Внешний пилот - это необязательно новая штатная единица и именно пилот БВС. В качестве внешних пилотов (операторов) в конечных компаниях (энергетика, почта, строительство, туризм) выступают штатные сотрудники, непосредственно занятые в цикле работы организации. Они проходят переподготовку, а простота управления БВС, особенно квадрокоптером позволяет осуществить поставленные задачи. Кроме того, кадровый голод в северных регионах не всегда позволяет найти на рынке труда обученного и опытного внешнего пилота, поэтому подготовка операторов БВС из числа текущих сотрудников компании - наиболее актуальный вариант.

Дополнительные пункты расходов: специальные версии утепленных наземных станций управления и обеспечение спецодеждой в зимнее время. Как известно, опасными и вредными производственными факторами при эксплуатации БВС являются: вращающиеся части конструкции аппарата; электрический ток; опасность химического ожога при нарушении правил эксплуатации литиево-ионных аккумуляторов; высокая скорость приземления при значительном весе БВС; посадка БВС в труднодоступных местах. Для предотвращения несчастных случаев необходимо выполнение всех нормативов охраны труда и техники безопасности. Специалисты, участвующие в работах обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ) согласно утвержденным нормам. При работе в условиях Арктики и Крайнего Севера, особенно над водной поверхностью, работники должны быть обеспечены необходимым оборудованием и приспособлениями для безопасной работы и обеспечения сохранности БАС в процессе эксплуатации. Спецодежда и снаряжение должны быть легкими и удобными, долгое время сохранять тепло. Стоимость такой одежды значительно выше обычной, наиболее часто применяющейся при использовании БВС, особенно в средней полосе России или на юге страны.

Кроме указанных затрат, компания использующая БВС должна производить страхование деятельности. Рынок страхования пилотируемой авиации сложился и является достаточно емким. Авиакомпании покупают страховые полисы, покрывающие убытки, если ВС повреждается или утеряно после катастрофы. Страховка защищает перевозчиков от исков, связанных с травмами, полученными во время аварии, с потерей или повреждением багажа или грузов. Страховые взносы стоят индустрии миллиарды долларов США ежегодно, что делает эти траты основным фактором, определяющим потенциальные доходы или убытки авиакомпании. В секторе БВС страховые взносы должны быть значительно ниже. БВС, приводимые в действие самым современным программным обеспечением, особенно с системами искусственного интеллекта, исключают

³²⁵ Эшли Нуньес. Три препятствия, которые могут погубить идею беспилотного авиалайнера [Электронный ресурс]// BBC Future.- 12.10.2019. - URL: <https://www.bbc.com/russian/vert-fut-49977241>

виновника большинства авиакатастроф - человека. В эру беспилотных перелетов аварии со значительными ущербами станут более редкими. Меньше катастроф приведет к уменьшению страховых выплат, и понижению последующих страховых взносов³²⁶. Отметим, что БВС должны быть обязательно застрахованы от ущерба третьим лицам.

Как уже упоминалось, наиболее активное развитие услуг с использованием БВС происходит в сфере мониторинга и в перспективе - доставка грузов.

В устойчивой профессиональной нише находится рынок беспилотной аэрокартографии для геодезии, маркшейдерии и строительной инженерии. В том случае, если местность для проведения фото- или геодезических работ занимает достаточно большую территорию, от 100 Га, решение этих задач при помощи БВС является наиболее эффективным, чем наземные работы - трудоемкие, финансово затратные и занимающие много времени. Именно это достоинство дает огромное преимущество БВС перед наземной при выборе вида съемки в районах Крайнего Севера и Арктики с необъятными пространствами и плохо развитой транспортной инфраструктурой³²⁷. Цена комплекса для аэрофотосъемки стартует от 1,5 млн руб и зависит от стоимости подвесного оборудования. Для сравнения, стоимость подобного комплекса видеонаблюдения на базе самолетов – 15-18 млн руб³²⁸.

Так, для расчета затрат на аэрофотосъемочные работы в первую очередь необходимо рассчитать стоимость летного часа БВС. Она определяется как сумма стоимости обслуживания и амортизации за использование аппарата:

$$P_{\text{Лч}} = \left(\frac{P_{\text{АФК}}}{\text{Рес}_{\text{АФК}}} \right) + \left(\frac{P_{\text{обсл}}}{T_{\text{обсл}}} \right),$$

Рис 72. Расчет стоимости затрат на аэрофотосъемочные работы

- РАФК - P – стоимость аэрофотосъемочного комплекса (АФК);
- Рес ФАК – ресурс работы АФК;
- Робсл - стоимость обслуживания АФК;
- Тобсл – периодичность обслуживания.

На практике доказано, что при увеличении площади аэрофотосъемочного участка стоимость аэрофотосъемочных работ на БВС стремительно увеличивается, стоимостная эффективность уменьшается, лимит экономической эффективности использования БВС при аэрофотосъемке для создания подробных топографических планов масштаба 1:500 лежит вблизи значения 5 км². Для охвата более значительных территорий более целесообразно применение специального самолета Ан-30³²⁹. Но применение БАС при мониторинге состояния объектов инфраструктуры в рамках крупной региональной или федеральной компании может дать существенную экономию.

Фактор доставки груза «до двери» грузополучателя является ведущим трендом развития бизнеса БВС, которая позволяет физически осуществить доставку груза в указанную точку без перегрузки на иные транспортные средства³³⁰. Преимущество БВС — более низкая стоимость доставки штучных грузов. Транспортировка в отдаленный арктический поселок писем, легких посылок и иных незначительных грузов производится, в основном, вертолетами и стоимость

³²⁶ Эшли Нуньес. Три препятствия, которые могут погубить идею беспилотного авиалайнера [Электронный ресурс] // BBC Future.- 12.10.2019. - URL: <https://www.bbc.com/russian/vert-fut-4997724>

³²⁷ Попова Л. Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2016. — № 24 (128). — С. 105-108. — URL: <https://moluch.ru/archive/128/35313/> (дата обращения: 18.02.2021)

³²⁸ Российский рынок беспилотной авиации набирает высоту [Электронный ресурс] // Город55. - 31.05.2018. - URL: <https://gorod55.ru/news/economy/31-05-2018/rossiyskiy-rynok-besplotnoy-aviatsii-nabiraet-vysotu>

³²⁹ В.Н. Никитин, Д.Н. Раков. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъемочных комплексов [Электронный ресурс] // Вестник СГУГиТ. - 2013. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-ispolzovaniya-besplotnyh-aerofotosemochnyh-kompleksov>

³³⁰ С.А. Мосиенко. Перспективы бизнеса: грузовые авиаперевозки беспилотными летательными аппаратами вертолетного типа [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2020. — № 33 (323). — С. 45-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/323/73190/> (дата обращения: 24.02.2021)

доставки измеряется сотнями тыс руб. При использовании БВС затраты в сотни раз ниже³³¹. Судя по развитию отрасли к 2035 г. стоит ожидать увеличения количества БВС в сегменте «последней мили», т.е. доставки от распределительного центра логистического оператора до конечного получателя или пункта назначения. В первую очередь речь идет о перевозке грузов, в сегменте которой масштабных перемены произойдут к 2025 г., к 2035 г. стартуют массовые пассажирские перевозки. Именно эти факторы и делают БВС лучшим решением для передвижения по городу и на расстояния до 200 км. По оценкам экспертов, применение данной технологии позволит снизить расходы на доставку до 80%. Но резкого снижения стоимости доставки, как и стоимости других услуг с применением БВС, в ближайшие годы будет невозможно в связи со становлением отрасли и рыночных ниш. Внедрение технологий будет происходить по схеме всех инноваций. На первом этапе - премиум-услуги и продукты, которые будут стоить дороже за счёт более высокого качества и сервиса. На втором - появление медиум сегмента и постепенное снижение стоимости услуги. На третьем, после того как вложенные инвестиции окупятся, услуги БВС станут дешевле и более доступны для широкой аудитории³³².

В качестве примера приведем вертолет R-2200 КБ «Русь», который в связи с особенностями разработки имеет небольшие размеры, мобильность, простоту обслуживания и минимальные затраты на эксплуатацию. Расчетная стоимость доставки грузов составит чуть больше 2 руб за 1 кг на 1 км. Габаритные размеры воздушного судна позволяют выполнять его хранение, транспортировку и обслуживание при помощи установки на базе микроавтобуса³³³.

Практически доказано, что при кажущейся высокой значимости влияния снижения себестоимости летного часа на экономическую эффективность при решении задачи перевозки груза, важное значение имеет величина коммерческой загрузки БВС. В случае с легкими БВС их грузоподъемность при сопоставимой экономической эффективностью с самолетами типа Ан-2, часто применяемыми в северных регионах РФ, должна быть не менее 100 кг, а при сравнении с вертолетом Ми-8 – 135 кг. Для перевозки груза такой массы за 1 полет необходимы другие типы БВС, близкие к классификации средних или тяжелых, стоимость летного часа которых имеет более высокое значение³³⁴.

Для эксплуатирующих конечных потребителей услуг БВС целесообразно выделить несколько направлений более точного экономического расчета эффективности БАС в целом:

- уточнение используемых в расчетах параметров жизненного цикла БАС (корпуса, лопасти, двигатели, аккумуляторы, навесное оборудование, аппаратура пункта управления полетами);
- выделение показателей влияющих на эффективность применения БАС при выполнении конкретных видов работ (качество работы системы позиционирования, навесного оборудования, программное обеспечение, ЛТХ конкретной БВС и т.д.) и их учет в методике оценки;
- определение затрат на наземную инфраструктуру (дополнительные специализированные здания и сооружения);
- создание специализированных модулей переноса данных между информационной системой компании и информацией с БВС (кроме транспортных и иных видов услуг);
- реализация мобильных версий программного средства БАС для использования приложений на мобильных телефонах персонала.

Использование БВС считается также значительно более экологичным, чем традиционная авиация. Тяжелые аппараты снабжены небольшими поршневыми или турбореактивными двигателями, потребляющими меньшее количество топлива, а основная часть БВС комплектуется двигателями на электрической тяге, не производящими выбросов в атмосферу. Токсичными в этой цепочке являются только аккумуляторные батареи. Однако переход мировой экономики с потребления нефти в транспорте на электрическую энергию затронет и БВС. Многие аналитики указывают, что после 2035 г. необходимость в создании ДВС отпадет полностью.

³³¹ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolikimi-innovatsionnymi-proektami/>

³³² А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс]// Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

³³³ П.Клевошин. Грузовой беспилотник поднял 110 млн рублей [Электронный ресурс] // Ведомости. - 26.01.2020. - URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/01/26/855559-gruzovoi-bespilotnik>

³³⁴ А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс]// Авиационная мобильность и авиационные технологии. - Москва. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf

Рентабельности эксплуатации БАС в конкуренции с традиционными технологиями доказывается на практических примерах, однако, консерватизм конечных потребителей и нарабатанные годами технологии пока не дают возможности опережающего развития рынка. Опыт использования БВС показывает, что психологическим барьером при формировании готовности использовать такой аппарат персоналом в конечных компаниях является высокая стоимость оборудования. Поэтому, профессионалы рекомендуют, чтобы стоимость БВС в лучшем случае была сопоставима с зарплатой персонала или незначительно выше. Эксплуатацию БВС высокой стоимости целесообразно обеспечивать инженерно-техническим персоналом прошедшим серьезную дополнительную профессиональную подготовку и имеющим значительный опыт пилотирования и технической эксплуатации аппаратов.

Однако несмотря на очевидность получаемых при использовании БВС преимуществ, вопрос оценки целесообразности их применения на практике по каждой отрасли и конкретному виду работ не имеет однозначного ответа³³⁵. Кроме этого, существуют иные аспекты, в частности, юридические — вопросы ответственности за принятые решения. А ответственность — это и вопросы компенсации ущерба и т.д.

Отметим, что к числу игроков рынка относятся и частные российские пользователи БВС. Они тоже проводят аэрофотосъемку, инженерный мониторинг, охраняют территории при помощи доступных по цене массовых БВС мультикоптерного типа, развивая не легитимизированный рынок услуг. Однако со временем и в связи с ужесточением законодательства этот сектор будет вытеснен с профессионального рынка.

В перспективе внедрение БВС позволит повысить безопасность работ, снизить затраты и уменьшить антропогенное влияние на экосистему. Новые факторы в конечном итоге уменьшат общую стоимость грузоперевозок, стоимость самих товаров во всех отраслях рынка, а также ряда сервисных услуг. И все же основная причина, тормозящая развитие индустрии БАС в РФ в целом, и не обеспечивающая мировые лидерские позиции заключается в неэффективной экономической модели на государственном уровне. Ключевые факторы, отличающие российскую модель от моделей лидеров мировой экономики:

- присутствие государственной формы собственности во многих высокотехнологичных отраслях и их забюрократизированность;
- отсутствие чисто гражданских отраслей промышленности;
- слабая представленность компаний-разработчиков БВС на внешних рынках, отсутствие единой экспортной политики для беспилотной авиации;
- высокая экономическая зависимость компаний от государственного оборонного заказа и минимальное количество заказчиков гражданского сектора даже у лидеров рынка;
- неразвитость малого и среднего предпринимательства как класса бизнеса;
- отсутствие внятной и постоянной кооперации между КБ и производителями БАС.

На современных высокотехнологичных гражданских мировых рынках лидируют частные компании, настроенные на четкие бизнес-модели. Стратегия развития и интеграция продукции являются прерогативой крупного бизнеса, а создание передовых технологий и поставка комплектующих за малым и средним бизнесом, доля которого в конечной продукции достигает 60-70%. При этом гражданские и военные технологии гармонично дополняют друг друга³³⁶.

3.5. ПЕРСПЕКТИВЫ УСКОРЕНИЯ И НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Для закрепления РФ на конкурентных мировых позициях необходимо формирование специализированного производственно-технологичного и научно-методического задела

³³⁵ К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ.- 2018. - URL: <http://elibr.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>

³³⁶ Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tehnologiy-bespiilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

разработки и производства БВС арктического базирования.

Тормозит развитие отрасли психология массового восприятия беспилотной техники, общественное неприятие, как в свое время случилось с робототехникой, в т.ч. в части потери работы людьми и замены их роботами. БВС - тоже робот, но к тому же и летающий, имеющий большую свободу действий, чем роботы промышленные. Человек не понимает, кто управляет БВС, существуют опасения слежки, вторжения в личное пространство, многим не нравится шум от аппаратов. Но в безлюдных регионах Арктики это не самая важная проблема. Низкая плотность населения и застройки, огромные территории и неравномерное развитие инфраструктуры могут дать значительно больший эффект, чем во многих других регионах РФ.

В июле 2020 г. на странице сайта Ассоциации «Аэронет» было предложено ответить на вопрос: «Что по Вашему мнению, поможет ускорить развитие рынка беспилотной авиации в России?»³³⁷. В рамках исследования в представленной работе, возникает вывод, что для достижения целей плана мероприятий (Дорожной карты) «Аэропейснет» необходим комплексный подход, указанный в плане, однако только усиление основных блоков может привести к реализации целей. В их числе:

Разработка и внедрение прорывных технологий

Для реализации продуманного взгляда на будущее авиации необходимо аналитическое прогнозирование, основанное в том числе на фантастических на сегодняшний день идеях, но возможных к воплощению уже к 2035 г. Так, в 2020 г. представители Ассоциации Европейского Бизнеса привели пример о необходимости перехода на принципиально новые для БВС двигатели, работающие на сжиженном газе или использовании мобильных атомных технологий, безусловно, с соблюдением всех экологических норм³³⁸. Важно продумать принципиально новые «долгоиграющие» источники электрического тока для большинства существующих БВС, системы быстрой подзарядки и подзарядки в воздухе, вопросы эксплуатации при низких температурах. Параллельно с этим активизировать развитие темы хOVERбайков, автономных дирижаблей или грузопассажирских мультикоптеров, в т.ч. в информационном поле, привлекая инвесторов и потенциальных покупателей.

Поддержка разработчиков, производителей и эксплуатантов БВС

В первую очередь это точечная работа с конкретными субъектами рынка и создание базы таких субъектов по всей стране, финансовая или льготная поддержка конкретных производителей и эксплуатантов, в основе своей представителей микро-, малого и среднего бизнеса. Требуется систематизация федеральных и региональных мер поддержки. В настоящее время одним из приоритетных проектов в этом направлении является участие авторов работы в создании «Стратегии развития малой авиации Таймыра», разрабатываемой АНО «Агентство развития Норильска», в которой вопросы использования БВС в удаленных территориях проходят комплексную экспертизу³³⁹. И это касается не только Севера и Арктики. Реально растущий рынок БВС должен ориентироваться на показатели прибыльности за счет увеличения количества авиатехники у потребителей - физических лиц и расширения направлений использования в различных секторах экономики, а не только традиционных для этой ниши летательных аппаратов. Для этого необходимо разработать новые меры государственной поддержки как производителей и покупателей, а также привести в соответствие и использовать уже имеющиеся, сделать их аудит или реформировать в партнерстве с профильными государственными структурами или партнерскими коммерческими организациями, например, из банковской сферы. Необходимо развивать малое и среднее предпринимательство в области гражданских БВС. Такой подход позволит обеспечить не только доступные цены на оказываемые услуги, но также высокое качество сервиса и приемлемый уровень безопасности полетов. Рост конкуренции в отрасли в

³³⁷ Якорь для беспилотника. Отстающее регулирование все сильнее тормозит перспективный рынок [Электронный ресурс] // 06.07.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/analytics/021925

³³⁸ Круглый стол по развитию Арктической зоны России [Электронный ресурс] // Ассоциация Европейского Бизнеса.- 28.02.2020. - URL: https://aebus.ru/ru/news/round_table_on_the_russian_arctic_development/

³³⁹ Малая авиация на Таймыре: новая история. АРН продолжает работу над проектами кластера «Арктический» [Электронный ресурс] // Заполярная правда. - 24.07.2020. - URL: <https://gazetazp.ru/news/gorod/kjshf.html>

скором времени приведет к появлению новых, более гибких бизнес-моделей, таких как бюджетные авиакомпании на основе пилотируемой авиации и БВС, а затем компании на основе только БВС.

Для развития всех секторов рынка БАС необходимы меры налогового и неналогового стимулирования:

- распространение льготного налогового режима для малых и средних компаний, налоговые преференции резидентов Сколково на производственные и сервисные компании в сфере БВС;
- отмена НДС и пошлин на ввоз оборудования для производства БВС в случае отсутствия производства такого оборудования в РФ, несмотря на санкционную политику;
- упрощение таможенного оформления ввозимого оборудования и значительное расширение для ввоза установленного перечня комплектующих, не производящихся в РФ;
- введение понятие резидента по производству БВС в существующих Особых экономических зонах и в иных преференционных территориях.

28.08.2020 г. вступил в силу Федеральный закон от 13 июля 2020 г. N 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» благодаря которому введено понятие «Резидент Арктической зоны РФ»³⁴⁰, а также были внесены соответствующие изменения в Налоговый и Трудовой кодекс РФ. Статус резидента получают коммерческие организации и индивидуальные предприниматели, регистрация которых осуществлена на территории Арктической зоны РФ и готовые вложить инвестиции в новый проект в размере не менее 1 млн руб. Резиденты получают значительные налоговые льготы и неналоговые преференции федерального и регионального уровня. Предполагается, что получив новый статус компании, работающие в сфере цифровых технологий, улучшат свои позиции на рынке и станут развивать высокотехнологические секторы арктических регионов. Однако, одновременно с этим органам государственной власти и местного самоуправления Арктической зоны РФ необходимо включить создание и развитие систем искусственного интеллекта и беспилотных технологий в Стратегию социально-экономического развития на период до 2030-2035 гг. Соответствующие предложения уже направляются. Производители БВС в регионах Сибири ожидают, что на развитие авиации повлияют инвестиционные объекты, реализующиеся в Арктике или готовые к реализации.

Государство должно искусственно увеличить спрос на БВС и их услуги в Арктике путем реализации комплекса действий:

- повысить прозрачность открытых конкурсов по поставке БВС, включая создание подсистемы в Единой информационной системе в сфере закупок <https://zakupki.gov.ru> или отдельного специализированного портала;
- разработать концепцию требований в части ЛТХ и практической эксплуатации для тендеров компаний с государственным участием и субъектов РФ по БВС;
- включить разработки и эксплуатацию БВС в программы НИОКР компаний с государственным участием.

Такие действия возможны в сотрудничестве Министерства по развитию Дальнего Востока и Арктики, Министерства промышленности и торговли, Министерства экономического развития РФ, профильных региональных министерств и ведомств.

Одним из механизмов развития авиации в Арктике может стать субсидирование БВС за счет федерального бюджета, полагают эксперты. В период до 2035 г. необходимо государственное субсидирование отрасли БВС, по аналогии с субсидированием местных авиалиний. Вот основные рычаги, которые должны сделать доступными самые отдаленные населенные пункты Российской Арктики.

Положительную роль в поддержке гражданского сегмента БАС играют государственные институты развития: Фонд «Сколково», Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Фонд перспективных исследований и другие. На мировое лидерство отечественной индустрии в стратегической перспективе нацелен проект Национальной

³⁴⁰ Федеральный закон от 13 июля 2020 г. N 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Российская газета. - 16.07.2020- URL: <https://rg.ru/2020/07/16/193-fz-ob-arkticheskoy-zone-dok.html>

технологической инициативы (НТИ) по формированию и продвижению амбициозной программы развития гражданского рынка БАС - Дорожной карты «Аэронет»³⁴¹.

С появлением в малом и среднем предпринимательстве механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП) и софинансирования в виде грантов, субсидий и льготных кредитов на российском рынке растет число моделей отечественных гражданских БВС³⁴². Стартапы начинают превращаться в стабильные производственные площадки.

Для отечественного авиационного кластера БВС создание продукции для Арктической зоны РФ является вопросом синергетического взаимодействия высокотехнологичных компаний разных отраслей.

Новые направления применения БВС в Арктике

БВС с системами ИИ станут распространены не только в качестве летающей видео- или фотокамеры, но также обеспечат реализацию ряда работ, в т.ч. неавиационных, среди которых:

- поиск пропавших в тундре людей, особенно при помощи БВС в групповом полете, а с использованием чувствительных термодатчиков - поиск попавших в глубокий снег или в лавину³⁴³;

- спасение утопающих в холодной воде, когда вблизи нет спасателей. Аппарат сможет скинуть пострадавшему спасательный жилет, чтобы увеличить шансы продержаться на поверхности воды до прибытия спасательной службы;

- охрана значительных территорий, когда автоматизированные охранные системы арктических заповедников помогут как от вандализма, так и от несанкционированных свалок, браконьерства. Оснащенные датчиками движения дроны могут выступать в качестве охранников. Подобным решением пользуются в Германии для предотвращения вандализма в железнодорожных депо. БВС парят над охраняемым объектом и стремительно летят вниз, когда датчики фиксируют подозрительную активность. Труднодоступность многих участков природоохранных территорий способствует нарушениям со стороны человека, выявляется браконьерская вырубка лесов, охота и рыболовство. В настоящее время, в том числе и браконьеры, оснащены современной вездеходной техникой, малогабаритными вертолетами и самолетами. Для противодействия браконьерам можно использовать БВС, которые могут оперативно контролировать состояние отдаленных участков заповедников. ИИ дрона выбирает цель и следует за человеком, при этом аппарат будет способен отслеживать препятствия, аккуратно их облетать, а также «прятаться» от возможного поражения оружием;

- доставка людей (пассажирские перевозки) и грузов различных типов, в т.ч. экспресс. Из сообщений прессы известно, что БВС уже применяются для доставки товаров электронной торговли, медикаментов и медицинских материалов. Доставка людей и грузов, в т.ч. почтовой корреспонденции, в отдаленные местности с минимальными затратами и значительно быстрее, чем традиционные ВС. Не исключено, что по воздуху люди будут получать пенсии и социальные пособия. Эффективные пассажирские дроны для перевозки 5 и более человек вряд ли появятся в обозримом будущем, несмотря на то, что в их разработку вкладывается достаточное количество инвестиций.

³⁴¹ Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiadrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tekhnologiy-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>

³⁴² Г.А. Кузнецов, И.В. Кудрявцев, Е.Д. Крылов Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов // Инженерный журнал: наука и инновации. - №9. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retrospektivnyy-analiz-sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-otchestvennykh-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov>

³⁴³ А.В. Федотовских. Направления практического использования БПЛА для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-prakticheskogo-ispolzovaniya-bpla-dlya-razvitiya-turizma-v-arkticheskoy-zone-rf> (дата обращения: 12.12.2020)



Рис 73. Прототип летающего такси Bartini³⁴⁴

Однако БВС сможет перевезти 1-2 чел, в т.ч. доставить к населенному пункту больного или раненого. Китайские, американские и европейские разработчики уже создают такие летающие такси, стартовали такие проекты и в России. Беспилотные транспортные авиационные средства и аппараты безаэродромного базирования могут доставлять грузы в малодоступные логистически точки, с малым временем отклика (оперативная и быстрая доставка), в широком диапазоне погодных и сезонных условий и низкой стоимостью доставки. Такая БАС будет отличаться системным охватом всех аспектов развития подотрасли, предусматривающих согласованное решение практически полного набора проблемных вопросов, стоящих перед БВС. Таким образом, внедрение БАС можно считать важнейшим проектом государственного значения³⁴⁵;

- в медицине используется передача БВС биоматериала, доставка медикаментов, оборудования для оказания первой медицинской помощи. Серьезным дополнением к телемедицине станут тестирующиеся за рубежом дроны скорой помощи: по результатам онлайн-консультации инновационный аппарат может оказать неотложную помощь при сердечных приступах дефибрилятором, находящимся на его борту³⁴⁶;

- пожарная охрана, обнаружение очагов возгорания, оценка их масштаба и возможности оперативного устранения;

- в сфере туризма будет полезен многокамерный квадрокоптер, умеющий самостоятельно составлять карту объектов, которые окружают его, а на основании такой карты он самостоятельно выстраивает траекторию своего движения. Внедрение гиперспектральной аппаратуры для БВС, имеющей преимущество в съемке перед мультиспектральной и панхроматической. В результате гиперспектральной съемки формируется так называемое гиперспектральное изображение, представляющее собой трехмерный массив данных (гиперкуб), две из координат которого соответствуют пространственным координатам зондируемого объекта, а третья – номеру спектрального канала, т.е. для каждого пикселя пространственного изображения зондируемого объекта существует развертка по длине волны (каждой точке изображения соответствует спектр, полученный в этой точке объекта). Если мультиспектральные изображения имеют спектральное разрешение 50 –100 нм, то гиперспектральные сенсоры дают точность в 2–10 нм³⁴⁷;

- БВС может выполнять роль миниатюрного космического исследователя. Установка на борт электронных телескопов в совместной работе со стационарными телескопами за Полярным кругом позволит наблюдать объекты, находящиеся на орбитах, сильно наклоненных относительно экватора³⁴⁸, также делать подробные фотографии таких природных явлений как северное сияние;

- БВС-амфибии или БВС-БЭА (безэкипажные подводные аппараты) в будущем позволят исследовать морские пространства Арктики или речные русла;

³⁴⁴ В «Сколкове» прошли испытания аэротакси будущего [Электронный ресурс] // 360ТВ. - 07.12.2018. - URL:

<https://360tv.ru/news/tehnologii/v-skolkovo-proshli-ispytaniya-aerotaksi-buduschego-letajuschij-apparat-stoimostju-10-millionov-rublej-ruhnul-v-sugrob/>

³⁴⁵ ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019.

- URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkimi-innovatsionnymi-proektami/>

³⁴⁶ Ю.Котиков. Как дроны меняют нашу жизнь? [Электронный ресурс] // RUSBASE. - 17.11.2015. - URL: <https://rb.ru/opinion/drons-and-you/>

³⁴⁷ В.В. Шипко, В.С. Конов, О.Ю. Акулов. Анализ гиперспектральных камер для беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», 14-15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf

³⁴⁸ В.Мещеринов. Арктика. Полос тепла [Электронный ресурс] // За науку. - 31.07.2020. - URL: <https://zanauku.mipt.ru/2020/07/31/arktika-polyus-tepla/>

- обеспечение полярных районов качественной связью. Ретрансляция радиосигналов связи, создание локальных сетей связи при чрезвычайных ситуациях, в удаленных и труднодоступных районах (Крайний Север, шельф арктических морей) может быть решено с применением БВС. В силу климатических условий и малой плотности населения предоставление услуг связи на Крайнем Севере весьма специфично. Актуальным остается предоставление услуг связи по радиоканалам, поэтому большой объем информации передается по спутниковым каналам связи. Возможность гарантированно обеспечить спутниковой связью с геостационарной орбиты реализуема до 75° северной широты, при этом не обеспечивается связь с объектами, находящимися севернее этих широт (корабли Северного морского флота и корабли, движущиеся по Северному морскому пути). В районах Крайнего Севера трафик, передаваемый по спутниковым каналам связи, проходит через бортовые ретрансляционные комплексы на спутниках, находящихся на высокоэллиптических орбитах. Количество таких спутников и их возможности не позволяют предоставить необходимые услуги связи населению районов Крайнего Севера. В обеспечении связи в районах Крайнего Севера могут помочь БВС, способные обеспечить спутниковую связь на большие расстояния. Основными направлениями исследований по развитию вариантов применения ретрансляторов спутниковой связи на БВС являются: определение радиуса зоны покрытия, выбор типа применяемого летательного аппарата, обеспечивающего подъем необходимого оборудования на заданную высоту, выбор типов и параметров антенны, определение количества транспондеров, выбор диапазонов работ ретранслятора связи (полос частот), решение вопросов энергопотребления. Схема связи с применением БВС предполагает наличие наземной комплекса управления (НКУ), как минимум двух наземных станций (ЗС), а также самого БПЛА, на котором установлено необходимое оборудование.

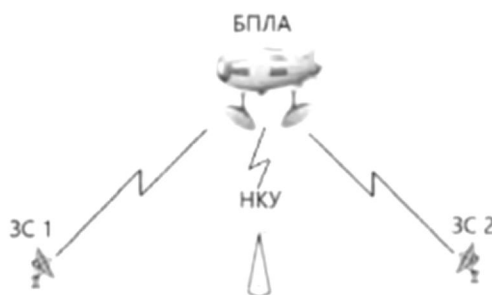


Рис 74. Организация спутниковой связи с применением БВС

Преимуществами такой связи по сравнению со спутниковой связью являются: малое затухание и время задержки сигнала. Для построения линии спутниковой связи в качестве земных станций могут использоваться как подвижные станции, так и фиксированные спутниковые станции. Расчеты ряда ученых показывают, что рациональным вариантом для применения в качестве ВС является дирижабль «Беркут» с энергоснабжением от солнечных батарей. Он способен удерживать постоянное географическое положение на высоте 20-23 км. Решения и технологии, используемые для создания наземной инфраструктуры, позволяют собрать ангар для дирижабля «Беркут» практически на любой местности в течение одного дня. Дирижабли стоят дешевле спутников, а для их запуска не нужна ракета-носитель. А в случае поломки аэростат можно посадить на землю для ремонта. В качестве ретранслятора связи для предоставления услуг связи небольшого количества земных станций достаточно использовать один транспондер с полосой пропускания 36 МГц в С или Ku диапазоне. Необходима установка пяти направленных антенн на борту БПЛА: одна для связи с наземным комплексом управления и другие (пара приемных и передающих антенн) для связи с земными станциями. Одним из вариантов размещения аппаратуры связи на борту является установка антенны на опорно-поворотном устройстве для обеспечения непрерывной связи с НКУ и земными станциями. Рассчитывая зону обслуживания спутника необходимо учитывать наличие прямой видимости между наземными станциями и БПЛА, что определяется высотой летательного аппарата над Землей h и углом

возвышения θ наземной станции (угол между горизонтальной линией и направлением луча антенны).

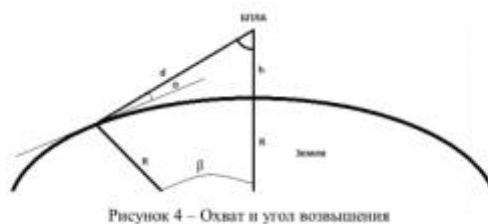


Рис 75. Охват и угол возвышения БПЛА

Обеспечение связью районов Крайнего Севера остаются актуальной задачей по сей день. Применение БВС для предоставления услуг связи является одним из вариантов, который может быть применен при решении ряда задач³⁴⁹. Для решения задачи ретрансляции интернета и сотовой связи могут применяться БВС на солнечных батареях, БВС аэростатического типа и т. п. В настоящее время разрабатывается ряд проектов (как отечественных, так и зарубежных);

- помощь в уборке загрязненных арктических территорий: мониторинг радиационной обстановки или локаций сильного экологического загрязнения; автоматическое изъятие образцов жидкости с акватории водного объекта при наличии первичных признаков загрязнения продуктами нефтепереработки; вывоз источников радиоактивных отходов и участие в разборе свалок, брошенных объектов военной и хозяйственной деятельности, представляющих угрозу человеку; определение концентрации углекислого газа в атмосфере в высоких широтах для прогноза дальнейшего изменения климата Земли;

- оказание поддержки в навигации экипажам морских и воздушных судов.

Развитие наземной инфраструктуры

В то же время в число инфраструктурных инноваций в Арктической зоне РФ эксперты относят: разработку широкополосных радиолиний с дальностью действия в 150-200 км (радиолиния на акустооптических кристаллах); создание новых радиолокационных станций многоспектрального зондирования, гиперспектральной аппаратуры; развертывание вдоль северной границы РФ станций импульсной фазовой навигационной системы типа «Скорпион» для использования как в военных, так и в гражданских целях.

Совершенствование технологий искусственного интеллекта

Основным трендом ближайшего будущего станет оснащение большинства БВС и пунктов управления полетами системами ИИ, в воздухе будут летать машины с нейросетью. Такие аппараты стали реальностью уже на протяжении последних 5 лет. БВС уже «учатся» не только мягче соприкасаться с землей, но и намного лучше летать на небольшой высоте, а также облетать неподвижные и движущиеся объекты. Для облета препятствий возможно использование моделей, представленных в работе «Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов» (№ гранта РФФИ: 18-18-00014). Важной составляющей является обработка информации при огибании рельефа местности с облетом опасных препятствий. При построении информационно-управляющих алгоритмов БВС в режиме маловысотного полета с огибанием рельефа местности и облетом опасных препятствий возникает несколько частных задач, среди авторы грантовой работы выделяют следующие:

- распознавание опасных препятствий;
- оценивание высоты полета БВС;
- синтез закона управления БВС.

Для решения задач формулируется траектория маловысотного полета БВС в режиме огибания местности. Огибание рельефа местности также возможно с использованием сглаженной

³⁴⁹ К.А. Кузин, А.И. Ширко. Применение беспилотных летательных аппаратов в районах Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Символ науки. - 2018. - №7. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-rayonah-kraynego-severa>

оценки высоты полета. Полет БВС прогнозируется в сложных метеоусловиях, на основе действий ИИ происходит изменение высоты в связи, например, с мгновенным изменением снежного покрова. Необходимо построить такой алгоритм управления высотой полета БВС над поверхностью земли, в результате которого достигался бы компромисс между несколькими противоречащими друг другу требованиями: минимизацией разницы между реальной и требуемой высотой полета, разницы между реально и требуемой вертикальными скоростями полета и энергетическими ограничениями на управляющий сигнал для выполнения этих требований. В качестве требуемой высоты следует использовать сглаженные оценки высоты и скорости, вычисленные на основании измерений, полученных с помощью датчиков, определяющих высоту местности над уровнем моря в точках, лежащих впереди по курсу БВС. Решение поставленной задачи предполагается искать в классе линейных стохастических математических моделей со среднеквадратическим функционалом качества. При этом компромисс между перечисленными выше требованиями достигается с помощью весовых коэффициентов, регулирующих распределение приоритетов в линейной комбинации частных показателей, характеризующих указанные требования³⁵⁰.

БВС могут выполнять не только функции, которые возлагались на традиционную авиацию, но и функции других, неавиационных систем. Более того, в рамках авиационной промышленности должна быть сформирована специальная подотрасль «беспилотной техники», а также единая государственная техническая политика в области производства беспилотных летательных аппаратов на новых принципах³⁵¹.

³⁵⁰ В.А. Бухалёв, А.А. Скрынников, В.А. Болдинов. Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // М.: Физматлит. - 2018. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2079106

³⁵¹ На «Гидроавиасалоне-2018» обсудили развитие беспилотной авиации в России [Электронный ресурс] // Союз машиностроителей России. - 07.09.2018. - URL: <https://soyuzmash.ru/news/tidings/na-gidroaviasalone-2018-obsudili-razvitie-besplotnoy-aviatsii-v-rossii/>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация производства БВС на собственной территории является приоритетной для экономики любого государства мира в силу развития современных высоких технологий наукоемких отраслей, а также высокой добавленной стоимости БАС или оказываемой посредством БВС услуги. Но требования поддержания паритета РФ с уровнем развития БАС в индустриально и технологически развитых государствах, занимающих лидирующие позиции в мире, невозможен при современном состоянии разработки, унификации, стандартизации и степени внедрения в реальную экономику БВС в гражданской авиации³⁵².

Беспилотная авиация стремительно вошла в нашу жизнь в последние годы, став одним из самых быстрорастущих сегментов рынка ВС. Отрасль имеет большой коммерческий потенциал, а российские компании уверенно действуют как на внутреннем, так и на мировом рынке. При этом сохраняется серьезный задел для будущего роста, поскольку спрос только начинает развиваться³⁵³. Одновременно с этим эксперты отмечают, что авиация является консервативной отраслью и инновации проникают медленнее, чем в наземный транспорт. Поэтому активное внедрение использования беспилотных или дистанционно-пилотируемых аппаратов произойдет на горизонте как минимум 15–20 лет, т.е. не ранее, чем 2035 г. Фактором, замедляющим развитие технологий БВС, является также консервативный подход специалистов предприятий - возможных потребителей услуг БАС, связанный в т.ч. с недостаточностью современных знаний, со слабой нормативной базой, обновление которой требует нового сотрудничества конечных потребителей, контролирующих органов и производителей БВС.

В России разработками в области беспилотной авиационной техники занимаются более 200 государственных и частных предприятий — от самых крупных самолетных и вертолетных фирм, известных всему миру, до небольших конструкторских групп или даже стартапов. Только некоторые из представленных на российском рынке компаний конструируют и производят БВС для особых условий эксплуатации, в т.ч. для Арктики и Крайнего Севера. Но только динамичное развитие Арктической зоны и Северного морского пути с поддержкой морских портов и транспортной инфраструктуры пилотируемой и беспилотной гражданской авиацией позволит в комплексе решить задачи «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г», исполнение которых может быть ускорено путем внедрения новых технологий, в т.ч. систем искусственного интеллекта и беспилотного транспорта. Арктическая зона РФ - один из ключевых макрорегионов для внедрения беспилотных летательных систем. В связи с этим в настоящее время планируется создать полностью автоматизированные транспортные и иные средства для использования в макрорегионе. Появление аппаратов, функционирующих без участия человека, означает увеличение эффективности, повышение безопасности и в перспективе снижение затрат на основную деятельность.

В ходе проведенного исследования состоялось ознакомление с БВС, их типами и видами, сферами использования, классификацией. Решение поставленных задач позволило сделать вывод о том, что производство и использование БВС является очень перспективным направлением в авиации. Применение БВС дает человеку большие преимущества в гражданской и военной сфере. Однако государству необходимо еще больше финансировать и поддерживать иными способами это направление для его дальнейшего развития.

При исследовании были использованы материалы, опубликованные в открытых печатных и электронных изданиях, материалы с выставок различного уровня, данные экспертного опроса. В общей сложности для получения объективной картины использования БВС с ИИ в Арктической зоне РФ проанализировано более 250 источников информации.

В качестве выводов представим следующие:

³⁵² А.А. Ахмадиев. Методы управления дистанционными пилотируемыми авиационными системами в общем воздушном пространстве [Электронный ресурс] // Доклад научной квалификационной работы. - МГТУ ГА. - 2018. - URL: <http://www.mstuca.ru/upload/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%9D%D0%9A%D0%A0%20%D0%90%D1%85%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%20%D0%90.%D0%90.pdf>

³⁵³ Мир после вируса — мир дронов? Эксперт раскрыл черты новой реальности [Электронный ресурс] // РИА Новости. Наука. - 07.05.2020. - URL: <https://ria.ru/20200507/1571024843.html>

- несмотря на очевидность активной интенсификации в сфере разработок БВС различных классов, усилия государства и промышленности в решении задачи выглядят не всегда убедительными, что порождает отсутствие массового использования БВС в профессиональных сферах и стремление отечественных разработчиков предлагать свои изделия в другие страны;

- весомым преимуществом БВС является их проходимость и транспортная доступность – они долетят до тех земельных участков, куда добраться по суше или на самолете проблематично, например, до почти безлюдного острова Врангеля около Чукотки;

- перспективы БВС значительны, но они не изменят рынок труда, сняв с человека решение трудных задач и заменив малоэффективный труд, являющийся большим препятствием для освоения арктических пространств;

- применение БВС изменит со временем целые индустрии, обновит функционал старых профессий и создаст новые специальности. БВС не требуют дорогостоящей наземной инфраструктуры и большого количества обслуживающего персонала, что очень актуально для территорий Арктической зоны РФ. Аппараты одной и той же комплектации можно использовать как для любительской фотосъемки, так и для решения масштабных профессиональных задач.

Таким образом, поставленные цели и задачи исследования достигнуты. Кроме того, в результате выполнения исследования решены иные задачи:

- исследованы потребности организаций и учреждений, действующих в регионах Арктической зоны и Крайнего Севера в работах и услугах, оказываемых БВС, сформулированных на основе анализа потребностей потенциальных заказчиков во всех сферах экономики;

- проведен анализ предложений (возможностей исполнителей), которые могут быть реализованы в регионах Арктической зоны РФ;

- проведен анализ летно-технических характеристик БВС, областей их применения для решения задач освоения и жизнедеятельности в Арктической зоне РФ;

- систематизированы особенности разработки БВС, условия управления полетами БВС в Арктике, обеспечивающие безопасность полетов всех участников воздушного движения;

- описаны методики расчета экономической эффективности БВС.

В ходе работы была доказана эффективность использования БВС в районах Арктической зоны РФ и Крайнего Севера. По результатам проведенного анализа сформулированы основные тенденции развития БВС.

Отметим, что в связи с тем, что преимущественно в работе использован научный и практический анализ открытых литературных источников, то ряд новаций не попали в представленный текст в связи с закрытостью или начальной стадией разработки. Кроме того, технологии и новации меняются стремительно, поэтому вся представленная информация является актуальной на данный момент написания книги.

Наиболее передовые цифровые технологии для развития БВС в Арктической зоне РФ связаны с их «полевым» использованием. Так, беспилотные технологии с применением искусственного интеллекта открывают множество новых перспектив. Группы в труднодоступных местах смогут быстро получать грузы, а с помощью дронов можно найти экспедицию, попавшую в трудную ситуацию и оказать ей экстренную помощь, используя телемедицину или направляя сигнал бедствия спасателям МЧС РФ. БВС можно использовать для аэрофотосъемки и составления карт территорий для прокладывания маршрутов. Искусственный интеллект, используя GPS-навигацию и систему датчиков, сможет оперативно следить за перемещениями объектов, в т.ч. для предотвращения нанесения ущерба природе. Расширение роли БВС - процесс неизбежный. Это технология, начинающая экспоненциально расти и менять целые отрасли. Поэтому внедрению БВС в Арктике для гражданских целей должны способствовать не только компании-разработчики и эксплуатанты, но также Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ, Министерство по делам Дальнего Востока и Арктики, Министерство промышленности и торговли РФ, другие ответственные ведомства.

Пока человеческий разум на голову выше, чем автоматика и технологии искусственного интеллекта. В настоящее время они используются для того, чтобы предупредить, обратить внимание человека на возникшую проблему. И пока не удаётся запрограммировать ИИ на

принятие правильных решений в нестандартных ситуациях, однако многие решения уже работают. ИИ в составе БАС позволит эксплуатировать их в безлюдных условиях, тяжелом климате, отсутствии систем управления и навигации.

БВС помогают человеку во многих областях деятельности, начиная со сферы развлечений и заканчивая операциями по спасению людей и созданием «цифровых двойников» крупных объектов и территорий. Прогресс развивается, и возможно человечество достигнет того идеального «технологического» будущего, которое было возможно только в фантазиях или мечтах наших предшественников.

БВС постоянного арктического базирования являются залогом конкурентоспособности РФ в Арктике. Противоречия и их обобщение, сделанные во время данного исследования, позволяют сделать вывод, что без их устранения невозможно дальнейшее полноценное использование БВС и развитие всей гражданской авиации РФ, а также исполнение задач, поставленных в «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».

Рынок сервисов на основе БВС будет расти экспоненциально, это видно на примере активно развивающихся рынков развитых зарубежных стран и для поступательного движения РФ в этом направлении необходима бизнес-логика, о которой эксперты говорили в марте 2020 г. на стратегической сессии в Московском авиационном институте³⁵⁴. Однако такая бизнес-логика должна согласовываться не только с разработчиками и эксплуатантами, но с регуляторами рынка, как государственными, так и неправительственными, а также организациями, осуществляющими инфраструктурную поддержку и инвесторами.

Мы считаем, что при желании участники рынка вместе с представителями органов власти и потенциальными заказчиками БАС в рамках существующих организаций или созданных новых рабочих групп или комитетов смогут решить главные проблемные вопросы за 3-5 лет. Это касается, в т.ч. автоматического получения разрешений на полет, страхования ответственности и других вопросов. Для решения обозначенных проблем и стоящих перед отраслью задач необходима единая федеральная Стратегия развития беспилотных летательных аппаратов, а также включение отрасли в основополагающие документы по развитию Арктической зоны РФ.

В то же время эксперты отмечают необходимость разработки Дорожной карты для создания сбалансированной авиатранспортной системы, которая станет основой планирования и развития гражданской авиации в Арктике. Так, модернизация аэропортов Арктической зоны РФ и обновление парка гражданской авиации, важные, но не завершающие этапы процесса развития авиации в Арктике³⁵⁵. Для комплексного решения всех стоящих перед освоением территорий Арктической зоны и Крайнего Севера РФ задач в единую Дорожную карту необходимо в равной степени включить мероприятия по внедрению технологий БВС и создания БАС.

³⁵⁴ Проекты Аэроспейснет прошли стресс-тесты [Электронный ресурс] // Информбюро 20.35. - 10.03.2020. - URL: <https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/aeronet/proekty-aerospeysnet-proshli-stress-testy-.html>

³⁵⁵ А.Шимберг. Модернизация арктических аэропортов России – необходимое условие развития регионов Арктики // Экспертный центр ПОРА. - 13.07.2020. - URL: <https://goarctic.ru/work/modernizatsiya-arkticheskikh-aeroportov-rossii-neobkhodimoe-uslovie-razvitiya-regionov-arktiki/>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Картографирование территории (Таймыр)

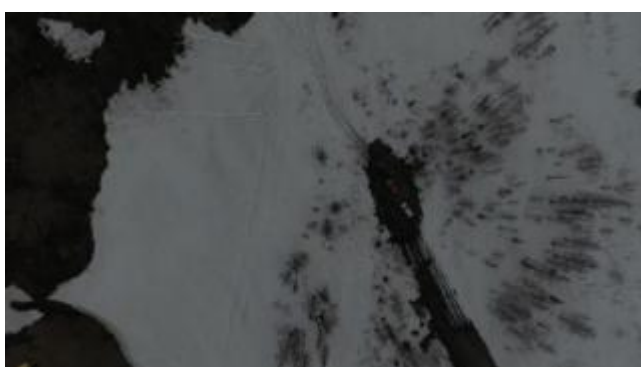


Рис 76-79. Фотографии, полученные с БВС

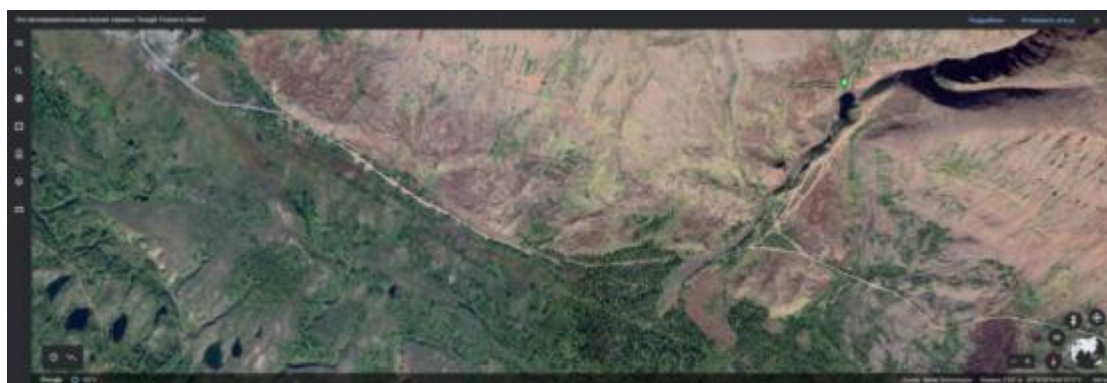


Рис 80. Скрин карты территории в программе Google Earth



Рис 81. Постройка настила



Рис 82. Поиск стартовых площадок

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Описание научного направления «Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера»

Зарегистрировано 27.07.2018 г. в Реестре научных направлений Российской Академии Естествознания
под №0080 решением Президиума от 02.07.2018 г.

Федотовских Александр Валентинович

Координационный совет по развитию Северных территорий и Арктики Российского союза промышленников и
предпринимателей, член Президиума

Научное направление: «Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных
условиях Арктики и Крайнего Севера»

Шифры научных специальностей, в рамках которых разрабатывалось данное научное направление:

08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)

Краткая аннотация научного направления:

Концепция использования искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера, в т.ч. в автономном режиме, основана на проведении экспертных, аналитических и рейтинговых исследований о возможностях систем искусственного интеллекта в его практическом внедрении в регионах Арктической зоны РФ. В содержание направления входят наиболее актуальные примеры и процессы автоматизации, роботизации и использования искусственного интеллекта в регионах российской Арктики, а также акваториях Северного морского пути. Использование отечественных технологий делает современное и будущее освоение Арктики независимым от санкций и потенциально интересно для зарубежных покупателей. Развивая технологии искусственного интеллекта в среднесрочной перспективе, возможно изменить структуру экспорта из России от продажи за рубеж, в основном сырьевых продуктов, к продаже высокотехнологичных изделий с высокой добавленной стоимостью.

Предмет научных исследований, проводимых в рамках данного направления составляют теория, история, практика внедрения систем искусственного интеллекта в экстремальных условиях, а также рассмотрение возможностей для будущего применения в ракурсе создания инновационной экономики в РФ.

Новое научное направление актуализировано на основании мнения ведущих российских экспертов в области искусственного интеллекта и проектов отечественных компаний, научно-образовательных организаций. В настоящее время сформирован реестр существующих отечественных специфических (специальных для Арктики) программ и проектов в области искусственного интеллекта для возможности их практического использования в хозяйственной деятельности экономических субъектов. Предполагается апробировать новые модели применения искусственного интеллекта в Арктике в период до 2025 г. совместно с научными и деловыми кругами.

Научно-практическая значимость научного направления заключается в создании условий, разработке и внедрении готовых систем искусственного интеллекта для их практического использования в хозяйственной деятельности экономических субъектов, органам государственной власти и местного самоуправления Арктической зоны РФ включить создание и развитие систем искусственного интеллекта в Стратегию социально-экономического развития на период до 2025/2030 гг. Научное направление позволит начать подготовку федеральной законодательной базы для развития комплексных интеллектуальных технологий, систем, сетей для территорий Арктической зоны РФ; предложить федеральным органам власти включить институциональное развитие искусственного интеллекта в Государственную программу по развитию Арктики; провести экономическое обоснование внедрения искусственного интеллекта для оптимизации расходов ресурсного освоения Арктики.

Направление рассчитано на участие в нем научных работников и специалистов, занимающихся вопросами внедрения моделей инновационной экономики, инновационного освоения регионов Крайнего Севера и Арктической зоны РФ, разработчиков систем искусственного интеллекта, а также студентов и аспирантов профильных специальностей.

Ссылка в реестре: <https://famous-scientists.ru/direction/view/225>

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Модель искусственной нейронной сети для круглогодичной эксплуатации БВС в Арктической зоне РФ

Общие положения

Применение БВС, в т.ч. в коммерческих целях, требует автономного полета без ручного управления внешним оператором. Связано это с тем, что полеты могут выполняться регулярно, по аналогии с пилотируемой авиацией, по одному и тому же маршруту и полетному плану, который можно запрограммировать и снизить издержки на внешних пилотов в пунктах отправления и/или назначения. Такой подход применителен к доставке грузов, почты, частично для мониторинга территорий. Но такой полет возможен только при точном определении БВС собственных координат, а также при условии реакции на внешние условия (метеорологические, топографические, биологические и т.д.)

За качество полета отвечает бортовой комплекс управления (в ряде источников система автоматического управления, БКУ, САУ), который несет в себе функции управления ориентацией и стабилизацией БВС, управления бортовым оборудованием, в т.ч. внешним, энергопитанием, связью. Для повышения надежности полета БКУ осуществляет анализ отклонений параметров состояния бортовых систем от нормальных (возможных) значений и вырабатывает самостоятельные решения о компенсации возникших отклонений путем восстановления параметров до исходных. Одним из направлений решения подобных задач является использование систем искусственного интеллекта (ИИ), основанных на искусственных нейронных сетях (ИНС). Такие системы могут располагаться как в наземном сегменте управления полетом, так и на борту аппарата. Последний вариант намного предпочтительнее из-за отсутствия задержек принятия решений и зависимости от наличия и качества связи с наземной станцией управления в условиях нестабильной связи по нерегламентированным для БАС (на момент написания материалы) каналам.

Аналитический обзор более 100 научных публикаций показал, что наиболее актуальным является создание бортовых автоматизированных систем контроля и диагностики, способных повысить отказоустойчивость и продлить срок эксплуатации беспилотной авиационной техники. Для этого применяются различные технические и информационные решения, в основе которых лежат математические модели, искусственные нейронные сети и другие алгоритмы. ИНС является наиболее перспективным инструментальным средством реализации методов интеллектуального контроля и диагностики БВС в полете.

В настоящее время в сфере развития ИНС появляются новые изобретения и технологии. В числе основных причин такого бурного роста: постоянно совершенствующиеся алгоритмы и архитектуры ИНС; доступные объемы данных (миллиарды различных изображений и тысячи категорий деления объектов); ускорение обучения и вывода с помощью мощных графических процессоров.

Нейросетевые технологии активно применяются в беспилотной авиации. Авторы различных разработок предлагают использовать ИНС для оценки устойчивости и надежности БВС в процессе их проектирования; созданы системы управления на базе нейроконтроллеров; предлагаются варианты автономной посадки БВС с использованием нейросетевого анализа оптического изображения; корректируются сигналы спутниковой и инерциальной навигации.

В представленной работе предлагается комплексный подход к решению подобных задач. Цель заключается в разработке системы применения глубоких ИНС для эффективного решения задач построения многомерных динамических событийных моделей, прогнозирования вероятности наступления событий на борту БВС и принятия решений без участия внешнего оператора. Производится распознавание определенных объектов по фотографиям/видео, сделанным в реальном времени; предсказываются внештатные ситуации, используя различные параметры полета и/или данные с датчиков как входные данные. Также с помощью ИНС можно

выполнить прогнозирование изменения какого-либо параметра в зависимости от других.

В модели предложен новый подход к разработке комплексной системы оценки состояния БВС, основанный на анализе многомерных данных с помощью ИНС. Предложена модернизация ранее созданных различными авторами алгоритмов. В настоящее время поданы документы на патент и регистрацию нового научного направления. Каждое мгновение БВС самостоятельно решает, как изменить скорость, направление движения в зависимости от изменений окружающей среды.

Компьютерное зрение

Действие ИНС основано на деятельности человеческого мозга. Каждый участок бортовой ИНС отвечает за свою часть: один - за образ горы, второй - за образ птицы, третий - за образ посадочной площадки. Для реализации компьютерного зрения наиболее эффективно использовать сверточную ИНС вместо обычной ИНС прямого распространения на основе мощных графических процессоров. Принцип действия сверточных ИНС заключается в извлечении обучаемых признаков (локальных особенностей, локальных дескрипторов) изображения.

Изображение подается с телевизионной или фотокамеры БВС. Для эксплуатации аппарата в ночном режиме или во время полярной ночи необходимо использование камеры ночного видения (инфракрасного или ультрафиолетового диапазона). В результате, обрабатывая поступающую потоковую информацию, сверточная ИНС, в отличие от ИНС прямого распространения может автоматически строить карты высококачественных визуальных признаков минимум по двум причинам:

1. Из-за большого количества весов. Если на вход поступает черно-белое изображение в разрешении 1080p (1920*1080 пикселей), то входной вектор будет состоять из 2073600 элементов, следовательно потребуется $2073600 * n_1$ весов для описания связей между входным слоем и первым скрытым слоем (n_1 - количество нейронов в первом скрытом слое, а для адекватной работы ИНС их должно быть приблизительно $10^2 - 10^4$). Для обучения такой ИНС необходимо большое количество данных и времени. В случае с цветным изображением потребуется в 3 раза больше весов, так как входной вектор будет иметь 3 столбца интенсивности каждого пикселя по RGB.

2. Входное изображение представляется в виде одномерного массива, учитывается только связь между пикселями по горизонтали, при этом теряется связь между пикселями по вертикали.

Для реализации модели компьютерного зрения используется известный алгоритм SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). В потоке кадров с камеры на борту БВС сверточная ИНС производит поиск специальных точек поверхности, обычно являющиеся неоднородностями. К примеру, в зимних условиях Арктики такими объектами могут быть деревья, пики гор и холмов, русла замерзших рек, редкие строения, в т.ч. заброшенные и т.д. Таким точкам присваиваются дескрипторы в последовательности, когда эта же точка будет найдена в последующих кадрах камера успевает переместиться в пространстве, а ИНС присваивает точке такой же, аналогичный дескриптор.

Существует два вида слоев, использующихся в сверточных ИНС: сверточные слои и слои подвыборки.

Сверточный слой используется следующим образом: рассматривается некоторая область изображения $n * n$ пикселей, элемент, стоящий в i -ой строке и j -ом столбце умножается на соответствующий элемент ядра свертки той же размерности $n * n$. После этой операции находится сумма этих произведений и это значение подается на нейрон. Далее к нейрону может быть применена какая-либо функция активации, необходимая в данный момент. Каждый нейрон в сверточном слое связан с соответствующей областью изображения $n * n$, которые могут накладываться друг на друга. Однако при этом все нейроны слоя используют одинаковое ядро свертки. Обычно используется несколько слоев свертки (каждый со своим ядром свертки) для выделения полной карты признаков (набор слоев нейронов, каждый из которых использует свое ядро свертки для поиска совершенно различных и непохожих признаков). Слой подвыборки уменьшает размерность следующим образом: значение нейрона следующего слоя, к которому

чаще всего подключен фрагмент 2*2 (иногда большей размерности) предыдущего слоя, определяется на основе значений предыдущего слоя. Обычно как вход берется максимальное (иногда усредненное) значения фрагмента нейронов предыдущего слоя.



Рис 83. Пример слоев свертки и подвыборки³⁵⁶

На практике обычно используется несколько последовательно соединенных слоев свертки и слоев выборки, а далее обычная ИНС прямого распространения с некоторым количеством (обычно не более 3) скрытых слоев.

Обучение сверточных ИНС происходит методом обратного распространения ошибки и называется «обучение с учителем», когда существует некоторый массив данных и ему соответствует другой массив данных. ИНС обучается на этих данных, подстраивает свои веса так, чтобы потом можно было дать ей другие данные без соответствующих этим данным. После обучения полученная модель загружается в память БВС и ИНС, имея данные с бортовых датчиков предсказывает необходимый параметр, который являлся ответом при обучении.

Имитационное обучение, в котором «учитель» обучает БВС летать по различным траекториям, исправляя его действия в случае необходимости или критических действий, используется достаточно эффективно на протяжении последних лет. Постепенно БВС выучивает постоянные маршруты полета. Однако такой подход несколько ограничен набором входных данных, особенно в условиях Арктики. В этом случае «учителем» может быть оператор БВС. Однако «учитель» не может постоянно сопровождать аппарат, особенно если ему приходится совершать полеты по различным маршрутам, а в условиях монотонного окружения в Арктике задача усложняется. Поэтому, в последние годы стали бурно развиваться системы машинного обучения без учителя (Self-Supervised Learning).

Технология самообучения ИНС на БВС выглядит следующим образом: БВС во время полета снимает видео или делает большое количество различных изображений разных объектов, потом человек (инженер или внешний оператор) формирует образовавшийся датасет по классам: класс деревьев, класс пиков гор, класс строений и т.д. На этом массиве происходит обучение ИНС.

Во избежание переобучения в ИНС, когда подается новый объект, можно отключать некоторые связи нейронов с заданной вероятностью, чтобы нейроны настраивались на общие закономерности, а не закономерности конкретной выборки данных, по которой происходит обучение. На рисунке изображена модель существующей сверточной ИНС VGG. На ее вход подается квадратное трехканальное изображение, а точнее тензор 224*224*3, далее идут два сверточных слоя, имеющих по 64 фильтра каждый и образующих карту признаков. Затем слой подвыборки, уменьшающий линейные размеры карт выборки в два раза. После слоя подвыборки - 3 сверточных слоя, после которых снова следует слой подвыборки и т.д. В итоге получается слой 3*3*512, который подается на два полносвязных слоя по 4096 нейронов, после которых следует выходной слой из 1000 нейронов (каждый из них выдает вероятность того, что объект принадлежит конкретному классу).

³⁵⁶ Свертка // PPT-online. - <https://ppt-online.org/688178> (дата обращения 23.03.2021)

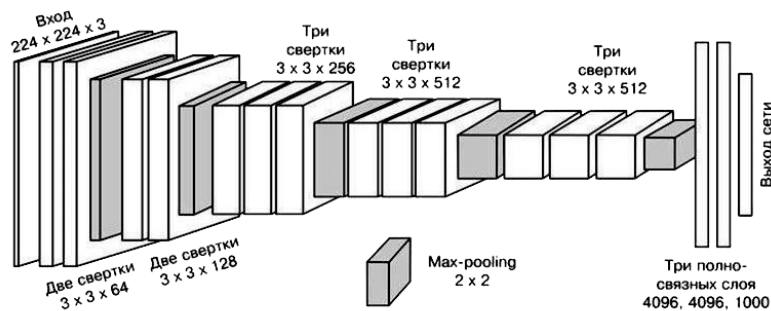


Рис 84. Архитектура сверточной нейросети VGG³⁵⁷

Представленная ИНС максимально подходит для классификации объектов, но для этого их изначально надо разделить, отделить изображения разных предметов друг от друга. В контексте использования БВС в арктических условиях, ввиду малого количества объектов и достаточной монотонности окружающей среды не обязательно выполнять разделение, подобной ИНС хватит для получения информации о наличии интересующего нас объекта. На топологию модели сверточной ИНС можно выделять маску нужного нам объекта, а следовательно, и узнать его расположение относительно БВС.

Таким образом, при помощи сверточной ИНС получается универсальная система, которая одинаково хорошо подходит для решения всех важнейших задач, связанных с компьютерным зрением.

Входные и выходные параметры нейросети БВС

Создают входные параметры (направляют сигналы) для ИНС на борту БВС следующие источники: датчики, в т.ч. инфракрасные; компас; приемник GPS/ГЛОНАСС; гироскоп или более продвинутые системы стабилизации и ориентации в пространстве, в т.ч. одномерные сонары, лидары, двумерные лидары, 3D-лидары; фотовидеокамеры формата UHD (стереокамеры, камеры глубины, камеры ночного видения) и другие.

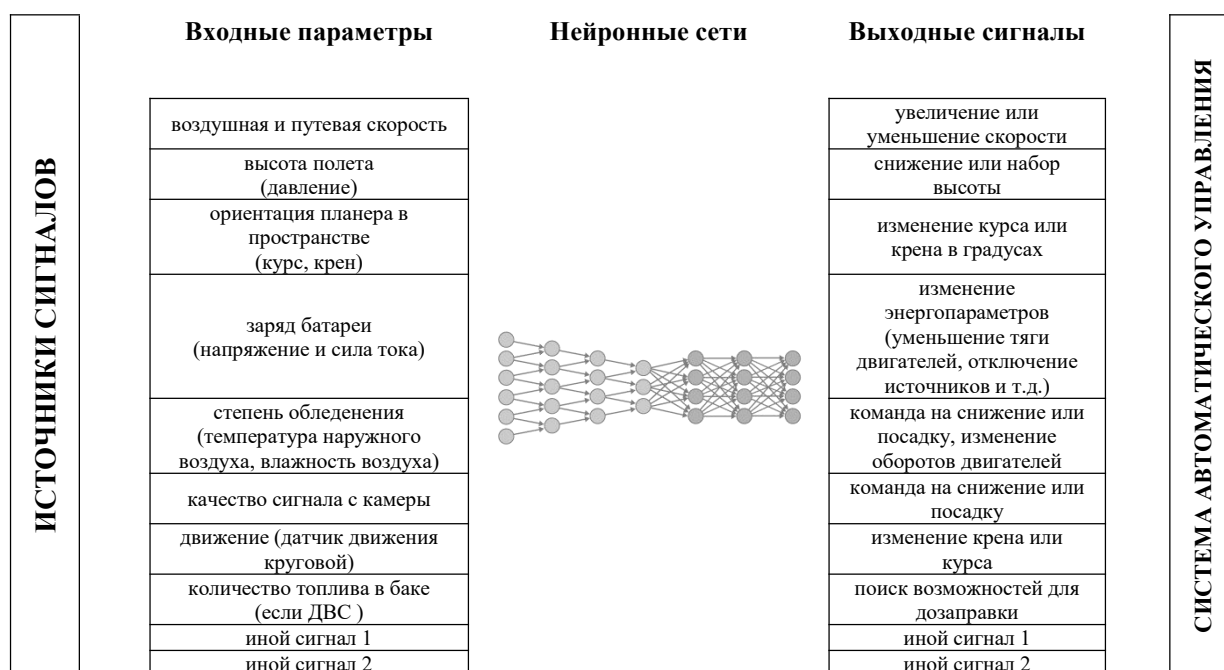


Рисунок 85. Соответствие входных и выходных параметров ИНС БВС

³⁵⁷ Свертка // PPT-online. - <https://ppt-online.org/688178> (дата обращения 23.03.2021)

На борту БВС устанавливается дополнительный вычислитель, в реальном времени считывающий информацию от источников и создающий 3D-модель окружающего пространства для планирования безопасного маршрута. Получив информацию от процессора САУ или БКУ управляет полетом: держит высоту, удерживает БВС на месте даже при порывах ветра в любые стороны, тормозит перед препятствиями и облетает их.

На рисунке приведены все возможные источники информации для нейросетей, однако, их количество может меняться, учитывая, что для БВС с электрическими двигателями особенно важно минимизировать энергопотребление, а у аппаратов классов «микро» и «мини» взлетный вес не позволяет установить на борту необходимое количество датчиков.

Распознавание объектов

БВС должен выполнять значительно сложные задачи. Например, зависнуть в нескольких метрах от движущегося объекта, чтобы сделать четкое фото, и сделать это при сильном меняющемся по направлениям ветре с порывами. Для автоматизации сложных задач, таких как управление БВС, все чаще используется не фиксированные алгоритмы с набором заранее установленных правил, а машинное обучение. Этот подход требует времени и тренировок на больших наборах данных, но в результате позволяет получить программу, способную выполнять сложные задачи, среди которых обнаружение неявных закономерностей или распознавание образов. Компьютерное зрение можно использовать для распознавания определенных объектов, как полезных, так и тех, которые могут навредить целостности БВС. Это птицы или другие БВС, столкновения с которыми нужно избегать. Сверточная ИНС может определить наличие птицы на снимке, а также ее расположение, относительно БВС. Следовательно, на САУ БВС отправляются соответствующие сигналы для изменения скорости и/или высоты полета. Потенциально опасным может быть и человек с оружием, при появлении которого в области видимости стоит изменить параметры полета. Также можно «научить» БВС облетать препятствия или наоборот, находить узкие места, через которые можно безопасно пролететь.



Рисунок 86. Пример детектирования вершин гор с выделением их масок на изображении

Очень полезным является детектирование специально нанесенных/установленных объектов для ориентации БВС в пространстве, что может пригодиться при выполнении различных действий, например посадке в специально установленное место, на ВПП или посадочную площадку.

Еще одним примером использования компьютерного зрения может быть выявление степени обледенения БВС по изменению качества изображений с камеры. Камера покрывается инеем и льдом, качество исходного изображения значительно ухудшается, что может детектировать ИНС. Обучение такой ИНС будет происходить на фотографиях сделанных с камеры БВС в лабораторных или идеальных полевых условиях, при которых специально будут

создаваться условия для различной степени обледенения. Как выходные данные для обучения можно использовать степень обледенения БВС, оцененную экспериментаторами, или набранную массу льда. Таким образом в реальном полете обученная ИНС по изменению качества получаемого с камеры изображения может не только детектировать наличие обледенения, но и оценить его «количество», а следовательно, дать нужную команду на блок САУ БВС для предотвращения опасных ситуаций. Кроме стабилизированной посадки БВС также учится более стабильно перемещаться на небольшой высоте над неровным рельефом.

Обучение происходит на основе анализа известных данных (исторические Big Data). Информация на серверы поступает с БВС действующих эксплуатантов или, в случае невозможности получения таких датасетов, с аппаратов, которые уже совершают рейсы по определенным маршрутам или в определенных условиях.

Программирование осуществляется во всех популярных средах для глубокого машинного обучения, таких как Keras, Caffe, TensorFlow Lite, ONNX, PyTorch, Matlab. Эти среды представляют собой открытые программные библиотеки для машинного обучения, разработанные различными компаниями с целью решения задач построения и тренировки нейронных сетей для автоматического нахождения и классификации образов и объектов, сравнимых по качеству с человеческим восприятием. Для создания модулей можно использовать известный фреймворк Robot Operating System (ROS), созданный специально для разработки приложений робототехники, принимая во внимание, что БВС является летающим роботом.

```
with detection_graph.as_default():
    with tf.Session() as sess:
        ops = tf.get_default_graph().get_operations()
        all_tensor_names = {output.name for op in ops for output in op.outputs}
        tensor_dict = {}
        for key in [
            'num_detections', 'detection_boxes', 'detection_scores',
            'detection_classes', 'detection_masks'
        ]:
            tensor_name = key + ':0'
            if tensor_name in all_tensor_names:
                tensor_dict[key] = tf.get_default_graph().get_tensor_by_name(
                    tensor_name)
        if 'detection_masks' in tensor_dict:
            detection_boxes = tf.squeeze(tensor_dict['detection_boxes'], [0])
            detection_masks = tf.squeeze(tensor_dict['detection_masks'], [0])
            real_num_detection = tf.cast(tensor_dict['num_detections'][0], tf.int32)
            detection_boxes = tf.slice(detection_boxes, [0, 0], [real_num_detection, -1])
            detection_masks = tf.slice(detection_masks, [0, 0, 0], [real_num_detection, -1, -1])
            detection_masks_reframed = utils_ops.reframe_box_masks_to_image_masks(
                detection_masks, detection_boxes, image_np.shape[0], image_np.shape[1])
            detection_masks_reframed = tf.cast(
                tf.greater(detection_masks_reframed, 0.5), tf.uint8)
            tensor_dict['detection_masks'] = tf.expand_dims(
                detection_masks_reframed, 0)
        image_tensor = tf.get_default_graph().get_tensor_by_name('image_tensor:0')

        # Запуск поиска объектов на изображении
        output_dict = sess.run(tensor_dict,
                               feed_dict={image_tensor: np.expand_dims(image_np, 0)})

        # Преобразуем выходные тензоры типа float32 в нужный формат
        output_dict['num_detections'] = int(output_dict['num_detections'][0])
        output_dict['detection_classes'] = output_dict[
            'detection_classes'][0].astype(np.uint8)
        output_dict['detection_boxes'] = output_dict['detection_boxes'][0]
        output_dict['detection_scores'] = output_dict['detection_scores'][0]
        if 'detection_masks' in output_dict:
            output_dict['detection_masks'] = output_dict['detection_masks'][0]
```

Рисунок 87. Пример сверточной ИНС на основе библиотеки TensorFlow для поиска и детектирования объектов на изображении³⁵⁸

Стоит отметить, что для ускорения вычислений можно предварительно сжать изображение, т.е. уменьшить его размерность (вес файла). Создание модели ИНС должно происходить на экспериментировании с ее топологией (количество слоев и нейронов в них, функциях активаций нейронов, размерности входных данных) для нахождения эталонной модели с оптимальным отношением точности к быстродействию. Обучение таких ИНС происходит с учителем, а датасетом обучения будет являться набор фотографий с камер БВС или других фотографий с наличием интересующих нас объектов, изначально разделенный на классы.

На практике можно использовать готовые решения. Например, бортовой аналитический модуль, предназначенный для обработки материалов аэрофотосъемки на базе высокопроизводительных микрокомпьютеров Nvidia (серия Jetson) со специальным программным

³⁵⁸ А.Созыкин. Пример поиска и распознавания объектов на изображении // GitHub, Inc. - 17.07.2018. - URL: https://github.com/sozykin/dlpython_course/blob/master/computer_vision/object_detection/object_detection_api.ipynb

обеспечением в основе которого лежит нейросеть для распознавания объектов компьютерным зрением в режиме реального времени. Потребление энергии составляет до 10 Вт, размеры 69x45 мм или 50x87 мм.

Предсказание нештатных ситуаций и критических параметров

Система может быть предназначена и для решения такого круга задач как: детектирование неисправностей бортовой аппаратуры, двигателей, навесного оборудования на основе комплексного анализа измерений нейросетью, резервирования неисправных датчиков, оценка состояния БВС, прогнозирование и предотвращение опасных ситуаций в связи с отказами техники, наличие помех или провалов в связи, в т.ч. со спутниковыми системами навигации.

Теперь о предсказании нештатных ситуаций и/или каких-либо параметров полета. Для решения данной задачи используется ИНС прямого распространения, обучение с учителем. На вход подаются значения параметров с датчиков, а на выходе ИНС получается вероятность какой-либо критического состояния. ИНС дает соответствующие команду на САУ во избежания аварийных ситуаций.

```

In [ ]: df = pd.read_csv('train_uav_dataset.csv')
        x_train=df[['uav current speed', 'pressure change', 'wind speed']] #считывание данных для обучения
        y_train=df['gust speed']
        ddf = pd.read_csv('test_uav_datase.csv')
        x_test=ddf[['uav current speed', 'pressure change', 'wind speed']] #считывание данных для проверки качества модели

In [ ]: normalized_xtrain = preprocessing.normalize(x_train)
        standardized_xtrain = preprocessing.scale(x_train) #стандартизация данных

        normalized_xtest = preprocessing.normalize(x_test)
        standardized_xtest = preprocessing.scale(x_test)

In [ ]: model = Sequential() #создание модели сети
        model.add(Dense(15, activation="linear", input_shape=(standardized_xtrain.shape[1],)))
        model.add(Dense(25, activation="linear"))
        model.add(Dense(20, activation="linear"))
        model.add(Dense(1, activation="linear"))

In [ ]: opt=optimizers.Adam(learning_rate=0.01, beta_1=0.9, beta_2=0.999, amsgrad=False)
        model.compile(optimizer=opt, loss='mse', metrics=['RootMeanSquaredError' ])
        model.fit(standardized_xtrain, y_train, epochs=50000, batch_size=69, verbose=1) #обучение модели

In [ ]: prediction_gustspeed = model.predict(standardized_xtest) #предсказание для порыва ветра
    
```

Рисунок 88. Пример ИНС прямого распространения на основе библиотеки Keras для предотвращения сноса ветра от заданной траектории полета

Отметим, что для глубинного обучения БВС необходимы значительные базы данных объектов, которые могут окружать БВС во время всей процедуры полета. Для этого собирается датасет, состоящий из последовательности параметров полета. Получаемая с датчиков, камеры и иных источников БВС информация зачастую не может храниться на борту аппарата, особенно, если он относится к классам «микро» и «мини», для этого необходим дополнительный бортовой модуль памяти объемом в десятки или даже сотни терабайт. Зарубежный опыт показывает, что при наличии устойчивого сигнала 4G/5G БВС передает информацию сразу в «облако» дата-центра для последующей обработки и создания баз данных. В регионах Арктики и Крайнего Севера в настоящее время использовать такую технологию невозможно в связи с узким охватом сетей мобильных операторов, а передача сигнала через космические стационарные спутники происходит со значительной задержкой и экономически крайне невыгодна в связи с высокой стоимостью спутниковой связи. Однако в будущем, особенно в связи с формированием арктической спутниковой группировки и созданием локальных приполярных дата-центров не исключается передача информации с БВС в режиме онлайн. При этом создание арктических дата-центров как хранителей значительных баз данных для нейросетей БВС может быть эффективным инструментом решения проблемы цифровизации арктического региона по всем сферам.

Особенным направлением применения ИНС может стать улучшение качества сигнала с наземной станцией управления или системы спутниковой навигации. На вход ИНС поступает сигнал от антенны радиостанции или GPS, с помощью внутреннего алгоритма ИНС рассчитывает

значение поправки на помеху. Используя нечеткую логику ИНС процесс определения наличия помехи будет значительно эффективнее, чем у обычного процессора.

Предсказание интенсивности обледенения

Одна из проблем использования БВС в арктических условиях - обледенение датчиков, элементов управления и самой поверхности БВС, что нарушает его летно-технические характеристики, затрудняет управление, а также дает неверные данные о летных параметрах. Для предотвращения обледенения БВС совершает крутой маневр с увеличением скорости для того, чтобы сбросить лед. Также возможна экстренная посадка в определенных критических ситуациях обледенения. Такие входные параметры как влажность, температура воздуха, скорость ветра и его направление, качество картинки с камеры (качество изображения), данные с тепловизора (если таковые имеются) могут быть измерены/высчитаны в режиме реального времени и представляются численными данными. Эти данные будут являться входными для ИНС. На выходе получаем значение интенсивности обледенения, и на основе этого значения принимается решение о необходимости принятия противодействующих обледенению мер.

```
df = pd.read_csv('train_uav_dataset.csv')
x_train=df[['temperature','humidity','wind speed']] #считывание данных для обучения
y_train=df['icing intensity']
ddf = pd.read_csv('test_uav_dataset.csv')
x_test=ddf[['temperature','humidity','wind speed']] #считывание данных для проверки качества модели
normalized_Xtrain = preprocessing.normalize(x_train)
standardized_Xtrain = preprocessing.scale(x_train) #стандартизация данных
normalized_Xtest = preprocessing.normalize(x_test)
standardized_Xtest = preprocessing.scale(x_test)
model = Sequential() #создание модели сети
model.add(Dense(25, activation="relu", input_shape=(standardized_Xtrain.shape[1],)))
model.add(Dense(35, activation="relu"))
model.add(Dense(45, activation="relu"))
model.add(Dense(20, activation="relu"))
model.add(Dense(1, activation="relu"))
opt=optimizers.Adam(learning_rate=0.001, beta_1=0.9, beta_2=0.999, amsgrad=False)
model.compile(optimizer=opt, loss='mse', metrics=['RootMeanSquaredError' ])
model.fit(standardized_Xtrain, y_train, epochs=50000, batch_size=69, verbose=1) #обучение модели
prediction_icing_intensivity = model.predict(standardized_Xtest) #вывод предсказания для искомого параметра
```

Рисунок 89. Пример ИНС прямого распространения на основе библиотеки Keras для предсказания интенсивности обледенения БВС

Предсказание времени работы аккумулятора БВС

По напряжению и силе тока на аккумуляторной батарее, а также текущей потребляемой мощности двигателями и другими потребителями электрической энергии ИНС может спрогнозировать оставшееся время работы батареи, и, следовательно, если это требуется, отключить лишние потребители энергии.

```
def SensorRemainingTimeMalfunction:
prediction_RemainingFlightTime = model.predict(standardized_Xtest) #предсказание для оставшегося времени полета
SensorValue_RemainingFlightTime = ReturnSensorValue() #получаем значение оставшегося времени полета с датчика
a = rediction_RemainingFlightTime/SensorValue_RemainingFlightTime*100
if (85<a<115): #если значения с датчика и предсказанное значение отличаются больше чем на 15%,
return (a-100) #то функция возвращает это значение в процентах
```

Рис 90. Пример ИНС прямого распространения на основе библиотеки Keras для предсказания оставшегося времени полета БВС с электродвигателями

Кроме того, предсказание ИНС необходимо в связи с тем, что некоторые из аппаратов перед самой посадкой зависают в воздухе, что приводит к неэффективному расходу заряда аккумулятора и аварийным ситуациям.

Основные результаты создания ИНС

Авиационные события во время полета характеризуются множеством параметров (тип БВС, время года и суток полета, этап полета, продолжительность полета, метеоданные, и т.п.). Осуществление контроля всех параметров полета - важная задача и в беспилотной авиации. За последние годы ученые во всем мире и в РФ разработали сотни ИНС различной архитектуры, которые способны распознавать препятствия и вычислять оптимальную траекторию движения для автономных БВС. Но полет БВС в регионах Арктической зоны РФ, особенно в сложных метеоусловиях, представляет собой зачастую невыполнимую в настоящее время задачу. Используя ИНС мы создаем систему, в которой БВС управляет собой самостоятельно, избегает препятствий. Добиваемся этого путем выбора соответствующих входов/выходов и тщательного обучения. ИНС получает информацию о расстоянии до ближайших препятствий вокруг БВС, имитируя зрение внешнего пилота. На выходе ИНС подает САУ показания к изменению ускорения, замедлению или изменению положений руля высоты, руля направления и других систем управления аппарата. ИНС обучаются на множестве стратегий ввода-вывода.

В качестве основных результатов работы можно перечислить следующие:

1. Способность БВС облетать препятствия при отсутствии известных наземных ориентиров и устойчивого сигнала со спутниковых навигационных систем.

2. Создание модифицированных моделей ИНС, когда программное обеспечение решает более специфические задачи, среди которых:

- парирование сноса ветра при посадке БВС на площадку, в т.ч. неподготовленную, когда нейросеть «осваивает» основные пилотажные навыки, включающие в себя быстрое вращение вокруг трёх главных осей (тангаж, рыскание, крен) и различные последовательности манёвров;

- прогнозирование энергозатрат силовых установок и аппаратуры БВС в непредвиденных условиях полета с более высокой точностью, чем без систем с ИНС;

- моделирование множества сценариев полета для понимания того, что происходит с БВС во время полета и предугадывания возможных неисправностей заранее;

- просчет вариантов ремонта БВС при обнаружении неполадки на борту.

К дополнительным результатам можно причислить следующие:

- повышение безопасности полетов БВС в долгосрочной перспективе и снижение вероятности рискованных событий в полете в условиях Арктической зоны РФ;

- повышение экономической эффективности БВС, а также эксплуатационных компаний, с учетом более высокой себестоимости производства и оказания услуг в северных регионах;

- положительное влияние на экономическую эффективность коммерческих и государственных организаций, эксплуатирующих БВС;

- положительное влияние на репутацию Российской Арктики в области разработки и внедрения инновационных нейросетевых подходов для применения на БВС.

Области применения и способы использования ожидаемых результатов:

- прогнозирование вероятности авиационных происшествий с БВС, проведение мероприятий по повышению уровня безопасности полетов;

- прогнозирование событий, влияющих на экономические показатели предприятия-эксплуатанта БАС.

Потребители ожидаемых результатов работы:

- российские и иностранные эксплуатанты БВС;

- разработчики и производители БВС для эксплуатации в высоких широтах;

- компании - конечные потребители услуг БАС.

Таким образом, предложена система ИНС для полетов в Арктической зоне РФ в сложных метеоусловиях в режиме круглогодичной и круглосуточной эксплуатации. Создав несколько моделей ИНС, выполняющих разные функции и решающих различные задачи, от детектирования предметов на изображениях до предсказания критических ситуаций можно интегрировать их в

единый программный модуль, который будет при необходимости подавать сигналы на САУ БВС для предотвращения внештатных ситуаций и для более оптимальной работы аппарата. Таким образом обеспечивается автоматизация процесса управления БВС, минимизация человеческого фактора в процессе управления большим количеством БВС. С помощью ИНС БВС обучается самостоятельно летать в динамичной среде.

Для отработки предложенной модели необходимо проведение серии летных экспериментов (взлеты и посадки, подлеты к препятствиям, полеты на разных высотах и скоростях, в т.ч. в сложных метеоусловиях) по эталонному прибору для набора экспериментальных данных. Планируется проведение таких экспериментов на Таймыре в 2021 г. Кроме того, для ночных полетов в хороших метеоусловиях без облачности возможно применение обучения ИНС дескрипторам из точек звездного неба на основе авиационной астронавигации, однако, такая технология ограничена в связи с тем, что количество ясных суток в различных регионах Арктики колеблется от 20 до 50.

Система с ИНС на борту БВС значительно эффективнее, чем без ИНС, но на первом этапе эксплуатации БАС она должна работать под частичным контролем живого оператора. В будущем при возможности рывка технологического развития на борту БВС возможно использование технологий квантового компьютера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

4К - обозначение разрешающей способности в цифровом кинематографе и компьютерной графике

GPS - англ. Global Positioning System - система глобального позиционирования

ИКАО, ИКАО - Международная организация гражданской авиации

АУЦ - авиационный учебный центр

БАС, БАК - беспилотная авиационная система, беспилотный авиационный комплекс

БВС, БПЛА, БЛА (англ.: UAV, UAS, Counter UAS, C-UAS, UTM) - беспилотное воздушное судно, беспилотный летательный аппарат вертолетного или самолетного типа, иные названия: дрон, коптер, беспилотник, бот, квадрокоптер, мультикоптер и др.

БКУ - бортовой комплекс управления

ВПП - взлетно-посадочная полоса

ВС - воздушное судно

ГА - гражданская авиация

ГЛОНАСС - глобальная навигационная спутниковая система

ГО - глубинное обучение

ДПЛА - дистанционно-пилотируемые летательные аппараты

ЕС ОРВД - единая система организации воздушного движения в РФ

ЗЦ ОРВД - зональный центр организации воздушного движения

ИИ, AI (англ. Artificial Intelligence) - искусственный интеллект, искусственный разум

ИНС, НС - искусственная нейронная сеть, нейронная сеть

КП, КДП - командный пункт, командно-диспетчерский пункт

ЛА - летательный аппарат

ЛТХ - летно-технические характеристики

МЗ - машинное зрение

МО - машинное обучение

НП - навигационный передатчик.

НПУ, НСУ - наземная станция управления, наземный пункт управления

ОАК - Объединная авиастроительная корпорация

РАЕ - Российская Академия Естествознания

РАН - Российская академия наук

РСПП - Российский союз промышленников и предпринимателей

САУ - система автоматического управления

СМУ - сложные метеорологические условия

СНС - спутниковая навигационная система (GPS, ГЛОНАСС)

СТЗ - система технического зрения

ТТХ - тактико-технические характеристики

ЦУП, ПУП - центр управления полетами, пункт управления полетами

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 13 июля 2020 г. N 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Российская газета. - 16.07.2020- URL: <https://rg.ru/2020/07/16/193-fz-ob-arkticheskoy-zone-dok.html>
2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты (в части систематизации обязательных требований в сфере воздушного транспорта) [Электронный ресурс] // Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. - 07.09.2020. - URL: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=108034>
3. Порядок использования воздушного пространства РФ беспилотными воздушными судами [Электронный ресурс] // Федеральное агентство ВТ. - URL: <https://favt.gov.ru/poryadok-ispolzovaniya-besplotnyh-vozduchnih-sudov/>. - (дата обращения 23.11.2020)
4. Послание Президента России Федеральному Собранию [Электронный ресурс] // Администрация Президента России. – 01.03.2018. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957>
5. «Вертолеты России» в рамках МАКС-2017 впервые представили два прототипа беспилотников VRT300 // Aviation Explorer. - 18.07.2017. - <https://www.aex.ru/news/2017/7/18/172492>
6. «Газпром нефть» впервые использовала беспилотный летательный аппарат для доставки груза на месторождение [Электронный ресурс] // Газпром нефть. - 22.09.2017. - URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-vpervye-ispolzovala-besplotnyy-letatelnyy-apparat-dlya-dostavki-gruza-na-mestorozhdeni/>
7. «Газпром нефть» испытала тяжелый беспилотный вертолет на арктическом месторождении [Электронный ресурс] // Газпром Нефть. 21.09.2020. - URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom_neft_ispytala_tyazhelyy_besplotnyy_vertolet_na_arkticheskom_mestorozhdenii/
8. «Газпром» поддерживает высокотехнологичные проекты в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.07.2018. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%ABgazprom%C2%BB-podderzhivaet-vyisokotexnologichnyie-proektyi-v-arktike.html>
9. «Искусственный интеллект в Арктике» на выставке-презентации к 25-летию РАЕ [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 04.06.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-na-vyistavke-prezentaczii-k-25-let-iyu-rae.html>
10. «Искусственный интеллект в Арктике» представлен на выставке в Гонконге [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 09.11.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-predstavlen-na-vyistavke-v-gonkonge.html>
11. «Искусственный интеллект в Арктике» представлен на ММКЯ - 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 05.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-predstavlen-na-mmky-2020.html>
12. «Искусственный интеллект в экстремальных условиях Арктики» - новое научное направление [Электронный ресурс] // Социально - ответственное предпринимательство в Арктической зоне РФ. - 27.07.2018. - URL: <http://www.arctic-social.biz/novosti/%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-ekstremalnyix-usloviyax-arktiki%C2%BB-novoe-nauchnoe-napravlenie.html>
13. «Русский Халк»: британцы оценили новый российский грузовой дрон [Электронный ресурс] // Экономическое обозрение. - URL: <https://finobzor.ru/50996-russkiy-halk-britancy-ocenili-novyy-rossiyskiy-gruzovoy-dron.html>. - (дата обращения 23.11.2020)
14. «TERRA TEX» впервые провел массовое тестирование нового цифрового формата обучения // Российские космические системы. - 31.08.2018. - URL: <http://russianspacesystems.ru/2018/08/31/terra-tekh-vpervye-provel-testirovanie-atlas-vr/>
15. Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] // TAdviser. - 29.09.2020. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F:Digital_Twins_Day_2020
16. <https://rogtecmagazine.com/%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B1%D0%BF%D0%BB%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5?lang=ru>
17. IAI: Усовершенствованная наземная станция управления БПЛА [Электронный ресурс] // Радиосистемы и оборудование. - 09.10.2012. - URL: http://radiocom-review.blogspot.com/2012/10/iai_9.html
18. NVIDIA разработали дрон с ИИ способный летать без GPS [Электронный ресурс] // DronoMania.ru. - URL: <https://dronomania.ru/news/12517.html> (дата обращения: 26.11.2020)
19. SkyWatch – автоматизированный комплекс, предназначенный для обеспечения автономной работы БПЛА мультикоптерного типа // Совзонд. - URL: <https://sovzond.ru/products/equipment/skywatch> (дата обращения 01.02.2021)
20. VII Международная научно-техническая конференция «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток» [Электронный ресурс] // Газпром ВНИИГАЗ. - 27.11.2018. - URL: <https://vniigaz.gazprom.ru/events/2018/roogd2018/>
21. А. Ахмедова. Самолёт без пилота. Когда искусственный интеллект заменит человека за штурвалом [Электронный ресурс] // Секрет фирмы. - 14.01.2020. - URL: <https://secretmag.ru/technologies/samolet-bez-pilota-kogda-iskustvennyy-intellekt-zamenit-cheloveka-za-shturvalom.htm>
22. А. Бойко. Прогнозы и тренды в области беспилотников [Электронный ресурс] // RoboTrends. - 16.04.2016.- URL: <http://robotrends.ru/robopeedia/prognozy-i-trendy-v-oblasti-besplotnikov>
23. А. Грек. Заря беспилотной авиации: от гонок в небе до доставки кофе [Электронный ресурс] // Популярная механика. - 15.08.2020. - URL: <https://www.popmech.ru/technologies/601793-zarya-besplotnoy-aviacii-ot-gonok-v-nebe-do-dostavki-kofe/>

24. А. Картеничев, М.Савин. Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 25.03.2019. - URL: https://russiandrone.ru/news/zadachi_bespilotnoy_aviatsii_mchs_rossii_v_arkticheskoy_zone/
25. А. Киреев. Беспилотное будущее: как проектируют дроны и почему они падают [Электронный ресурс] // Хайтек. - 27.07.2020. - URL: <https://hightech.fm/2020/07/27/drones-innopolis>
26. А. Никаноров. Время летать. Беспилотные летательные аппараты в нефтяной отрасли [Электронный ресурс] // Сибирская нефть. - 2019. №163. - URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-july-august/3406691/>
27. А. Подшибякина. Умный Север. Как технологии помогают развивать Арктику [Электронный ресурс] // Нож. - 23.05.2018. - URL: <https://knife.media/arctic-technology/>
28. А. Семенов. Летящие платформы и программное обеспечение DJI для геодезических исследований [Электронный ресурс] // DJI Blog. - 06.09.2019. - URL: <https://dji-blog.ru/naznachenie/letajushhie-platformy-i-programmnoe-obespechenie-dji-dlja-geodezicheskikh-issledovaniy.html>
29. А.Созыкин. Пример поиска и распознавания объектов на изображении // GitHub, Inc. - 17.07.2018. - URL: https://github.com/sozykin/dlpython_course/blob/master/computer_vision/object_detection/object_detection_api.ipynb
30. А. Шимберг. Модернизация арктических аэропортов России – необходимое условие развития регионов Арктики // Экспертный центр ПОРА. - 13.07.2020. - URL: <https://goarctic.ru/work/modernizatsiya-arkticheskikh-aeroportov-rossii-neobkhodimoe-uslovie-razvitiya-regionov-arktiki/>
31. А.А. Алексеев. Применение инновационных средств отечественного производства для обеспечения безопасности в арктическом регионе [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России. - 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>
32. А.А. Ахмадиев. Методы управления дистанционными пилотируемыми авиационными системами в общем воздушном пространстве [Электронный ресурс] // Доклад научной квалификационной работы. - МГТУ ГА. - 2018. - URL: <http://www.mstucra.ru/upload/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%9D%D0%9A%D0%A0%D0%0%90%D1%85%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%90.%D0%90..pdf>
33. А.А. Горбунов, А.Ф. Галимов. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2016. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-meteorologicheskikh-faktorov-na-primenenie-i-bezopasnost-polyota-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom>
34. А.А. Задорожний. Автоматическое управление обогревом ПВД, установленного на беспилотном летательном аппарате [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР». - 14–15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf
35. А.А. Санько, И.В. Рожков, А.А.Шейников. Влияние ветра на систему угловой стабилизации беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. - 2015. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vetra-na-sistemu-uglovoy-stabilizatsii-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata>
36. А.В. Залецкий А.И. Кривичев, А.В. Флоров. Беспилотные авиационные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в арктическом регионе [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России. - 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>
37. А.В. Карпенко. Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа VRT300 [Электронный ресурс] // BTC «БАСТИОН» А. V.Karpenko. - 08.08.2017. - URL: <http://bastion-karpenko.ru/vrt-300-bla/>
38. А.В. Митько. БПЛА в условиях арктического региона [Электронный ресурс] // Нефтегаз. Ру. - 09.07.2019. - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>
39. А.В. Федотовских. Использование искусственного интеллекта для применения в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Известные ученые. Научные направления. - 20.08.2018. - URL: <https://famous-scientists.ru/direction/view/225>
40. А.В. Федотовских. Направления практического использования БПЛА для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-prakticheskogo-ispolzovaniya-bpla-dlya-razvitiya-turizma-v-arkticheskoy-zone-rf>. - (дата обращения 12.12.2020)
41. А.В. Федотовских. Рынок в будущее. Профессиональные стандарты для Арктики 2050 [Электронный ресурс] // Арктическое обозрение (Arctic review). - 2020. - №6. - URL: <http://csef.ru/media/articles/9229/12039.pdf>
42. А.В. Федотовских. Современные направления разработок беспилотных летательных аппаратов с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] // Бюллетень Клуба авиастроителей. – 2013. - №8. – URL: http://www.as-club.ru/publ/materialy_chlenov_kluba/stati_chlenov_kluba/sovremennye_napravleniya_razrabotok_bespilotnykh_letatelnykh_apparatov_s_iskusstvennym_intellektom/4-1-0-102
43. А.И. Логвин, А.В. Волков. Алгоритмы автоматического распознавания взлетно-посадочной полосы на видеозображениях [Электронный ресурс] // Научный вестник – М.: МГТУ ГА. 2015. – № 213. – С. 115–117. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithmy-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-vzletno-posadochnoy-polosy-na-videoizobrazheniyah>
44. А.Л. Смолин. Беспилотные авиационные транспортные системы: направления и пути развития, научно-технические задачи [Электронный ресурс] // Авиационная мобильность и авиационные технологии. - 2019. - URL: https://aviatp.ru/files/aviaevents-2019/MAKS/Smolin_presentation.pdf
45. А.С. Медведев. Исследование программной модели сверточной нейронной сети при распознавании лиц на снимках из видеопотока // ДонНТУ. Реферат по теме выпускной работы. - URL: <http://masters.donntu.org/2018/fknt/medvedev/diss/index.htm> (дата обращения 20.03.2021)
46. Арктическая зона России [Электронный ресурс] // ТАСС. Инфографика. - 27.08.2020. - URL: <https://tass.ru/infographics/8349>

47. Арктический кластер Санкт-Петербурга планирует сотрудничество с Росатомом и Ростехом и разработает свой собственный кластерный проект [Электронный ресурс] // Центр кластерного развития. - 17.09.2020. - URL: <https://spbcluster.ru/2020/09/17/arkticheskij-klaster-sankt-peterburga-planiruet-sotrudnichestvo-s-rosatomom-i-rostehom-i-razrabotaet-svoj-sobstvennyj-klasternyj-proekt/>
48. Аэростатические летательные аппараты, транспортные комплексы на их базе и наземная инфраструктура [Электронный ресурс] // Сводный каталог Промышленная и научно-техническая продукция Сибирского федерального округа для Арктической зоны и Крайнего Севера. Том 1. Высокотехнологичная машиностроительная продукция. Рабочая группа по развитию сотрудничества организаций Сибири в сфере производства и поставок продукции для арктических нужд при полномочном представителе Президента РФ в Сибирском федеральном округе 2016. - URL: <https://media.rspu.ru/document/1/e/6/e6b953349fc694101c600427c0dc10b2.pdf>
49. Аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Совзонд. - URL: https://sovzond.ru/services/aerophotography/aerofoto_bpla/ (дата обращения: 11.12.2020)
50. Беспилотная авиация Ямала обзаведётся нейросетью для эффективного патрулирования // Официальный сайт Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа. - 10.03.2021. - URL: <https://www.yanao.ru/presscenter/news/61597/>
51. Беспилотники для спасения людей в Арктике показали на выставке «Интерполитех-2020» [Электронный ресурс] // Оружие России. - 25.10.2020. - URL: <https://www.arms-expo.ru/news/vystavki-i-konferentsii/bespilotniki-dlya-spaseniya-lyudey-v-arktike-pokazali-na-vystavke-interpolitekh-2020/>
52. Беспилотные летательные аппараты на топливных элементах [Электронный ресурс] // Zetsila. - 20.03.2019. - URL: <https://zetsila.ru/%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B/>
53. Беспилотные самолеты Геоскан [Электронный ресурс] // Группа компаний Геоскан. - URL: <https://www.geoscan.aero/ru/products/bespilotnie-samoleti> (дата обращения: 23.11.2020)
54. Беспилотные технологии в Мурманске [Электронный ресурс] // Совзонд. - 21.11.2017. - URL: <https://sovzond.ru/press-center/news/corporate/3453/>
55. Беспилотный летательный аппарат проекта «Циклон» продемонстрировали на форуме «Армия-2020» [Электронный ресурс] // ГПНТБ СО РАН. - 25.08.2020. - URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/bpla-proekta-tsiklon-24082020>
56. Бесчеловечная война [Электронный ресурс] // Российская газета - Федеральный выпуск № 57(8111). - 17.03.2020. - URL: <https://rg.ru/2020/03/17/konstruktor-nikolaj-dolzhenkov-rasskazal-o-bespilotnikah-budushchego.html>
57. БПЛА Суперкам Supercam S350 [Электронный ресурс] // Авиафорум. - 30.10.2017. - URL: <https://aviaforum.ru/threads/bpla-superkam-supercam-s350.44846/>
58. В «Сколкове» прошли испытания аэротакси будущего [Электронный ресурс] // 360ТВ. - 07.12.2018. - URL: <https://360tv.ru/news/tehnologii/v-skolkovo-proshli-ispytaniya-aerotaksi-budushchego-letajuschij-apparat-stoimostju-10-millionov-rublej-ruhnul-v-sugrob/>
59. В 2022 году протестируют доставку посылок «Почты России» беспилотниками [Электронный ресурс] // РБК. - 17.02.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/02/2020/5e469d9a9a794755d543d651
60. В Арктике проведено картографирование территории с помощью дрона [Электронный ресурс] // Хибины.com. - 13.06.2019. - URL: <https://www.hibiny.com/news/archive/193911/>
61. В ГКУ «Ямалспас» поступили беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] // АиФ - Ямал. - 25.12.2019. - URL: https://yamal.aif.ru/society/details/v_gku_yamalspas_postupili_bespilotnye_letatelnye_apparaty
62. В Губкинском университете создан беспилотный летательный аппарат в виде диска // Губкинский университет. - 21.03.2019. - URL: <https://www.gubkin.ru/news2/detail.php?ID=39045>
63. В Москве представят умных роботов и искусственный интеллект для Арктики [Электронный ресурс] // Союз промышленников и предпринимателей Красноярского края - 14.10.2018. - URL: <https://www.sppkk.ru/v-moskve-predstavjat-umnyh-robotov-i-iskusstvennyj-intellekt-dlja-arktiki/>
64. В Москве состоялась конференция «Международные и социальные последствия использования технологий искусственного интеллекта» [Электронный ресурс] // Российский совет по международным делам. - 06.11.2018. - URL: <https://russiancouncil.ru/news/v-moskve-sostoyalas-konferentsiya-mezhdunarodnye-i-sotsialnye-posledstviya-ispolzovaniya-tehnologii/>
65. В Норильске создается полярный дата-центр [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 02.10.2020. - URL: <http://www.rspu-arctic.ru/vyisokie-tekhnologii/v-norilске-sozdaetsya-polyarnyj-data-czentr.html>
66. В России испытают тяжелый беспилотник для Арктики [Электронный ресурс] // ПолиПазл. - 25.09.2015. - URL: <https://politpuzzle.ru/5876-v-rossii-ispytayut-tyazhelyj-bespilotnik-dlya-arktiki/>
67. В России разработали радар для арктических беспилотников [Электронный ресурс] // РИА Новости. - 17.09.2018. - URL: <https://ria.ru/20180917/1528670863.html>
68. В России создали работающий в экстремальных условиях Арктики беспилотник [Электронный ресурс] // Взгляд. - 13.10.2015. - URL: <https://vz.ru/news/2015/10/13/772037.html>
69. В России создают нейросеть для управления роем беспилотников [Электронный ресурс] // Mil.Press. Военное. - 26.03.2017. - URL: <https://военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/>
70. В Ростуризме обсудили проект Дорожной карты развития туризма Арктики [Электронный ресурс] // Seldon.News. - 05.03.2020. - URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/225147749>
71. В Стратегию развития Арктики 2035 включены проекты арктических отделений РСПП [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 27.10.2020. - URL: <https://rspu.ru/events/news/v-strategiyu-razvitiya-arktiki-2035-vklyucheny-proekty-arkticheskikh-otdeleniy-rspu-5f98031eb27d8/>
72. В СФУ создано студенческое конструкторское бюро [Электронный ресурс] // СФУ. - 24.12.2020 - URL: <http://news.sfu-kras.ru/node/24049>
73. В РФ хотят создать структуру, которая поможет узаконить тяжелые беспилотники для Арктики [Электронный ресурс] // Знак. - 13.11.2020. - URL: https://www.znak.com/2020-11-13/v_rf_hotyat_sozdat_strukturu_kotoraya_pomozhet_uzakonit_tyazhelye_bespilotniki_dlya_arktiki
74. В САФУ открылась Школа моделирования беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // ГТПК «Поморье». - 04.12.2018. - URL: <https://www.pomorie.ru/2018/12/04/5c06404012f17bcb387983b2.html>

75. В. Мещеринов. Арктика. Полюс тепла [Электронный ресурс] // За науку. - 31.07.2020. - URL: <https://zanauku.mipt.ru/2020/07/31/arktika-polyus-tepla/>
76. В. Ростопчин, И. Бурдун. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Электронный ресурс] // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2009. - №4. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16726168>
77. В.А. Бобрусь, А.В. Мельников, И.В. Лосев. Эффективность способа механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», 14-15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf
78. В.А. Бухалёв, А.А. Скрынников, В.А. Болдинов. Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // М.: Физматлит. - 2018. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2079106
79. В.В. Воронов, П.А. Пономарев. Бизнес-перспективы применения беспилотных воздушных судов тяжелого класса [Электронный ресурс] // ГосНИИГА.- 31.01.2019. – URL: <http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2019/01/Ponomarev-P.-A.-Voronov-V.V.-OOO-Kronshtadt-Bespilotnye-sistemy-ssylka-dlya-skachivaniya.pdf>
80. В.В. Воронов. Беспилотные авиасистемы для грузоперевозок: оценка разработок (часть 2) [Электронный ресурс] // Авиатранспортное обозрение. - 13.07.2018. - URL: <http://www.ato.ru/content/bspilotnye-aviasistemy-dlya-gruzoperevozok-ocenka-razrabotok-chast-2>
81. В.В. Воронов. Сопровождение разработки и создания перспективной беспилотной авиационной системы с улучшенными летно-техническими характеристиками для выполнения полетов в арктических условиях [Электронный ресурс] // Материалы научно-технической конференции по применению беспилотных авиационных систем в интересах Единой системы авиационно-космического поиска и спасания (ЕС АКПС). Презентация TRANSAS. - 02.06.2015
82. В.В. Доценко. Отчет о работе по теме «Оценка возможности создания опытного района применения беспилотных авиационных систем для выполнения сервисно-транспортных задач». Шифр «Тайга 1» [Электронный ресурс] // Фонд перспективных исследований. Томск. - 2018. - URL: <https://fpi.gov.ru/upload/iblock/229/229fd9253e376c2bcabee6daa9254714.pdf>
83. В.В. Шипко, В.С. Конов, О.Ю. Акулов. Анализ гиперспектральных камер для беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», 14-15.02.2019. - URL: https://vva.mil.ru/upload/site21/document_file/JG8GpML43d.pdf
84. В.Г. Бондарев, Д.В. Лопаткин, Д.А. Смирнов. Автоматическая посадка летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. -2018.- № 2. - URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2018/02/2018-02-06.pdf>
85. В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков, Р.В. Ким, Г.Г. Себряков. Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик» [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2019. - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2089355
86. В.Н. Журавлев, П.В. Журавлев. Применение беспилотных летательных аппаратов в отраслях экономики: Состояние и перспективы [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - 2016. - № 226. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bspilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-otraslyah-ekonomiki-sostoyanie-i-perspektivy>
87. В.Н. Никитин, Д.Н. Раков. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъемочных комплексов [Электронный ресурс] // Вестник СГУГиТ. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-ispolzovaniya-bspilotnyh-aerofotosemochnyh-kompleksov>
88. Власти ищут подрядчика для строительства первого на Ямале кванториума в Ноябрьске [Электронный ресурс] // Телеканал «Ноябрьск 24». - 11.11.2020. - URL: <https://noyabrsk24.ru/novosti/2020/11/11/vlasti-ishchut-podriadchika-dlia-stroitelstva-pervogo-na-iamale-kvantoriuma-v-noiabr-ske/>
89. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2016.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-meteorologicheskikh-faktorov-na-primenenie-i-bezopasnost-polyota-bspilotnyh-letatelnyh-apparatov-s-bortovym-retranslyatorom>
90. Воздушные трассы дронов появятся в Арктике и на Дальнем Востоке [Электронный ресурс] // Московский комсомолец. - 20.10.2018. - URL: <https://www.mk.ru/economics/2018/10/20/vozdushnye-trassy-dronov-poyavyatsya-v-arktike-i-na-dalнем-vostoke.html>
91. Г.А. Кузнецов, И.В. Кудрявцев, Е.Д. Крылов. Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. - №9. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retrospektivnyy-analiz-sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-otechestvennyh-bspilotnyh-letatelnyh-apparatov>
92. Г.А. Фокин. Обзор моделей радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами [Электронный ресурс] // Труды учебных заведений связи. - 2018. - Т. 4.- № 4. С. 85–101. - URL: https://tuzs.sut.ru/release/tuzs_v4_i4_y2018/article_9.pdf
93. Глава Cognitive Pilot: беспилотников из фильмов про будущее придется ждать еще десять лет [Электронный ресурс] // ТАСС. - 15.04.2020. - URL: <https://tass.ru/interviews/8242121>
94. Главная страница сайта «Одно окно» группы «Газпром» [Электронный ресурс]. - <https://www.oknogazprom.ru/>
95. Д. Леонтьев. Инфраструктура для беспилотных летательных аппаратов в России [Электронный ресурс] // TAdviser. - 11.01.2021. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Инфраструктура_для_беспилотных_летательных_аппаратов_в_России
96. Д. Михайлова. «Потребность в малых реактивных двигателях – гигантская» - о прорывной разработке для беспилотников [Электронный ресурс] // Блог Дианы Михайловой. - 29.10.2028. - URL: <https://diana-mihailova.livejournal.com/2871986.html>
97. Д. Федутинов. Разум дронов. В России работают над созданием искусственного интеллекта для беспилотников [Электронный ресурс] // Армейский стандарт. - 25.06.2020. - URL: <https://armystandard.ru/news/t/20206231146-GlcZr.html>

98. Д.А. Михайлин. Нейросетевая система управления посадкой самолетного типа для беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 1999. - URL: <https://www.dissercat.com/content/neurosetevaya-sistema-upravleniya-posadkoi-samoletnogo-tipa-dlya-bespilotnogo-letatel'nogo-ap>
99. Д.М. Дрягин. Разнородные средства обеспечения посадки БЛА [Электронный ресурс] // Материалы конференции HeliRussia. - 08.09.2020. - URL: <https://helirussia.ru/wp-content/uploads/2020/09/4.Sredstva-posadki-BLA4-Dryagin.pdf>
100. Д.Н. Песков. Новая отрасль: беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] // Минпромторг РФ. - URL: <https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/D.N.Peskov.pdf> (дата обращения: 03.03.2021)
101. Дата-центры - тренд развития цифровых технологий в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 07.11.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/data-czentryi-trend-razvitiya-czifrovyyix-texnologij-v-arktike.html>
102. Действительные члены и члены-корреспонденты Малой академии наук Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] // Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова. - 12.03.2018. - URL: https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/vspomogatelnye-podrazdeleniya/lyceum/detail.php?ELEMENT_ID=92447
103. Для Арктики тестируют беспилотники [Электронный ресурс] // Эксперт Урал. - №40 (830). - 28.09.2020. - URL: <https://expert.ru/ural/2020/40/dlya-arktiki-testiruyut-bespilotniki/>
104. Для картографирования в целях туризма в Арктике использован дрон [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 13.06.2019. - URL: <https://old.rssp.ru/photo/set/2109?s=2&p=6>
105. Для развития авиации в Арктике необходимы инвестпроекты и участие государства [Электронный ресурс] // Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. - 06.04.2020. - URL: <https://nangs.org/news/economics/dlya-razvitiya-aviatsii-v-arktike-neobhodimy-investproekty-i-uchastie-gosudarstva>
106. Добыча в Арктике. Технологии для обеспечения безопасности и бесперебойности промысловых операций [Электронный ресурс] // Про-Арктик. - 13.08.2012. - URL: <https://pro-arctic.ru/13/08/2012/technology/185>
107. Дроны и Искусственный Интеллект (ИИ) [Электронный ресурс] // Российские Беспилотники. - 30.01.2019. - URL: <https://russiadrone.ru/publications/drony-i-iskusstvenny-intellekt-ii/>
108. Дроны подмосковной компании будут использовать для изучения Арктики [Электронный ресурс] // ТАСС. - 05.10.2020. - URL: <https://tass.ru/moskovskaya-oblast/9626795>
109. Е. Лисовский. Искусственный интеллект и нейросети в картографии — 2: когда «народные» карты круче Google [Электронный ресурс] // Forbes. - 09.10.2017. - URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/351121-iskusstvenny-intellekt-i-neyroseti-v-kartografii-2-kogda-narodnye-karty-kruche>
110. Е.А. Рогозин, О.И. Бокова, А.В. Мельников. Основные аспекты совершенствования методики оценки эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата в условиях обледенения [Электронный ресурс] // Вестник Воронежского института МВД России. Информатика, вычислительная техника и управление. - 2019. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-aspekty-sovshenstvovaniya-metodiki-otsenki-effektivnosti-funktsionirovaniya-bespilotnog-o-letatel'nogo-apparata-v>
111. Е.В. Евтушенко, А.Н. Володин, Н.В. Штанькова. Анализ проблемы выработки обоснованных решений при выполнении задач с применением беспилотных летательных аппаратов // Актуальные вопросы исследований в авионике: Теория, обслуживание, разработки. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «АВИАТОР». - 2019
112. Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. -2017. - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotnoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone>
113. И. Попов. Беспилотники «рулят», или Почему за дронами будущее [Электронный ресурс] // vc.ru. - 19.02.2018. - URL: <https://vc.ru/flood/33549-bespilotniki-rulyat-ili-pochemu-za-dronami-budushchee>
114. И.А. Каляев, А.Р. Гайдук. Однородные нейроподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов [Электронный ресурс] // М. : Янус-К. - 2000 - URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_27174
115. И.Алпатов. Утверждена концепция правового регулирования искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Российская газета. - 24.08.2020. - URL: <https://rg.ru/2020/08/24/utverzhdena-koncepciia-pravovogo-regulirovaniia-iskusstvennogo-intellekta.html>
116. И.Е. Кузнецов, А.В. Мельников, Е.А. Рогозин, О.В. Страшко. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа [Электронный ресурс] // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2018. - №45(2): 125-139. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-ucheta-vliyaniya-meteorologicheskikh-faktorov-na-effektivnost-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-na-osnove>
117. И.С. Степуть, С.В. Шабаева. Настоящее и будущее рынка труда регионов Арктической зоны России: востребованные профессии [Электронный ресурс] // Непрерывное образование: XXI век. – 2019. – Вып. 3 (27).- URL: <https://i1121.petsu.ru/journal/article.php?id=5026>
118. Имитация полета альбатроса позволяет беспилотникам экономить энергию [Электронный ресурс] // РИА Новости. - 20.07.2012.- URL: <https://ria.ru/20120720/704733403.html>
119. Инновационные аппараты на фестивале «НЕБО: теория и практика» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 27.05.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/innovacionnyie-apparatyi-na-festivale-%C2%ABnebo-teoriya-i-praktika%C2%BB.html>
120. Инновационные беспилотные летательные аппараты и технологии для компаний и регионов Севера [Электронный ресурс] // Сводный каталог Промышленная и научно-техническая продукция Сибирского федерального округа для Арктической зоны и Крайнего Севера. Том 1. Высокотехнологичная машиностроительная продукция. Рабочая группа по развитию сотрудничества организаций Сибири в сфере производства и поставок продукции для арктических нужд при полномочном представителе Президента Российской Федерации в Сибирском федеральном округе 2016. - URL: <https://media.rssp.ru/document/1/e/6/e6b953349fc694101e600427c0dc10b2.pdf>
121. Инновационный беспилотный летательный аппарат с областью применения от южных широт до Арктики // Губкинский университет. - 04.02.2019.- URL: https://www.gubkin.ru/departments/university_departments/DIaCS/download/prelises/2019/04-02-2019.pdf

122. Инфраструктура для информационного обеспечения полетов беспилотных авиационных систем (БАС) [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 17.05.2018. - URL: https://russiandrone.ru/news/infrastruktura_dlya_informatsionnogo_obespecheniya_poletov_bespilotnykh_aviatsionnykh_sistem_bas/
123. Искусственный интеллект в беспилотных технологиях [Электронный ресурс] // AircargoNews.ru. - 05.12.2019. - URL: <https://aircargonews.ru/2019/12/05/iskusstvennyj-intellekt-v-bespilotnyh-tehnologijah.html>
124. Искусственный интеллект и роботы помогут России в освоении Арктики [Электронный ресурс] // Экономика сегодня. - 17.10.2018. - URL: <https://rueconomics.ru/355916-iskusstvennyi-intellekt-i-roboty-pomogut-rossii-v-osvoenii-arktiki>
125. Использование БАС в туризме и спасании на Крайнем Севере обсудили на HeliRussia 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 18.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-tehnologii/ispolzovanie-bas-v-turizme-i-spasanii-na-krajnem-severe-obsudili-na-helirusia-2020.html>
126. Испытания отечественного БПЛА провело ООО «Газпром недра» в Арктике [Электронный ресурс] // ROGTEC. - 21.09.2020. - URL:
127. Итоги Первого международного маркетингового конкурса в сфере туризма «PROбренд» [Электронный ресурс] // Евразийское содружество специалистов туриндустрии. - 08.07.2019. - URL: <https://union-esot.com/?p=861>
128. К. Мурашева. Boeing позволила искусственному интеллекту управлять беспилотниками [Электронный ресурс] // ferra.ru. - 10.09.2020. - URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/ssha-pozvolili-iskusstvennomu-intellektu-upravlyat-bespilotnikami-10-09-2020.htm>
129. К.А. Кузин, А.И. Ширко. Применение беспилотных летательных аппаратов в районах Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Символ науки. - 2018. - №7. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-rayonah-krajnego-severa>
130. К.А. Шаблова. Определение эффективности использования беспилотных авиационных систем энергоснабжающими организациями (на примере ОАО «ИЭСК») [Электронный ресурс] // СФУ. - 2018. - URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/73691>
131. Как и зачем учёные собираются считать белых медведей — хозяев Арктики [Электронный ресурс] // МИА «Россия сегодня». - 01.08.2020. - URL: <https://ru.arctic.ru/analitic/20200801/958418.html>
132. Картографирование с БПЛА — преимущества и сферы применения [Электронный ресурс] // AEROMOTUS. - 25.09.2019. - URL: <https://aeromotus.ru/kartografirovanie-s-bpla-preimushhestva-i-sfery-primeneniya/>
133. Картография по беспилотникам: фотограмметрия и лидары [Электронный ресурс] // SoftLine direct. - 03.05.2018. - URL: <https://slddigital.com/article/Nashi-proekty-po-kiberbezopasnosti/>
134. Квадрокоптер с лазерным детектором газа [Электронный ресурс] // Пергам-Инжиниринг. - URL: https://www.pergam.ru/catalog/gas_leaks/gascope.htm (дата обращения: 01.12.2020)
135. Компания «Полярные авиалинии» презентовала беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс] // Новости Якутии. - 14.05.2019. - URL: <https://news.ykt.ru/article/86600>
136. Концепция развития до 2030 года [Электронный ресурс] // АЭРОНЕТ НТИ. - 13.07.2018. - URL: <http://nti-aeronet.ru/koncepcija-razvitiya-do-2030/>
137. Круглый стол «Перспективы развития малой авиации в Арктической зоне Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс] // Министерство по развитию Арктики и делам народов Севера Республики Саха (Якутия). - 04.12.2020. - URL: <https://arktika.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3248082>
138. Круглый стол по развитию Арктической зоны России [Электронный ресурс] // Ассоциация Европейского Бизнеса. - 28.02.2020. - URL: https://aeb.ru/ru/news/round_table_on_the_russian_arctic_development/
139. Крылья войны. США создают новую технологию адаптивного управления беспилотниками [Электронный ресурс] // Федеральное агентство новостей. - 24.11.2020. - URL: <https://riafan.ru/1340991-ssha-sozdayut-novuyu-tehnologiyu-adaptivnogo-upravleniya-bespilotnikami>
140. Л.А. Мирзоян. Нейросетевая система планирования полета группы беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 2007. - URL: <https://www.dissercat.com/content/neirosetevaya-sistema-planirovaniya-poleta-gruppy-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov>
141. Л.Н. Попова. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2016. — № 24 (128). — С. 105-108. — URL: <https://moluch.ru/archive/128/35313/> (дата обращения: 18.02.2021)
142. М. Майоров. Беспилотные технологии в Арктике [Электронный ресурс] // Экспертный центр ПОРА. - 04.07.2020. - URL: <https://goarctic.ru/work/bespilotnye-tehnologii-v-arktike/>
143. М.И. Эпов, И.Н. Злыгостев. Применение беспилотных летательных аппаратов в аэрогеофизической разведке [Электронный ресурс] // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2012. - №3. - т.2. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-aerogeofizicheskoy-razvedke>
144. Малая авиация на Таймыре: новая история. АРН продолжает работу над проектами кластера «Арктический» [Электронный ресурс] // Заполярная правда. - 24.07.2020. - URL: <https://gazetazp.ru/news/gorod/kjshf.html>
145. Медицинские дроны: как использовались беспилотники в борьбе с COVID-19 [Электронный ресурс] // РБК Тренды. - 16.07.2020. - URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5f0f36809a794761ccf8a89e>
146. Метеонавигационная радиолокационная станция «Контур-10М» [Электронный ресурс] // Контур НИИРС. - URL: <http://www.kontur-niirs.ru/items/43/#tab2> (дата обращения: 20.02.2021)
147. Метеорология [Электронный ресурс] // Беспилотные системы. - URL: <https://unmannedsystems.ru/examples/meteorologija/> (дата обращения: 01.12.2020)
148. Минэкономразвития оценил недавнюю инициативу изменений Воздушного кодекса [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет». - 08.12.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/regulation/081951?fbclid=IwAR01TbecSdjBdR2MGw8B2TIsYLdt_98hCx1rUcfEZJNT9EDiyc9HrLGIK_U
149. Мир после вируса — мир дронов? Эксперт раскрыл черты новой реальности [Электронный ресурс] // РИА Новости. Наука. - 07.05.2020. - URL: <https://ria.ru/20200507/1571024843.html>

150. Московский Международный Салон Образования 2019. Итоги [Электронный ресурс] // Российская Академия Естествознания. - 15.04.2019. - URL: https://rae.ru/conferences/chronicle_mmso2019.html
151. Н. Аллилуева. Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Технологии защиты. - 2015. - №6. - URL: <http://www.tzmagazine.ru/jpage.php?uid1=1348&uid2=1474&uid3=1479>
152. Н. Куприков. Самолеты как основа конкурентоспособности в Арктике [Электронный ресурс] // Ростех. - 13.04.2018. - URL: <https://rostec.ru/analytics/samolety-kak-osnova-konkurentosposobnosti-v-arktike->
153. Н.А. Находкин, А.Н. Быков. Опыт применения БПЛА при производстве поисковых работ, воздушного мониторинга лесных и водных объектов в экстремальных физико-географических условиях Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] // Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – СПб.: СПбГУ ГПС МЧС России.- 2017. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35693755>
154. На «Гидроавиасалоне-2018» обсудили развитие беспилотной авиации в России [Электронный ресурс] // Союз машиностроителей России. - 07.09.2018. - URL: <https://soyuzmash.ru/news/tidings/na-gidroaviasalone-2018-obsudili-razvitie-bespilotnoy-aviatsii-v-rossii/>
155. На конференции ИНИОН РАН представлено использование БПЛА в Арктике [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.12.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/na-konferenczii-inion-ran-predstavleno-ispolzovanie-bpla-v-arktike.html>
156. На ММКВЯ представлен обзор «Использование искусственного интеллекта в Арктике» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 10.09.2018. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/na-mmkvy-a-predstavlen-obzor-%C2%ABispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-v-arktike%C2%BB.html>
157. На рынок беспилотных авиационных систем выходит несколько инновационных проектов // Московский авиационный институт. - 29.01.2019. - URL: <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=101074>
158. Наземные станции управления [Электронный ресурс] // Радар ММС. - URL: <https://radar-mms.com/product/bespilotnye-aviatsionnye-sistemy/nazemnye-stantsii-upravleniya/>(дата обращения: 03.03.2021)
159. Настоящее и будущее беспилотной авиации [Электронный ресурс] // Военное обозрение. - 25.01.2016. - URL: <https://topwar.ru/89642-nastoyashee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-1.html>
160. Национальный Совет при Президенте утвердил создание Комиссии по профессиональным квалификациям в сфере БАС [Электронный ресурс] // Ассоциация эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем. - 25.05.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/news/251920
161. О перспективах использования БАС в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // Новый оборонный заказ. - 20.12.2019. - URL: <https://dfnc.ru/yandeks-novosti/o-perspektivah-ispolzovaniya-bespilotnyh-aviasistem-v-arkticheskoy-zone-rf/>
162. О. Коленцова, А. Буланов. Хитрый винт: создан беспилотный вертолет-тяжеловоз для Арктики [Электронный ресурс] // Известия. - 13.08.2020. - URL: <https://iz.ru/1046490/olga-kolentcova-aleksandr-bulanov/khitryi-vint-sozdan-bespilotnyi-vertolet-tiazhelovoz-dlia-arktiki>
163. О. Никитина, Н. Королев. Потому, потому что беспилоты [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. - 16.11.2020. - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4573976>
164. О.В. Скуднева. Безальтернативность беспилотных летательных аппаратов в реалиях сегодняшней геополитики [Электронный ресурс] // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам XIX международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук; Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет. СПб: 2018. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36836215>
165. О.Н. Зинченко. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) [Электронный ресурс] // Ракурс. - 2011. - <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/uav-for-mapping-1/>
166. О.Ю. Красулина. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов [Электронный ресурс] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. - №4 (48). - 2016. - URL: <https://eee-region.ru/article/4805/>
167. ОАК выходит на рынок беспилотных авиационных систем сразу с несколькими инновационными проектами [Электронный ресурс] // Вести. Экономика. - 26.01.2019. - URL: <https://news.rambler.ru/troops/41623423-oak-vyhodit-na-rynok-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-srazu-s-neskolkim-innovatsionnyimi-proektami/>
168. Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» - Лауреат XLV Международной книжной выставки [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 10.05.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-laureat-xlv-mezhdunarodno-j-knizhnoj-vystavki.html>
169. Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» - участник Премии «Экономическая книга года» 2018 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 01.11.2018. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-uchastnik-premii-%C2%ABekonomicheskaya-kniga-goda%C2%BB-2018.html>
170. Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» вошел в аннотацию BookExpo America 2019 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 01.05.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-voshel-v-annotacziyu-book-expo-america-2019.html>
171. Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» вошел в аннотацию выставки BUCH WIEN 2019 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 11.02.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-voshel-v-annotacziyu-vyist-avki-buch-wien-2019.html>
172. Обзор «Искусственный интеллект в Арктике» награжден медалью ММСО-2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 19.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/obzor-%C2%ABiskusstvennyij-intellekt-v-arktike%C2%BB-nagrazhden-medalyu-mmso-2020.html>

173. Обучение нейронной сети БПЛА [Электронный ресурс] // A.Drones.- 29.05.2019. - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IkLWzXMhbw>
174. Оператор БПЛА для разведки месторождений [Электронный ресурс] // Атлас новых профессий. - URL: <https://atlas100.ru/catalog/dobycha-i-pererabotka-poleznykh-iskopaemykh/operator-bpla-dlya-razvedki-mestorozhdeniy/> (дата обращения 20.12.2020)
175. Освоение Арктики: в РФ представили уникальный радиолокационный комплекс для БПЛА [Электронный ресурс] // Newsland.- 22.12.2018. - URL: <https://newsland.com/user/4297850201/content/osvoenie-arktiki-v-rf-predstavili-unikalnyi-radiolokatsionnyi-kompleks-dlia-bpla/6592973>
176. Особенности метеорологических условий полетов в горной местности, над пустынями, большими водными пространствами, в Арктике [Электронный ресурс] // Студалл. орг - URL: <https://studall.org/all2-13999.html>. - (дата обращения: 26.02.2021)
177. Особенности самолетовождения в Арктике и Антарктике [Электронный ресурс] // Все самое интересное о летательных аппаратах. - URL: <http://livit.ru/plane-driving/flights-in-special-conditions/466-osobennosti-samoletovozhdenija-v-arktike-i.html> (дата обращения 20.12.2020)
178. Оформить СМИ и зарегистрировать дрон теперь можно через «Госуслуги» [Электронный ресурс] // 09.02.2021. - URL: <https://russiadrone.ru/news/oformit-smi-i-zaregistrirovat-dron-teper-mozhno-cherez-gosuslugi/>
179. П. Клевошин. Грузовой беспилотник поднял 110 млн рублей [Электронный ресурс] // Ведомости. - 26.01.2020. - URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/01/26/855559-gruzovoi-bespilotnik>
180. П. Чернышов. «Газпром нефть» внедряет в Арктике беспилотные технологии [Электронный ресурс] // Комсомольская правда (Ямал). - 23.04.2020. - URL: <https://www.yamal.kp.ru/daily/27121/4204242/>
181. Патент РФ 2378664 от 09.07.2008. Способ определения местоположения и углов ориентации летательного аппарата относительно взлетно-посадочной полосы и устройство для его осуществления. Заявитель и патентообладатель Бондарев В. Г., Бондарев В. В., Бондарев М. В., Ипполитов С. В., Конотоп В. И., Лейбич А. А. – № 2008128185; заявл. 09.07.2008; опубл. 10.01.2010, Бюл. № 8. – 16 с. - URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2007115257A_20081027
182. Первые полеты в интересах сертификации БАС состоялись на нашем аэродроме «Орловка» [Электронный ресурс] // МАИНС. - 30.11.2020. - URL: <https://www.droneport.aero/post/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%8B-%D0%B2-%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B0%D1%85-%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%B1%D0%B0%D1%81-%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%8C-%D0%BD%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D1%88%D0%B5%D0%BC-%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5-%D0%BE%D1%80%D0%BB%D0%B2%D0%BA%D0%B0>
183. Передвижение на беспилотнике, или Взгляд в будущее [Электронный ресурс] // Большая земля. - 07.03.2017. - URL: <https://bigland.ru/o-kompanii-poleznye-stati/peredvizhenie-na-bespilotnike-ili-vzglyad-v-buduwee/>
184. По собственной информации ГК «Беспилотные системы», 29.12.2020
185. Подготовка кадров для цифровой экономики поможет эффективности бизнеса [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 15.10.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/podgotovka-kadrov-dlya-czifrovoj-ekonomiki-pomozhet-effektivnosti-biznesa.html>
186. Портативные автоматические метеостанции на платформе БПЛА [Электронный ресурс] // Сибаналитприбор. - URL: <http://meteosap.ru/development/bpla/> (дата обращения: 11.02.2021)
187. После карабахского конфликта все говорят о «революции дронов» [Электронный ресурс] // Meduza. - 19.11.2020. - URL: <https://meduza.io/feature/2020/11/19/posle-karabahskogo-konflikta-vse-govoryat-o-revoljutsii-dronov>
188. Почему Норильск стал местом для создания самого «северного» в мире дата-центра [Электронный ресурс] // BitCluster. - 26.09.2020. - URL: <https://bitcluster.ru/news-1/pochemu-norilsk-stal-mestom-dlya-sozdaniya-samogo-severnogo-v-mire-data-tsentra-bitcluster-nord.html>
189. Правительство выделит 12 миллиардов 1200 российских ИИ-стартапам [Электронный ресурс] // CNews.- 02.09.2020. - URL: <https://www.cnews.ru/news/top/2020-09-01-pravitelstvo-vydelit-12>
190. Практическое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для развития туризма в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // М. - Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М.: ИНИОН РАН, 2020. – Ч. 1. - URL: <http://innclub.info/archives/16770>
191. Предложения АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» по созданию единой информационно-управляющей системы в Арктической зоне РФ [Электронный ресурс] // АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова». - 22.08.2014. - URL: <http://okbsimonova.ru/press/news/predlozheniya-ao-npo-%25C2%25ABokb-im-m-p-simonova%25C2%25BB-po-sozdaniyu-edi-noy-informatsionno-upravlyayushchey-sistemi-v-arkticheskoy-zone-rf-67/>
192. Предложения и дополнения в проект решения СФ ФС РФ «Перспективы цифрового развития регионов Арктической зоны» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 09.11.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/predlozheniya-i-dopolneniya-v-proekt-resheniya-sf-fs-rf-%C2%ABperspektivy-czifrovo-go-razvitiya-regionov-arkticheskoy-zonyi%25C2%BB.html>
193. Председатель РСПП-Заполярье вошел в состав ТК «Искусственный интеллект» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 19.07.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vyisokie-texnologii/predsedatel-rssp-zapolyare-voshel-v-sostav-tk-%C2%ABiskusstvennyj-intellekt%25C2%BB.html>
194. Презентация на конференции Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] : https://www.tadviser.ru/images/f/f6/10_%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80.pdf
195. При поддержке НТИ будет создан первый в России полигон для испытания беспилотной авиации [Электронный ресурс] // РВК. - 25.10.2019. - URL: <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/150427/>
196. Применение беспилотных летательных аппаратов при проведении работ на сезонной дрейфующей станции «Северный полюс-2019» [Электронный ресурс] // Росгидромет. - 25.04.2019. - URL: <http://www.meteorf.ru/press/trans/19125/>
197. Применение систем искусственного интеллекта в условиях нового этапа освоения Арктики: аналитический обзор [Электронный ресурс] // Юбилейная XLVI Международная выставка-презентация. - 04.06.2020. - URL: <https://expo-books.ru/category/book?id=11852>

198. Прогнозная оценка развития БАС для решения задач в Арктике [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет».- 15.05.2019.- URL: https://aeronet.aero/press_room/news/151791
199. Проект воздушной разведки на трассе Севморпути ЗАО ЦНИИ «Волна» [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей - Арктика. - 07.06.2018 - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/proekt-vozdushnoj-razvedki-na-trasse-sevmorputi-zao-cznii-%C2%ABvolna%C2%BB.html>
200. Проекты Аэроспейснет прошли стресс-тесты [Электронный ресурс] // Информбюро 20.35. - 10.03.2020. - URL: <https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/aeronet/proekty-aerospeysnet-proshli-stress-testy-.html>
201. Профессиональный стандарт «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее» [Электронный ресурс] // Министерство труда и социально защиты Российской Федерации. - 23.07.2018. - URL: <https://mintrud.gov.ru/uploads/magic/ru-RU/Document-0-8561-src-1535017720.628.docx>
202. Профессия - внешний пилот. Куда пойти учиться на оператора дрона в России? [Электронный ресурс] // Ассоциация «Аэронет».- 22.01.2018. - URL: https://aeronet.aero/press_room/analytics/2018_01_22_how_to_become_drone_operator_in_russia
203. Профстандарты для Арктики 2050 в новом журнале «Арктическое обозрение» [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 30.10.2020. - URL: <http://www.rspp-arctic.ru/vysokie-tekhnologii/profstandartyi-dlya-arktiki-2050-v-novom-zhurnale-%E2%80%9Carkhticheskoe-obozrenie%E2%80%9D.html>
204. Публикуем итоги Общего собрания Клуба [Электронный ресурс] // Клуб авиастроителей. - 20.12.2019. - URL: http://www.as-club.ru/news/publikuем_itogi_obshhego_sobraniya_kluba/2019-12-20-292
205. Пункт управления аэродрома, зал прилета/вылета // Краснознаменная фабрика Модульных Конструкций. - URL: <https://kfmk-modul.ru/node/94> (дата обращения: 03.03.2021)
206. Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // ЕУ. - 18.05.2020. - URL: https://www.ey.com/ru_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020
207. Разрешите взлёт: в России внесены поправки в закон о БПЛА [Электронный ресурс] // DJI Authorized Retail Store. - 10.02.2020. - URL: <https://www.djimsk.ru/guides/2020/02/10/v-rossii-vneseny-popravki-v-zakon-o-bpla/>
208. Роботизированные платформы для посадки и обслуживания дронов: обзор современных решений [Электронный ресурс] // Интеграл. - 12.10.2020. - URL: <https://integral-russia.ru/2020/10/12/robotizirovannye-platformy-dlya-posadki-i-obsluzhivaniya-dronov-obzor-sovremennyh-reshenij/>
209. Роскартография разработала стандарт использования БПЛА при АФС [Электронный ресурс]// Главгеоком. - 18.11.2019. - URL: https://glavgeocom.ru/news/news_33.html
210. Российские ударные дроны [Электронный ресурс] // Правда-ТВ. - 23.02.2016. - URL: <https://www.ppravda-tv.ru/2016/02/23/210459/rossijskie-udarnye-drony-20-foto>
211. Российский рынок беспилотной авиации набирает высоту [Электронный ресурс] // Город55. - 31.05.2018. - URL: <https://gorod55.ru/news/economy/31-05-2018/rossiyskiy-rynok-bespilotnoy-aviatsii-nabiraet-vysotu>
212. Российский рынок беспилотной авиации набирает высоту [Электронный ресурс] // Город55. - 31.05.2018. - URL: <https://gorod55.ru/news/economy/31-05-2018/rossiyskiy-rynok-bespilotnoy-aviatsii-nabiraet-vysotu>
213. РСПП, САФУ и НАНОК обсудили вопросы подготовки кадров для регионов Арктической зоны и Крайнего Севера [Электронный ресурс] // Российский союз промышленников и предпринимателей. - 08.05.2017. - URL: <https://old.rspp.ru/regionalnews/view/14365>
214. С. Андреев. «Газпром Нефть» испытала в Арктике тяжёлый беспилотник [Электронный ресурс] // LIFE. - 21.09.2020. - URL: <https://life.ru/p/1346370>
215. С. Жуков. Изменения в ДК Аэронет 2.0 [Электронный ресурс] // Материалы конференции HeliRussia. - 08.09.2020. - URL: https://helirusia.ru/wp-content/uploads/2020/09/5.ZHukov_Izmeneniya-v-DK-Aeronet-2020_0809_final.pdf
216. С.А. Мосиенко. Перспективы бизнеса: грузовые авиаперевозки беспилотными летательными аппаратами вертолетного типа [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2020. — № 33 (323). — С. 45-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/323/73190/> (дата обращения: 24.02.2021)
217. С.В. Кореванов, В.В. Казин. Анализ проблем эксплуатации навигационных систем беспилотных летательных аппаратов на высоких широтах [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА № 201. - 2014. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-ekspluatatsii-navigatsionnyh-sistem-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-na-vysokih-shirotah>
218. С.В. Кореванов, В.В. Казин. Искусственные нейронные сети в задачах навигации беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - №201. - 2014. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyye-neyronnye-seti-v-zadachah-navigatsii-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>
219. С.Г. Оника, О.Е. Куликовская, Ю.Ю. Атаманенко. Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии // Горная механика и машиностроение. - 2018. - №2. - с.15-21
220. Сажаем вертолет вслепую: обзор технологий синтетического зрения [Электронный ресурс] // Хабр. - 09.09.2016. - URL: <https://habr.com/ru/post/369655/>
221. Саратовская электроника для беспилотников поможет в освоении Арктики [Электронный ресурс] // СаратовБизнесКонсалтинг. - 20.05.2019. - URL: <http://news.sarbc.ru/main/2019/05/20/232781.html>
222. Свердловские ученые придумали первый в мире беспилотник, который может совершать посадку на провода [Электронный ресурс] // Уральский рабочий. - 27.12.2018. - URL: <https://уральский-рабочий.рф/news/item/23440>
223. Свертка // PPT-online. - <https://ppt-online.org/688178> (дата обращения 23.03.2021)
224. Система информационного обеспечения полетов беспилотников представлена на навигационном форуме «Навитех» [Электронный ресурс] // Российские космические системы. - 24.04.2018. - URL: <http://russianspacesystems.ru/2018/04/24/navitech-2018/>
225. Совет Федерации предложил создать дата-центры в Арктике [Электронный ресурс] // РБК. - 10.11.2020. - URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/10/11/2020/5fa93e719a7947e273f617e1
226. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.- URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18298#1
227. Сотрудники ГОИН и МФТИ испытывали в Арктике беспилотный летательный аппарат, оснащенный радиолокатором

- [Электронный ресурс] // Росгидромет. - 20.07.2020. - URL: <http://www.meteorf.ru/press/news/21772/>
228. Специалисты ФПИ создадут беспилотник для Арктики с длительностью полета до четырех суток [Электронный ресурс] // ТАСС Наука. - 21.01.2019. - URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/6021742>
229. Стажировка специалиста из Кроноцкого заповедника // NextGIS. - 23.12.2011. - URL: <https://nextgis.ru/blog/kronoki-intern/>
230. Стартовало обсуждение модельной конвенции по робототехнике и AI [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 20.05.2019. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-texnologii/startovalo-obsuzhdenie-modelnoj-konvenczii-po-robototexnike-i-ai.html>
231. Суперкам проводит беспилотную разведку льдин в Арктике [Электронный ресурс] // Беспилотные системы. - URL: <https://supercam.aero/news/supercam-provodit-bespilotnyu-razvedku-ldin-v-arktike> - (дата обращения 30.12.2020)
232. Т. Алиреза. Выбор оптимальной стратегии полета транспортного вертолета с помощью методов искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Каталог диссертаций. Диссертация кандидата технических наук. - 1999. - URL: <https://www.dissercat.com/content/vybor-optimalnoi-strategii-poleta-transportnogo-vertoleta-s-pomoshchyu-metodov-iskusstvennog>
233. Т. Ларионова. Арктическая авиация: необходим системный подход. Эксперты обсудили современное состояние и перспективы развития полярной авиации [Электронный ресурс] // Транспортная безопасность. - 08.09.2020. - URL: <http://atb-tsa.ru/archives/16364>
234. Т. Матвеева. Новые методики изучения природы Арктики с помощью космоснимков и данных с беспилотников разработали на географическом факультете МГУ [Электронный ресурс] // Научная Россия. - 14.04.2020. - URL: <https://scientificrussia.ru/articles/copy-of-novye-metodiki-izucheniya-prirody-arktiki-s-pomoshchyu-kosmosnimkov-i-dannyh-s-bespil>
[otnikov-razrabotali-na-geograficheskom-fakultete-mgu](https://scientificrussia.ru/articles/copy-of-novye-metodiki-izucheniya-prirody-arktiki-s-pomoshchyu-kosmosnimkov-i-dannyh-s-bespil)
235. Т.В. Сазонова, А.С. Пахунов, А.А. Погодин, А.А. Туленков. Исследование по выбору нейронной сети и ее архитектуры для создания системы автоматического распознавания объектов беспилотного летательного аппарата [Электронный ресурс] // Четвертая всероссийская научно-техническая конференция «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». Тезисы докладов. - 14-15.11.2019. - URL: <https://gosniias.ru/pages/d/st-4-konf.pdf>
236. Т.В. Сафонова. Авиационная метеорология [Электронный ресурс] // УБАУГА. - Учебное пособие. - 2005. - URL: http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2015/Safonova_1.pdf
237. Тактический БПЛА «ГрАНТ» // Авиару.рф . - URL: <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/рf/bpla/takticheskij-bpla-grant/> (дата обращения: 03.03.2021)
238. Тестирование первой в мире системы управления дронами начнется в Арктике в 2020 году [Электронный ресурс] // Будущее России. Национальные проекты. - 21.11.2019. - URL: <https://futurerussia.gov.ru/nacionalnye-proekty/testirovanie-pervoj-v-mire-sistemy-upravlenia-dronami-nacnetsa-v-arktike-v-2020-godu>
239. Томский метеорологам в работе помогут роботы-дроны [Электронный ресурс] // ИА «Омск Здесь». - 13.04.2015. - URL: <https://omskzdes.ru/society/31239.html>
240. Транспортная логистика будущего: как беспилотники изменят рынок [Электронный ресурс] // ABL. - URL: <https://www.ablcompany.ru/news/transportnaya-logistika-budushchego-kak-bespilotniki-izmenyat-rynok> (дата обращения: 01.03.2021)
241. Ту-143 [Электронный ресурс] // Википедия. - 19.01.2016. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83-143>
242. Тяжесть беспилотника для российских нефтяников [Электронный ресурс] // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса. - 19.04.2019. - URL: <https://nangs.org/news/technologies/tyazhesty-bespilotnika-dlya-rossiyskih-neftyanikov>
243. Учёные создали беспилотник, который работает при низких температурах [Электронный ресурс] // The Arctic. - 13.10.2015. - URL: <https://ru.arctic.ru/infrastructure/20151013/190334.html>
244. Формируется Экспертный совет по искусственному интеллекту в Арктике [Электронный ресурс] // Бизнес-Поинтер. - 20.05.2018. - URL: <https://b-pointer.ru/formiruetsya-ekspertnyj-sovet-po-iskusstvennomu-intellektu-v-arktike/>
245. Форпост [Электронный ресурс] // Новый оборонный заказ. - <https://dfnc.ru/katalog-vooruzhenij/bpla/forpost/> (дата обращения: 20.02.2021)
246. Цап-царап не получается: почему не летают российские беспилотники [Электронный ресурс] // Новые известия. - 13.01.2021. - URL: <https://newizv.ru/article/general/13-01-2021/tsap-tsarap-ne-poluchaetsya-pochemu-ne-letayut-rossiyskie-bespilotniki>
247. Цифровые двойники в Арктике на Digital Twins Day 2020 [Электронный ресурс] // КС РСПП по развитию Северных территорий и Арктики. - 28.09.2020. - URL: <http://www.rssp-arctic.ru/vysokie-texnologii/czifrovyye-dvojniki-v-arktike-na-digital-twins-day-2020.html>
248. Что такое FPV? Описание и особенности [Электронный ресурс] // Digbox.ru. - 06.04.2017. - URL: <https://digbox.ru/reviews/fpv/avegantjellyfish.jpg>
249. Что такое искусственный интеллект? [Электронный ресурс] // AIPORTAL. - URL: <http://www.aiportal.ru/articles/introduction/ai.html> (дата обращения: 26.11.2020)
250. Э. Багдасарян. Российский рынок технологий беспилотных авиационных систем. Особенности, проблемы, перспективы [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. - 14.04.2017. - URL: <https://russiandrone.ru/publications/rossiyskiy-rynok-tekhnologiy-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-osobennosti-problemy-perspektivy/>
251. Ю. Котиков. Как дроны меняют нашу жизнь? [Электронный ресурс] // RUSBASE. - 17.11.2015. - URL: <https://rb.ru/opinion/drons-and-you/>
252. Ю.В. Иванов. Концепция построения и проектирования авионики малоразмерных беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Библиотека РФФИ. - 2009. - URL: https://www.rffi.ru/project_search/o_52075
253. Ю.Н. Кораблев. Оперативное информирование экипажей воздушных судов об опасных метеоявлениях в районах арктических посадочных площадок [Электронный ресурс] // Научный вестник МГТУ ГА. - том 21 - №05. - 2018. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-informirovanie-ekipazhey-vozdushnyh-sudov-ob-opasnyh-meteoyavleniyah-v-rayonah-arkticheskikh-posadochnyh-ploschadok>
254. Якорь для беспилотника. Отстающее регулирование все сильнее тормозит перспективный рынок [Электронный ресурс] // Аэронет. - 06.07.2020. - URL: https://aeronet.aero/press_room/analytics/021925
255. A. Hannestad. Rapport: Send droner til Arktis (Дания в Арктике делает ставку на БПЛА) [Электронный ресурс] // Politiken. - 28.08.2016. - URL: <https://politiken.dk/indland/art5633958/Rapport-Send-droner-til-Arktis> (перевод на русский: 5 секунд нейронной активности. - <https://5cek.livejournal.com/467958.html>)

256. Chris Baraniuk. US military tests swarm of mini-drones launched from jets [Электронный ресурс] // BBC.- 10.01.2017. - URL: <https://www.bbc.com/news/technology-38569027>
257. Universität Zürich: Drohnen fliegen autonom dank künstlicher Intelligenz [Электронный ресурс] // Drohnen. - 11.02.2016. - URL: <https://www.drohnen.de/10427/drohnen-fliegen-autonom-dank-kuenstlicher-intelligenz/>
258. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Testing In Prudhoe Bay, Alaska [Электронный ресурс] // Sumflows. - 10.04.2013. - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oRs2kaCcPCI>
259. Стартовая страница проекта Google Earth [Электронный ресурс]. - <https://www.google.com/earth/>
260. Эшли Нуньес. Три препятствия, которые могут погубить идею беспилотного авиалайнера [Электронный ресурс] // BBC Future.- 12.10.2019. - URL: <https://www.bbc.com/russian/vert-fut-49977241>

УДК 656.7: 629.7:338.47:004.896

ББК 39.5:32.813

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ТЕХНОЛОГИЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОНОГРАФИЯ

РЕДАКТОР
Финашёва М.А.

ВЕРСТКА И ДИЗАЙН
Шмаль Е.Ю.

Информация, размещенная в монографии, используется в некоммерческих и исключительно ознакомительных целях, получена на основе мнений экспертов, их информационных материалов, а также из открытых источников и других ресурсов.

Книга предназначена для специалистов, работающих в промышленности в области создания соответствующих систем, научным сотрудникам и аспирантам, специалистам, работающим в сфере беспилотной авиации. Она будет полезна также и для студентов средних-специальных и высших учебных заведений, обучающихся по профильным специальностям, в т.ч. «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» поскольку ее содержание соответствует программам специальных профессиональных дисциплин. Особая аудитория издания - руководители компаний - потенциальных заказчиков услуг с применением беспилотных воздушных судов.

Подписано в печать 12.12 2021 г.
Печать цифровая. Бумага офсетная. Объем 12 п.л.
Тираж 300 экз.

ISBN: 978-5-4497-1443-5
DOI: 10.23682/120431