



## АЭРОТАКСИ НА БАЗЕ АППАРАТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА

Вопросы внедрения аэротакси в современную инфраструктуру с целью реализации комплексного подхода к связанности территорий и городской мобильности. Основные варианты концепции МАИ, разработка ключевых узлов и агрегатов.

**Денис СМАГИН**, начальник лаборатории «Комплексирование бортовых систем» НИО-101 МАИ

**Сергей ГРАЧЕВ**, заместитель директора Дирекции перспективных научных программ МАИ

**Татьяна ЗЯЗЕВА**, инженер 1-й категории лаборатории «Комплексирование бортовых систем» НИО-101 МАИ

**Анастасия НЕВЕШКИНА**, инженер лаборатории «Комплексирование бортовых систем» НИО-101 МАИ

### Введение

В настоящее время высокий темп освоения новых знаний и создание инновационной продукции являются ключевыми факторами, определяющими конкурентоспособность национальных экономик и эффективность национальных стратегий безопасности.

Несколько лет назад указом Президента была утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации.

Данный документ определяет основные цели и задачи научно-технологического развития РФ, а также устанавливает принципы, приоритеты, основные направления и меры реализации государственной политики в области научно-технологического развития, обеспечивающие устойчивое, динамичное и сбалансированное развитие нашей страны на долгосрочный период [1].

Потребность в эффективном освоении и рациональном использовании большого территориального

пространства приводит к необходимости решения одной из ключевых задач – обеспечения связанности территорий за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем.

Другой важной проблемой является проблема транспортной перегруженности современных мегаполисов и поиск концептуально новых путей повышения городской мобильности населения.

Одним из путей решения подобного рода задач является создание разветвленной транспортно-логистической структуры, включающей в себя использование как уже существующих видов транспорта, так и создание, продвижение новых видов авиационной, морской, железнодорожной и автомобильной техники.

Переход на использование универсальной электрической платформы является одним из ведущих мировых трендов в части разработки новых типов техники.

Тенденции увеличения степени электрификации четко прослеживаются как в автомобильном, морском, железнодорожном, так и в авиационном транспорте.

Кэффициент полезного действия современных систем электроснабжения и их компонентов достиг уровня, уже позволяющего добиваться достаточной степени экономической эффективности от их использования.

Также одним из ключевых факторов, влияющих на переход к системам электродвижения, является ухудшение общемировой экологической обстановки, особенно в крупных городских агломерациях, что делает актуальным использование в них транспорта на электрической тяге.

В рамках данной статьи рассматриваются концептуальные подходы к решению транспортной проблемы современных мегаполисов за счет увеличения степени городской мобильности населения и применения воздушных перевозок с использованием электрических летательных аппаратов вертикального взлета и посадки (ЭЛАВВП) в качестве одного из средств городского транспорта.

### Связанность территорий и городская мобильность

В настоящее время законодательно закрепленного понятия «связанность территорий» не существует, а существуют лишь отдельные отраслевые и государственные программы развития авиационного, железнодорожного, морского транспорта и связанной с ним инфраструктуры.

Приоритетным является комплексный подход к реализации подобных сложных инфраструктурных проектов.

Одним из возможных путей реализации данного комплексного подхода является создание и развитие мультимодальных интеллектуальных транспортно-логистических систем. Подобного рода системы объединяют в единый комплекс различные виды транспорта и обеспечивают их согласованную работу, гарантируя своевременное и экономически эффективное перемещение людей, грузов и информации.

Одним из аспектов данной задачи является создание эффективной транспортно-логистической сети внутри современных мегаполисов для обеспечения высокого уровня «городской мобильности».

Под термином «городская мобильность» подразумевается совокупность процессов управления перемещением

лиц, грузов и информации внутри логистической системы города в соответствии с потребностями и целями его развития при соблюдении требований охраны окружающей среды с учетом того, что город — это общественная организация, главной целью которой является удовлетворение потребности своих пользователей [2,3].

По оценкам экспертов Porsche Consulting, к 2050 году 70-80 % населения мира будут жить в городах. [4]

Совсем недавно казалось, что автомобиль может стать убедительным ответом на вызовы нового городского уклада жизни, позволив людям самостоятельно добираться до рабочих мест из более удаленных районов и тем самым решив проблему слишком плотной застройки и низкой доступности жилья в черте промышленного городского центра.

Период экономического роста после Второй мировой войны сделал идею массовой автомобилизации быстро достижимой для США и большинства европейских стран.

С 1940 по 1970 год количество автомобилей в мире увеличилось, по меньшей мере, в шесть раз, достигнув отметки приблизительно в 250 млн шт.

Чтобы удвоить это число, человечеству потребовалось чуть менее 20 лет. Сегодня количество автомобилей на планете оценивается в 1–1,2 млрд шт. По оценкам экспертов, отметка в 2 млрд автомобилей будет достигнута уже к 2035 году [5].

Следствием такого уровня автомобилизации является проблема автомобильных заторов, парализующих все крупные современные мегаполисы.

Среднестатистический житель Лос-Анджелеса теряет примерно 102 часа в год, стоя в автомобильных заторах, за ним следуют Москва и Нью-Йорк с 91 часом и Сан-Паулу с 86 часами. В Мюнхене водители на автомобильные заторы ежегодно тратят 51 час. Дорожные заторы, в свою очередь, усугубляют проблему атмосферного загрязнения, которая становится причиной преждевременной гибели более 5,5 млн человек в год.

Помимо указанного выше, так же остро стоит проблема шумового загрязнения. Например, на одной из центральных улиц Москвы — Тверской улице — уровень шума от автомобилей достигает отметки в 85 дБА, что превышает норму, установленную ВОЗ, примерно в два раза [6,7,8]. Также к острым социальным проблемам, связанным с городской мобильностью, можно отнести дорожно-транспортные происшествия и нехватку парковочных мест.

Одним из технических решений, описанных выше, является применение воздушного транспорта, а также переход в «вертикальную плоскость», т.е. применение летательных аппаратов вертикального взлета и посадки в условиях города.

Коммерческие операции с использованием авиационной техники достаточно активно применяли в США, по крайней мере, с 1940-х годов.

Например, с 1947 до 1971 год авиакомпания «Los Angeles Airways» использовала вертолеты для перевозки людей и почты между десятками мест, включая Диснейленд и Международный аэропорт Лос-Анджелеса.

К сожалению, компания пережила два несчастных



случая, произошедших в 1968 г., вызванных механическими неисправностями ЛА, в результате которых погибли несколько десятков человек – пассажиры и члены экипажа [9].

После этих инцидентов полеты вертолетов компании были частично остановлены, и в результате возникших финансовых трудностей несколько лет спустя «Los Angeles Airways» прекратила свою деятельность.

В это же время, с 1949 по 1979 год, авиакомпания «New York Airways» так же использовала вертолеты для перевозки людей. Вертодромы были расположены на Манхэттене и в районах аэропорта Ла-Гуардия, аэропорта Джона Ф. Кеннеди и аэропорта Ньюарк.

Аналогично с Los Angeles Airways имели место несколько инцидентов, связанных с отказом техники, повлекших за собой человеческие жертвы среди экипажей, пассажиров и прохожих [10].

Хотя New York Airways прекратила свою деятельность в 1979 г., спрос на коммерческие операции с использованием авиационной техники все еще сохраняется.

В Соединенных Штатах в настоящее время есть компании, предоставляющие услуги перевозки на вертолетах между разными точками городов. Например, сервис BLADE Bounce обеспечивает трансфер по запросу между площадками своей сети и аэропортами Нью-Йорка. Клиенты могут арендовать как свой вертолет, так и забронировать место на одном из нескольких регулярных рейсов ежедневно.

Однако даже при небольшом объеме операций в день уровень шума, создаваемый вертолетами компании, был достаточно значителен, чтобы заставить власти города Ист-Хэмптон принять законодательные меры для ограничения количества рейсов, а также времени полетов [11].

За пределами США также существует потребительский спрос на перевозки в городской черте с использованием авиационной техники. Например, Сан-Паулу (Бразилия), где компания Airbus предоставляет сервис бронирования вертолетов по запросу Voom [12, 13].

Также не следует забывать, что параллельно во многих европейских и американских городах набирает популярность доставка посылок, почты и грузов при помощи небольших беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Сейчас в США и Европе активно ведется работа над развитием и демонстрацией системы контроля и управления (UAS Traffic Management) для полетов БПЛА в воздушном пространстве на малых высотах [14].

Подобного рода система может послужить основой для создания более сложной системы управления воздушным движением в черте города, где активно используются как традиционные виды транспорта, так и БПЛА, а также ЭЛАВВП.

Исходя из существующих предпосылок, можно сделать вывод, что основу применяемых в городских условиях ЛА будут составлять легкие многоцелевые вертолеты, в том числе и на электрической тяге, а также ЭЛАВВП.

Однако важно отметить, что, хоть применение ЭЛАВВП и не станет панацеей для решения проблемы перегруженности городского трафика, она может стать важной

частью комплексного решения для смягчения транспортных проблем современных мегаполисов.

**Развитие летательных аппаратов вертикального взлета и посадки мультикоптерного типа**

По оценкам зарубежных производителей авиационной техники и различных международных консалтинговых агентств, к 2035 году и в дальнейшей перспективе прогнозируется экспоненциальный рост количества применяемых в городских условиях ЭЛАВВП.

Внедрение ЭЛАВВП будет проходить поэтапно, в результате чего в перспективе они станут полноценным, интегрированным в общую сеть города, коммерческим транспортным средством.

Первые машины могут начать предоставлять услуги по перевозке пассажиров с 2022 года, а непосредственно рынок начнет формироваться в течение десятилетия с 2025 по 2035 год.

Основные возможности применения подобного рода аппаратов приведены в табл 1.

Приведенные выше возможности могут различаться в зависимости от стран и регионов, моделей их развития, а также от моделей эксплуатации самих аппаратов.

При этом необходимо учитывать, что изменение жизненного пространства является эволюционным процессом, растянутым во времени и проходящим поэтапно.

Наиболее быстро реализуемым вариантом для применения на первом этапе развития ЭЛАВВП, по экспертной оценке специалистов МАИ, является использование его в городских условиях для обеспечения функций «трансфер в/из аэропорта» и в дальнейшем «аэротакси».

1. Перевозка пассажиров в / из или между аэропортами по фиксированным маршрутам. Этот рынок может возникнуть как услуга для клиентов бизнес-класса и пользователей бизнес-джетов, а в дальнейшем для использования и более широким кругом путешественников. Этот рынок был выбран для первого этапа из-за:

- операционной эффективности: концентрация спроса в конечных точках маршрута;
- наличия фундаментальной инфраструктуры для эксплуатации воздушного транспорта в непосредственной близости от вновь создаваемых маршрутов (как минимум, на территории аэропортов);
- потенциальных операторов в лице крупных авиакомпаний, заинтересованных в расширении услуг премиум-класса.

2. Масштабируемый рынок аэротакси, включающий пассажирские перевозки из пункта в пункт аппаратами, не имеющими регулярных графиков и маршрутов. Подобный рынок является следующим шагом к развитию городской вертикальной мобильности (после успешной опытной эксплуатации и создания необходимой инфраструктуры) и выбран из-за своего большого объема рынка и потенциально высокой емкости. А также в связи с тем, что этот рынок может быть естественным расширением рынка трансферов, приведенных в п. 1 по мере увеличения размера флота и зон обслуживания.

К основным прогнозируемым преимуществам подобного рода транспорта можно отнести:

Таблица 1. Основные возможности применения аппаратов

№	Категория	Возможности потенциального использования (ЭЛАВВП)	Примечание
1	Воздушные перевозки	Трансфер в / из аэропорт(а)	Перевозка пассажиров в / из аэропорта до транспортно-пересадочного узла по жестко фиксированным маршрутам
		Аэротакси	Перевозка пассажиров между двумя точками без регулярного графика и маршрута поездки
		Аэроавтобус	Замена маршрутов общественного транспорта
2	Обеспечение работы экстренных служб	Санитарная авиация	Поездка из / в больницу в случае чрезвычайной ситуации
		Полицейская авиация	Быстрое прибытие сотрудников на место происшествия, патрулирование
		Пожарная авиация	Быстрое прибытие на место/мониторинг развития пожаров
		Чрезвычайные ситуации (ЧС)	Авиационная поддержка гуманитарных работников, обеспечение эвакуации в случае ЧС
		Вневедомственная охрана	Патрулирование, мониторинг, фото и видео фиксация нарушений
3	Корпоративные перевозки	Доставка медицинского оборудования и органов	Доставка срочно необходимых предметов медицинского назначения и органов
		Корпоративный транспорт	Перемещение между офисами компании, обеспечение переговоров, доставка корпоративной почты, курьерские услуги
5	Развлечения и медиа	Парки развлечений / Экстрим / Спорт	Безрельсовые американские горки, парашютный спорт, бейсджампинг и т.п.
		Фото / Телевидение / Радио и новости	Обеспечение фото и видеосъемки, съемка репортажей и т.п.
		Туризм	Экскурсии
6	Доставка	Воздушная доставка	Доставка почты, еды, товаров и т. д.
7	Недвижимость и Строительство	Проведение инспекций, мониторинг объектов недвижимости, риэлтерская деятельность	Инспекция и обследование зданий, домов или земельных участков сертифицированными инспекторами. Риэлторы, показывающие предполагаемые районы клиентам и т.п.
8	Охрана	Воздушная охрана	Видеозапись или фотографии с неба
9	Услуги совместного пользования транспортом		Аналогично использованию каршеринга
10	Строительство и техническое обслуживание объектов	Техническое обслуживание зданий и объектов инфраструктуры.	Обслуживание экстерьеров зданий: покраска и мойка окон, обслуживание линий ЛЭП и т.п.
11	Здравоохранение	Удаленные посещения	Для пациентов из отдаленных районов
		Доставка медицинского оборудования и органов	Доставка срочно необходимых предметов медицинского назначения и органов
12	Научные исследования	Проведение научных исследований	Изучение путей миграции животных, мониторинг лесов, почв, атмосферы и т.п., метеонаблюдения

- высокую скорость перемещения;
- разумную стоимость;
- безопасность и надежность путешествия;
- создание комплексного решения в части обеспечения городской мобильности;
- удобство для пассажиров.

В настоящее время многие авиакорпорации и стартапы включились в процесс создания подобного рода аппаратов, чтобы в течение ближайшего времени выйти на рынок.

Аналитический обзор, представленный компанией RolandBerger, опубликованный в ноябре 2018 г., показывает рост числа аппаратов в оцениваемых МАИ категориях в соответствии с рис. 1. [15]

Согласно анализу Porsche Consulting, электрические пассажирские летательные аппараты вертикального взлета и посадки начнут предоставлять коммерческие услуги по перевозке пассажиров уже в 2025 г. и основным маршрутом для них будут расстояния между аэропортом и центром города. Данные аппараты смогут предоставлять короткие трансферные рейсы для пассажиров,



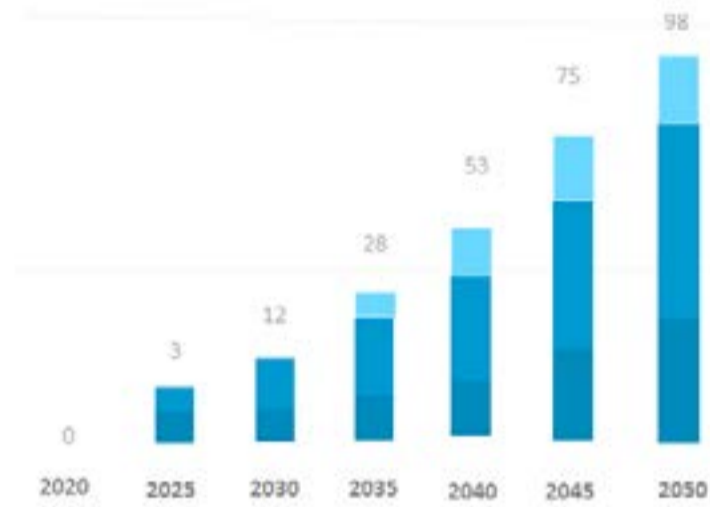
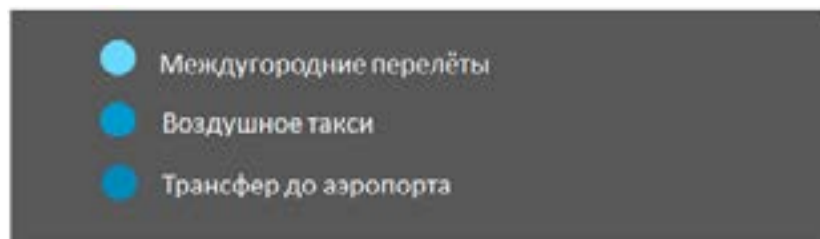


Рис. 1. Рост числа аппаратов по годам

отправляющихся в деловые поездки.

Прогнозируемое количество подобных аппаратов к 2035 г. достигнет отметки 23 000 ЛА [16].

Для выбора максимально эффективной модели эксплуатации в качестве определенных ранее функций (трансфер из/в аэропорт и аэротакси) необходимо подробное изучение факторов, перечисленных на рис. 2.

Для достижения коммерческого успеха Разработчику электрического летательного аппарата вертикального взлета и посадки необходимо решить нескольких ключевых вопросов:

Рис. 2. Факторы, влияющие на развитие проекта



1. создание самого аппарата и эффективных технологий его реализации (электродвигатели, система управления, комплекс пилотажно-навигационного оборудования и т.п.);
2. создание нормативно-правовой базы для его сертификации и эксплуатации;
3. создание инфраструктуры для удобной, безопасной и экономически выгодной эксплуатации;
4. формирование концепции послепродажного обслуживания;
5. создание общественного мнения и формирование положительного имиджа использования подобного рода аппаратов у клиентов.

В настоящее время существуют предпосылки для решения всего комплекса задач, приведенного выше.

**Обзор рынка**

В своем отчете «The Future of Vertical Mobility» компания Porsche Consulting предлагает рассматривать структуру рынка ЭЛАВВП, представленную на рис. 3 [17]

В отчете выделяются три основные функциональные группы, в которых применение беспилотных систем является рациональным:

- ЭЛАВВП для решения специализированных задач – мониторинга, сбора данных, фото-видео съемки, индустрии развлечений и т.д.;
- доставка товаров по воздуху;
- перевозка пассажиров;
- сервисное обслуживание и ППО.

Необходимо учитывать, что, помимо получения непосредственной прибыли от создания и дальнейшей реализации самого аппарата, необходимо проработать возможность обеспечения продажи сервисных услуг по его обслуживанию и эксплуатации, а также



Рис. 3. Структура рынка ЭЛАВВП

специализированного ПО для обеспечения его вызова, эксплуатации и т.п.

Оценки, приведенные в указанном выше отчете, в целом совпадают с оценками, предлагаемыми другими источниками, а также с оценками, полученными специалистами МАИ.

Таким образом, целевым показателем для ориентирования в рамках функции пассажирских перевозок ЭЛАВВП на общемировом рынке будет служить сумма в \$35 млрд на период до 2035 года.

Если говорить про развертывание системы аэротакси в Российских мегаполисах, то, как и отмечалось ранее, наиболее востребованными могут стать трансферы между аэропортами и центром города, что связано с относительно неоперативной доступностью аэропортов во многих крупных городах РФ.

Определим целевую группу потенциальных потребителей услуг аэротакси на горизонте до 2025 г.

На начальном этапе эксплуатации аэротакси цена за перевозку сможет быть доступной лишь для определенной категории пассажиров.

Это будут пассажиры, путешествующие бизнес-классом регулярных авиакомпаний, а также пассажиры бизнес-джетов.

Вторая категория более требовательна к снижению времени аэропортового трансфера. Однако объемы чартерных vip-перевозок пренебрежимо малы относительно объемов перевозок в бизнес-классе авиакомпаний, а статистика по бизнес авиации менее доступна и изобилует погрешностями.

Поэтому далее основной целевой группой будут приняты пассажиры, путешествующие бизнес классом на

самолетах регулярных авиакомпаний.

В 2018 г. средний чек на перелет в два конца бизнес-классом российскими авиакомпаниями составил порядка 80 тыс. руб.

Прогнозируемый ежегодный рост пассажиропотока бизнес-класса составит порядка 3,2%, что ниже роста общего пассажиропотока и учитывает растущую долю локост перевозок, а также рост перевозок скоростным ЖД транспортом и перспективы создания высокоскоростных магистралей. Таким образом, уровень перевозок бизнес-классом в 2025 г. составит 125% от уровня базового 2018 г.

На основе данных, полученных от отечественных авиакомпаний, средний коэффициент загрузки кресел бизнес-класса составляет порядка 55%, варьируясь по направлениям, и ожидается, что к 2025 г. должен составить не менее 60%.

Безоговорочными лидерами в России по количеству обслуженных бизнес-пассажиров являются аэропорты Москвы (примерно 50% трафика сосредоточено в Шереметьево) и Санкт-Петербурга, в сумме обслуживающие до 90% пассажиропотока. Ближайшие крупные аэропорты страны имеют на порядок меньшие пассажиропотоки.

Считается, что пассажиры бизнес-класса не столько чувствительны к цене перелета, сколько к качеству получаемого сервиса, его удобству и оперативности. По всей видимости, данный подход сохранится и для услуг аэротакси.

В итоге можно ожидать, что, к примеру, для московских аэропортов приемлемой может стать цена трансфера в 20 тыс. руб.

Цены в других городах могут варьироваться в зависимости от особенностей спроса, расстояний и конкуренции

Таблица 2. Пассажиропоток по аэропортам

Авиаузел	Млн выставленных бизнес-кресел в 2018 г.	Млн бизнес-пассажиров в 2025 г.	Суточный оборот бизнес-пассажиров в 2025 г.	Возможные пассажиры аэротакси в сутки, 2025 г.	Предельный чек на 1 перевозку на аэротакси, тыс. руб.	Годовой оборот бизнеса в 2025г., \$ млн
Москва	3,2	2,4	6575	330-660	20	36,9-73,8
С-Петербург	0,5	0,38	1030	50-100	16	4,6-9,2
Сочи	0,2	0,15	410	20-40	20	2,3-4,6
Екатеринбург	0,2	0,15	410	20-40	12	1,4-2,8
Новосибирск	0,1	0,08	205	10-20	10	0,6-1,2
Сумма топ 5	4,2	3,15	8630	430-860		45,8-91,6



Таблица 3. Анализ по критерию количества пассажиров

КАТЕГОРИЯ	КОЛ-ВО ЧЕЛОВЕК	СТРАНА	КОМПАНИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ	ЧИСЛО ДЕМОНСТРАТОРОВ
I	1	США Германия Китай Новая Зеландия Израиль Австралия Вьетнам Венгрия Россия Филиппины	Opener Kitty Hawk Corporation e-volo Ehang Malloy Aeronaut Espirit Aeronautics Airspeeder Davinci Bay Zoltan Nonprofit Ltd Flyt-Cycle Hover-Surf Kalashnikov Kyxz-Mendoza	BlackFly Flyer Volocopter VC200 Ehang 184 Malloy Hoverbike PAV-X Alauda ZeroG Flike Flyt-Aerospace Scorpion-3 Unnamed Gravity X	>13
II	2	США Россия Япония Франция	Airbus Work-horse Group Astro Aero-space Varon Vehicles Corporation Aurora Kitty Hawk Corporation AviaNovations SKY-DRIVE Airbus & Italdesign ElectricAircraftConcept	Vahana SureFly Elroy Varon V200 Passenger Air Vehicle Cora Hepard Cartivator Pop.Up Whisper	>10
III	4	США Европа	Joby Aviation Airbus	S4 ЭЛАВВП Airbus CityAirbus	3
IV	5 и более	Канада	Imagi-native	Dekatone Flying Car	1

с другими видами транспорта.

Вероятными клиентами аэротакси в 2025 г. могут стать порядка 5-10% от всех бизнес пассажиров. Связано это с тем, что к 2025 г. технология будет сравнительно незрелой, а репутация аэротакси как безопасного транспорта — еще не сформированной.

В случае успешного старта, к 2035 г. пассажиропоток аэротакси может вырасти на порядок, существенно выйдя за рамки только аэропортовых трансферов.

Пассажиропоток по основным крупным аэропортам России приведен в табл. 2.

**Обзор существующих решений**

В настоящее время существует большое количество

проектов ЭЛАВВП, разрабатываемых как технологическими гигантами (Boeing, Airbus), так и молодыми стартапами.

Проекты находятся на разных стадиях своего развития — начиная от этапа концептуального проектирования и заканчивая испытаниями демонстраторов технологии.

Проанализировав более 50 предлагаемых концепций, можно систематизировать и обобщить проекты по нескольким критериям.

Первым критерием для оценки существующих тенденций развития целесообразно выбрать количество пассажиров. Основные результаты данного анализа сведены в табл. 3.

Рис. 4. Грузоподъемность, кг

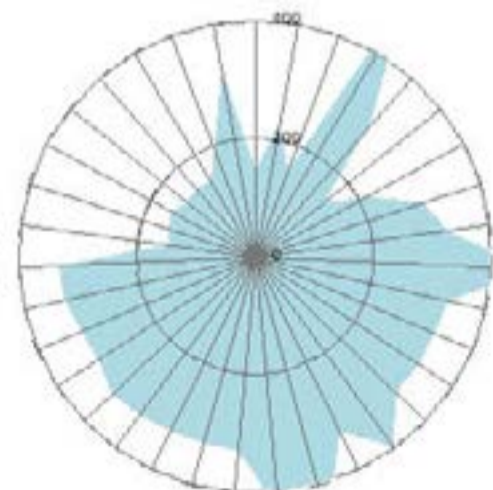


Рис. 5. Скорость, км/ч

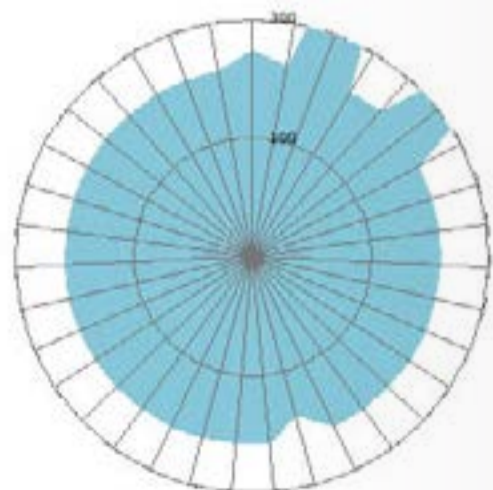
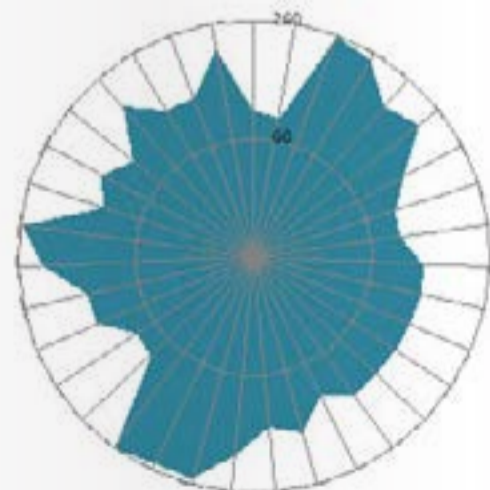


Рис. 6. Дальность, км



Далее на основе проведенного анализа можно сформировать данные по основному диапазону прогнозируемых летно-технических характеристик, продемонстрированных на рис. 4, 5, 6.

Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день большинство предлагаемых решений представлено одноместным и двухместным вариантами.

Грузоподъемность большинства аппаратов лежит в диапазоне до 300 кг, скорость около 200 км/ч и дальность полета в пределах 150 км.

Также необходимо отметить, что с каждым годом все большее количество проектов переходит от этапа концептуальной разработки к постройке, а то и к испытаниям летных демонстраторов. Результаты анализа по годам изображены на рис. 7.

Проектируемые аппараты имеют достаточно большой диапазон обликов и применяемых концепций.

Наиболее распространенными являются три основные технические концепции:

- аппараты мультикоптерного типа;
- аппараты с отдельными подъемными и толкающими винтами;
- аппараты с изменяемым вектором тяги/поворотной винтомоторной группой.

Рассмотрим варианты реализации приведенных выше технических концепций.

Американская компания Work-horseGroup разработала аппарат SureFly, рассчитанный на двух пассажиров и представленный в июне на международном авиасалоне в Париже в 2017 г. Масса пустого ЛА составляет 499 кг, максимальная взлетная масса 680 кг. Первый полет воздушного судна состоялся 30 апреля 2018 года и длился примерно 10 с, продолжительность дальнейших полетов росла и достигла 20 с. Компания планирует представить свой Sure Fly на ежегодном Слете Ассоциации Экспериментальных самолетов (EAA Air Venture Oshkos), который будет проходить с 23-29 июля текущего года в городе Ошкош (Oshkosh), штат Висконсин (Wisconsin), США, где

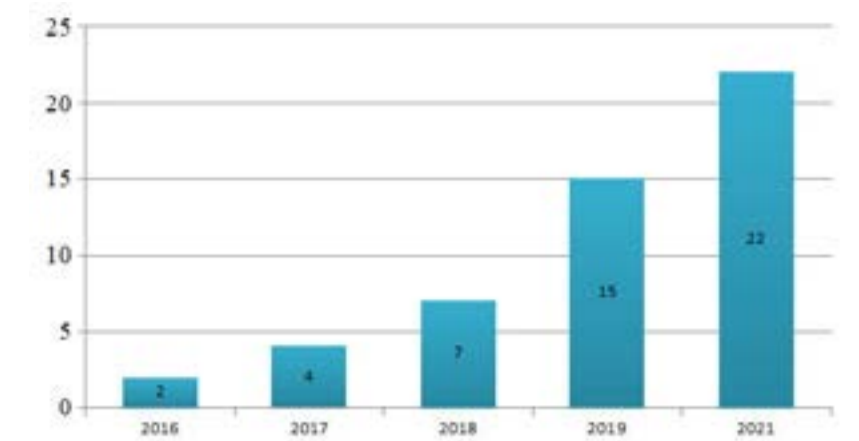


Рис. 7. Изменение количества образцов по годам

Workhorse надеется продемонстрировать свой SureFly в полете, рис. 7а.

Компания Airbus представила сразу несколько аппаратов подобного класса. Первым представителем является Vahana Airbus, рассчитанный на двух пассажиров. Масса пустого ЛА 475 кг. Крейсерская скорость 230 км/ч. Радиус применения 100 км. Первый полномасштабный прототип летающего такси проекта Vahana поднялся в воздух 31 января 2018 г. в городе Пендлтоне, штат Орегон, рис. 7б.

Проект CityAirbus, презентация беспилотной транспортной системы которого состоялась 11 марта 2019 г. в германском городе Ингольштадте, рассчитан на четырех человек. Грузоподъемность данного аппарата 450 кг, крейсерская скорость 120 км/ч, время полета 15 мин, рис. 7в.

Еще одним американским проектом является CORA компании Cora Kitty Hawk Corporation, аппарат рассчитан на перевозку двух пассажиров с максимальной скоростью 180 км/ч, дальностью применения до 100 км. Компания готовится к активному внедрению данного аппарата на территории Новой Зеландии, рис. 7г.

Интересным и достаточно перспективным проектом является Ehang 184 компании Ehang, произведенный в Китае. Данный аппарат рассчитан на использование 1 человеком. На данный момент создана серия летных

Рис. 7а. SureFly



Рис. 7б. VahanaAirbus



Рис. 7в. CityAirbus



Рис. 7г. Ehang 184



Рис. 7д. CORA



Рис. 7е. Volocopter





демонстраторов, проходящих испытания как в КНР, так и в Австрии, рис. 7д.

Также на данный момент разрабатывается серия электрических пилотируемых вертолетов-мультикоптеров сверхлегкого класса Volocopter, разрабатываемых компанией e-voло из Карлсруэ, Германия. Volocopter уже тестирует аэротакси в Германии. Кроме того, в прошлом году был проведен тестовый полет машины в Дубае. Компания Volocopter планирует начать внутригородские испытания своих аэротакси в Сингапуре в середине 2019 г., рис. 7е.

На основе проведенного анализа и существующих ограничений имеет смысл рассматривать следующую этапность развития данных аппаратов: первый этап – использование пилотируемого варианта (с наличием внутри этапа подэтапов с различными уровнями подготовки летного состава, степени контроля системы наземного управления ЭЛАВВП и возможностями включения пилота в контур управления) и второй этап – полностью беспилотный. [18]

**Сертификация**

Существуют различные подходы к сертификации ЛАВВП, но, независимо от них, ключевым вопросом был и остается вопрос обеспечения безопасности пассажиров.

Решение подобной задачи является неотъемлемой составляющей коммерческого успеха данной разработки.

Исторически процесс сертификации для новых типов ЛА является сложным и трудоемким процессом. Особенно это относится к аппаратам вертикального взлета и посадки типа конвертопланов; например, сертификация первого в мире гражданского конвертоплана Agusta Westland AW609 продолжается более 15 лет.

Существует ряд проблем, связанных с сертификацией аппаратов вертикального взлета и посадки, в основном связанных с отсутствием прецедентов и четко и однозначно сформулированной нормативно-правовой базы, применяемой к ним.

В рамках данной статьи рассмотрим несколько основных требований и ограничений, накладываемых на ЭЛАВВП в процессе сертификации как в пилотируемом, так и беспилотном варианте.

В настоящее время требования к применению беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве являются различными в разных странах.

Например, Европейским агентством по безопасности полетов EASA принята поправка (NPA) 2017-05.26, содержащая предложения по регулированию эксплуатации беспилотных летательных аппаратов, с разделением по определенным категориям. А в Великобритании в обязательном порядке оператор беспилотного аппарата должен пройти теоретический курс обучения, подтвердить качество управления объектом и сдать письменный тест. В Канаде к подобным ЛА применяются жесткие требования, регламентирующие эксплуатацию.

Порядок использования воздушного пространства Российской Федерации, в том числе и беспилотными воздушными судами (далее – БВС), установлен Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными постановлением

правительства РФ № 138 (ФАП-138). Для выполнения полетов беспилотного аппарата установлен разрешительный порядок использования воздушного пространства, независимо от класса воздушного пространства, в котором выполняется полет.

Таким образом, правила использования воздушного пространства в различных странах содержат различные и часто противоречивые требования по использованию беспилотных аппаратов.

Единственным известным международным стандартом по использованию беспилотных аппаратов является Циркуляр № 328 ИКАО (Международной организации гражданской авиации) «Беспилотные авиационные системы (БАС)», регламентирующий общие нормы использования беспилотных аппаратов.

Периодически появляются сведения о разработке в РФ Федерального закона о регистрации и порядке использования беспилотных летательных аппаратов, однако, в связи с не проработанностью нормативной базы в данной области и сложностью эксплуатации, представляется правильным первичная разработка и сертификация пилотируемого прототипа аппарата.

Любой летающий транспортный аппарат должен в обязательном порядке проходить процедуры сертификации – подтверждения соответствия его требованиям действующих нормативных документов.

К сертифицируемым параметрам в обязательном порядке относятся показатели отказобезопасности, летные характеристики, параметры используемого оборудования, требования по охране окружающей среды и т.д.

В целом мультикоптер может классифицироваться как «винтокрылый аппарат нормальной категории» – сертифицируемый по Авиационным правилам, часть 27, с использованием Авиационных правил, часть 23 «Нормы летной годности гражданских легких самолетов», возможно также использование документа Единые нормы летной годности JAR-VLA «Очень Легкие Самолеты».

В целом, процедура сертификации должна также содержать рекомендации пункта Авиационных правил АП-21, часть 21, «Сертификация авиационной техники».

21.16В. Специальные технические условия

(а) Специальные технические условия разрабатываются Заявителем, если Авиарегистр установит, что действующие на дату подачи Заявки на Сертификат типа Авиационные правила не содержат адекватных требований к летной годности заявляемого на сертификацию образца авиационной техники вследствие:

- 1 – наличия новых или необычных особенностей конструкции;
- 2 – нетрадиционного применения авиационной техники.

Т.е. на основе требований различных частей АП, ТЗ на аппарат, других нормативных документов может быть составлен сводный Сертификационный базис.

В соответствии с открытыми источниками информации, именно таким путем (с составлением нестандартного, сводного Сертификационного базиса) был сертифицирован Германскими авиационными властями легкий



Рис. 8. Процесс сертификации

пилотируемый электрический мультикоптер Volocopter VC200.

Нестандартность конструкции и применения повлечет за собой необходимость создания нестандартного Сертификационного базиса (документа, содержащего набор требований) и таблицы соответствия. На основе требований различных частей АП, ТЗ на аппарат, других нормативных документов может быть составлен сводный Сертификационный базис.

Процесс сертификации должен осуществляться в

соответствии с приведенной схемой, рис. 8.

Сертификационный базис должен состояться (в основном) в соответствии с указанной табл. 4 в зависимости от аэродинамической компоновки аппарата (указаны нормы летной годности РФ, США, Европейского союза).

В процессе сертификации ввиду частой неконкретности требований основных сертифицированных документов используются специальные разъяснительные документы – методы определения соответствия (МОС), циркуляры, руководства. Так целесообразно использование документов:

Таблица 4. Сертификационный базис для различных видов ЛА

	Аппарат с неподвижным крылом	Винтокрылый аппарат	Гибридный или специальный аппарат	Двигатель	Воздушный винт (пропеллер)
Регистр России	Авиационные правила Часть 21 – Сертификация авиационной техники и организаций разработчиков Часть 23 – Нормы летной годности гражданских легких самолетов Часть 25 – Нормы летной годности самолетов транспортной категории	Авиационные правила Часть 27 - Нормы летной годности винтокрылых аппаратов нормальной категории Часть 29 – Нормы летной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории	Авиационные правила Часть 21 - 21.16В. Специальные технические условия	Авиационные правила Часть 33 – Нормы летной годности двигателей воздушных судов	Авиационные правила Часть 35 – Нормы летной годности воздушных винтов
FAA	Part 21 – Certification Procedures for Products and Parts Part 23 – Small Fixed Wing Part 25 –Transport Category Airplanes	Part 27 – Small Rotorwing Part 29 – Transport Category Rotorcraft	Part 21.17(b) – Designation of applicable regulations	Part 33 – Aircraft Engines	Part 35 – Aircraft Propellers
EASA	CS-22-Sailplanes and Powered Sailplanes CS-23- Normal, utility, aerobatic, and commuter aeroplanes CS-25 – Large Aeroplanes Light Rotorcraft	CS-27 – Small Rotorcraft CS-29 – Large Rotorcraft	CS-VLA- Very light aircraft CS-VLR- Very	CS-E - Engines	CS-P -Propellers



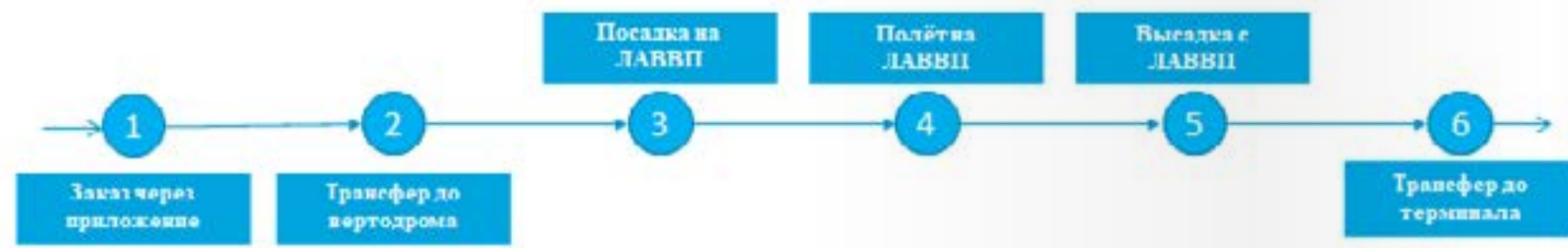


Рис. 9. Типовой маршрут ЛАВВП

АС-27 – «Сертификация винтокрылых аппаратов нормальной категории» – циркуляр федеральных авиационных властей США FAA к нормам CS-27 (аналогу АП-27);

ADS-33 – «Требования к пилотажным характеристикам военных вертолетов»;

P4754 – «Руководство по процессам сертификации высоко интегрированных сложных бортовых систем воздушных судов гражданской авиации», предназначенного для обеспечения гарантии проектирования оборудования;

P4761 – «Руководство по методам оценки безопасности систем и бортового оборудования самолетов гражданской авиации»;

КТ-160 – Квалификационные требования «Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования. (Внешние воздействующие факторы – ВВФ);

КТ-178 – Требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники;

КТ-254 – «Руководство по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры»;

P330 – «Руководство по квалификации программных инструментов»;

P297 – «Руководство по разработке и сертификации интегрированной модульной авионики»; и т.д.

Учитывая нестандартность как компоновки, так и применения аппарата, ключевыми вопросами в процессе сертификации будут: предполагаемая автономность (отсутствие пилота), исключительно электрические силовые установки, выбор типа винтов – возможность перехода на авторотацию посредством изменения общего шага, надежность системы управления, возможность перехода на дистанционное (по телеметрии) управление при отказе автопилота, вопрос полета по координатам GPS/GLONASS.

Инфраструктура

Одним из ключевых вопросов обеспечения функционирования ЭЛАВВП в условиях города является вопрос создания инфраструктуры для взлета / посадки, зарядки, обслуживания, парковки в ожидании пассажиров и обеспечения полетов.

Необходимо обратить внимание на то, что степень интеграции будет зависеть от степени вовлеченности ЭЛАВВП в городской трафик.

Как упоминалось выше, процесс включения ЭЛАВВП в городскую среду является итерационным, например, на первом этапе (использование ЭЛАВВП для трансфера из / в аэропорт) инфраструктура будет требовать относительно небольших вложений, в то время как, по мере развития ЭЛАВВП, для использования его уже в качестве аэротакси потребуются более разветвленная и сложная инфраструктура.

Важным фактором, влияющим на экономическую

эффективность проектов ЛАВВП, является интеграция и использование существующей инфраструктуры, и интеграция с другими видами транспорта.

В настоящее время ключевым трендом для оптимизации городской мобильности является переход к мультимодальным транспортным узлам с цифровой инфраструктурой, обеспечивающим скоординированную работу различных видов транспорта в условиях городской среды.

Мультимодальный транспортный узел (МТУ) — это пункт стыковки двух или более видов транспорта, технологическое взаимодействие которых обеспечивается соответствующим комплексом транспортных устройств и средств.

Создание МТУ проходит по всему миру и всем крупным мегаполисам. В частности, в настоящее время на территории РФ сформировались и продолжают развиваться несколько мультимодальных транспортных узлов федерального уровня.

Это Москва, Санкт-Петербург, Калининград, Ростов-на-Дону, Нижний Новгород, Екатеринбург, Новосибирск, Владивосток, Красноярск. [19].

Одним из перспективных направлений работы в части разработки современного ЭЛАВВП является тесное взаимодействие с властями федерального уровня для формирования транспортной концепции. Таким образом, будет учитываться появление городского воздушного транспорта и закладывание резервов для его использования в создаваемые и модернизируемые МТУ, что может стать полезным компонентом инфраструктуры «завтрашнего дня».

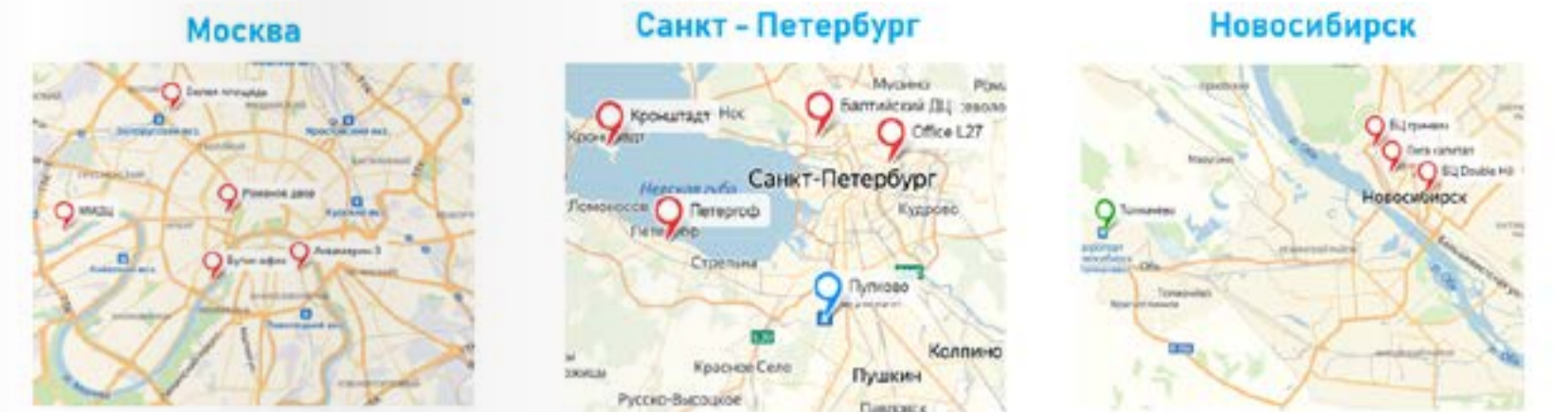
Такой подход позволит реализовать наиболее полную интеграцию разрабатываемого ЛАВВП в существующую транспортную инфраструктуру города и обеспечить его максимально эффективное применение.

При выборе маршрутов для полетов ЭЛАВВП следует учитывать, что существует ряд объектов, над которыми однозначно будет запрещено воздушное движение, такие как объекты федерального значения, воинские части, объекты атомной энергетики и т.п.

Например, в Москве к таким объектам будут относиться: Кремль, Курчатовский институт, энергетические объекты (ТЭЦ), здания силовых структур (ФССП, ФСИН, МВД, ФСБ и другие), воинские части и вокзалы.

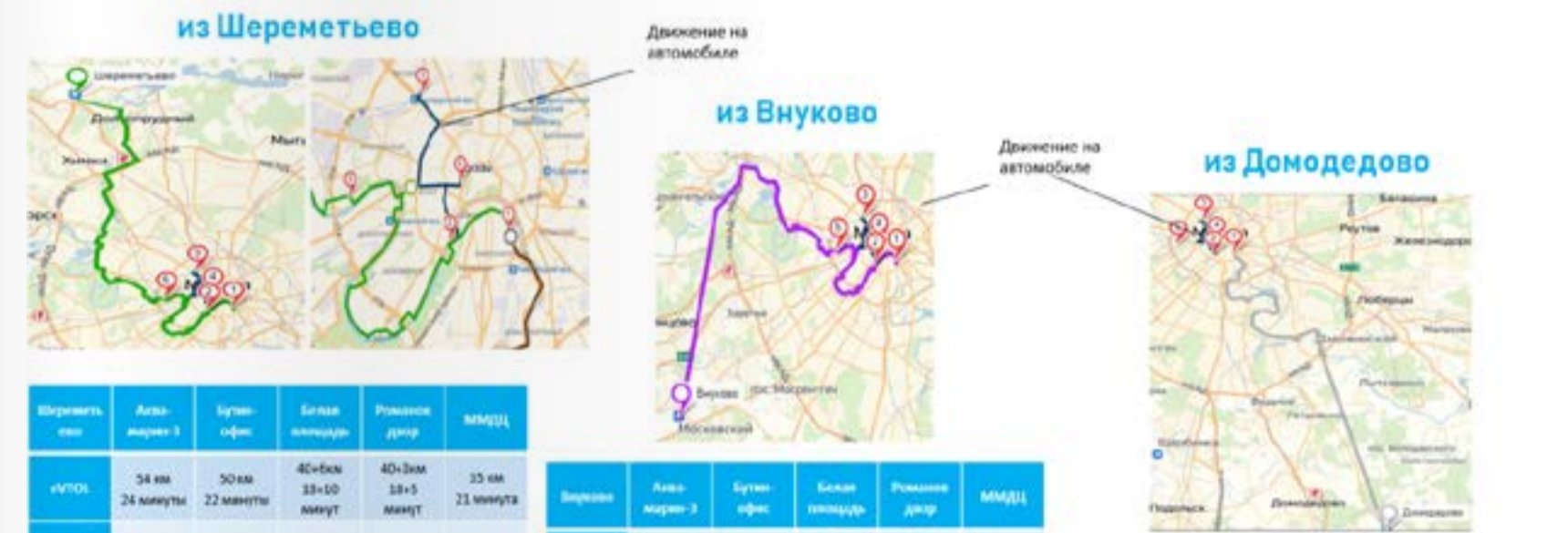
Типовой маршрут в случае использования данного аппарата для трансферов из/в аэропорт приведен на рис. 9.

Одним из вариантов реализации маршрутной сети на этапе первичной эксплуатации может быть реализация движения над водной поверхностью, аналогично имеющимся в ряде стран маршрутам вертолетных перевозок



- Москва:**
  - Точки посадки: Аэропорт «Домодедово», Аэропорт «Шереметьево», Аэропорт «Внуково»
  - Точки прибытия: Бизнес-центр «Лександрово-3», Бизнес-центр «Бугай офис», Бизнес-центр «Бизнес-Класс», Бизнес-центр «Смоленская Дворца», ММДЦ «Москва-сити»
- Санкт-Петербург:**
  - Точки посадки: Аэропорт «Пулково»
  - Точки прибытия: Петергоф, Кронштадт, Бизнес-центр «Балтийский деловой центр», БЦ «Office L27»
- Новосибирск:**
  - Точки посадки: Аэропорт «Толмачево»
  - Точки прибытия: БЦ «Лига капитал», БЦ «Double HB», БЦ «Гринвич»

а) начальные и конечные точки маршрутов



Рассматривается время поездки при пробках в 6-7 баллов

б) Москва



в) Санкт-Петербург

г) Новосибирск

Рис. 10. Карты потенциальных маршрутов





Рис. 11. Общий вид рассматриваемых вариантов мультикоптера

(например, использование Темзы в качестве вертолетного маршрута внутри Лондона).

Рассмотрим несколько проектов маршрутов по городам Российской Федерации, рис. 10.

В качестве основной точки старта выбраны основные аэропорты города, в качестве точек прибытия – крупные бизнес- и туристические центры.

При построении маршрута был учтен ряд потенциальных объектов городской инфраструктуры, полеты над которыми могут быть ограничены.

Одним из вариантов обеспечения базирования и зарядки ЛАВВП является использование крыш зданий. Подобная концепция имеет свои преимущества и недостатки, а также сильно зависит от топографической ситуации и архитектурного облика конкретного города.

Также во многих городах уже есть вертолетные площадки, использование которых позволит начать и в дальнейшем развивать эксплуатацию ЛАВВП.

По оценке экспертов Porsche Consulting на первом этапе достаточно всего лишь пяти вертодромов для создания привлекательных маршрутов. На следующем этапе в выбранных регионах будет создано до 40 относительно небольших взлетно-посадочных площадок, специально предназначенных для пассажирских ЛАВВП, и закуплено от 160 до 390 аппаратов. На заключительном этапе мегаполисы с населением от пяти до десяти миллионов и более будут иметь до 100 таких площадок и от 400 до 1050 ЛАВВП, что обеспечит хороший охват пассажиров.

Подобный сценарий является высоковероятным и легко адаптируемым под практически любой крупный мегаполис.

Помимо проблемы создания площадок и их оборудования необходимыми средствами быстрой зарядки, заправки топливом, места ожидания для пассажиров и т.п. необходимо создание системы управления движением, позволяющей обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию ЛАВВП.

Так же необходимо отметить, что подобная система управления движением должна будет охватывать весь спектр используемых ЛАВВП: начиная от самых маленьких беспилотных летательных аппаратов и заканчивая пассажирскими, как в пилотируемом варианте, так и в

беспилотном.

Одним из вариантов управления подобными аппаратами является использование сотовых мобильных сетей для управления полетом и полетным движением.

Сотовые сети обеспечивают отличное решение для контроля, управления и обеспечения передачи данных.

Например, компания Huawei разработала сценарий для воздушного движения на малых высотах с использованием управления через вышки сотовой связи. [20]

Чтобы соответствовать всем требованиям, покрытие сотовой сети должно быть расширено в воздушное пространство.

Текущая установка с использованием наземной системы LTE и системы Air-To-Ground LTE для высоко летающих самолетов оставляет разрыв между 300 м и 3000 м без каких-либо доступных систем связи.

Верхний предел в 300 м наземной сотовой сети является результатом наклона LTE антенн, сконфигурированных для экономии энергии за счет отсутствия передачи сигналов в неиспользуемое пространство.

Проблема охвата больших высот не решается просто изменением угла наклона вверх, а требует более комплексных подходов.

Компания Huawei и ее партнеры Audi, BMW, Rohde&Schwarz, IPG и др. приобрела опыт использования технологии 5G для связи, управления и автомобильных медиа систем, проведя ее полевые испытания на реальных дорогах.

Низкая задержка, высокая надежность и высокие скорости передачи данных были обеспечены, в том числе, и при высокой скорости движения автомобилей.

Этот опыт и технологии могут быть легко применены и для использования в управлении ЛАВВП различных размеров.

Ниже сформулированы основные принципы, на которые должна быть ориентирована система контроля и управления воздушного движения (СКУВД) для ЭЛАВВП:

1. СКУВД должна требовать минимальной дополнительной инфраструктуры УВД (например, радиолокационные системы, диспетчерские позиции) и минимальные изменения в системах автоматизации, используемых для УВД.

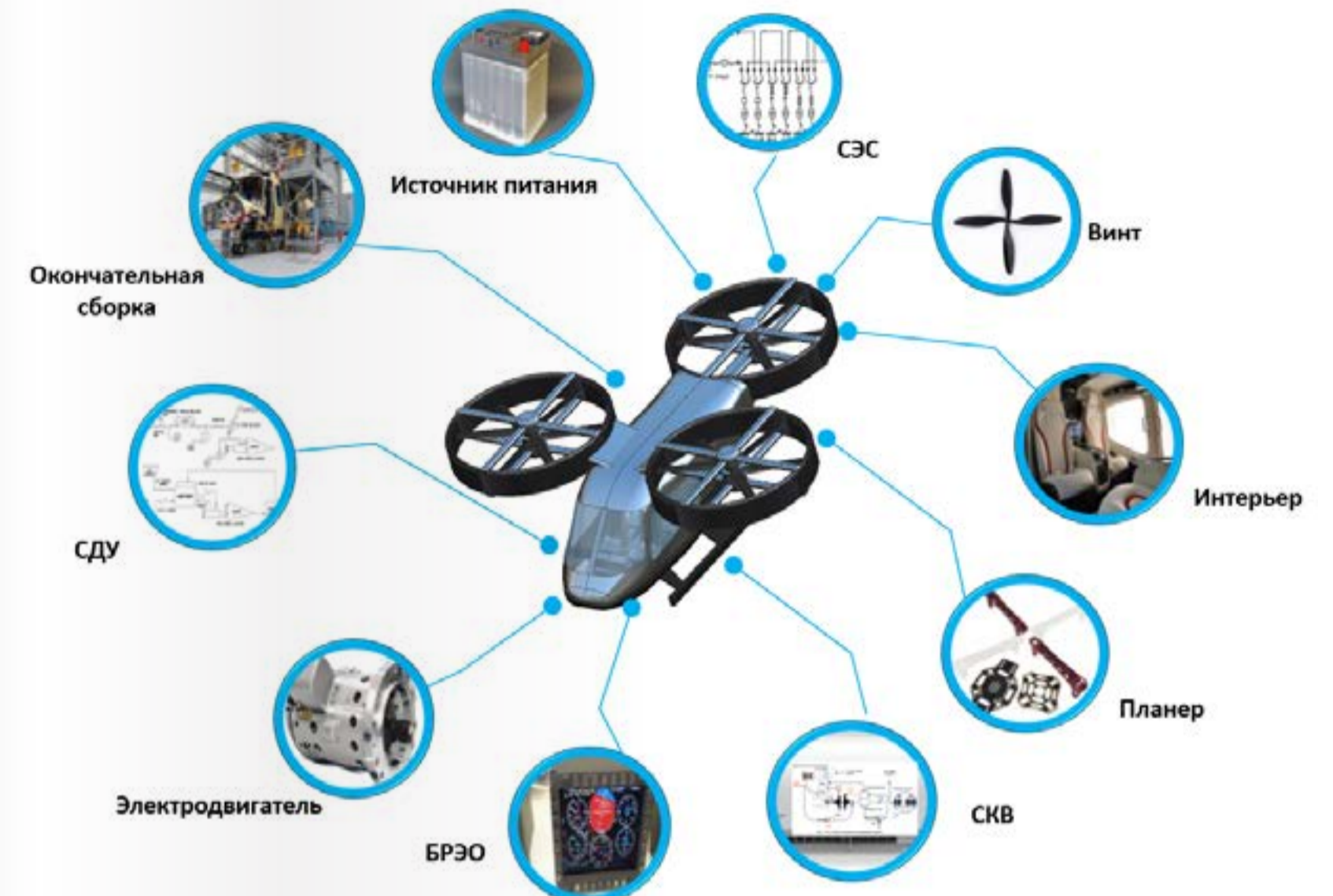


Рис. 12. Основные элементы ЭЛАВВП

2. СКУВД должна налагать минимальную дополнительную нагрузку на существующие системы контроля воздушного движения сверх их текущих обязанностей для существующих пользователей воздушного пространства.

3. СКУВД должна налагать минимальные дополнительные требования или нагрузки на существующих пользователей воздушного пространства

4. СКУВД должна соответствовать нормативным требованиям безопасности и защиты на уровне транспортных средств и систем, таких как своевременный и надежный обмен данными и устранение единичных точек сбоев и общих сбоев.

5. СКУВД должна быть устойчива к широкому спектру сбоев, начиная от погодных условий и локальных сбоев подсистем (например, отдельное транспортное средство или программный инструмент), заканчивая распространенными сбоями (например, отказ GPS).

6. СКУВД экономически масштабируется для операций с высокими требованиями с минимальными постоянными затратами.

7. СКУВД будет максимально гибко поддерживать пользователей, принимать решения и обеспечивать воздушное пространство структура и предписывающие процедуры только по мере необходимости, чтобы соответствовать вышеуказанным принципам. [21]

### ЭЛАВВП (МАИ)

Проанализировав существующие аналоги, а также потенциальные транспортные потоки, специалистами МАИ были приняты к разработке несколько вариантов ЭЛАВВП (2- и 4-местный аппараты), а также ряд ключевых узлов и агрегатов данного аппарата (электродвигатель, аккумуляторные батареи, система дистанционного управления).

Основной вариант, рассматриваемый в данной статье – 4-местный аппарат мультикоптерного типа.

В ходе работ было рассмотрено несколько вариантов реализации аппарата.

Разрабатываемый аппарат представляет собой мультикоптер с тремя и четырьмя векторами тяги соответственно, предназначенный для перевозки четырех пассажиров.

Общий вид рассматриваемых вариантов приведен на рис. 11.

Мультикоптер состоит из следующих основных компонентов:

- несущая рама с пассажирской кабиной (далее по тексту пассажирский модуль)
- система маршевых двигателей (далее по тексту модуль тяги);
- система питания и электроснабжения (далее по тек-



сту СП и СЭС);

- система дистанционного управления (далее по тексту – СДУ).

Основные элементы разрабатываемого аппарата приведены на рис. 12. [22]

Пассажирский модуль проектируемого аппарата включает в себя несущую раму для обеспечения крепления составных частей аппарата, а также кабину экипажа вместимостью четыре человека и багажный отсек.

Система питания и электроснабжения может иметь несколько вариантов реализации: в первом варианте основным источником электроэнергии являются литий-ионные АКБ (как альтернативный вариант – использование топливных элементов). Во втором варианте в качестве основного источника электроэнергии выступает гибридная силовая установка с генератором. Также в состав обоих вариантов входит система распределения электроэнергии.

В рамках данной статьи подробно рассмотрен «полностью» электрический вариант.

Модуль тяги состоит из электродвигателей привода воздушного винта, а также силовых инверторов управления данными электродвигателями, системы централизованного охлаждения инверторов и электродвигателей и воздушных трехлопастных винтов с фиксированным шагом.

Одной из ключевых составляющих данного аппарата являются электрические двигатели с расчетной мощностью 200 кВт.

Проект подобного двигателя разрабатывается МАИ. Проведены предварительные расчеты, позволившие сформировать облик данной разработки, а также просчитать и промоделировать его основные характеристики. Также МАИ занимается разработкой инверторов и системы дистанционного управления аппаратом.

Процесс постепенного внедрения литий-ионных аккумуляторов АКБ в авиационную технику имеет относительно длинную историю.

Как показывают расчеты для разрабатываемого аппарата, чтобы выведенный на рынок продукт был коммерчески выгодным, батареям желательнее иметь плотность энергии не менее чем в 500 Вт\*ч/кг. Однако на сегодняшний день лучшие показатели коммерческих продуктов варьируются в пределах 150-250 Вт\*ч/кг.

Согласно траекториям развития литий-ионных АКБ, к середине 2020-х гг. будет достигнут уровень в 400-450 Вт\*ч/кг. Тем не менее, результаты дальнейших разработок этой или новой технологии должны перейти рубеж в 500 Вт\*ч/кг, но, даже достигнув такого показателя, плотность энергии будет примерно в 25 раз меньше, чем выдает обычное топливо (12 кВт\*ч/кг). [23, 24]

Также существенное значение имеет быстрая зарядка батарей, в этом направлении Uber сотрудничает с фирмой ChargePoint в разработке варианта аэродромной зарядной станции мощностью 400 кВт.

При подзарядке будет обеспечиваться высокоскоростная циркуляция охлаждающей жидкости через батарею. Это поможет поддерживать температуру нагрева на безопасном уровне по меньшей мере в течение 5-минутных

периодов подготовки к следующему взлету ЛА.

Так же важным фактором для разрабатываемого ЛА является не только плотность энергии, но и высокая скорость перезарядки батарей, а также их срок службы.

Важным направлением при разработке проектируемого аппарата является создание эффективной и безопасной системы автоматического управления.

Система автоматического (автоматизированного) управления объектом типа мультикоптер (САУ-М) предназначена для управления полетом на всех этапах от взлета до посадки в ручном или автоматическом (автономном) режиме управления.

САУ-М осуществляет ручное, автоматическое (на первых этапах) и автоматическое (автономное, беспилотное) управление летательным аппаратом мультикоптерного типа.

Для нормального функционирования САУ-М взаимодействует с другими информационными подсистемами ПНК.

### Выводы

Развитие рынка ЭЛАВВП стремительно набирает обороты.

По прогнозам экспертов, количество подобных воздушных судов к 2035 году достигнет отметки 23 000. Однако, прежде чем эти ЛАВВП станут неотъемлемой частью транспортной системы будущего, рынок претерпит множество переломных моментов.

На данный момент существует большое количество проектов ЛАВВП, разрабатываемых за рубежом. Ежегодно все большее их количество переходит от этапа концептуальной разработки к постройке и испытаниям летных демонстраторов.

Для того чтобы избежать отставания от ведущих мировых производителей, необходимо создавать научно-технический задел для создания подобных аппаратов уже сейчас.

Несомненно, ключевым вопросом также является сертификация таких воздушных судов. Исторически процесс сертификации новых типов ЛА является сложным и трудоемким, ведь обеспечение безопасности – ключевая составляющая коммерческого успеха любой разработки.

Проанализировав существующие аналоги и потенциальные транспортные потоки, специалисты МАИ начали разработку нескольких вариантов ЭЛАВВП, а также некоторых ключевых узлов и агрегатов данного аппарата.

Проработан предварительный облик аппарата, его системы и ключевые узлы.

Сформировано понимание возможности применения как традиционных решений, так и существующего научно-технического задела.

Особое внимание в рамках реализации данного проекта должно быть уделено разработке электродвигателей, источника питания и системе управления данного аппарата.

Своевременная разработка как самого аппарата подобного типа, так и сопутствующих технологий, в том числе инфраструктурных и логистических, позволит решить

большой спектр как стратегических задач развития различных регионов нашей страны, так и создать технологический и конструкторский базис для принципиально новых разработок.

### Список литературы

- [1] Стратегия научно-технологического развития российской федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.
- [2] Йонкис. А. Применение логистики в сфере оптимизации потоков городского транспорта. *Труды одесского политехнического университета*. 2011, № 1, с. 295-299
- [3] Гаевская Л.А. (Науч. руковод. – Е.Б. Малей), г. Новополоцк, Беларусь. Концепция устойчивой городской мобильности как новое направление развития города. Логистика - евразийский мост: материалы 10-й Междунар. научн.-практ. конф. (14-16 мая 2015 г., г.Красноярск); Красноярск. гос. аграрн. ун-т, - Красноярск, 2015.
- [4] *Porsche Consulting. The magazine*. Issue 19 September 2018 <https://www.porsche-consulting.com/en/press/porsche-consulting-the-magazine/detail/issue-19-september-2018/>
- [5] Евсеева А.И. Новая городская мобильность: тенденции развития транспортных систем Государственное управление. *Электронный вестник*. Декабрь 2016, № 59.
- [6] *Transportation Forecast: Light Duty Vehicles // Navigant Research [Site]*. URL: <http://www.navigantresearch.com/research/transportation-forecast-light-duty-vehicles> (accessed: 10.07.2016).
- [7] *Occupational Noise Exposure: Revised Criteria 1998 / CDC— Centers for Disease Control and Prevention*. June 1998. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf> (accessed: 10.07.2016).
- [8] *Poor Air Quality Kills 5.5 Million Worldwide Annually // Science Daily [Site]*. 12.02.2016. URL: [www.sciencedaily.com/releases/2016/02/160212140912.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2016/02/160212140912.htm) (accessed: 10.07.2016).
- [9] Harrison S., «From the Archives: Los Angeles Airways helicopter overturns», *The Los Angeles Times*, Mar. 10, 2017. <http://www.latimes.com/visuals/photography/la-me-fw-archives-airways-helicopter-overturn-20170221-story.html>
- [10] Witken R., «New York Airways Acts to File for Bankruptcy», *The New York Times*, May 16, 1979. <https://www.nytimes.com/1979/05/16/archives/new-york-airways-acts-to-file-for-bankruptcy-suing-sikorsky.html>
- [11] Barron J., «The Citizens of East Hampton vs Its Airport», *The New York Times*, Jul. 4, 2017. <https://www.nytimes.com/2017/07/04/nyregion/east-hampton-airport-noise-regulations.html>
- [12] *Сервис бронирования вертолетов Voorn присоединяется к Airbus Helicopters*. <http://www.airbushelicopters.ru/website/ru/press/148.html>
- [13] Lewis J. and Magalhaes L., «Here Come Helicopters on Demand», *The Wall Street Journal*, Jun. 20, 2017. <https://www.wsj.com/articles/here-come-helicopters-on-demand-1498010700>
- [14] Kopardekar P., Rios J., Prevot T., Johnson M., Jung J. and Robinson J. E., «UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations»
- [15] Ronald Berger Focus Urban air mobility. The rise of a new mode of transportation November 2018
- [16] *The Future of Vertical Mobility. Sizing the market for passenger, inspection, and goods services until 2035. A Porsche Consulting study*. <http://events.ato.ru>
- [17] Israel Greenfield Glenn Research Center, Cleveland, Ohio Concept of Operations for Urban Air Mobility Command and Control Communications <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20190002633> 2019-05-01T16:19:20+00:00Z
- [18] Смурага Ю.С. Мультимодальные транспортные узлы.
- [19] Dr. Walter Weigel Dr. Michael Lipka Europe's future digital airspace: Huawei's contribution
- [20] Prof. Christian Arbingler Melanie Schmidt Safe and secure digital infrastructure and their operation as a common ground of the Bavarian Air-Mobility-initiatives Customer Relationship Management
- [21] Стандарт ATA 100 <http://www.s-techent.com/ATA100.htm>
- [22] Christopher Courtin, John Hansman Safety Considerations in Emerging Electric Aircraft Architectures, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 02139, USA
- [23] David P. Thippavong1, Rafael D. Apaza, Bryan E. Barmore, Vernol Battiste, Barbara K. Burian, Quang V. Dao, Michael S. Feary, Susie Go, Kenneth H. Goodrich, Jeffrey R. Homola, Husni R. Idris, Parimal H. Kopardekar, Joel B. Lachter, Natasha A. Neogi, Hok K. Ng, Rosa M. Oseguera-Loehr, Michael D. Patterson, Savita A. Verma Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Considerations. National Aeronautics and Space Administration.