

УДК 711.4

## ГОРОДСКАЯ СРЕДА И БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Лейкина Д.К.<sup>1</sup>, Лептюхова О.Ю.<sup>2</sup>, Чиркова В.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений», АО «ЦНИИПромзданий», 127238, город Москва, Дмитровское ш., д.46 к.2, e-mail: [leikina@asm-1.ru](mailto:leikina@asm-1.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», НИУ МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: [oy-2@mail.ru](mailto:oy-2@mail.ru)

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», НИУ МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: [ivikai.2017@yandex.ru](mailto:ivikai.2017@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассматривается городская воздушная мобильность как новая градостроительная подсистема в связи с развитием беспилотной авиации на основе анализа зарубежного опыта интеграции беспилотных летательных аппаратов в градостроительную практику и нормативную базу. В условиях роста рынка беспилотных летательных аппаратов и спроса на услуги в городской среде критически важно ускорить внедрение беспилотных летательных аппаратов в городскую среду, адаптируя инфраструктуру для их безопасного использования.

**Цель.** выявление состава элементов беспилотной инфраструктуры и правил передвижений БПЛА, влияющих факторов и ограничений развития на организацию городской среды для передвижения в ней БПЛА на основе зарубежного опыта.

**Методы.** Анализ нормативных документов, научной и технической литературы, примеров использования беспилотных летательных аппаратов, метод индукции.

**Результаты.** Использование беспилотных летательных аппаратов в городской среде формирует новую градостроительную подсистему, активно развивающуюся и совершенствующуюся, однако сталкивающуюся с рядом проблем. В статье приводятся результаты анализа состава инфраструктуры беспилотных летающих аппаратов, ограничений применения на основе опыта Китая, США и Европейского союза. Установлены перспективы развития инфраструктуры для функционирования беспилотных летательных аппаратов, ее возможные параметры и требования к размещению. Полученные данные могут быть использованы для разработки эффективных стандартов многоуровневой городской среды.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, воздушная мобильность, градостроительные ограничения, нормативы по беспилотной аэромобильности.

### ВВЕДЕНИЕ

Объем коммерческого рынка дронов в 2025 году составил около 41,79 млрд. долларов и с ежегодным ростом порядка 10-14 % достигнет 89,70 млрд. долларов к 2030 году. Наибольшая активность отмечена в четырех отраслях: сельское хозяйство, строительство, логистика и развлечения (рис.1) [3].



Рис. 1. Доля использования БПЛА в отраслях. Автор Лептюхова О.Ю.

Российские темпы роста объема продаж БПЛА и услуг с их применением демонстрирует среднегодовой рост около 25 %, ожидается что к 2030 году он сможет достичь 120 млрд. рублей. Как отмечается в отчете Аэронет [1] десятикратный рост рынка может быть обеспечен развитием нормативной базы, в том числе в области технического регулирования.

На проведенных Международном форуме беспилотных аппаратов всех сред «Крылья Сахалина» (сентябрь 2025) [4] и Международном форуме «Беспилотные системы: технологии будущего» в Сколково (август 2025) [5] также подчеркивалось, что широкое внедрение БПЛА сдерживается отсутствием понятных правил и норм.

Необходимо отметить, что внедрение БПЛА в различные сферы городской жизни становится одним из ключевых направлений развития «цифровой» экономики и «умных» городов в Российской Федерации. Таким образом, актуальность научных исследований, посвященных особенностям организации и регулирования передвижения БПЛА в городских нормативных, технологических и социально-экономических предпосылок.

Во-первых, вопросы обеспечения безопасности полетов БПЛА и интеграции новых участников воздушного движения в единое воздушное пространство страны являются приоритетными в государственной политике в области беспилотной авиации согласно Стратегии развития беспилотных авиационных систем в Российской Федерации. Также в указанной стратегии критически важной задачей признается совершенствование технологий управления, мониторинга и предотвращения нештатных ситуаций.

Во-вторых, ожидается, что развитие беспилотных авиационных услуг в городской среде рассматривается как значимый драйвер экономического роста, формирования новых рынков, повышения эффективности городских сервисов и социальной удовлетворенности. Результаты аналитических исследований [3] подтверждают, что внедрение БПЛА в городские процессы (мониторинг, доставка, экстренное реагирование) способствует повышению качества жизни граждан и эффективности городского управления.

Интенсивный рост использования БПЛА требует налаженной инфраструктуры и разработки правил безопасного сосуществования БПЛА и населения: снижения риска столкновений и падений, неконтролируемого сбора данных и других угроз.

Таким образом, формирование научно-обоснованных подходов организации движения БПЛА в городской среде отвечает приоритетам государственной политики и актуальным потребностям российского общества.

Несколько меньший опыт использования и объем рынка БПЛА в России свидетельствует о целесообразности изучения международного опыта, что позволит выявить лучшие практики и избежать ошибок при формировании или организации городской среды, минимизирует риски и повысит ее качество, ускорит создание эффективных стандартов многоуровневой городской среды.

## **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ**

В исследовании основное внимание уделено изучению опыта США, Европейского союза, Китая, как наиболее передового.

Материалы для изучения подбирались по нескольким направлениям: конкретные примеры применения БПЛА в городской среде и нормативное обеспечение такого использования.

В исследовании проводился анализ документов с выделением их ключевых положений относительно состава и характеристик инфраструктуры, влияющих факторов и ограничений использования БПЛА в городских условиях. Результаты анализа обобщались.

Источниками материалов служили официальные правительственные сайты и сайты производителей и эксплуатантов дронов, научные базы цитирования Scopus, Web of Science, РИНЦ и RSCI.

Сегодня в каждой стране участниками развития аэромобильности являются:

- разработчики и производители БПЛА;
- создатели программного обеспечения и полетных заданий;
- национальное агентство воздушного транспорта (или другая ответственная государственная регулирующая организация);
- регистрирующая и/или лицензирующая организация (идентификация аппаратов, управление воздушно-транспортными потоками, метрология, информирование о появлении новых препятствий, разрешения и запрещения на полеты в особых зонах и т. д.);

- владельцы БПЛА или провайдеры услуги доставки;
- операторы БПЛА;
- наземная группа обслуживания, загрузки и разгрузки отправок [21].

В зарубежных странах активно внедряется логистика с применением БПЛА. Достаточно известными примерами в этой области являются системы доставки, используемые компаниями Амазон (Amazon) [10] и Гугл (Google) [24] в США [15] и ДиЭйчЭл (DHL) [13] в Германии, осуществляющими доставку срочных отправок – анализов, медикаментов и других срочно требуемых предметов клиентам. При этом вертикальный взлет БПЛА в виде коптеров является особым преимуществом в связи с возможностью точечной доставки отправок.

Наибольшего успеха во внедрении БПЛА в логистические схемы доставки грузов достигли Китай и США [21, 31]. Основной особенностью систем, внедряемых этими странами является то, что БПЛА применяются для доставки в условиях городской застройки без внесения серьезных изменений в городскую инфраструктуру.

В США сразу несколько компаний развивают доставку грузов БПЛА. Такими являются DHL, Amazon, Google, Zipline, UPS. Опыт этих компаний говорит об достаточно простой работе. Покупатель делает онлайн заказ и указывает Prime Air как способ доставки. В логистическом центре компании товар, выбранный клиентом, загружается на беспилотник. Затем БПЛА летит по указанному адресу, приземляется, проводит выгрузку товара и улетает. После этого клиент забирает с земли упаковку с товаром.

Однако, несмотря на значительные технологические успехи, проект Amazon Prime Air столкнулся с рядом трудностей. На данный момент он не реализован в коммерческом масштабе, и существуют опасения относительно его жизнеспособности и практичности.

В 2012 году корпорация Alphabet (материнская компания Google), а точнее ее подразделение «X», занимающееся инновационными разработками, начала прорабатывать вопросы доставки грузов дронами, а спустя два года, в августе 2014 года был анонсирован проект Wings, направленный на разработку автоматизированного БПЛА и инфраструктуры для его использования. В отличие от Amazon, разрабатывающей беспилотники для себя, Google стремилась создать сервис по доставке, который будет востребован другими компаниями. В проекте было продемонстрировано несколько типов беспилотников, причем построенных по разным аэродинамическим схемам.

После первой публичной демонстрации в 2014 году проект искал себе реального применения. Сначала шли переговоры о доставке грузов медицинского назначения, а затем о доставке еды и напитков, но, к сожалению, ни один проект так и не вышел в продуктивную фазу. В ноябре 2016 г. поступила информация, что Project Wings переведен в стадию заморозки. Основной причиной неудач проекта, по мнению Bloomberg, являются административные ограничения на коммерческую перевозку грузов беспилотниками.

Калифорнийская компания Matternet впервые применила БПЛА в 2012 году, моделируя доставку медикаментов в лагерь беженцев на Гаити.

На основании полученных во время этих испытаний данных руководитель компании Андреас Раптопулос утверждал, что стоимость доставки груза весом 2 кг на расстояние 10 км составляет 24 цента.

В 2016 году компания участвовала в проекте по доставке образцов крови для выявления ВИЧ/СПИД среди жителей удаленных деревень в Республике Малави, Восточная Африка.

В мае 2014 индийская пиццерия Francesco's Pizzeria опубликовала видео с коммерческой доставкой пиццы клиентам. В январе 2014 американская пивоварня Lakemaid Beer доставляла пиво с помощью БПЛА любителям зимней рыбалки на замерзшем озере Вакония, штат Миннесота, США.

Анализ опыта китайской компании Meituan, использующей беспилотники для доставки пищевых продуктов, показал следующее. Система организована таким образом, что при поступлении заказа, оператор на складе комплектует требуемые продукты и прикрепляет их к БПЛА коптерного типа, который по заданному маршруту движется до пункта выдачи заказов.

Таким образом, в последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно интегрируются в городскую жизнь, трансформируя традиционные представления о транспорте, отдельных производственных процессах, логистике и даже досуге. Зарубежные города сталкиваются с необходимостью перестройки инфраструктуры доставки: БПЛА начинают

обслуживать так называемую «последнюю милю» доставки товаров – доставку от последнего логистического хаба до потребителя, приступают к проектированию многоуровневых городов с отдельными зонами для БПЛА, активно внедряют «умные» транспортные системы, интегрируя летающую и наземную ее части в единую цифровую среду.

### **ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследование посвящено изучению зарубежного опыта адаптации инфраструктуры БПЛА для городских условий: выявлению состава элементов беспилотной инфраструктуры и правил передвижений БПЛА, влияющих факторов и ограничений на организацию городской среды для передвижения в ней БПЛА.

Поставленная цель требует решения следующих задач:

1. Исследование зарубежного практического опыта внедрения беспилотных летательных аппаратов в городскую среду и способов нормативного регулирования использования БПЛА;
2. Определение применяемых на практике элементов и параметров физической инфраструктуры для использования беспилотных летательных аппаратов и их функционирования в городской застройке;
3. Изучение методов навигации беспилотных летательных аппаратов, анализ эффективности различных видов систем и оптимальности для применения в городе;
4. Установление нормативно закреплённых вариантов зонирования воздушного пространства для регулярных передвижений дронов и действующих для них ограничений;
5. Формирование проблематики использования беспилотных летательных аппаратов в городской среде, возможностей правового регулирования полетов дронов и физической инфраструктуры для них и перспектив безопасной интеграции беспилотников в структуру современного города.

Объектом исследования является инфраструктура для БПЛА.

Предметом исследования является градостроительное методическое обеспечение формирования городской среды в целях создания инфраструктуры БПЛА.

### **ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ**

Анализ опыта доставки товаров позволяет сделать вывод, что процесс выполняется по следующему алгоритму. Беспилотник получает информацию о доставке, автономно или полуавтономно получает груз из места хранения и доставляет его по воздуху. Склады базируются на крышах высотных зданий и одновременно являются аэродромами для беспилотных комплексов. Во время движения БПЛА связывается с другими БПЛА, которые находятся относительно недалеко друг от друга для получения информации, используемой для планирования маршрута. Эта информация может храниться на сервере автономной базовой станции и/или динамически распределяться между ближайшими БПЛА.

Когда БПЛА достигает места доставки, он исследует поверхность в месте доставки для безопасной посадки, производит посадку, затем отпускает груз, тем самым завершая доставку. В дальнейшем, если БПЛА ранее успешно приземлился в месте доставки, он может использовать сохранённую информацию о месте доставки (например, безопасную зону посадки, географические координаты зоны посадки) для навигации при посадке в точке доставки. После завершения доставки БПЛА может вернуться в базовый пункт обработки или в другое место для получения другого груза, зарядки батарей и т. д. Кроме того, пользователи могут указать альтернативные места доставки, например, дом, рабочее место и т.д. Для избегания столкновений БПЛА избегают препятствия в окружающей среде, таких как животные, люди, различные небольшие сооружения и т.д. при помощи машинного зрения. Оператор осуществляет мониторинг одновременно за несколькими комплексами.

Главной особенностью данного процесса является сочетание человеческого и автоматизированного труда. Плотная городская застройка является наиболее сложным условием для функционирования системы управления БПЛА.

Разные страны приняли различные подходы к регулированию использования БПЛА, отражающие их уникальные проблемы и приоритеты.

В США вопросами документационного регулирования БПЛА занимается FAA (Federal Aviation Administration – Федеральное управление гражданской авиации США). В исследованиях

перспектив внедрения БПЛА в городскую среду FAA сотрудничает с NASA (National Aeronautics and Space Administration – Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства).

В библиотеке FAA имеются юридические документы, в которых перечислены требования, регулирующие полеты БПЛА и устанавливающие правила относительно их, а также научные публикации и учебные материалы по управлению БПЛА.

Основным документом, регламентирующим правила эксплуатации и полетов БПЛА является Summary of the Small UAS Rule (Part 107), 2016 год (Краткое изложение правил для малых беспилотных летательных аппаратов (часть 107) [16].

Для любительских полетов БПЛА существует карта мест запуска (без подачи заявки на разрешение использования воздушного пространства) при условии, что они выполняют полеты на максимально допустимой высоте или ниже [25]. Разрешенные пространства для полетов устанавливаются в тех местах, в которых не будут нести угрозу воздушному пространству страны.

Согласно карте зон и данных Google Maps, запретная зона выделяется над аэропортами, минимальный радиус – 8 км (непосредственно над участком полет запрещен, чем дальше от аэропорта, тем выше разрешенная высота), военными базами (полеты запрещены) и иными важными объектами. Присутствуют рекреационные зоны, в границах которых запрещены полеты, например, над Национальным заповедником Супериор. Также полеты запрещены вдоль побережья в радиусе 3000 футов (915 м).

В Европейском Союзе за разработку правил полетов БПЛА и обеспечение безопасности гражданской авиации отвечает EASA (European Union Aviation Safety Agency – Европейское агентство по безопасности полетов). В отношении БПЛА EASA устанавливает общие правила и стандарты, выдает сертификаты и контролирует внедрение правил для обеспечения их безопасной интеграции в европейское воздушное пространство [14].

Основным документом является Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and 2019/945) (Правила простого доступа к беспилотным авиационным системам (Регламенты (ЕС) 2019/947 и 2019/945)), пересмотр от 10 июля 2024 года [14] содержит подробное описание правил использования БПЛА на территории Европейского союза, границы разрешенных полетов в воздушном пространстве, методики их определения и классификации.

В Китае активно развивается «экономика малых высот», т.е. система хозяйствования с использованием БПЛА, которая отражена в следующих документах:

- Interim Regulation on the Administration of the Flight of Unmanned Aircraft (Временное положение об управлении полетами беспилотных летательных аппаратов), опубликованное 28 июня 2023 года Государственным советом КНР (State Council of China) и Центральным военным советом КНР, начавшее действовать с 1 января 2024 года [23]. Данное Положение является первым в Китае документом, комплексно регулирующим управление полетами БПЛА. Оно разъясняет систему, объекты и содержание управления, а также легализует классификацию, сферу применения, полномочия, процедуры и ответственность в этой области.

- Shanghai's Action Plan for the Low-Altitude Economy Industry 2024–2027 (План действий по качественному развитию промышленности низких высот Шанхая (2024–2027 годы)) [30, 29]. Был утверждён 25 июля 2024 г. и разработан Правительством для реализации стратегий создания мощной производственной и транспортной державы, использования стратегических возможностей инновационного развития глобальной экономики низких высот, создания новых бизнес-моделей для экономики, активного продвижения новой индустриализации и развития качественно новой производительности труда.

База БПЛА Цзиньшань Хуадун является одной из первых «испытательных площадок гражданских беспилотных летательных аппаратов (БАС)» (для островных сценариев) в Китае. Сферы применения постепенно расширяются. Аэропорт Цзиньшань-Чжоушань-Лунхуа реализует логистические и транспортные решения по маршруту «море-побережье-город», а район Янпу и другие районы внедряют доставку продуктов питания с помощью дронов. Пилотные межрегиональные маршруты запущены в дельте реки Янцзы. В целях дальнейшего развития предложено 6 инициатив, в том числе развитие «мягкой» и «жесткой» инфраструктуры, в рамках расширения коммерческого использования БПЛА.

В «Плане высококачественного строительства низкоуровневой инфраструктуры в Шэньчжэне (2024–2026 гг.)» предусмотрена разработка инфраструктуры взлётно-посадочных площадок на

малых высотах, информационной инфраструктуры и инфраструктуры инноваций, стремясь создать систему инфраструктуры на малых высотах с «полной системой, четкой иерархией, едиными стандартами, интеллектуальными передовыми технологиями и междоменной интеграцией».

Таким образом, в каждой стране мира выработаны особые правила для использования БПЛА, поскольку они могут представлять опасность для воздушных судов, городской инфраструктуры, а также людей и животных.

Ключевым направлением регулирующих мер в каждой стране является определение границ деятельности с участием БПЛА. В нормативных актах указываются:

- допустимая высота, полеты большинства дронов ограничены высотой ниже 400 футов, чтобы избежать помех для пилотируемых самолетов.

- требования к геоэонам, некоторые районы, такие как аэропорты, военные зоны и национальные парки, обозначены как зоны, закрытые для полетов.

- дальность полета, в зависимости от типа дрона правила могут требовать выполнения полетов в пределах прямой видимости или разрешать полеты за пределами прямой видимости (BVLOS) при определенных условиях.

Следует отметить, что действующие нормативные документы в большинстве стран не до конца адаптированы для регулирования полетов БПЛА. Основной вызов заключается в необходимости создания новых классов зонирования или модификации существующих (например, появления зоны «аэромобильности» или «вертикального транспорта»).

Для функционирования БПЛА в зарубежных странах в городской среде применяют:

1. Станцию техобслуживания, склад и аэродром на крышах зданий или в отдельно стоящих сооружениях.

2. Беспилотный комплекс, оснащенный современными датчиками, обеспечивающими качественное функционирование системы управления: лидары, радары, ультразвуковые датчики, барометрические датчики, камеры с высоким разрешением, а также герметичным контейнером, предназначенным для хранения и транспортировки грузов.

3. Юридическое разрешение на применение БПЛА в городской среде.

4. Утвержденный маршрут движения БПЛА.

5. Обеспечение места посадки и выгрузки БПЛА.

6. Постоянный мониторинг и контроль процесса доставки оператором.

Большое значение для внедрения БПЛА имеет анализ практики градостроительного зонирования для размещения объектов наземной инфраструктуры [11].

Rajendran и Srinivas выделяют четыре ключевых критерия выбора локации: транспортная доступность (интеграция с мультимодальными хабами), экологическая и шумовая совместимость, соответствие существующим правилам зонирования (особенно для высотных зданий) и общественное восприятие [19]. Исследования Rothfeld подчеркивают, что размещение вертопортов в центральных деловых районах наиболее эффективно для снижения времени в пути, но сталкивается с максимальными ограничениями по стоимости земли, шуму и безопасности. Альтернативой, по мнению Straubinger, является использование периферийных локаций (железнодорожные вокзалы, аэропорты) и связи его с наземным транспортом [13, 20].

В работе Hansman, R. J. и Vascik P.D., отмечается, что наиболее перспективной интеграции признано многофункциональное землепользование (развитие смешанного использования). Также авторы анализируют возможность размещения вертопортов на крышах существующих зданий (транспортных хабов, торговых центров, многоэтажных парковок), что позволяет минимизировать поиск новых территорий [27]. Однако данное решение требует тщательного анализа структуры зданий и организации безопасных коридоров для БПЛА.

Pradeep и Wei предлагают концепцию «вертопортов как узлов» (vertiports as hubs), где инфраструктура eVTOL совмещается с объектами торговли, офисами или общественными пространствами, создавая синергетический эффект и повышая экономическую эффективность использования земли [17]. Подход к планированию, ориентированный на транзитно-ориентированное развитие (TOD) с учетом БПЛА, рассматривается в работе Cohen [12].

Размещение вертопортов неизбежно влечет экологические последствия. Исследования Шумового воздействия eVTOL, хотя и показывают его снижение по сравнению с вертолетами, указывают на необходимость создания буферных зон и использования шумопоглощающих материалов.

Развертывание вертопортов в пределах жилых зон сопряжено с преодолением существенных барьеров, ключевыми среди которых являются акустическое загрязнение, вопросы сохранения приватности и риски безопасности. Население демонстрирует высокую чувствительность к шуму, генерируемому летательными аппаратами, что может привести к активному противодействию реализации проектов, воспринимаемых как нарушающие спокойствие жилых районов. Приватность становится предметом беспокойства в связи с полетами на малых высотах, а потенциальный риск аварийных ситуаций усугубляет общественное сопротивление.

Тем не менее, реализация объектов ограниченного использования, например, предназначенных исключительно для авиационных служб экстренного реагирования (санитарная авиация), может быть допустима в жилых зонах при условии установления строгого регламента эксплуатации. Для смягчения негативного воздействия могут применяться такие меры, как создание буферных санитарных зон, введение ограничений на время операционной деятельности, а также внедрение передовых технологий снижения шума.

- Промышленные зоны представляются перспективным вариантом для размещения вертопортов ввиду наличия значительных территориальных ресурсов, развитой инженерной инфраструктуры и логистических преимуществ. Данные территории, как правило, заняты складскими комплексами, дистрибьюторскими центрами и производственными мощностями, что обуславливает их целесообразность для организации грузовых операций с использованием аэромобилей. Кроме того, объекты в промышленных зонах обычно подвергаются менее пристальному общественному контролю.

Вместе с тем, действующие нормы промышленного зонирования могут не учитывать специфические требования к вертопортам, такие как необходимость создания энергетической инфраструктуры для зарядки электрических вертикально взлетающих и посаждающихся летательных аппаратов (eVTOL) или хранения водородного топлива. Внедрение подобных объектов по-прежнему может потребовать проведения оценки воздействия на окружающую среду в части анализа выбросов, уровней акустического воздействия и изменения характера землепользования.

Важным экономическим преимуществом вертопортов в промышленных зонах является возможность их двойного использования, например, в качестве грузовых хабов в периоды низкого пассажиропотока, что способствует повышению операционной эффективности и общей рентабельности проекта [17].

- Зона делового, общественного и коммерческого назначения.

В отличие от промышленных, коммерческие зоны могут характеризоваться повышенной совместимостью с широким спектром конфигураций вертопортов. Данные территории, выполняющие функции транспортных, торговых и медицинских узлов, являются высокопотенциальными для интеграции инфраструктуры для eVTOL. Размещение вертопортов в коммерческих районах позволяет удовлетворить высокий спрос, генерируемый деловыми центрами, торговыми комплексами и объектами развлекательной индустрии (могут относиться и центры рекреационной активности).

При реализации проектов в зонах высокой коммерческой плотности может возникнуть необходимость в корректировке высотных регламентов для размещения необходимой инфраструктуры вертопорта. В то же время в зонах низкой плотности застройки и смешанного использования ключевое значение приобретает оценка воздействия объекта на прилегающие жилые массивы, в частности, по факторам, указанным ранее (шум, безопасность). Важным преимуществом коммерческих зон является более благоприятное публичное восприятие, обусловленное их устоявшейся ролью в качестве центров деловой активности и транспортной инфраструктуры [12, 18].

Выделяют основные типы объектов:

- Вертодромы (Vertiports) и посадочные площадки (Landing Pads): Ключевые узлы сети БПЛА. Предназначены для взлета, посадки, посадки пассажиров, погрузки/разгрузки грузов. Могут быть наземными (на крышах зданий, на специально отведенных территориях) и многоуровневыми.

- Станции технического обслуживания и зарядки/заправки (Charging/Refueling Hubs): обеспечивают энергетическую автономность БПЛА. Могут быть совмещены с вертодромами или размещаться отдельно.

- Центры управления полетами (UTM Command and Control Centers): Аналоги диспетчерских служб. Обработывают данные о воздушной обстановке, маршрутах, погоде.

- Сеть сенсоров и систем связи: Наземные станции для обеспечения надежной связи (5G, C2), навигации (GBAS) и наблюдения (радары, камеры) за БПЛА.

- Логистические хабы: Складские и сортировочные центры, интегрированные с вертодромами для доставки грузов [26].

- ВПП – взлетно-посадочные площадки

Основополагающим вопросом является определение пространственных требований вертопорта. Как отмечают Thirphavong и др. (2018), минимальные размеры посадочной площадки составляют примерно 15x15 метров, однако общая площадь территории должна учитывать зону безопасности, пассажирский терминал, инфраструктуру зарядки и техобслуживания [22].

Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA) разработало комплексные требования, направленные на обеспечение безопасной и эффективной интеграции систем городской авиамобильности (Urban Air Mobility, UAM) в урбанизированную среду. Критически важным элементом этих требований является стандартизация конфигураций вертопортов, которые определяют профили взлета воздушных судов вертикального взлета и посадки (VTOL) и адаптированы к разнообразным городским условиям и типам летательных аппаратов.

EASA определяет три первичные конфигурации вертопортов, каждая из которых обуславливает специфический профиль взлета и посадки VTOL (рис. 2).

a. Взлет с возвышенной конструкции (Elevated Conventional Takeoff)

Описание: Взлетная площадка расположена на возвышении в черте города.

Преимущества и особенности: Данная конструкция позволяет закрывать потенциальные отклонения траектории в случае возникновения отказа на начальном этапе полета. Это обеспечивает дополнительный запас безопасности, вызывающий аварийную посадку в свободной зоне, так как на пути его траектории после взлета с возвышением находится меньшее понижение.

Область применения: Интеграция взлетно-посадочных площадок в существующую городскую застройку (крыши зданий, специальные эстакады).

b. Традиционный взлет с пробегом (Conventional Takeoff)

Описание: Взлет осуществляется с площадки, свободной от окружающих препятствий. Вертодром может включать в себя (ВПП) малой длины для выполнения взлета с пробегом.

Преимущества и особенности: Взлет с разбегом обеспечивает повышенную энергоэффективность для некоторых типов вертикального взлета и посадки, а также позволяет набрать необходимую подъемную силу с подъемом энергозатрат по сравнению с вертикальным взлетом. В проектировании траектории заложен допуск на препятствия (допуск на препятствия) для уменьшения риска в случае отклонения.

Область применения: Периферийные вертопорты, аэродромы, специализированные площадки с достаточным свободным пространством.

c. Вертикальный взлет (Vertical Takeoff)

Описание: Конфигурация, предназначенная для работы в стесненных условиях с высокой подсветкой застройки. С ВВП следует исключительно по вертикальной траектории.

Преимущества и особенности: минимизирует горизонтальное перемещение в условиях городской среды на углах подъема и посадки, что позволяет разместить посадочные площадки в тесных городских каньонах. Требуется высокой точности и надежности систем управления.

Область применения: Центральные районы мегаполисов, плотно застроенные исторические центры, крыши зданий [28].

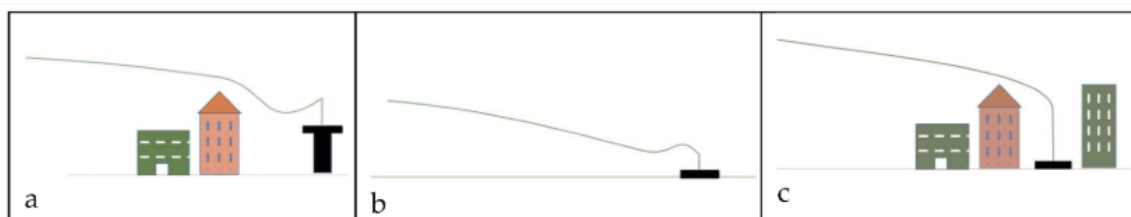


Рис. 2. (a) - Обычный взлет вертикально вверх с возвышенности; (b) обычный взлет без препятствий; (c) вертикальный взлет с препятствиями [26, 28]

По размеру (рис. 3) ВПП подразделяются на:

1. Площадки небольшого размера. (Small-scale landing pads)

Наименьшие по размеру площадки, часто сопоставимые по площади с небольшой платформой. Как правило, используются для посадки дронов без нагрузки или с минимальным грузом, например, для целей наблюдения и мониторинга. Такие площадки также могут быть обозначены как места для аварийной посадки. Их ключевым преимуществом является возможность стратегического размещения в городской среде для обеспечения быстрого доступа в чрезвычайных ситуациях.

### 2. Площадки среднего размера. (Medium-scale landing pads)

Данный тип инфраструктуры предназначен для обслуживания дронов, перевозящих малые и средние грузы. К примерам площадок среднего масштаба относятся: площадки для дронов с питанием от наземного источника, грузовые вертикальные конструкции, пункты сброса/получения груза.

### 3. Посадочные хабы крупного масштаба (Large-scale landing hubs)

Крупнейшие инфраструктурные объекты, используемые для посадки дронов с тяжелыми грузами и обеспечения высокоинтенсивного трафика. Их масштаб может быть сопоставим с размером отдельного здания или сооружения. Подобные хабы обычно обладают развитой инфраструктурой, включающей: станции подзарядки/заправки, центры управления и связи, объекты логистики и складского хранения.

Представленная классификация демонстрирует, что проектирование ВПП-инфраструктуры является многокритериальной задачей, напрямую зависящей от операционных сценариев использования БПЛА в городской среде [20].

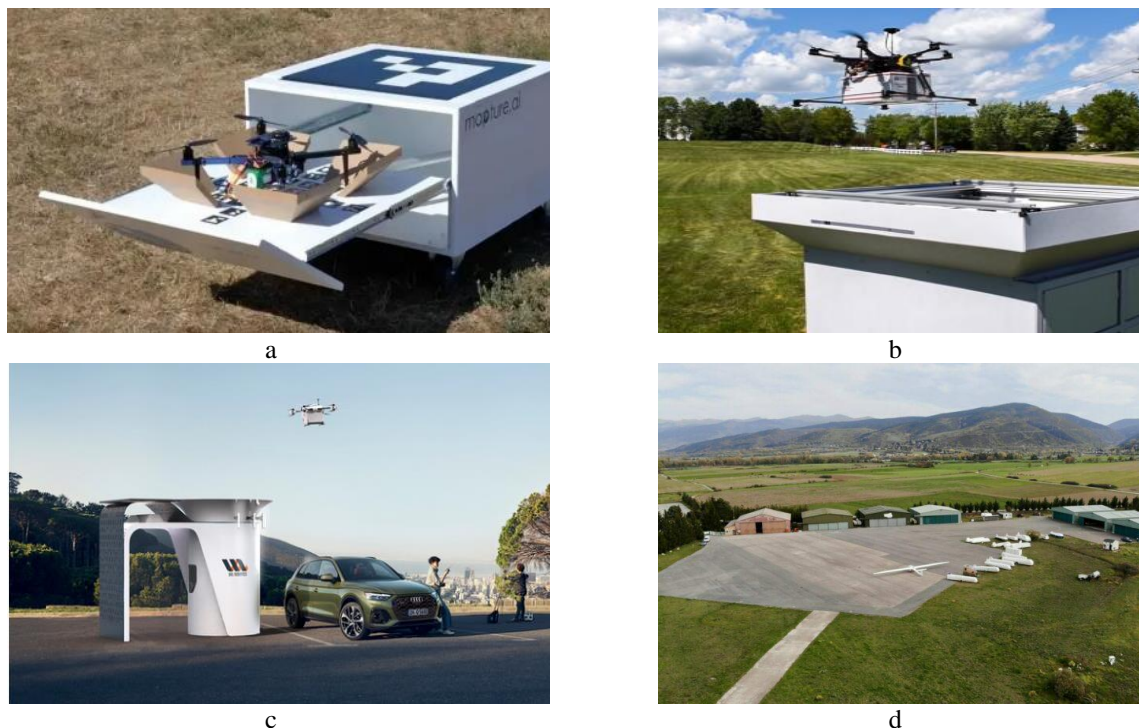


Рис. 3. (a)- площадки среднего размера (b), (c) - площадки небольшого размера, (d) - посадочные хабы крупного масштаба [8]

Одним из наиболее важных параметров беспилотных комплексов является его автономность, которая достигается за счет внедрения в него сложных систем и датчиков. За качество выполняемых задач, возложенных на комплекс, в большей степени отвечает система управления. Она включает в себя множество подсистем: регуляторы скорости, приемопередатчики, модули навигации и управления, источник питания и т.д.

Существуют основные методы навигации БПЛА: спутниковые системы, инерциальные навигационные системы, радиотехнические системы, навигация в режиме реального времени при помощи распознавания.

Спутниковые системы (GPS, ГЛОНАСС) используют сигналы от спутников для определения местоположения, скорости и времени (рисунок 4). Например, GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия).

Принцип работы заключается в том, что приемник вычисляет свое положение, синхронизируя сигналы, посылаемые спутниками, вращающимися вокруг Земли. Каждый спутник передает данные, которые включают местоположение спутника и точное время отправки сигнала. Приемник использует эти данные для расчета расстояния до каждого спутника и определяет его положение.

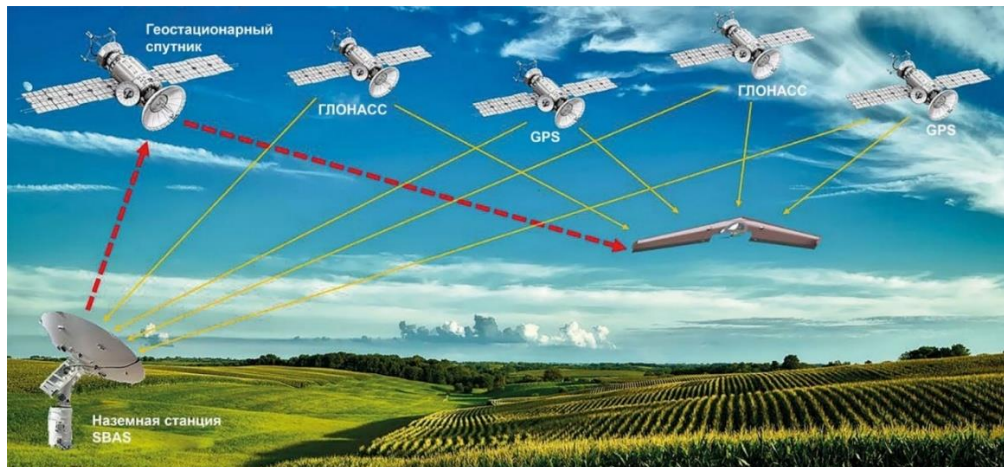


Рис. 4. Функционирование спутниковых навигационных систем [7]

В условиях городской среды точность геопозиционирования снижается из-за многочисленных отражений сигнала. Чтобы снизить зависимость от одной системы, имеется возможность использования данных одновременно от GPS и ГЛОНАСС, а также от европейской Galileo и китайской BeiDou. Многочастотные приёмники позволяют сравнивать сигналы и выбирать наилучшее качество.

Необходимо отметить, что самой часто используемой спутниковой системой является GPS, поскольку у нее самое большое количество спутников, однако ввиду острой геополитической обстановки и санкционного давления, во многих городах подавляется сигнал GPS из-за высокой террористической опасности.

Инерциальные навигационные системы (IMU) представляют собой модульную систему, архитектура которой может быть сформирована индивидуально под конкретную задачу. Основу обычно составляет сочетание трёхосевых акселерометра и гироскопа, к которым может быть добавлен магнитометр, барометр, температурный датчик и т.д. В результате комплектуется достаточно сложная и многофункциональная измерительная система, позволяющая выполнить полётное задание БПЛА средней дальности (в радиусе от 100км до 1000км).

Радиотехнические системы предоставляют данные о местоположении с помощью сигналов от радиомаяков или наземных станций (рисунок 5). Следует отметить, что радионавигационные сигналы могут подвергаться искажениям из-за рельефа, погодных условий и других факторов. Это снижает эффективность их использования. Также стоит отметить, что в условиях города или сельской местности обычно нет проблемы покрытия сигнала радиовышкой.



Рис. 5. Радиотехническая система навигации БПЛА [6]

Система ориентирования при помощи системы распознавания является самой сложной и самой дорогой, однако она полностью независима от спутников и радиовышек. Она основывается на применении камер или систем компьютерного зрения с целью обнаружения и отслеживания объектов на поверхности земли. Такие системы помогают анализировать изображения с камер, определяя координаты и ориентацию БПЛА относительно окружающей среды. Этот метод дополняет другие навигационные методы и повышает уровень автономности аппарата. Нейросети и машинное обучение позволяют в автоматическом режиме проводить анализ полученных данных и накапливать данные о возможных путях движения, препятствиях и прочих объектах на маршруте. Для качественного функционирования данной системы требуется большое количество камер, ультразвуковых датчиков, радаров и лидаров. Она способна с высокими точностью и степенью автономности находить маршрут с обходом препятствий до заданной точки, но очень сильно повышает стоимость беспилотного комплекса.

Для учета вышеизложенного существует система зонирования, основанная на оценке наземного риска. В данной системе можно выделить три зоны (рисунок 6):

Зоны, где полеты физически невозможны или строго запрещены. К ним относятся постоянные объекты, превышающие высоту 150 м (отдельные высотные здания, опоры ЛЭП), а также временные препятствия (строительные краны, которые могут достигать 70-80 м).

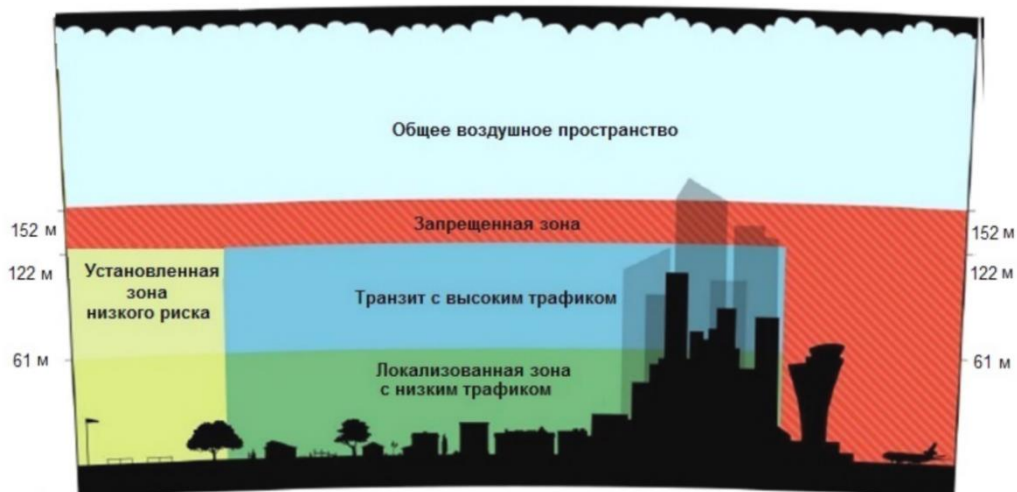
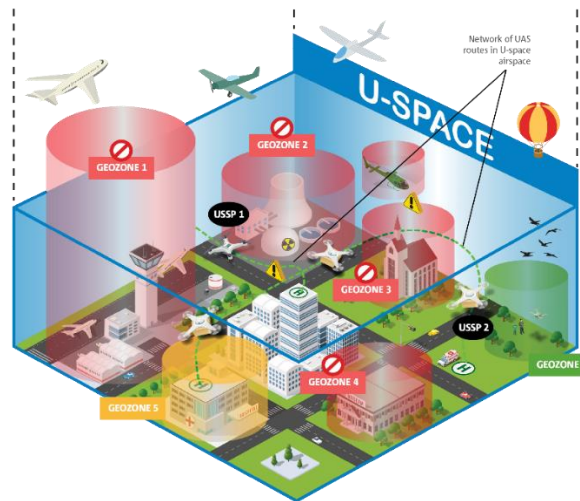


Рис. 6. Примеры систем зонирования воздушного пространства [2]

Зоны разрешительного порядка (Prior Permission Zones, PPZ) [10].

Зоны, где полет возможен, но нежелателен без предварительного разрешения в связи с соображениями безопасности, или приватности.

Зоны формируются на основе запросов к данным платформы БПЛА (тип объекта, активность человека). Например, зоны над больницами (имеющими вертодромы), тюрьмами, стадионами, электростанциями, правительственными зданиями, пешеходными улицами и крупными парками.

Зоны с минимальным уровнем уязвимости и человеческой активности на земле (промзоны, заброшенные территории, свалки).

Используются как буферные зоны для экстренных ситуаций: здесь дроны могут выполнять зависание или орбитальное движение для освобождения основного воздушного пространства, а также совершать аварийную посадку. Обычно остаются открытыми и ограничиваются только в случае необходимости.

Анализ зарубежного опыта применения БПЛА в городской среде позволяет выделить следующие ограничения на планировочную организацию территории для использования БПЛА в гражданских целях:

Ограничения, связанные с безопасностью полетов.

Санитарно-защитные зоны (СЗЗ): Вокруг заводов, АЗС и других опасных объектов устанавливаются зоны, где любая деятельность строго регламентирована. Пролёт БПЛА над ними может быть запрещен или сильно ограничен, что удлиняет логистические маршруты.

Зоны охраны объектов культурного наследия: В исторических центрах городов действуют строжайшие правила не только на строительство, но и на любую деятельность, включая полеты дронов, что полностью исключает их использование в этих районах.

2. Ограничения, связанные с функциональным зонированием территории:

- Жилые зоны. Нормы по шуму и вибрациям, защите частной жизни граждан. Массовые полеты курьерских дронов могут нарушать эти нормы, вызывая протесты жителей.

- Общественно-деловые зоны (ОДЗ). Здесь активность выше, ограничения связаны с высокой концентрацией людей и плотностью застройки. Риск падения дрона в толпу людей – ключевой сдерживающий фактор.

- Производственные и коммунально-складские зоны. Здесь ограничений меньше, их удаленность от жилых массивов, ради которых и нужна доставка, создает логистическую проблему.

3. Ограничения, связанные с системой нормативных требований: неразвитость нормативных требований к проектируемой инфраструктуре для БПЛА.

Физические наземные ограничения:

- Высота и плотность застройки: Высокие здания создают сильные аэродинамические потоки (ветровые коридоры), которые опасны для небольших БПЛА. Плотная застройка улиц ухудшает GPS-сигнал и радиосвязь.

- Инженерные коммуникации. Воздушные линии электропередач, мачты сотовой связи и другие объекты создают физические помехи для полетов на малых высотах.

Влияние этих ограничений на планировочную организацию территории осуществляется за счет деформации логистических схем, что снижает эффективность. Например, маршрут БПЛА место прямой линии от склада к клиенту вынужден огибать санитарные зоны, зоны охраны памятников и жилые районы. Это увеличивает время и стоимость полета. Также использование дронов становится возможным лишь для единичных задач в специфических локациях (например, доставка медикаментов между корпусами больницы в промзоне), но не может быть масштабировано на весь город. Кроме этого, воздушное пространство над городом – это ограниченный ресурс [9].

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что городская воздушная мобильность - это новая градостроительная подсистема, включающая в себя аппараты БПЛА и необходимую инфраструктуру для их применения. Данная область в настоящее время привлекает значительное внимание. В тоже время, научные исследования данной области градостроительства не получили развития в достаточной мере.

2. Проведенный анализ законодательных актов, нормативно-технических источников, а также технической литературы по организации полетов БПЛА свидетельствует о постоянном совершенствовании нормирования и регулирования логистических операций, работы служб

экстренного реагирования и пассажирских перевозок и обуславливает необходимость трансформации структурной организации градостроительных планировочных систем и принципов их нормирования и регулирования.

3. Систематизация практики гражданской эксплуатации БПЛА демонстрирует увеличение спектра оказания услуг населению посредством внедрения воздушной мобильности и требует соответствующего преобразования функционально-планировочной организации городских территорий и развития соответствующей инфраструктуры.

4. В ходе анализа зарубежного опыта выявлены следующие проблемы использования БПЛА:

- отсутствие систем предотвращения столкновений;
- высокие риски аварии, падений БПЛА, несовершенство автопилотов;
- недостаточная проработка правил, процедур сертификации и стандартизации БПЛА;
- отсутствие нормативной базы.

5. Интеграция движения БПЛА в городскую транспортную систему требует комплексного подхода, включающего:

- разработку нормативной базы, в том числе в области нормирования и стандартизации;
- развитие инновационной инфраструктуры для разработки и апробации новой техники и технологий;

- применение инновационной инфраструктуры управления полетами (связь, навигация, наблюдения, метеорологического мониторинга);

- строительство наземной инфраструктуры взлета и посадки;
- проведения стимулирующих организационных и управленческих мероприятий.

6. Инфраструктура БПЛА идентифицирована как сложная система, включающая:

- физический компонент (посадочные площадки и стоянки, зарядные и ремонтные станции, вышки связи);

- цифровой компонент (системы управления и навигации);

- воздушный компонент (низкоуровневые воздушные коридоры, зоны аэромобильности, зоны ограничения полетов).

7. Наиболее перспективной стратегией развития наземной физической инфраструктуры признана интеграция БПЛА во все функциональные зоны с ограничениями или запретом полетов для некоторых объектов. Для размещения физической инфраструктуры целесообразно предусматривать как на территории, так и на конструкциях зданий и сооружений.

8. Параметры элементов физической инфраструктуры определяются на основе характеристик БПЛА и сценариев их применения с минимальным размером площадок, зон безопасности и обязательного анализа препятствий для формирования безопасных коридоров.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Интеграция Б в городскую среду – мировой тренд, задающий новые условия организации городской жизни. Это открывает многочисленные перспективы развития, однако, в российских условиях требует адаптации к климату, плотной застройке, особенностям нормативных ограничений и кибербезопасности.

Требуется также разработка модели инфраструктуры БПЛА для внедрения в транспортную систему городов.

На основе результатов перспективных исследований возможно формулирование ограничений использования беспилотников в территориальных зонах города, параметров площадок приземления и системы оповестительных знаков, безопасных коридоров для полетов в плотной городской и сельской местности. Усилия должны быть направлены на гармонизацию воздушного и градостроительного, земельного законодательства, разработку актуальных для российских городов стандартов и требований к инфраструктуре БПЛА, многоуровневой городской среде.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Пинский, А.С. «Требуют ли беспилотные системы особого регулирования?» Запись 1 дня международного форума «Крылья Сахалина». [Электронный ресурс] / САХАЛИН. – URL: <https://xn----7sba6aldpkinh5bzh.xn--p1ai/stream-drones> (дата обращения 22.11.2025).

2. Анализ национальных (США и стран Евросоюза) и международных программ, относящихся к созданию нормативной правовой базы в области использования воздушного

пространства беспилотными авиационными системами [Электронный ресурс] / Российские беспилотники. – URL: [https://tender.russiadrone.ru/publications/2-analiz-natsionalnykh-ssha-i-stran-evrosoyuza-i-mezhdunarodnykh-programm-otnosyashchikhsya-k-sozdan/?utm\\_medium=organic&utm\\_source=yasmartcamera](https://tender.russiadrone.ru/publications/2-analiz-natsionalnykh-ssha-i-stran-evrosoyuza-i-mezhdunarodnykh-programm-otnosyashchikhsya-k-sozdan/?utm_medium=organic&utm_source=yasmartcamera) (дата обращения: 15.08.2025).

3. Анализ размера и доли рынка дронов – тенденции роста и прогноз (2025–2030 гг.). [Электронный ресурс] / MordorIntelligence. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/drones-market> (дата обращения 22.11.2025).

4. Аналитический отчет «Предварительные итоги 2022 года для рынка беспилотной авиации России». [Электронный ресурс] / AERONEXT Новое качество авиации. – URL: [https://aeronext.aero/UserFiles/ContentFiles/2022-12-29\\_19-51-35\\_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0%20%D0%91%D0%90%D0%A1%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BC%202022%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0.pdf](https://aeronext.aero/UserFiles/ContentFiles/2022-12-29_19-51-35_%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0%20%D0%91%D0%90%D0%A1%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BC%202022%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0.pdf) (дата обращения 22.11.2025).

5. Дмитрий Башкатов. «Инфраструктура для дронов: как подготовить города и регионы к массовой интеграции БАС.» Международный форум «Беспилотные системы: технологии будущего». [Электронный ресурс] / Беспилотные системы 2025 Технологии будущего. – URL: <https://xn--90avqk.xn--plai/> (дата обращения 22.11.2025).

6. Мониторинговые каналы БПЛА [Электронный ресурс] / RAKI-67. – URL: [https://raki-67.ru/monitoringovye-kanaly-bpla?utm\\_medium=organic&utm\\_source=yandexsmartcamera](https://raki-67.ru/monitoringovye-kanaly-bpla?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera) (дата обращения 22.11.2025).

7. Особенности систем GPS и ГЛОНАСС-мониторинга [Электронный ресурс] / Стрекоза грузоперевозки. – URL: [https://strekoza.one/news/49?utm\\_medium=organic&utm\\_source=yandexsmartcamera](https://strekoza.one/news/49?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera) (дата обращения 22.11.2025).

8. Титков, О.С. Интеграция беспилотных авиационных систем в воздушное пространство (продолжение) [Текст] / О.С. Титков // Авиационные системы. – 2014. – №. 10. – С. 34-50. EDN: TFYHOP.

9. Al Haddad, C. Factors Affecting the Adoption and Use of Urban Air Mobility) [Текст] / Al Haddad C., E. Chaniotakis, A. Straubinger, K. Plötner, C. Antoniou // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2020. – Vol. 132. – Pp. 696–712. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2019.12.020>.

10. Amazon teases new details of planned Prime Air drone delivery service [Электронный ресурс] / URL: <http://appleinsider.com/articles/15/11/30/amazon-teases-new-details-of-planned-prime-air-drone-delivery-service> (дата обращения 13.08.2025)

11. Antcliff, K.R. Silicon Valley as an Early Adopter for On-Demand Civil VTOL Operations [Текст] / K.R. Antcliff, M.D. Moore, K.H. Goodrich // 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. – 2016. – P. 3466. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2016-3466>.

12. Cohen, A.P. Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges [Текст] / A.P. Cohen, S.A. Shaheen, E.M. Farrar // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2021. – Vol. 22, No. 9. – Pp. 6074–6087. DOI: 10.1109/TITS.2021.3082767.

13. DHL Express запустила первый регулярный маршрут автоматизированной доставки дронами в городских условиях [Электронный ресурс] / DroneFlyers URL: <http://droneflyers.ru/2019/05/22/dhl-express-zapustila-pervyj-regulyarnyj-marshrut-avtomatizirovannoj-dostavkidronamiv-gorodskih-usloviyah/>. 2021 (дата обращения 13.08.2025).

14. Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and 2019/945). [Электронный ресурс] / EASA Pro. – URL: <https://faa.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9c2e4406710048e19806ebf6a06754ad> (дата обращения: 17.08.25).

15. Heutger, M. Unmanned aerial vehicles in logistics a DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry [Текст] / M. Heutger, M. Kückelhaus // DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf, Germany. – 2014. DOI: 10.3390/su142114352.

16. Policy Document Library. [Электронный ресурс] / Federal Aviation Administration. – URL: [https://www.faa.gov/uas/resources/policy\\_library](https://www.faa.gov/uas/resources/policy_library) (дата обращения: 17.08.2025).

17. Pradeep, P. Energy Demand Analysis for eVTOL Charging Stations in Urban Air Mobility [Текст] / P. Pradeep, A.G. Taye, P. Wei, J.C. Jones, T. Bonin, D. Eberle // AIAA AVIATION FORUM AND ASCEND 2024. – 2024. – P. 4627. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2024-4627>.
18. Rahman, B. Integrating Urban Air Mobility into a Public Transit System: A GIS-Based Approach to Identify Candidate Locations for Vertiports [Текст] / B. Rahman, R. Bridgelall, M.F. Habib, D. Motuba // Vehicles. – 2023. – Vol. 5, No. 4. – Pp. 1803–1817. DOI: <https://doi.org/10.3390/vehicles5040097>.
19. Rajendran, S. Air Taxi Service for Urban Mobility: A Critical Review of Recent Developments, Future Challenges, and Opportunities [Текст] / S. Rajendran, S. Srinivas // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2020. – Vol. 143. – P. 102090. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102090>.
20. Straubinger, A. An Overview of Current Research and Developments in Urban Air Mobility – Setting the Scene for UAM Introduction [Текст] / A. Straubinger, R. Rothfeld, M. Shamiyeh, K.-D. Büchter, J. Kaiser, K.O. Plötnner // Journal of Air Transport Management. – 2020. – Vol. 87. – P. 101852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101852>.
21. Summary of Shanghai's plan to develop low-altitude economy. [Электронный ресурс] / International Services Shanghai. – URL: <https://english.shanghai.gov.cn/en-PolicyInsights/20240823/f4177ae14c4449a68fb31f54d719f5eb.html> (дата обращения: 21.08.25).
22. Thippavong, D.P. Urban air mobility airspace integration concepts and considerations [Текст] / D.P. Thippavong // 2018 aviation technology, integration, and operations conference. – 2018. – С. 3676.
23. Thuy-Hang Tran Management and Regulation of Drone Operation in Urban Environment: A Case Study [Текст] / Thuy-Hang Tran, Dinh-Dung Nguyen // Social Sciences. – 2022. – № 11. – С. 474. DOI: 10.3390/socsci11100474.
24. Two delivery drones built by Google will soon be tested in the US. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.techspot.com/news/62412-two-delivery-drones-built-google-soontested-us.html> (дата обращения: 17.08.2025)
25. UAS Map: Visualize it. See FAA UAS Data on a Map. [Электронный ресурс] / Federal Aviation Administration. – URL: <https://faa.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9c2e4406710048e19806ebf6a06754ad> (дата обращения: 17.08.2025).
26. Van Egmond P., Panchal P. Integration of UAM Services in Sustainable Mobility and Transport Planning Processes and Other Relevant Policies Including Co-Modality [Текст] / P. Van Egmond, P. Panchal // AiRMOUR Project Deliverable D. – 2023. – Vol. 4.
27. Vascik, P.D. Development of Vertiport Capacity Envelopes and Analysis of Their Sensitivity to Topological and Operational Factors [Текст] / P.D. Vascik, R.J. Hansman // AIAA Scitech 2019 Forum. – 2019. – P. 0526. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2019-0526>.
28. Vertiports in the Urban Environment. [Электронный ресурс] / European Union Aviation Safety Agency. – 2019. – URL: <https://www.easa.europa.eu/it/light/topics/vertiports-urban-environment> (дата обращения: 24.04.2025).
29. 上海市人民政府办公厅关于印发《上海市低空经济产业高质量发展行案(2024-2027)》的通知. [Электронный ресурс] / 上海市人民政府. – URL: <https://www.shanghai.gov.cn/202416bgtwj/20240912/141da07dcbcf4d89809fbb9c10582a44.html> (дата обращения: 21.08.25).
30. 中华人民共和国国务院中华人民共和国中央军事委员会 [Электронный ресурс] / 中华人民共和国. – URL: [https://www.gov.cn/zhengce/content/202306/content\\_6888799.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/202306/content_6888799.htm) (дата обращения: 21.08.25).
31. 深圳市低空基础设施高质量建设方案 (2024–2026年). [Электронный ресурс] / 深市发展和改革委员会 Development and Reform Commission of shenzhen Municipality. – URL: [https://fgw.sz.gov.cn/zwgk/qt/tzgg/content/post\\_12305044.html](https://fgw.sz.gov.cn/zwgk/qt/tzgg/content/post_12305044.html) (дата обращения: 21.08.25).

## URBAN ENVIRONMENT AND UNMANNED AERIAL VEHICLES: FOREIGN EXPERIENCE

<sup>1</sup>Leikina D. K., <sup>2</sup>Leptiyhova O.U., <sup>3</sup>Chirkova V.A.

<sup>1</sup>JSC «Tsniiipromzdany», Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

**Annotation.** The article discusses urban air mobility as a new urban planning subsystem in connection with the development of unmanned aviation based on an analysis of foreign experience in integrating unmanned aerial vehicles into urban planning practice and the regulatory framework. With the growth of the unmanned aerial vehicle market and demand for services in urban environments, it is critically important to accelerate the introduction of unmanned aerial vehicles into urban environments by adapting infrastructure for their safe use.

**Objective.** To identify the components of unmanned infrastructure and rules for UAV movement, influencing factors and restrictions on the development of the urban environment for UAV movement based on foreign experience.

**Methods.** Analysis of regulatory documents, scientific and technical literature, examples of the use of unmanned aerial vehicles, induction method.

**Results.** The use of unmanned aerial vehicles in the urban environment is forming a new urban planning subsystem that is actively developing and improving, but faces a number of problems. The article presents the results of an analysis of the composition of unmanned aerial vehicle infrastructure and restrictions on its use based on the experience of China, the United States, and the European Union. The prospects for the development of infrastructure for the operation of unmanned aerial vehicles, its possible parameters, and placement requirements have been established. The data obtained can be used to develop effective standards for multi-level

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, air mobility, urban planning restrictions, regulations for unmanned aerial mobility.