

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ»

Факультет гражданской авиации  
Кафедра организации движения и обеспечения безопасности на воздушном  
транспорте

КОНКУРСНАЯ РАБОТА

**НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ПЕРСПЕКТИВНОЙ UAM СИСТЕМЕ**

Авторы: Кунай Екатерина Юрьевна  
Шаведдинова Карина Владимировна

очная форма обучения

специальность: 1-44 01 05 «Организация движения и обеспечение полётов на воздушном транспорте»

3 курс гр. У118

Научный руководитель

Доктор технических наук, профессор Скрыпник О.Н.

Минск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Анализ перспектив развития рынка беспилотных авиационных систем .....	3
2. Концепция UAM.....	5
3. Проблемы и особенности нормативно-правового регулирования применения беспилотных авиационных систем .....	8
4. Анализ способов организации воздушного пространства и трафика БАС	14
5. Классификация воздушного движения БВС .....	24
6. Методы контроля и управления трафиком в UAM системе .....	27
Заключение .....	32
Литература .....	34

## **Введение**

Современный мир не стоит на месте. Авиация тоже должна идти в ногу со временем. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – это то, пока еще недостаточно изведенное направление, в котором существует огромное количество возможностей и приложений. Актуальность и научную новизну темы подтверждают отсутствие полноценных исследований в этой области и перспективность технологий, находящихся в процессе формирования.

Целью представленной научной работы является исследование БПЛА как составной части гражданской авиации, а также изучение перспектив развития беспилотной авиации в рамках концепции Urban Air Mobility (UAM).

Задачами являются:

изучение нормативно-правовой базы как на национальном, так и на международном уровнях, касающейся БПЛА;

оценка рисков внедрения БПЛА в воздушное пространство;

организация воздушного пространства для БПЛА безопасным для пилотируемой авиации методом;

анализ систем, датчиков, используемых в беспилотной авиации;

предложение рациональной и эффективной структуры по контролю за трафиком воздушного движения БПЛА.

В работе показаны некоторые особенности и возможности БПЛА, а также возможности организации и управления их трафиком.

### **1. Анализ перспектив развития рынка беспилотных авиационных систем**

Быстрый рост индустрии беспилотных авиационных систем (БАС) вызывает острую необходимость координации процессов, связанных с внедрением БПЛА в воздушное пространство (ВП). В основе таких процессов лежит создание на международном, региональном и национальном уровне нормативно-правовой базы, с одной стороны – регулирующей эти процессы для безопасной интеграции БАС в существующую систему организации воздушного движения (ОрВД) и контролируемое ВП, с другой – не препятствующей развитию индустрии БАС. Основная цель такого регулирования заключается в создании и поддержании одинаковых норм безопасности для пилотируемой и беспилотной авиации, и в то же время обеспечении высокого и единообразного уровня охраны окружающей среды.

В роли основного регулятора на международном уровне выступает Международная организация гражданской авиации (ИКАО). ИКАО поддерживает интеграцию БАС в несегрегированное ВП, исключая негативное

воздействие БПЛА на пилотируемую авиацию, и определяет ряд положений, касающихся развития процессов интеграции БАС в ВП, а именно:

в основе всех процессов интеграции БАС в контролируемое и неконтролируемое ВП должна лежать оценка рисков, связанных с влиянием БАС на безопасность полетов и окружающую среду;

БАС должны функционировать на общих принципах с пилотируемой авиацией, что подразумевает их соответствие в нормативном и эксплуатационном плане системе ОрВД и управления воздушным движением (УВД), регулирующую организацию и использование ВП пилотируемой авиацией;

БАС должны развиваться в соответствии с концепцией Performance Based Navigation (PBN), что определяет требования к бортовым датчикам БПЛА, каналам связи борт-земля и земля-борт и содержанию передаваемой по ним информации;

важная роль отводится системе наблюдения за беспилотным воздушным судном (БВС) и ситуационной осведомленности всех участников воздушного движения (диспетчеры, пилоты ВС, операторы БВС) о состоянии ВП, процессах, его характеризующих в требуемый момент времени и динамике изменения этих процессов;

развитие и интеграция БАС в систему ОрВД должны проходить поэтапно.

В данный момент специфика рынка БПЛА заключается в преобладании производителей военных аппаратов над потребительскими и коммерческими. При этом основная часть производителей военных БПЛА имеет в своем портфеле либо уже устаревшие технически модели, либо только опытные современные образцы, которые демонстрируются на выставках, но не поступают в массовое производство.

В современных условиях рынок беспилотных систем меняется достаточно быстрыми темпами и демонстрирует значительный рост. За последние пять лет интерес оборонных заказчиков к БПЛА значительно вырос, что привлекло на этот рынок сотни поставщиков, предлагающих не только готовые платформы, но и разнообразные программные продукты, датчики, коммуникационные решения и т.д.

Эволюция развития БПЛА очень интенсивна: на смену первым аппаратам, которые использовались как разведчики, пришли современные комплексные устройства, которые могут вести наблюдение, сопровождение и уничтожение многочисленных наземных и воздушных целей, а также выполнять гражданские миссии: перевозить грузы и людей. В настоящий момент развиваются беспилотные платформы, спроектированные на большие высоты полета.

Можно выделить несколько основных тенденций развития рынка беспилотных летательных аппаратов:

- внедрение БПЛА в сегменты, которые ранее обслуживались только силами космических аппаратов и пилотируемых воздушных судов;
- сравнительно небольшие затраты относительно цены самих аппаратов;
- формирование нового рынка услуг для различных сервисов.

Что касается классификации БПЛА, существует большое количество базовых признаков, основными из которых являются [1]:

- использование (военные, гражданские (государственные, частные и коммерческие), антитеррористические);

- размер и масса (легкие, средние и тяжелые);

- тип системы управления (дистанционно-пилотируемые, дистанционно-управляемые, автоматические);

- правила полета (визуальные, приборные и визуально-приборные);

- радиус действия (ближний, малый, средний и дальний);

- тип конструкции (самолетные, мультироторные, аэростатические и конвертопланы);

- класс ВП (сегрегированные и несегрегированные);

- тип ЛА (самолетные, вертолетные, конвертоплановые);

- тип крыла (плавающее и фиксированное);

- направление взлета и посадки (горизонтальные, вертикальные и смешанные);

- тип взлета и посадки (аэродромные, запускаемые/точечные, ручные, водные и мультипосадочные);

- применение (транспортировка, аэрофотосъемка, обеспечение безопасности и военная сфера, мониторинг объектов и т.д.).

Данный список далеко не полный, так как существует еще большее деление БПЛА и на другие базовые признаки. Но даже с этим списком можно сделать вывод, что рынок БПЛА огромен. По экспертным оценкам на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по беспилотной тематике будет израсходовано 28,7 млрд долларов. Эта внушительная цифра означает, что международная кооперация БПЛА – та основа, которую необходимо наладить как можно раньше.

## **2. Концепция UAM**

Из-за пробок на дорогах водители тратят огромное количество времени и топлива, выбросы от которого ученые всего мира пытаются подсчитать и сократить. Именно поэтому и многим другим причинам набирает популярность такая концепция как городская аэромобильность или Urban Air Mobility

(UAM). Это городские транспортные системы, которые перемещают людей и грузы по воздуху, так называемое аэротакси. Аэромобильность может развиваться как по пилотируемым, так и по беспилотным направлениям.

Особенность городского такси – вертикальные взлет и посадка. Существует более 200 проектов и концепций таких самолетов. Большинство конструкций являются электрическими, что особенно важно, так как пристальное внимание в авиации уделяется не только безопасности и эффективности, но и защите окружающей среды. Так же в конструкции используются несколько роторов, чтобы минимизировать шум, обеспечивая при этом высокую устойчивость системы.

По всему миру компании разрабатывают небольшие электрические самолеты с вертикальными взлетом и посадкой или eVTOL [2] (electric powered vertical takeoff and landing), чтобы перенести загруженность автомобильных трасс на воздушные. В настоящий период времени UAM – это реальность для тех, кто готов заплатить немного больше, чтобы сэкономить время. По прогнозам, к 2050 году UAM может распространиться настолько широко, что будет обеспечивать более чем 400 миллионов пассажирских самолетов в год или 4% от внутренних рейсов.

UAM основана на текущих темпах урбанизации, постоянном росте экономики и прогнозируемом увеличении загруженности дорог. Его планируют использовать в аварийных службах, транспортировке различных видов грузов (например, крови и органов), мониторинге движения, общественной безопасности и пассажирском транспорте.

Особенность и главное отличие от вертолета – несколько роторов с электроприводом, а не один большой ротор, встречающийся на типичном вертолете. Это делает eVTOL более экономичным в эксплуатации и обслуживании, а также тихим и экологичным средством передвижения.

Концепция UAM будет развиваться в три основных этапа. Первый этап – это поездки внутри огромных мегаполисов, а также возможность быстро и комфортно добраться до аэропорта, который обычно находится далеко за пределами города. Второй – региональная транспортировка в пределах страны. И третий – длительные маршруты как между городами, так и между ближними странами.

Данная концепция в первую очередь начнет свое развитие в тех городах и странах, где плотность населения наиболее высокая.

Программа UAM стартовала в мае 2018 года и является частью Европейского инновационного партнерства в умных городах и сообществах (EIP-SCC).

Программа направлена на создание европейской сети U-Space для удовлетворения потребностей в городской мобильности (общественный транспорт, такси), как услуге.

Инициатор программы - концерн Airbus, выпустивший в сентябре 2018 года «Дорожную карту безопасной интеграции автономных воздушных судов», в которой изложена концепция будущей глобальной системы UTM, основанной на требованиях и концепции использования воздушного пространства, технологиях и нормативном регулировании для обеспечения возможности реагирования на будущие прогнозируемые транспортные нагрузки.

В дорожной карте определены сервисы и услуги UTM на основе «архитектуры, ориентированной на микросервисы, в которой услуги создаются и предоставляются многими участниками». Для любого конкретного микросервиса UTM может быть несколько провайдеров, например, несколько поставщиков услуг, выполняющих отслеживание и разрешение конфликтов в режиме реального времени.

Аналогичный UAM проект в США стартовал в 2018 году в рамках программ исследований аэромобильности, проводимых Национальным аэрокосмическим агентством NASA (National Aeronautics and Space Administration) совместно с FAA (Federal Aviation Administration).

В мае 2018 г. NASA подписало соглашение о сотрудничестве с компанией Uber Technologies для изучения концепций и исследования технологий, связанных с городской аэромобильностью в целях создания безопасной и эффективной экосистемы будущих воздушных пассажирских и грузовых перевозок, осуществляемых пилотируемыми и беспилотными воздушными судами в городах и населенных пунктах.

В настоящее время существует несколько категорий воздушного транспорта, предлагаемых для реализации концепции UAM, каждая из которых имеет четкие характеристики и потенциальное использование:

традиционные пилотируемые лицензированным пилотом ВС, используемые в качестве воздушных такси (преимущественно применение вертолетов с вместимостью 2-6 пассажиров), дальность действия 100-300 км;

БВС для перевозки пассажиров и грузов – мультикоптеры с вертикальным взлетом и посадкой (eVTOL) с электрическими (гибридными) двигателями, будут опционно пилотироваться традиционным способом лицензированными пилотами на борту, дистанционно лицензированным внешним пилотом или будут полностью автономными транспортными средствами, дальность действия до 120 км;

летающие автомобили (транспортные средства, которыми водитель/пилот может управлять в конфигурации автомобиля до аэропорта или посадочной площадки, перенастроить автомобиль в режим воздушного судна, а затем выполнить полет в аэропорт назначения), предназначенные для перевозки людей на средние расстояния (100-300 км), в ближайшем будущем, вероятно, станут способными к VTOL;

перспективные транспортные БВС, будут сочетать в себе характеристики беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов, могут взлетать и осуществлять посадку практически в любом месте, с высокой скоростью и дальностью более 300 км, обладающие расширенными возможностями VTOL и не требующие установленного аэропорта взлета и посадки, первоначально будут пилотироваться лицензированным пилотом, но с течением времени смогут стать полностью автономными БВС.

С точки зрения технологической готовности, отрасль городской аэромобильности находится на высокой стадии развития, но, как мы знаем, все инновации тянут за собой необходимые действия для их внедрения. Таковыми являются: сертификация БПЛА и их программного обеспечения, а это значит определение и разработка рабочих стандартов, которые необходимо согласовать с органами власти; принципиально новая структура использования воздушного пространства и организация воздушного движения и требования к уровню шума и безопасности.

Согласно исследованию Porsche, рынок городской малой авиации будет активно расти после 2025 года. Однако по мнению главы производителя электрокаров Tesla Motors Илона Маска, массовое появление летающих автомобилей может представить собой серьезную опасность для людей. Чтобы этого не произошло, необходимо разработать эффективную систему организации и управления трафиком.

UAM не новая концепция с точки зрения перевозки пассажиров, так как еще в 1980-х годах процветали поездки на вертолетах в пределах города, но из-за создаваемого шума особого распространения эта задумка не получила. Однако UAM имеет принципиально новые возможности: цифровые технологии, усовершенствованные аккумуляторы, электрическую силовую установку и самое главное – автономность.

### **3. Проблемы и особенности нормативно-правового регулирования применения беспилотных авиационных систем**

В настоящее время БАС в основном обеспечивают решение социальных, а также военных задач и охрану государственных границ. Перечень областей возможного применения БПЛА постоянно расширяется и включает в себя



аэрофотосъемку, зондирование земель и посевов, связь и коммуникации, лесоохрану и защиту окружающей среды, охрану важных объектов, а также перевозку населения и грузов. Они создают новые возможности для коммерческих предприятий и операторов в плане повышения их эффективности и снижения стоимости, а также обеспечения безопасности.

Главная задача – создание безопасной и эффективной авиационной системы в мире, обеспечивающей надежное, эффективное и полное обслуживание населения.

Использование беспилотных аппаратов в едином контролируемом ВП требует пересмотра авиационной политики, правил, условий применения, стандартов и процедур. Это требует также своей системы управления, сертификации и подготовки летного и технического состава.

Совместное использование ВП беспилотными и пилотируемыми летательными аппаратами накладывает особые требования на вопросы безопасности полетов, сертификации и обучения персонала, организации связи и управления, ремонта и обслуживания, охраны и обеспечения безопасности в перегруженном воздушном пространстве. В одних случаях возможно применение отработанных на пилотируемой авиационной технике систем. В других случаях потребуются разработка новых систем обеспечения безопасности полетов.

Указом Президента Республики Беларусь от 5 июня 2019 года № 215 «О пресечении полетов авиамodelей и беспилотных летательных аппаратов» военнослужащим (сотрудникам) воинских формирований и органов внутренних дел, работникам военизированной охраны в целях охраны общественных порядка и безопасности разрешено применять специальные средства, оружие, боевую и специальную технику, если беспилотные летательные аппараты (авиамodelи) используются с нарушением законодательства [3].

Можно констатировать, что проблема нормативно-правового регулирования применения БАС в Республике Беларусь стоит еще более остро, чем на международном уровне. При этом в нашей Республике уже существуют и активно используются различные беспилотные авиационные комплексы, которые также нуждаются в управлении со стороны закона.

В данный момент существуют следующие проблемы, касающиеся внедрения БПЛА в ВП:

- подготовка и утверждение нормативно-правовой базы;
- сертификация БПАС;
- создание систем обнаружения и предупреждения;
- использование частотного спектра, включая его защиту от непреднамеренного или незаконного вмешательства;

обеспечение эшелонирования БАС относительно других воздушных судов;

разработка единой системы обмена данными;

подготовка и обучение специалистов для создания, обслуживания и управления БПАС;

выдача свидетельств персоналу;

проведение их медицинского освидетельствования и т.п.

Что касается ИКАО, уже создается необходимая международная нормативная база, основанная на использовании стандартов и рекомендуемой практики (SARPS). Она дополняется правилами аэронавигационного обслуживания (PANS) и инструктивными материалами, проведением конференций, совещаний и других организационных мероприятий, представляющими собой фундамент, обеспечивающий выполнение регулярных полетов БАС во всем мире безопасным, согласованным и эффективным образом по аналогии с полетами воздушных судов с пилотом на борту.

Роль ИКАО в разработке нормативных документов по БПАС наиболее высока. Рассмотрим основные положения документов ИКАО.

Что касается ответственности за обеспечение безопасности полетов и защиту населения от воздействия опасных авиационных факторов, ее несут непосредственно ведомства гражданской авиации (ГА). Однако и эксплуатанты БВС также несут ответственность за безопасность эксплуатации.

На все БВС распространяются положения статьи 8 "Беспилотные воздушные суда" Конвенции о международной гражданской авиации, которая предписывает выполнение полетов БПЛА только над территориями тех государств, от которых получено разрешение, а также обеспечение безопасности полета с целью избегания опасности для гражданских воздушных судов [4].

Разрешено использование полностью автономных БПЛА, т.е. на основе предварительно заложенной программы выполнения его полета без вмешательства оператора, но при определенных ограничениях. Соответственно, диапазон эксплуатационных режимов БПЛА может охватывать визуальные полеты в пределах прямой видимости оператора (VLOS), полеты за пределами прямой видимости (BVLOS) и групповые полеты в связке в автоматическом режиме.

Физическая среда каждого государства имеет свои особенности, поэтому нормативные органы должны учитывать места эксплуатационного базирования БАС и обеспечивать управление спросом на их эксплуатацию с учетом следующих аспектов физической среды:

близость аэродромов, контролируемого ВП или загруженных воздушных трасс;

городские/густонаселенные районы в сравнении с сельской/открытой местностью;

приемлемость выполнения полетов БАС вблизи национальных парков, зон ограничения полетов/запретных зон и режимных объектов.

Чтобы безопасно и эффективно интегрировать БПЛА в ВП, необходимо учесть создаваемый ими возможный риск для других воздушных судов, населения и имущества на земле. Это означает, что каждая БАС с точки зрения целей предполагаемого использования, лиц, которые будут осуществлять пилотирование, района, в котором она будет эксплуатироваться, а также веса и скорости БПЛА, должны рассматриваться индивидуально. Использование конкретной БАС разрешается только после оценки рисков, связанных с ее эксплуатацией. Это означает, что необходимо готовить определенный пакет документов и представлять его регулятору для получения разрешения на эксплуатацию БАС.

Наличие всей этой информации позволит определить степень риска для других воздушных судов, населения и имущества. При принятии решений по вопросам эксплуатации БАС факторы риска нужно оценивать в первую очередь.

Можно рассмотреть два основных вида риска: риск нанесения БВС телесных повреждений со смертельным исходом или риск нанесения ущерба имуществу на земле и риск столкновения БВС с другим пользователем воздушного пространства на любом этапе полета.

При оценке риска следует учитывать влияние эксплуатационных факторов сложности и возможные меры по уменьшению рисков. Например:

размер и физические характеристики БПЛА (масса и материалы) могут оказать влияние на вероятность нанесения телесных повреждений людям, ущерба имуществу или повреждения другого воздушного судна;

близость к аэродромам или зонам ограничения полетов/сегрегированному воздушному пространству может увеличить вероятность столкновения с другими пользователями воздушного пространства;

выполнение полетов в густонаселенных районах или районах с высокой плотностью воздушного движения может увеличить вероятность нанесения телесных повреждений людям и потери управления по причине частотных помех, потери сигнала GNSS или влияния других факторов;

сложные задачи или сложные условия эксплуатации (метеоусловия) могут также увеличить вероятность инцидента или авиационного происшествия;

рабочие высоты и/или классификация воздушного пространства могут повлиять на вероятность столкновения с другими пользователями воздушного пространства.

Меры по уменьшению рисков могут охватывать технические характеристики БАС (улучшение заметности, проблесковые огни, повышающие видимость), квалификацию персонала, эксплуатационные процедуры или требования эксплуатантов.

Правила применения БАС рекомендуется разрабатывать на основе концепции PBN (навигации, основанной на характеристиках), когда описывают ожидаемый результат, а не то, каким способом этот результат должен достигаться.

Пример системы классификации, которую можно использовать при разработке нормативной основы, регламентирующей на начальном этапе выполнение полетов БАС, представляющих незначительный риск, с последующим переходом к производству полетов, характеризующихся более высокой степенью риска показан на рис. 1.



Рис. 1. Категории незначительного риска

Предлагается классифицировать полеты БВС по 3-м категориям риска:

А) Категория незначительного риска

Полеты на основе конкретно определенных условий можно выполнять без разрешения, требуемого нормативным органом. Примеры таких полетов: визуальные полеты в пределах прямой видимости (VLOS), выполняемые только в дневное время и в визуальных метеорологических условиях; полеты, выполняемые на установленном расстоянии от людей, зданий и аэродромов;

полеты, выполняемые на предписанной максимальной высоте над уровнем земли;

полеты, выполняемые в неконтролируемом воздушном пространстве, в котором отсутствуют какие-либо ограничения;

полеты с учетом конкретных ограничений летно-технических характеристик, например, по массе, скорости, предельной высоте, скорости набора высоты и снижения.

#### Б) Регулируемая категория минимального риска

В категорию входят визуальные полеты БВС в пределах прямой видимости (VLOS) и использование БВС, обладающих незначительным весом или малой кинетической энергией, а также незначительными возможностями для перевозки коммерческой нагрузки.

Маловероятно, что полеты БВС этой категории приведут к фатальным последствиям или нанесению тяжких телесных повреждений людям на земле, поэтому их регулирование будет осуществляться в меньшей степени, хотя для защиты других пользователей воздушного пространства потребуются ввести некоторые эксплуатационные ограничения, например, ограничения по абсолютной высоте.

На БВС могут распространяться требования к обеспечению опознавания и передаче донесений, особенно до входа в контролируемое воздушное пространство.

#### В) Регулируемая категория приемлемого риска

В эту категорию входят полеты VLOS, выполняемые более крупными и/или более тяжелыми БВС, способными нести большую коммерческую нагрузку, и эксплуатация которых может привести к фатальным последствиям или нанесению телесных повреждений людям на земле или другим пользователям воздушного пространства.

В этом случае потребуются более жесткие нормативные требования, предусматривающие введение эксплуатационных ограничений на использование воздушного пространства, высот, воздушной скорости, близости к аэродромам и загруженным/густонаселенным районам.

На БВС могут распространяться требования об обеспечении простого опознавания и передачи донесений.

С принятием соответствующих мер предосторожности к этой категории можно отнести выполнение полетов BVLOS в более сложных условиях, например, в контролируемом воздушном пространстве, над густонаселенными районами и на аэродромах или в непосредственной близости от них.

Такие полеты требуют принятия серьезных мер по снижению риска, например:

эксплуатанты должны иметь соответствующую структуру управления, обеспечивающую безопасность выполнения полетов, или государство может принять решение о выдаче сертификатов эксплуатанта БАС;

для выполнения полетов БВС должны поддерживаться в работоспособном состоянии и на них могут распространяться требования к сертификации летной годности;

может возникнуть необходимость в регистрации воздушных судов, нанесении на них опознавательных знаков и выдаче владельцу сертификата о регистрации;

эксплуатационные правила, применимые к этой категории, могут быть масштабными.

#### **4. Анализ способов организации воздушного пространства и трафика БАС**

Для применения БПЛА требуется определенное ВП, в котором операции, связанные с перевозками грузов и пассажиров, выполнением каких-либо аварийно-спасательных работ, происходили бы с соответствующим вертикальным и горизонтальным эшелонированием, обеспечивая высокий уровень безопасности полетов в своей среде. Следует отметить, что данное ВП не должно как-либо влиять на безопасность полетов гражданской авиации и также важно, чтобы операции, происходящие в нем, никак не влияли на, так называемое, «наземное пространство», т.е. на жизнь людей. Для обеспечения этих условий концепция организации ВП для БПЛА должна соответствовать положениям, прописанным в документах ИКАО.

Сегодня вопрос об организации воздушного пространства для БПЛА крайне актуален, и в связи с этим, разрабатывается множество методов и подходов, чтобы дать ответ на вопрос: «Как и где организовать полеты для беспилотных летательных аппаратов, не мешая пилотируемым воздушным судам и не нанося вред жизни и здоровью людей?»

Чтобы обеспечить трафик в этом ВП и достаточный уровень безопасности, необходимо создать систему организации воздушного движения VLL Traffic Management System (VTMS), подобно существующей системе ОрВД. Эта система обеспечит выполнение набора локализованных услуг, направленных на предоставление сервисов внешним пилотам ДПАС и пилотируемой авиации.

Система VTMS не будет предоставлять активное диспетчерское обслуживание для БАС в стандартном режиме ОрВД из-за большого количества БВС и может основываться на существующих сетевых информационных технологиях. Система VTMS должна включать сервисы:

- планирования полетов;
- авторизации БВС;
- отслеживания БВС в реальном времени;
- предоставления прогнозируемой и фактической метеорологической и аэронавигационной информации;
- предоставления полетно-информационного и аварийного обслуживания.

Система поддерживает полетные операции и предоставляет достаточные данные для безопасного выполнения полетов БВС на основе имеющейся информации, включающей:

- прогнозные планы полетов БВС;
- планирование использования ВП (суточное планирование по заявкам и регулярный трафик);
- текущие планы полетов БВС (уведомление о выполнении составленного плана, внесение поправок и дополнений или предоставление нового актуализированного плана);
- данные о воздушном пространстве;
- уведомления (NOTAM);
- метеорологическое обеспечение;
- доступная инфраструктура;
- геофенсинг (задание границ территории и инициирование различных событий, когда эти границы пересекает БВС, на котором установлено специальное приложение);
- полеты пилотируемых ВС на высотах ниже 500 футов (150 м).

Рассмотрим несколько возможных вариантов организации воздушного пространства для выполнения полетов БПЛА [5]:

- использование воздушных коридоров;
- использование зон в воздушном пространстве;
- выделение слоев воздушного пространства;
- организация ВП, включающая слои, зоны и воздушные коридоры (смешанное ВП);
- использование динамических делегированных коридоров.

Концепция смешанного воздушного пространства может быть наиболее точно описана как "неструктурированное воздушное пространство", где движение подвергается только физическим ограничениям таким, как погода, статические препятствия и рельеф местности. Поскольку спрос на трафик часто не структурирован, концепция полного смешения предполагает, что любое

структурирование транспортных потоков снижает общую эффективность системы и что безопасность фактически повышается за счет распространения трафика, возникающего в результате саморегулирования.

Таким образом, в концепции полного смешивания ВС разрешается использовать прямой путь между источником и пунктом назначения, а также оптимальные высоты и скорости полета, чтобы уменьшить расход топлива и другие затраты на полет. Поскольку полное смешение не накладывает никаких ограничений на траекторию полета БПЛА, маневры в отношении курса, скорости и высоты используются для уменьшения отклонений от оптимального маршрута и разрешения конфликтов на всех этапах полета.

При организации ВП «слоями» (level layers) оно разделено на вертикально расположенные полосы, где каждый слой высоты ограничивает горизонтальное перемещение в пределах допустимого диапазона курсов (рис.2).

Организация ВП таким методом близка с системой эшелонирования гражданских ВС. Так, в гражданской авиации применяется полукруговая система эшелонирования, при которой ВС, которые летят на восток (курс от 0 до 179 град.), используют нечетные эшелоны, а воздушные суда, выполняющие полеты на запад (курс от 180 до 359 град.) занимают четные эшелоны. В предлагаемой нами концепции для БПЛА будет применена четвертькруговая система эшелонирования. К примеру, ВС, которое летит на северо-восток (курс от 0 до 45 град.), будет занимать, условно, высоту в слое 1650 футов. Для полетов на юго-восток с курсом от 45 до 90 град., на юго-запад – от 90 до 135 град. и на северо-запад – от 135 до 180 град. и т.д. будут выделяться другие высоты в таком же порядке. Эшелонирование производится через 300 футов. Стоит отметить важную роль переходного слоя (feeder layer). Данный слой подразумевает первоначальный набор минимальной безопасной высоты, пролет разделительного уровня (separation layer), затем занятие нужного слоя в соответствии со своим курсом полета.

Такая сегментация ВП снизит вероятность конфликтов за счет ограничения относительных скоростей между БПЛА, выполняющими полет на одной и той же высоте, что увеличивает уровень безопасности полетов. Однако эта повышенная безопасность достигается ценой снижения эффективности: в то время, как прямые горизонтальные маршруты все еще возможны, вертикальный профиль полета диктуется заданным курсом между пунктом вылета и пунктом прибытия и соответствующей ему высоте полета.

Таким образом, БПЛА могут оказаться не в состоянии выполнять полет на оптимальной высоте, что приведет к повышенному расходу топлива. Исключение составляют набирающие высоту и снижающиеся БПЛА, которым



разрешается сохранять курс при наборе высоты или снижении до высоты назначения.

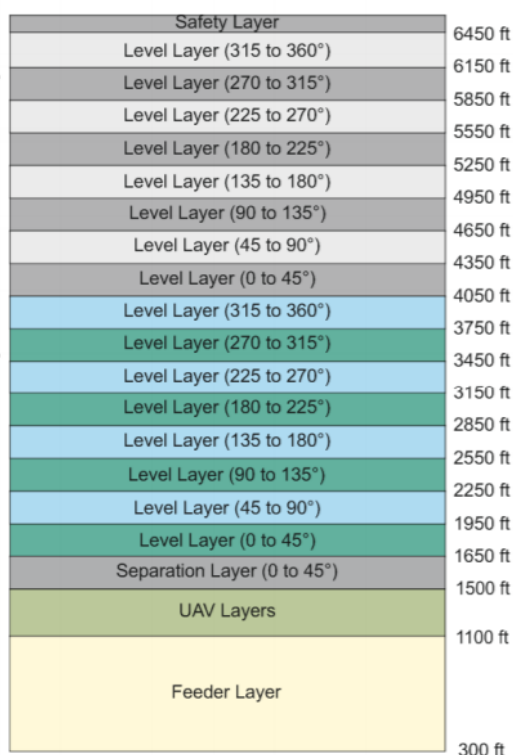


Рис.2. Схематическое изображение ВП в виде слоев

При такой организации ВП полеты на небольшие расстояния следует выполнять на низких высотах, а более длительные полеты для снижения удельного расхода топлива следует выполнять на больших высотах.

Возникает вопрос: «Как и где лететь при взлете, наборе высоты и посадке?» Для этих целей создаются запретные зоны в виде фиксированных воздушных коридоров, которые будут использовать ВС для занятия высоких «слоев». Данные запретные зоны, очевидно, будут проходить через нижнее воздушное пространство, поэтому логично, что они являются запретными только для БПЛА, выполняющих полет на высотах от 1650 до 4050 футов.

Отсюда следует также не менее важный вопрос о разрешении конфликтных ситуаций. Мы считаем, что в потенциально опасных ситуациях ответственным за их разрешения будут БПЛА, летающие в ВП, через которое проходит коридор для набора или снижения. Поскольку размеры данной запретной зоны фиксированы и относительно невелики, то БВС в этой зоне не сможет выполнить маневр, например, изменить направление, не нарушив трафик в самом слое, а это может привести к авиационному происшествию.

Подобно слоям, концепция зон сегментирует трафик на основе сходства направлений движения. Однако если концепция слоев структурирует трафик

независимо от топологии местности (и только по вертикали), то концепция зон учитывает и планировку при проектировании его структуры.

На рис.3 показано структурирование ВП (в горизонтальной плоскости) в соответствии с концепцией зон. Здесь можно выделить два основных типа зон: круговые и радиальные.

Рассмотрим применение концепции зон на примере ВП Республики Беларусь. Примем концентрическую форму для территории страны, вписав границы страны в окружность с центром в точке О (условно, г. Марьина Горка) и проведем еще несколько окружностей разного радиуса из этой точки.

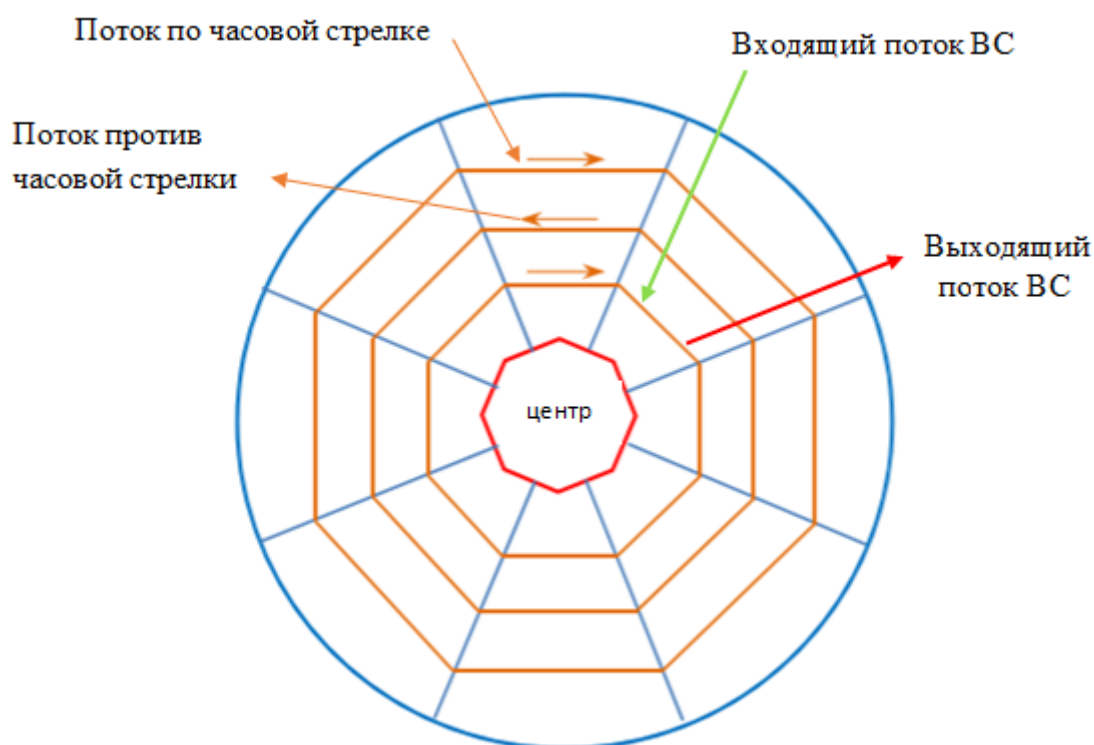


Рис.3. Топология "зон" в горизонтальной плоскости

Круговые зоны используются аналогично кольцевым дорогам, охватывающим территории современных городов. Радиальные зоны функционируют как соединения между этими концентрическими зонами и облегчают движение к центру города и от него. Стоит отметить, что Марьина Горка взята центром из географических соображений, суть в том, что центром может выступать и Минск или любой другой город, схема дорог которого будет аналогична этим концентрическим окружностям, т.е. будут выступать базой для организации воздушного пространства данным методом.

Оба типа зон сегментируют воздушное пространство в горизонтальной плоскости, отсутствует вертикальная сегментация. Вместо этого высота выбирается гибко, исходя из запланированного расстояния полета между пунктом

вылета и пунктом прибытия, в то время как горизонтальная траектория была рассчитана с использованием алгоритма кратчайшего пути. Поскольку топология зоны диктует горизонтальную траекторию полета БПЛА, установление курса для этой концепции не допускается.

Структурирование ВП также может выполняться на основе предоставляемых услуг и на уровне общей производительности системы (прежде всего пропускной способности), необходимой для поддержки данной категории операций. В этом случае доступ к определенной зоне зависит от того, соответствует ли БПЛА уровню производительности системы, предусмотренному для этой зоны. Это отражает реализацию PBN для пилотируемых ВС, в которой используемые навигационные системы должны соответствовать определенному уровню характеристик в зависимости от региона и фазы полета. Фактически, в настоящее время подход в рамках PBN одобрен NASA как потенциально жизнеспособная концепция для принятия и применения к проблеме структурирования воздушного пространства в контексте УВД БПЛА.

В качестве максимально эффективного структурирования воздушного пространства концепция воздушных коридоров реализует четырехмерные коридоры, обеспечивающие фиксированную структуру маршрута в воздухе. Здесь целью является повышение предсказуемости транспортных потоков с помощью заранее спланированных бесконфликтных маршрутов.

Топологию коридоров, состоящих из трех слоев с уменьшающейся детализацией, можно представить в виде графа с узлами и ребрами (рис. 4). Здесь под детализацией понимается количество узлов в заданной зоне ВП. Коридоры действуют в обоих направлениях.

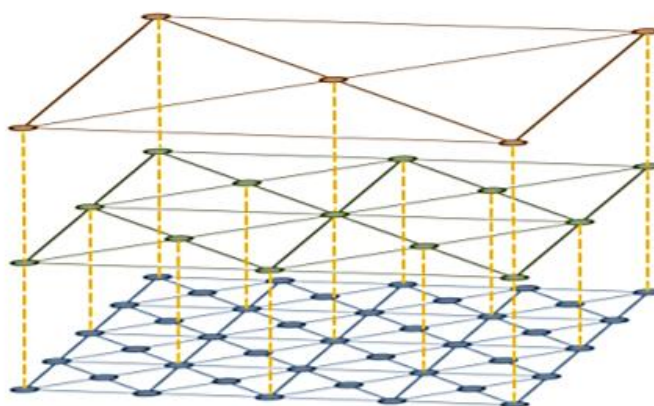


Рис.4. Пример топологии коридоров

Узлы графа являются точками соединения для одного или нескольких маршрутов. Ребра графа - это коридоры, соединяющие два узла. Коридоры на одном и том же горизонтальном уровне никогда не пересекаются, кроме как в

узлах. Размеры коридоров рассчитаны из условия выдерживания в их пределах траектории полета БПЛА в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Все слои, взятые вместе, образуют топологию. Между слоями топологии и внутри них определяются три различных типа коридоров, ребер графа:

соединительные коридоры, соединяющие землю (т.е. точки стартов БПЛА и посадочные площадки или посадочные полосы) с первым слоем;

горизонтальные коридоры, соединяющие различные узлы внутри слоя в одном направлении. Каждый слой имеет два уровня: один уровень для одного направления, другой – для противоположного;

переходные коридоры, позволяющие БПЛА переходить между слоями и направлениями.

Чтобы обеспечить несколько вариантов маршрута, слои, состоящие из коридоров, помещаются друг над другом с уменьшающейся детализацией (уменьшением числа узлов графа).

Полеты на незначительные расстояния относительно эффективны в самом нижнем слое (наибольшее количество узлов графа и наименьшая длина ребра), в то время, как полеты на значительные расстояния эффективны в более высоких слоях (меньшее число узлов и большая протяженность ребер).

Сетки расположены таким образом, что они обеспечивают плавный переход между слоями с учетом траекторий подъема (рис. 5) и спуска (рис. 6). Для этого создаются соединения между узлами в разных боковых положениях, чтобы обеспечить плавный переход между различными слоями.

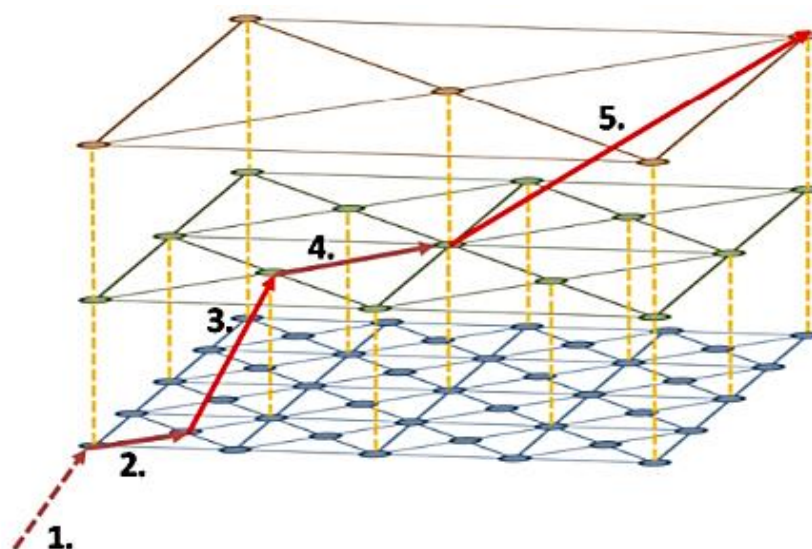


Рис. 5. Траектория набора высоты через узлы графа

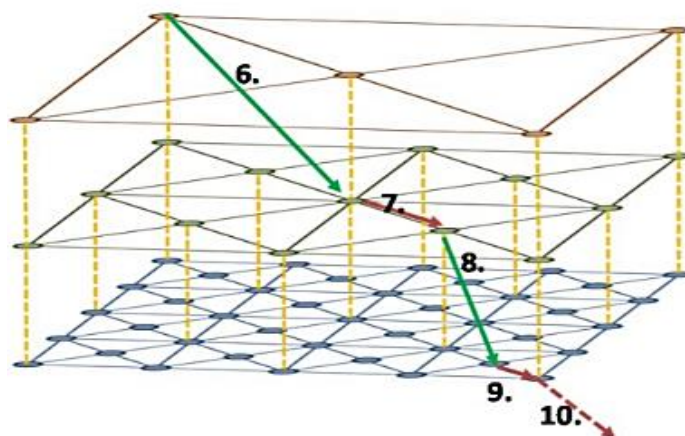


Рис. 6. Снижение ВС с верхнего слоя по графу

В отличие от других концепций, концепция коридоров использует временное (4D) разделение БПЛА для обеспечения безопасности в пределах полученной сети маршрутов. Этот режим разделения диктует, что, когда БПЛА проходит узел, он будет “занимать” этот узел в течение некоторого интервала времени. В течение этого интервала занятости ни одному другому БПЛА не разрешается проходить этот узел. Для каждого узла ведется список интервалов, который отслеживает время, в которое узел, как ожидается, будет занят.

Новые рейсы могут проходить через узел только тогда, когда его необходимый интервал полностью свободен. Чтобы гарантировать, что разделение в узлах также обеспечивает разделение внутри коридоров, все БПЛА в пределах одного слоя должны выполнять полет на одной и той же скорости, а предписанная скорость увеличивается с высотой слоя.

Для предварительного планирования маршрута используется алгоритм поиска кратчайшей траектории от точки входа в граф (зону ВП) до пункта назначения (точки выхода). Чтобы обеспечить бесконфликтную траекторию, проверяется заполняемость каждого узла вдоль предлагаемого маршрута. Если маршрут не подходит, то узел отбрасывается, и алгоритм возвращается назад, чтобы найти другое доступное решение. Если маршрут не найден, применяется предварительная задержка вылета, кратная, например, 10 секундам, до тех пор, пока не будет найден бесконфликтный маршрут.

Следует учесть, что уже существуют правила визуальных полетов (ПВП), которые могли бы быть базисом для разработки правил полетов БАС. Дополненные ПВП позволяют БПЛА работать так же, как пилотируемые ВС работают сегодня с использованием ПВП.

Очевидно, что новые правила полетов, хотя за основу взяты и общепринятые, будут требовать от БПЛА более жесткой проверки летной годности и наличие определенного сертификата. Ведь теперь системы, которые получили

сертификат, будут обеспечивать безопасное эшелонирование и выполнять маневрами уклонения, например, векторение и регулировка скорости, без необходимого участия пилота, однако функции контроля и первостепенного контроля могут остаться. Это обновление правил может указывать другой набор погодных минимумов (т.е. дополненные VMC) для сертифицированного оборудования, чем современные определения VMC, используемые пилотируемые ВС.

В связи с этим вытекает новая концепция, которая, в принципе, тесно связана с дополненными ПВП – концепция динамических делегированных коридоров [6]. Концепция динамических делегированных коридоров предназначена для того, чтобы позволить БВС работать в загруженном воздушном пространстве путем определения конкретных коридоров, которые позволяют процедурно отделиться от обычных воздушных судов, работающих в соответствии с IFR (правилами полета по приборам).

Концепция также определяет набор правил и процедур, помогающих координировать транспортные потоки в пределах этого коридора. Иными словами, это объемы воздушного пространства, предназначенные для полетов с использованием установленного набора процедур и правил. Делегированные коридоры аналогичны понятию коридоров ПВП и взлетно-посадочных полос ПВП, они довольно статичны. Статус динамических делегированных коридоров (ДДК) будет меняться с течением времени, позволяя им открываться и закрываться в зависимости от условий окружающей среды (например, ветра, погоды), плотности движения/спроса, конфигурации аэропортов, т.е. расположение и направление ВПП, количество терминалов, а также трафика в районе аэродрома – все это влияет на количество и расположение коридоров. Их конструкция предполагает, что ВС, которые их используют, будут оснащены технологиями автоматизации полета, которые могут включать в себя другие процедурные механизмы, чем обычно доступны для обычных ВС.

ДДК используют четко определенные границы, которые могут быть переданы в цифровом виде (в отличие от общих областей полета, таких как взлетная полоса ПВП). Точный размер, форма и время применимости, определяющие ДДК, могут меняться с течением времени, отсюда и термин "динамический".

Коридоры могут иметь стандартный ежедневный график транзитной доступности, однако местные диспетчеры воздушного движения имеют возможность открывать/закрывать коридор по мере необходимости для обеспечения безопасности ВП. Отличием является то, что обычный трафик IFR и VFR (правила визуальных полетов) не ограничен от входа в ДДК, но в периоды, когда БВС активно используют ДДК для расширенных операций VFR, диспетчеры

будут стараться избегать давать разрешение на использование данных коридоров ВС.

Динамические делегированные коридоры могут быть определены в пределах воздушного пространства классов В, С и D, а также могут быть определены в границах воздушного пространства класса Е с помощью автоматизированного трафика служба управления.

Динамические делегированные коридоры предназначены для минимизации пересечения оживленных пилотируемых человеком транспортных коридоров ПВП, однако трафик ПВП не запрещен для входа в ДДК.

Концепция операций, основанных на характеристиках (PBN), предназначена для обеспечения роста и масштабируемости операций, связанных с использованием БАС, поскольку самолеты оснащены более совершенными технологиями. Операторы БАС, оснащенные лучшими технологиями, в некоторых случаях смогут летать по наиболее эффективному маршруту. Примеры технологий дифференциации оборудования включают навигационную прецизионную технологию, технологию DAA (Detect-And-Avoid-System), технологию шумоподавления и технологию связи между транспортными средствами Vehicle to Vehicle (V2V). Чтобы наилучшим образом обеспечить операции, основанные на производительности, следует тщательно рассмотреть вопрос о понимании влияния операций со смешанным оборудованием и воздействия на эффективность всей системы.

Операции, основанные на PBN, могут открыть некоторые зоны полета и некоторые ДДК для БПЛА с определенным уровнем оснащения оборудованием. Некоторые коридоры могут быть открыты для БВС, оснащенных оборудованием с определенным уровнем точности навигации, обеспечивая более прямые варианты маршрутизации для них. Например, для обеспечения полетов по узкому коридору может потребоваться большая точность навигации. Некоторые ДДК могут быть открыты для воздушных судов, оснащенных оборудованием с заданной точностью времени прибытия, что обеспечивает высокую пропускную способность операций через коридор. БВС со значительно отличающимися скоростными возможностями также могут определять пропускную способность через данный коридор.

Более эффективные технологии DAA и V2V могут обеспечить более низкие требования к разделению ВП в пределах заданного района полета. Например, БПЛА с высокоэффективным оборудованием V2V может лететь в пределах 100 футов от другого БПЛА с таким же оборудованием, но он должен находиться на расстоянии, по крайней мере, не менее 1000 футов от другого воздушного судна с более устаревшим оборудованием.

Кроме того, некоторые ДДК могут быть открыты для БВС, удовлетворяющих определенным пороговым значениям шумового излучения. Это касается полетов в районах населенных пунктах.

В будущем летно-технические характеристики БПЛА могли бы обеспечить стандарты динамического разделения, предопределяя в каком слое, зоне или коридоре может летать конкретное беспилотное воздушное судно. Данное разделение помогло бы увеличить пропускную способность воздушного пространства для БВС, обеспечить эффективный и надежный поток воздушного движения, который бы не требовал тотального вмешательства диспетчера, и, что еще важнее, обеспечивало высокий уровень безопасности полетов.

## **5. Классификация воздушного движения БВС**

Важно определить не только как будет организовано движение БАС, но и на каких высотах они будут летать. Если воздушное пространство для полетов БПЛА «заставляет» как-либо подстраиваться под определенные факторы, окружающую среду, навигационные характеристики и поток пилотируемых ВС, то с классификацией в этом плане, на наш взгляд, намного проще.

Следует классифицировать ВП так, чтобы оно вписывалось в уже существующую классификацию, не угрожая безопасности полетов пилотируемых ВС, не вредило здоровью и жизни человека, обеспечивалось надежное наблюдение и связь. Разумно выделить классы для БАС в соответствии с их возможностями и задачами, для которых их используют [7, 8].

Классы воздушного движения можно определить следующим образом.

### **А. Классы воздушного движения БВС на очень малых высотах (VLL)**

Класс I - зарезервирован для БАС открытой категории только для полетов VLOS. Категория БВС «покупай и летай», выполняющих полеты в условиях низкого риска в зонах установленных ограничений (зоны аэропортов и др.). В районах с низкой плотностью воздушного движения полеты в данном классе выполняются на высотах ниже 500 футов от уровня земли и подчиняются следующим требованиям:

обязательное объявление о выполнении операций;

БВС должны быть способны к самоэшелонированию в трехмерном пространстве;

только полеты в условиях VLOS;

Возможности геофенсинга гарантируют, что эта категория БВС остается за пределами установленных зон ограничений.

Класс II - свободные полеты (VLOS и BVLOS).



Могут выполняться специальной и сертифицируемой категорией БАС EASA. Класс предполагает выполнение полетов, не предполагающих фиксированной структуры маршрутов БВС (наблюдения, видеосъемки, поисково-спасательные и другие операции).

Полеты выполняются на высотах ниже 500 футов от уровня земли и подчиняются следующим требованиям:

- обязательное разрешение на выполнение полетов (согласование и одобрение прогнозного плана полетов);

- обязательная возможность наблюдения БВС (сотовая связь или другие средства) через наземные пункты;

- полеты VLOS и BVLOS;

- полеты по нефиксированным маршрутам (фиксируется область выполнения полетов);

БВС должны быть способны к самоэшелонированию в трехмерном пространстве;

БВС при выполнении полетов BVLOS должны иметь баровысотомеры, совместимые с пилотируемыми ВС.

Класс III - свободные полеты или структурированные коммерческие маршруты для перевозок на средние и большие дальности в условиях BVLOS.

Могут выполняться специальной и сертифицируемой категорией БВС, способных к операциям на больших расстояниях при выполнении следующих требований:

- обязательное разрешение на выполнение полетов;

- обязательная возможность наблюдения БВС;

- только полеты BVLOS;

- свободные полеты или полеты по структурированным маршрутам;

БВС при выполнении полетов должны иметь баровысотомеры, совместимые с пилотируемыми ВС;

- полеты ниже 500 футов (150 м) от уровня земли.

Класс IV - специальные полеты БВС VLOS и BVLOS, возможность выполнения которых будет оцениваться регулятором в каждом конкретном случае.

Полеты могут выполняться специальной и сертифицируемой категорией БВС в городских районах, аэропортах и других выбранных местах.

Это могут быть полеты гражданских, государственных или военных БВС при выполнении следующих требований:

- требуется специальное разрешение на выполнение полетов;

- возможность выполнения полетов будет оцениваться регулятором в каждом конкретном случае;

полеты в условиях VLOS и BVLOS;

может потребоваться возможность наблюдения БВС.

В. Классы воздушного движения БВС по ПВП и ППП в контролируемом воздушном пространстве.

Класс V- полеты БВС по ПВП и ППП за пределами действующей сети ОрВД и действующих взлетно-посадочных процедур для пилотируемых ВС (SID/STAR).

В этой среде БАС смогут выполнять полеты без негативного влияния на пилотируемую авиацию. Эксплуатация в аэропортах будет осуществляться путем сегрегации от пилотируемой авиации. Возможны полеты из неконтролируемых системой ОрВД аэродромов или выделенных площадок, выполняемых по ПВП, при обязательном ведении радиосвязи с центрами УВД. Никакие дополнительные требования к эксплуатационным характеристикам в данном классе не будут устанавливаться по сравнению с пилотируемой авиацией.

Основные требования к выполнению полетов в данном классе:

эксплуатанты БАС обязаны предоставлять планы полетов, включающие информацию о типе БАС, запланированных операциях (навигация, маршрут, заданные эшелоны и т. д.), процедуры при возникновении непредвиденных обстоятельств, контактные данные;

БАС обязаны отвечать требованиям установленного воздушного пространства по характеристикам связи, навигации и наблюдения;

внешние пилоты ДПВС должны иметь возможность двусторонней радиосвязи с центрами УВД по требованию;

БАС должны иметь способность выдерживания безопасного расстояния от пилотируемых ВС;

внешние пилоты ДПАС должны иметь возможность радиосвязи с центрами УВД (по требованию) при возникновении особых ситуаций (потеря линии связи С2, аварийное и/или контролируемое вынужденное прекращение полета);

возможности БАС по реализации функций предупреждения опасных сближений (DAA) будут совместимы с существующими бортовыми системами предупреждения столкновений (ACAS) пилотируемых ВС.

Класс VI - полеты БВС по ППП, включая операции в сети ОрВД и взлётно-посадочные операции в аэропортах, как предусмотрено для пилотируемых полетов по ППП.

Это могут быть полеты опционально пилотируемых транспортных или полеты новых типов БВС, отвечающих установленным требованиям к эксплуатационным характеристикам окружающей среды ОрВД.

Основные требования к выполнению полетов в данном классе:

эксплуатанты БАС обязаны предоставлять планы полетов, включающие информацию о типе ВС, запланированных операциях (навигация, маршрут, заданные эшелоны и т. д.), процедуры при возникновении непредвиденных обстоятельств, контактные данные;

БАС обязаны отвечать требованиям установленного воздушного пространства по характеристикам связи, навигации и наблюдения;

внешние пилоты ДПВС должны иметь возможность двусторонней радиосвязи с центрами УВД по требованию;

БАС должны иметь способность выдерживания безопасного расстояния от пилотируемых ВС;

внешние пилоты ДПАС должны иметь возможность радиосвязи с центрами УВД (по требованию) при возникновении особых ситуаций (потеря линии С2, аварийное и/или контролируемое вынужденное прекращение полета);

возможности БАС по реализации функций ДАА будут совместимы с существующими бортовыми системами предупреждения столкновений (АСАС) пилотируемых ВС.

## **6. Методы контроля и управления трафиком в УАМ системе**

В настоящее время с помощью БПЛА решается широкий круг задач, к числу которых относятся мониторинг окружающей среды и обследование зон чрезвычайных ситуаций, а в скором будущем, хотя некоторые страны уже пытаются внедрить, эксплуатация БПЛА с целью перевозки людей и грузов.

При обследовании земной поверхности производится обнаружение и определение координат различных объектов (локация) с их последующей привязкой к географическим координатам. Интенсивное развитие БПЛА в настоящее время тесно связано с оптическими (оптико-электронными) датчиками, технологиями технического зрения и распознавания образов, ведь пилота, который мог бы контролировать воздушную обстановку, за штурвалом нет.

Оптические датчики устанавливаются на БПЛА практически всех типов. Компактные оптические датчики могут быть даже установлены на микро-БПЛА со взлетной массой менее 1 кг.

Пассивные оптические датчики имеют малые массу и габариты, потребляют небольшую мощность от бортовой сети электропитания, могут одновременно измерять дальности до всех объектов, находящихся в поле зрения, и определять их размеры. В отличие от активных лазерных систем, пассивные датчики могут измерять дальности до объектов со сложной конфигурацией, с низким коэффициентом отражения или зеркальной поверхностью.

Задача навигации является основной при выполнении полета. Задачи мониторинга наземных объектов и навигации тесно связаны друг с другом, так

как после определения координат этих объектов необходима их привязка к неподвижной системе координат. Для решения задачи навигации можно использовать подход, разработанный для стереоскопических и угломерных систем, в котором учитывается взаимосвязь координат объекта и пассивного оптического датчика (ОД) на борту БПЛА.

На практике в БПЛА совместно используется аппаратура спутниковой навигации GNSS, бесплатформенные инерциальные навигационные системы, а также другие типы навигационных датчиков. При оценке измерений дальности до объекта необходимо учитывать погрешности этих измерителей. GNSS в общем случае определяет координаты и путевую скорость носителя. По составляющим путевой скорости в свою очередь возможно вычислить путевой угол.

Для автономных измерений высоты обычно применяются радио- и барометрические высотомеры. Барометрический высотомер измеряет относительную высоту с использованием модели стандартной атмосферы. Радиовысотомер определяет истинную высоту полета ВС независимо от метеоусловий, но имеет большую массу и габариты, затрудняющие его использование на борту малогабаритных БПЛА.

Безопасная интеграция БАС в воздушное пространство предполагает использование новых технологических решений при реализации базовых принципов аэронавигационного обслуживания, в том числе усовершенствование полётно-информационного обслуживания пилотируемых и беспилотных ВС в различных классах воздушного пространства на основе применения линий передачи данных (в том числе и спутниковых) в интересах контроля и управления (C2) БАС, слежения (трекинга) за БВС, аварийного оповещения, действиях в случае непредвиденных ситуаций (отказах наземной линии C2), а также сбора и передачи информации от полезных грузов БВС при коммерческом применении БАС.

Линия управления и контроля C2 (рис.7) – это линия передачи данных между БВС и станцией внешнего пилота в целях управления полётом. Линии управления и контроля C2 обеспечивают возможность внешнему пилоту контролировать, управлять БВС, получать необходимую телеметрию.

При выполнении полётов в пределах прямой видимости (VLOS) по линии C2 выполняется непосредственно пилотирование БВС. При полётах за пределами прямой видимости (BVLOS) БВС может находиться в пределах прямой радиовидимости от станции внешнего пилота (RLOS) или за пределами радиовидимости (BRLOS). В этих случаях архитектура линий C2 и предъявляемые к ней требования существенно различаются.

Под архитектурой C2 BRLOS понимается любая конфигурация, в которой передатчики и приёмники не находятся в условиях RLOS, включающая в себя оборудование наземных или спутниковых систем радиосвязи, с помощью которых внешний пилот через станцию внешнего пилота пункта дистанционного пилотирования взаимодействует с БВС. Основной вариант применения линии C2 для выполнения полётов в несегрегированном ВП предполагает наличие связи с центрами УВД. Это расширяет линию C2 до C3 (управление, контроль и связь в интересах УВД), рис.8 [9].



Рис. 7. Архитектуры линии C2

Архитектуры линии C2, обеспечивающие полёты БАС, также различаются на RLOS и BRLOS.



Рис.8. Архитектуры линии C3

Линия C2 обеспечивает решение следующих задач:

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

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

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

передача информации ДАА по линии связи «вниз» (данные датчиков и обработанная информация датчиков (информация о воздушном движении, погодных условиях, рельефе местности и визуальные данные по аэропортам и т.д.), оповещение о конфликтных ситуациях, оповещение о близости земли/препятствиях и консультативные сообщения о выполнении манёвра и, если применимо, автоматическое реагирование средств ДАА (инициирование и описание) и т. д.);

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

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

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

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

Как и для пилотируемой авиации контроль за трафиком движения для БПЛА имеет принципиально важное значение, особенно, зная тот факт, что за штурвалом ВС никого нет, кто мог бы исправить ошибку диспетчера. Мы считаем, что термин «УВД» не совсем применим для БВС, так как, опять же, места для пилота не предусматривается и отдавать команды некому, поэтому целесообразнее использовать понятие контроль за трафиком движения.

На наш взгляд, структура организации данного контроля будет аналогична структуре УВД, но, возможно, немного в упрощенном варианте. Ведь теперь тут точно можно сказать, что большая часть ответственности лежит на технике, но роль человека также остается значительной.

Главное место в контроле за воздушным движением БПЛА, по-нашему мнению, будет занимать ситуационный центр (рис.9), куда и откуда будет по-

ступать вся информация о факторах, влияющих на движение и непосредственно о фактическом движении через сеть наземных станций обмена данными (НОД). Контроль трафика будет осуществляться путем сопоставления данных о текущем местоположении и параметрах движения всех БПЛА сети с планом полетов (стратегический уровень планирования). Здесь же осуществляется актуализация плана (оперативный уровень планирования) для исключения конфликтных ситуаций или возникновении других особых ситуаций (обслуживание VIP-заявки, изменение погодных условий, появление запретных зон в предоставленном ВП).

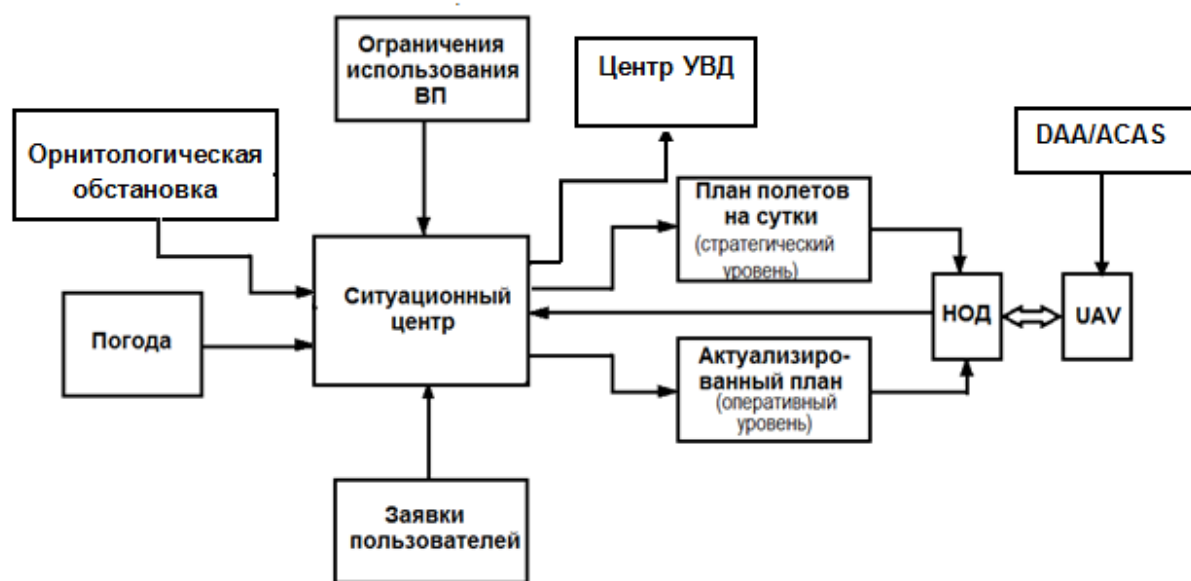


Рис.9. Структура системы организации движения и контроля трафика БПЛА

Вся информация о полетах БПЛА в контролируемом ВП должна поступать в центр УВД, так как данные полеты оказывают влияние на безопасность полетов пилотируемых ВС. В связи с этим разумно (по крайней мере на начальном этапе использования конкретной БАС в конкретном ВП) оставить планирование полетов и составление заявок на использование ВП, которые будут подаваться как в ситуационный центр, так и диспетчеру УВД.

Обязательным компонентом остается информация о погоде и о специальных метеоявлениях, которые представляют особую опасность для БВС. Также тут хотелось бы придать особое значение орнитологической информации. Поскольку полеты БПЛА происходят на высотах меньших, чем пилотируемая авиация, а по нашей классификации, есть полеты на очень малых высотах (до 500 футов), то вероятность столкновения с птицами существенно возрастает. На таких высотах высока вероятность столкновения не только с

птицами, но и с любыми препятствиями (здания, вышки, горная местность, станции), поэтому системы DAA и ACAS необходимы для БПЛА.

Важно понимать, что внедрение БПЛА, организация воздушного пространства, а также применение технологий по контролю за трафиком движения никак не должны влиять на работу диспетчера УВД и нарушать потоки воздушного движения пилотируемых ВС ГА, потому что прежде всего идет речь о безопасности полетов, а именно о безопасности жизней тысяч людей.

## **Заключение**

Результаты проведенного анализа показывают, что необходима поэтапная, планомерная, гармонизированная с международным регулированием ИКАО интеграция БАС всех типов в систему воздушного пространства без снижения существующей производительности системы ОрВД, снижения безопасности полетов и недопустимого увеличения риска для всех пользователей воздушного пространства, а также людей и имущества на земле.

Для достижения поставленных целей необходимо и ведется постоянное активное сотрудничество широкого круга заинтересованных сторон, включающего в себя производителей БАС и оборудования, коммерческих поставщиков, торгово-промышленных ассоциаций, технических организаций по стандартизации, научных организаций, правительственных учреждений и других регулирующих органов. Ведущая роль в гармонизации и координации процессов нормативного правового регулирования по вопросам развития БАС и их интеграции в ВП принадлежит ИКАО.

В настоящее время все еще отсутствует единое международное регулирование по вопросам, относящимся к интеграции БАС в воздушное пространство, а также в области технологий связи, навигации, наблюдения и полетно-информационного обслуживания БВС. Это вызвано, прежде всего, отсутствием требуемых характеристик RCP, RNP, RSP и требований к полетно-информационному обслуживанию БВС для всех классов воздушного пространства, определенных ИКАО. Однако следует ожидать существенных подвижек в решении данных вопросов в ближнесрочной перспективе.

Применение системы UTM позволит управлять полетными операциями БАС на основе динамического изменения состояния объемов ВП и обеспечения гарантированного доступа к полетно-информационному обслуживанию эксплуатантов БАС в реальном масштабе времени. При этом объем информации, необходимый для динамического управления ВП в интересах выполнения полетов БВС, может превысить существующие возможности органов



ОрВД. Для решения проблемы потребуются дополнительные сервисы полетно-информационного обслуживания БАС и новые подходы к организации воздушного пространства и трафика БПЛА.

Можно выделить некоторые положительные и отрицательные аспекты применения БПЛА, которые, по-нашему мнению, являются существенными.

К преимуществам БПЛА отнесем следующие факторы:

существенно меньшая стоимость их создания и использования по сравнению с обычными самолетами и вертолетами, и тем не менее равная эффективность выполнения достаточно широкого круга задач;

высокая оперативность и мобильность (не требуется особой площадки для взлета, посадки и технического обслуживания);

возможность решения широкого спектра задач;

отсутствие угрозы жизни экипажа.

Среди недостатков БПЛА отметим:

надежность автоматических устройств пока еще ниже, чем у пилотируемых аналогов, в том числе и ввиду массо-габаритных ограничений;

ограничения на выполнение полетов (с юридической стороны);

возможность перехвата управления, что требует принятия дополнительных мер по криптозащите каналов управления и обмена данными;

достаточно сложен процесс организации воздушного пространства, а его использование для транспортных перевозок - пока дорогостоящая услуга;

ответственность за безопасность окружающих возложена на искусственный интеллект, а не на человека;

дополнительная нагрузка на диспетчеров ГА.

Эти недостатки не являются критическими для все более широкого использования БАС в различных секторах экономики.

## Литература

1. А. Г. Корченко, О.С. Ильяш. Обобщенная классификация беспилотных летательных аппаратов: Сб. науч.ст. - Харьков: ХНУВС, 2012. № 4(33). с.27-36.
2. Mayor T., Anderson J. Getting mobility off the ground. T. Mayor, J. Anderson. – Ireland: KPMG International Cooperative, 2019. 12 p.
3. О пресечении полетов авиамodelей и беспилотных летательных аппаратов. Закон Респ. Беларусь от 5 июня 2019 г. №215. – Минск: 2019.
4. Convention on International Civil Aviation (Doc 7300/9). 9-th ed. Montreal, ICAO, 2006. 51 p.
5. Schneider, O., Kern S., Knabe F., Gerdes I., Delahaye D., Vidosavljevic A., Leeuwen P., Nieuwenhuisen D., Sunil E., Hoekstra J. METROPOLIS Concept Design Report. - the Netherlands: Delft University of Technology, 2014. 93 p.
6. Lascara, B., Lacher A., DeGarmo M., Maroney D., Niles R., Vempati L. Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts. Operational Concepts and Exploration Approaches. – the USA: The MITRE Corporation, 2019. 16 p.
7. Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Concept Of Operations For International IFR Operations. ICAO. 2017.
8. Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization. Edition 2. ICAO. 23 p.
9. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). Doc 10019. ИКАО. 2015.