

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

УДК 316.77:004.8

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОМОБИЛЬНОСТИ



Александр Валентинович Федотовских

кандидат экономических наук, профессор РАЕ, преподаватель – инструктор авиационного учебного центра, Колледж Московского транспорта, Москва, Россия; chief@nrd.ru

***Аннотация.** Понятие «городская аэромобильность» появилось около 15 лет назад и означает перемещение грузов и пассажиров в воздушном пространстве над урбанизированными территориями. Распространение такого вида транспорта во многом определяется развитием технологий и достижением высокого уровня безопасности и надежности полетов. В связи с этим возрастает значение обеспечения человеко-машинного взаимодействия в процессах управления трафиком беспилотных устройств и их пилотирования. В настоящем обзоре рассматривается применение технологий когнитивного моделирования для формирования комплексов городской аэромобильности и беспилотной аэродоставки, а также особенности технологий искусственного интеллекта в бортовых и наземных системах управления на начальном этапе развития беспилотной гражданской авиации. Приводятся примеры российского и зарубежного опыта городской аэромобильности, описываются технологический и психофизиологический аспекты внедрения аналогичных систем, радикально меняющих городскую среду и образ жизни горожан. Обзор является продолжением цикла материалов, опубликованных в изданиях ИНИОН РАН в 2022–2023 гг.*

***Ключевые слова:** беспилотная гражданская авиация; городская аэромобильность; технологии искусственного интеллекта; человеко-машинная коммуникация; обучение новым технологиям.*

***Для цитирования:** Федотовских А.В. Человеко-машинное взаимодействие в контексте развития городской беспилотной аэромобильности // Социальные новации и социальные науки. – 2024. – № 3. – С. 66–83.*

URL: <https://sns-journal.ru/ru/archive/>

DOI: 10.31249/snsn/2024.03.05

Рукопись поступила 07.05.2024

Принята к печати 11.08.2024

Введение: городская аэромобильность как альтернатива наземному транспорту

Современные зарубежные и отечественные концепции «умных городов» все чаще включают в себя понятие «городская аэромобильность» или «городская воздушная мобильность» (англ. Urban Air Mobility, т.е. UAM, или GAM), которое означает городские транспортные системы, способные перемещать грузы и людей по воздуху. NASA определяет городскую аэромобильность как «систему воздушных пассажирских и грузовых перевозок в городских районах, включая доставку небольших грузов и другие услуги систем беспилотных летательных аппаратов в городах» [Городская аэромобильность, 2020]. Повышение внимания к возможностям использования воздушного пространства городов обусловлено постоянным расширением их территорий и ростом парка наземных транспортных средств. Рост количества автомобилей ведет к затруднению трафика и увеличению дорожных пробок, росту выхлопов и ухудшению экологической обстановки.

По экспертным прогнозам, городская аэромобильность – это будущее транспортной отрасли урбанизированных районов и одно из направлений решения экологических проблем крупных населенных пунктов. Для полетов над городами предлагается использование беспилотных воздушных судов (БВС) коптерного, вертолетного и гибридного типа (конвертопланы, eVTOL) с вертикальным взлетом и посадкой, не требующих специальных взлетно-посадочных площадок больших размеров (в отличие от самолетов). Беспилотное воздушное судно по определению – любое воздушное судно без экипажа на борту, управляемое оператором (внешним пилотом) с земли. Для них планируется создание дронопортов и хелипортов, а также мобильных точек для взлета и посадки.

Преимущество этого вида транспорта, помимо уменьшения количества заторов на дорогах, – сокращение времени в пути в случае доставки как грузов, так и пассажиров. Актуальным направлением является развитие аэромобильности в городских агломерациях для повышения связанности их центров с периферией. Расчеты показывают, что добраться на летающем такси из пригородного аэропорта до центра агломерации можно гораздо быстрее, чем в настоящее время на общественном и даже личном транспорте.

В связи с использованием на БВС в основном электрических двигателей уменьшается объем вредных выбросов в атмосферу населенных пунктов, а шум от них значительно ниже, чем от двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Очевидно, что распространение GAM в перспективе радикально изменит среду обитания и образ жизни людей.

Концепция городской аэромобильности уже привлекла внимание властей мегаполисов, а производители специального оборудования и беспилотных авиационных систем не только разрабатывают новые образцы техники, но и предлагают такие системы потенциальным заказчикам. Во всем мире инвесторы вкладывают средства в этот быстро развивающийся сегмент рынка гражданской авиации, особенно в США, КНР, ОАЭ, Израиле и Германии.

В некоторых развитых странах первые проекты по доставке грузов в городских и пригородных зонах по воздуху появились более десяти лет назад. В 2018 г. в США была принята концепция городской аэромобильности, а в 2019 г. проект трансформировался в «новую аэромобильность» (Advanced Air Mobility, AAM). Калифорнийская компания Joby Aviation разрабатывает модель БВС в качестве воздушного такси для коммерческих полетов. В 2020 г. запущена Израильская национальная программа развития БВС – INDI (The Israel National Drone Initiative). В КНР в 2018 г. создана система UTMIS (Unmanned Traffic Management Information Services System, Беспилотная информационная система управления дорожным движением), аэротакси сертифицировано, и полеты уже начаты. Пилотные тестирования БВС ведутся в таких мегаполисах, как Сеул, Дубай, Гонконг, Вена и Мюнхен. Следует отметить, что пандемия COVID-19 стала источником активизации работ в этом направлении.

Для России развитие городской аэромобильности представляется многообещающим, и интерес к новым технологиям закономерно возрастает. В 2018 г. были внесены соответствующие предложения в отечественную Программу перспективных разработок в области гражданской авиации. Стратегия пространственного развития РФ предполагает использование беспилотной авиации в качестве подотрасли транспорта в 14 крупнейших и шести крупных городских агломерациях страны, в которых сконцентрирована значительная часть ее экономических ресурсов [Стратегия пространственного развития..., 2019]. В течение нескольких лет в ряде регионов действуют экспериментально-правовые режимы (ЭПР) для отработки полетов БВС в целях предоставления услуг и их логистики [В Правительстве РФ подписано постановление..., 2022]. Особенностью полетов в рамках ЭПР является их проведение над малонаселенными или безлюдными территориями, локациями с низким коэффициентом заселения. Однако выполнение полетов над городскими пространствами с плотной застройкой и большим количеством людей представляет гораздо более сложную задачу, сопряженную с повышенными требованиями к безопасности, особенно с учетом прогнозируемого высокого трафика и частоты полетов.

В 2024 г. в РФ стартовали национальный проект «Беспилотные авиационные системы» и Стратегия развития беспилотной авиации [Национальный проект..., 2023]. Под беспилотной авиационной системой (БАС) понимается комплекс, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, наземные и спутниковые технические средства и оборудование навига-

ции и связи, используемые для управления полетом воздушных судов, а также иную дополнительную инфраструктуру.

В первую очередь речь идет об интеграции БАС в единое воздушное пространство, о разработке и тестировании новой авиационной техники, включая аэротакси, в современных городских условиях. Согласно тексту Стратегии на повестке дня также необходимость совершенствования нормативно-правовой базы по обеспечению безопасности полетов БВС различных типов [Стратегия развития..., 2023]. Наконец, стоит задача подготовки кадров для управления БАС и обучения людей использованию беспилотных устройств и технологий.

Целью настоящей статьи является представление векторов возможного развития городской аэромобильности в свете имеющегося зарубежного и отечественного опыта и прогнозов развития этого направления.

Наземная инфраструктура и системы управления трафиком БАС в «умных городах»

Концепция ГАМ подразумевает новый подход к формированию транспортной отрасли и инфраструктуры. Наземная инфраструктура ГАМ включает в себя выбор и сооружение стационарных посадочных площадок, а также создание систем управления трафиком многочисленных БВС, находящихся одновременно в полете над одними пространствами. При этом строительство и обслуживание новой инфраструктуры значительно дешевле по сравнению с другими видами транспорта (например, метро, автомобильным и железнодорожным транспортом). Кроме того, решается вопрос об использовании действующих вертолетных площадок на земле и на зданиях.

Начало активного движения БАС радикально изменит городские пространства, причем сразу на нескольких уровнях. Архитекторы ориентируются как минимум на три: макроуровень, где должны быть решены все сопутствующие градостроительные задачи; микроуровень, подразумевающий типологию зданий и сооружений, спроектированных для взаимодействия с БАС (комфортная аэродинамика взлета и посадки, посадочные платформы, внутренняя планировка зданий и т.д.); мезоуровень, на котором решаются экологические проблемы (прежде всего, снижение шума) и вопросы безопасности [Казуров, Сулова, 2015].

Проводя параллели с беспилотным наземным транспортом, следует предположить, что для полетов в городских условиях понадобятся наземные ориентиры. Их подобием могут служить AR/USO-маркеры или QR-коды для позиционирования беспилотных робототехнических систем с использованием компьютерного зрения. Очевидно, что овладение этими технологиями требует от человека определенных усилий, а для достижения необходимого уровня профессионализма – еще и специальных тренировок, пример которых показан на рис. 1.



Рис. 1. Обучение оператора беспилотного воздушного судна управлению полетом по ARUco-маркерам. Фото автора

Ряд экспертов предполагает, что примером для БАС могут служить «умные» грузовые автомобили, ориентирующиеся на специальную дорожную разметку в процессе движения. В случае «совмещения» двух видов транспорта дополнительная инфраструктура не потребуется. Такой сценарий предполагает оснащение дорог специфическим оборудованием и отсутствие на них инфраструктуры (объектов), которые могли бы служить помехой для работы автопилота. По данной схеме идут разработки в США (и не только). В частности, в разных странах мира начинает внедряться Vehicle-to-everything (V2X или «автомобиль, подключенный ко всему») – система обмена данными по радиоканалу (беспроводной сети) между автомобилем и объектами инфраструктуры дороги (например, знаками дорожного движения или светофорами). При этом все объекты (стационарные и подвижные) должны быть оборудованы радиомодулем [Сковородников, 2021]. Учитывая, что полеты БАС будут проходить в основном на высотах до 150 метров, а доставка грузов или пассажиров осуществляться, в том числе, сквозь зоны жилой застройки, наземная визуально-ориентированная инфраструктура будет как минимум дополнением к радиотехническим и спутниковым средствам навигации.

К ГАМ относятся не только воздушные суда, логистическая и архитектурная инфраструктура для организации полетов в городе, но также система контроля и управления [Саткенов, 2022]. Особую актуальность такая система приобретает в связи с большим количеством полетов БАС разных эксплуатантов (сервисных компаний). В России, несмотря на формирование единой системы управления воздушным движением на базе ГК по ОрВД (Государственная корпорация по организации воздушного движения), технологии мониторинга могут быть различными, в том числе с использованием высокоинтеллектуальных моделей.

В 2021–2023 гг. группа отечественных разработчиков опубликовала патент «Способ мониторинга воздушного движения беспилотных летательных аппаратов на основе интеллектуальной

mesh-сети» [Чернявская, Карпенко, Баранов, 2023]. Для мониторинга воздушного движения производится обмен информацией на основе распределенной, самоорганизующейся сети с ячеистой топологией. БВС во время полета превращаются в узлы этой сети и могут выступать ретрансляторами сигналов, передавая информацию другим участникам движения или в наземный пункт управления и наблюдения. Передаваемая информация включает в себя идентификационные данные о БВС (модель, номер), параметры положения в пространстве и движения (скорость и координаты, курс), параметры окружающей среды, включая метеорологические данные. Наземный пункт управления производит прием, обработку полученной информации для определения опасных областей для каждого БВС и выдает предупреждающие сообщения или рекомендации по уклонению или облету при их наличии. Таким образом повышается безопасность полетов, в том числе в сложных внешних условиях [Чернявская, Карпенко, Баранов, 2023].

Важность системы управления трафиком невозможно переоценить. Для мониторинга воздушного пространства уже в ближайшие годы в реестр Минтруда РФ будут включены новые профессии – «Диспетчер дронов» или «Координатор беспилотного транспорта», которые кратко описаны в «Атласе новых профессий» [Атлас новых профессий 3.0., 2020].

Увеличение количества БВС приведет к ограничению зон их эксплуатации, особенно в местах пересечения воздушных коридоров. Применительно к городскому воздушному пространству это означает его зонирование и разграничение, т.е. эшелонирование, а также появление «воздушных дорог». Причем ожидается увеличение количества запросов на перелеты внутри городов, так как на этом уровне движение товаров и пассажиров будет возрастать. Хотя в России управление воздушным пространством – прерогатива федеральных властей, роль городских муниципалитетов в организации этого процесса будет повышаться. Именно органы местного самоуправления формируют городскую транспортную сеть, что означает активное участие местной власти в формировании системы управления и мониторинга трафика БАС.

Следует отметить, что традиционные подходы к диспетчеризации движения пилотируемых воздушных судов не всегда применимы к БАС. Обработка беспилотного трафика требует значительно больших усилий в части отслеживания многочисленных БВС в воздухе. Поэтому различные компании во всем мире ведут разработки соответствующих систем (типа ATM, т.е. Air traffic management, или UTM, т.е. Urban traffic management), в том числе и за пределами прямой видимости внешнего пилота. Подобные проекты реализуются в Израиле и Бразилии, Италии, Объединенных Арабских Эмиратах, Сингапуре и США [Бойко, 2016]. В России НИЦ «Аэроскрипт» в 2022 г. разработал Концепцию новой аэромобильности (RuAM), ориентированную на организацию безопасного воздушного движения беспилотной авиации в городских агломерациях и между ними. Созданная компанией цифровая платформа «Небосвод» отображает зоны ограничений, полеты над которыми не рекомендованы и несут дополнительные риски [В Сколково испытали ..., 2022].

Разработчики масштабных систем управления БАС большое внимание уделяют архитектуре и основным функциям систем УТМ, повышению безопасности полетов путем рационального выбора технологий связи (во избежание столкновений в воздухе). Сформирован список перспективных направлений исследований на стыке областей беспроводной связи и гражданской беспилотной авиации [Виноградов, 2021]. Другой вектор развития ГАМ связан с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ).

Так, в Ланкастерском университете (Великобритания) на этой основе разработали новый подход к управлению движением пилотируемого воздушного транспорта. С помощью комбинации методов цифрового моделирования и оптимизации ученые нашли способ определения последовательности приземлений самолетов, что позволило сократить задержки в воздухе более чем на 20%. Существующие методы оптимизации последовательности приземления самолетов не всегда учитывают все нюансы организации воздушного трафика. Однако нейросеть анализирует последствия решений в сложных условиях и подсказывает оптимальные варианты [Новиков, 2024]. Аналогичный подход может применяться к управлению трафиком БАС в условиях городских пространств.

Наконец, для управления трафиком БАС формируются новые комплексы на основе симбиоза действий человека-оператора (диспетчера) и технологий ИИ. Функции контроля в таких комплексах принадлежат операторам – людям, работающим на станциях УТМ. И человек в этой системе представляет собой слабое звено в связи со своими психофизиологическими особенностями. В научной литературе уже описан и проанализирован ряд факторов работы на контрольных станциях (в том числе недостатки сенсорной информации, низкая осведомленность о происходящем на борту БВС, трудности работы со сложными автоматическими системами, нарушения режима работы), которые приводят к когнитивным нарушениям [Величковский, 2022]. Проявление последних особенно опасно в стрессовых ситуациях, требующих немедленного вмешательства человека (например, предотвращение столкновений или отказ БВС в полете). Решением считается разработка человеко-машинных интерфейсов, которые могут снизить вероятность ошибок, возникающих в таких системах из-за человеческого фактора (в том числе с визуализацией множества летающих роботов – «роя БВС» – и с получением обратной связи от отдельных летающих роботов).

Применение когнитивных и нейросетевых технологий для полетов над городами

Планируется, что в рамках ГАМ будут осуществлять полеты не только уже привычные массовому сознанию легкие БВС, но также БВС среднего и тяжелого класса (взлетной массой свыше 30 кг), взлетный вес которых при перевозке пассажиров может достигать нескольких тонн. Поддержание высокой степени безопасности таких полетов возможно только при формировании интеллектуальных систем как для управления БАС, так и для мониторинга их перемещения в пространстве.

С одной стороны, с развитием беспилотной авиации возникла необходимость в технологиях, исправляющих ошибки внешнего пилота и улучшающих качество полета БВС. Например, благодаря применению датчиков приближения, взаимодействующих с интеллектуальной системой управления полетом, массово распространенный БВС – квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro V2.0, – может использовать 5-осевую систему предотвращения столкновения с препятствиями. И это самый простой пример использования интеллектуальных технологий в БАС [Беккер, 2019].

В 2022 г. датско-тайландская команда ученых представила технологию нейронного контроля и онлайн-обучения для адаптации БВС к скорости. По мнению разработчиков, один или несколько БВС, задействованных в выполнении таких задач, как инспекция и мониторинг, должны выполнять несколько интеллектуальных функций одновременно (что особенно актуально для полетов над городскими территориями). Для реализации этих функций были предложены различные подходы к управлению. Большинство классических подходов к управлению БАС (с предсказанием модели, методы машинного обучения и др.) требуют многократных обучающих испытаний и больших вычислительных затрат. Разработчики предложили систему управления, не требующую динамической модели, и разработали метод нейронного управления с быстрым онлайн-обучением. Нейронный контроль основан на трехуровневой нейронной сети, а алгоритм онлайн-обучения – на нейронной корреляции с использованием прогностической и рефлексивной сенсорной информации. Метод был проверен на реальных БВС, которые научились в течение трех–четырех испытаний адаптировать скорость полета для торможения на безопасном расстоянии от препятствия или цели в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в том числе в условиях ветровых возмущений [Neural Control ..., 2022].

Благодаря применению мощных алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей БАС способны не только производить полеты, но и анализировать большие объемы данных. Использование технологий ИИ повышает автономность систем, что важно в ситуациях, когда скорость принятия решений и выполнения действий является критическим фактором. Беспилотники с ИИ могут самостоятельно принимать решения на основе анализа данных и предварительных параметров, минимизируя задержки и риски, связанные с человеческой ошибкой. Такие БАС способны обмениваться информацией между собой, что позволяет создавать распределенные сети, покрывающие большие территории, и эффективно справляться с задачами по мониторингу воздушного пространства в различных климатических условиях. Даже при отказе одной системы другие БВС могут перехватить ее задачи и обеспечить необходимую информацию [Искусственный интеллект ..., 2022]. В связи с этим повышение уровня интероперабельности БАС как компонентов сетевых информационных-управляющих систем (СЦИУС) является одним из актуальных направлений при разработке архитектуры управления трафиком [Олейников, 2021].

С другой стороны, тестируются новые проекты наземных систем и технологий сопряжения человека и БАС для снижения ошибок пилотирования. Одним из таких направлений является нейрокогнитивное управление.

Когнитивный подход используется при организации управления динамическими объектами со сложным поведением, например, гуманоидными роботами, отличающимися от традиционных роботов большим числом степеней подвижности. Перспективным направлением представляется разработка системы управления с когнитивными агентами. Такая система может быть реализована в виде коллектива из когнитивных агентов, взаимодействующих по принципам кооперации. При этом агенты являются автономными системами и имеют свои роли в коллективе. Многоагентная когнитивная система близка к нервной системе человека и должна обеспечить поведение роботов, подобное человеческому [Станкевич, 2023]. В свою очередь, системы когнитивных вычислений предоставляют человеку поддержку в коммуникациях с машинным интеллектом в рамках когнитивной модели, разработанной с учетом человеческого фактора [Ульянов, Шевченко, Шевченко, 2022].

Некоторыми отечественными специалистами когнитивные технологии предлагаются в качестве основы решений по формированию систем связи беспилотной интеллектуальной авиационной системы сетецентрического типа (БИАС СТ) [Чаднов, 2020]. Группа специалистов Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана разработала когнитивные модели управления, позволяющие БАС принимать решения на основе базы данных о внешней среде [Панилов, Цибизова, Малахов, 2023]. Структура системы управления БАС, основанной на когнитивном подходе и дополненной многоагентной технологией, а также средствами самоорганизации, представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Когнитивная система беспилотного воздушного судна с ИИ.
Составлено автором на основе: [Станкевич, 2023]**

Еще одним направлением совершенствования системы управления БАС или несколькими БАС одновременно является использование нейроинтерфейсов.

Идея считывать сигналы головного мозга с последующим применением результатов на практике возникла уже во времена Ганса Бергера (Hans Berger), открывшего в 1924 г. альфа-волны мозговой активности. Работы по практическому созданию интерфейса «человеческий мозг-компьютер» ведутся в мире с 1970-х годов. Первые системы ввода букв с помощью биосигналов мозга появились в 1988 г., но особенно активно нейроинтерфейсы развиваются в последние 20 лет. Созданы компактные внешние устройства для съема биосигналов, которые уже можно использовать вне лабораторий, в «полевых» условиях, в том числе для проведения полетов. С начала XXI в. началось развитие нейроморфных компьютеров и интерфейсов для нейроуправления бытовым пространством. Современные технологии подразделяются на три вида: инвазивные (с вживлением электродов в головной мозг человека), неинвазивные (на основе технологий регистрации электрической активности мозга внешними приборами) и миодатчики (с расположением электродов на коже человека). Главная проблема нейроинтерфейсов на неинвазивных и миоэлектрических датчиках – временной зазор между генерацией сигнала и ее исполнением. Однако новейшие системы считывания сигналов мозга уменьшают этот лаг до минимума [Белкин, 2017].

Например, китайские ученые работают над нейротехнологиями, не требующими операционного вмешательства (в отличие от вживления интерфейса «мозг-компьютер» в проектах Илона Маска). В 2021 г. ими был создан беспроводной интерфейс на основе чипа Braintalker, позволяющий печатать на компьютере «силой мысли». В настоящее время специалисты Тяньцзиньского университета улучшают чип Braintalker, что позволяет применять интерфейс повсеместно [Хасанов, 2021].

Принципиальная схема управления БВС с использованием нейроуправления на основе неинвазивных сенсоров представлена на рис. 3.

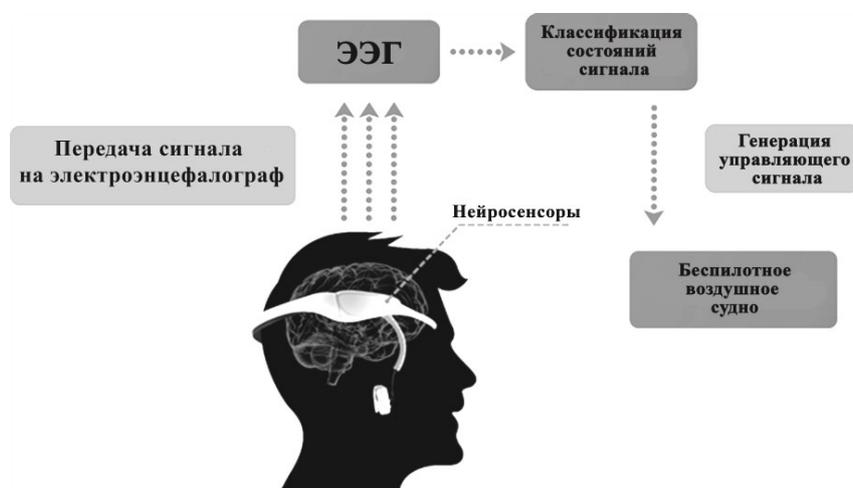


Рис. 3. Схема нейроуправления БВС.

Составлено автором на основе: [Neurogress. Innovation in neurocontrolled devices, 2017]

В 2012 г. компания Puzzlebox организовала сбор средств на краудфандинговой платформе KickStarter на проект Orbit: Brain-Controlled Helicopter («вертолет, управляемый силой мысли»). Создатели определили свой БВС как обучающую и экспериментальную игрушку с нейроуправлением, открытым софтом, полным набором технических компонентов и обучающими материалами. Принцип нейроуправления заключался в том, что высота полета вертолета зависела от уровня электрической активности мозга [Стаценко, 2014]. Проект оказался достаточно удачным, и удалось запустить массовое производство устройства [Коняев, 2015]. В комплект вошли нейрогарнитура NeuroSky, радиоуправляемый вертолет-шар Harry Cow Robotic с инфракрасным управлением и инфракрасный трансмиттер. Комплект показан на рис. 4.



Рис. 4. Нейролет Orbit

Источник: [Puzzlebox Orbit, 2019].

В РФ с 2016 г. действует специальная дорожная карта NeuroNet Национальной технологической инициативы, которая была одобрена президиумом Совета по модернизации экономики и инновационному развитию при Президенте РФ в 2015 г. [Ратушняк, 2016]. Совместное исполнение дорожных карт NeuroNet и AeroNet способствует развитию нейротехнологий в беспилотной авиации гражданского назначения.

В 2019 г. ПАО «Сбербанк» и компания Cognitive Technologies объединили усилия для развития беспилотных технологий и создали компанию Cognitive Pilot. Продукты и решения Cognitive Pilot используются в проектах цифровизации транспорта и сельского хозяйства, в системах компьютерного зрения, машинного обучения и ИИ. В компании разработали технологию по моделированию интуиции человека Cognitive artificial intuition и первый в мире промышленный образец 4D-радар для управления беспилотным транспортом [Cognitive Technologies представляет ..., 2018].

В 2021 г. Фонд перспективных исследований РФ (ФПИ) профинансировал создание нейронного интерфейса, позволяющего управлять квадрокоптером с помощью мозговых импульсов, показанный на рис. 5. Разработку выполнила компания Neurobotics из Зеленограда [Чеберко, 2015].



Рис. 5. Управление маневрами БВС с использованием нейроинтерфейса

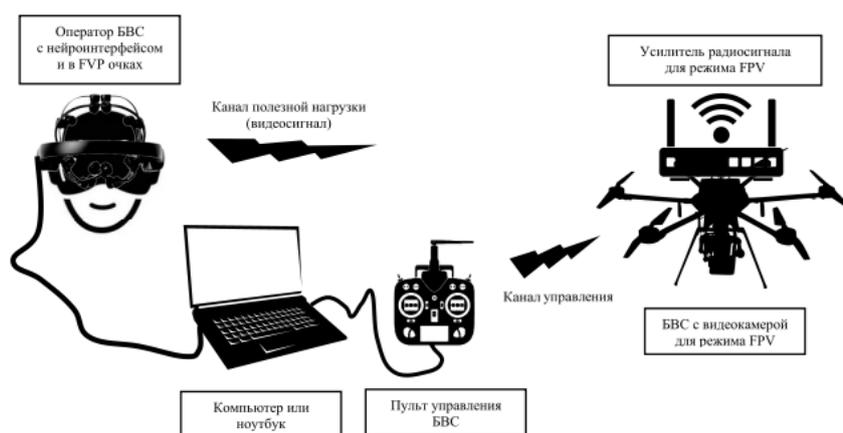
Источник: [Чеберко, 2015].

Важной особенностью проекта является то, что оператор (внешний пилот) при управлении квадрокоптером мог одновременно производить другое действие. Оператор передвигался, при этом квадрокоптер распознавал как его прямые команды по изменению высоты, крена и тангажа (вправо, влево, вверх, вниз), так и сценарные (полет к определенной точке по координатам). Доказано, что управление коптером мысленным усилием возможно в фоновом режиме. Таким образом, существует вероятность того, что оператор сможет управлять не одним, а несколькими БВС одновременно, либо управлять БВС и мониторить воздушное пространство на пути следования других, т.е. выполнять одновременно несколько функций. Хотя для того, чтобы это подтвердить, необходимы дополнительные тестирования этой или аналогичной системы.

Управление БВС с использованием нейроинтерфейсов также требует предварительного обучения, состоящего минимум из четырех этапов:

- направление «силой мысли» в нужную сторону курсора на экране монитора с одной степенью свободы (влево / вправо);
- направление курсора в нужную сторону по четырем осям (двумерные задачи);
- управление БВС на компьютерном симуляторе;
- управление настоящим БВС, оснащенным системой стабилизации.

Для пилотирования БВС как в зоне прямой видимости, так и вне ее, для повышения осведомленности о ситуации на борту и внешней обстановке проводятся тестовые полеты в режиме FPV (First Person View, «от первого лица») с нейрогарнитурой. Принцип работы системы показан на рис. 6.



**Рис. 6. Схема управления БВС в режиме FPV с нейрогарнитурой.
Составлено автором**

В 2023 г. участники российского акселератора «Платформа университетского технологического предпринимательства» из Ростовской области предложили проект развития когнитивных способностей для операторов БВС, таких как восприятие, память, мышление и т.д. Изучая рынок обучения операторов БВС, они выявили, что развитию таких способностей на курсах уделяется недостаточное внимание. Поэтому были предложены методики когнитивного и психоэмоционального развития, позволяющие обучающим организациям улучшать когнитивные навыки операторов (внимания и концентрации, памяти и восприятия информации, мышления и аналитических способностей, эмоционального интеллекта и стрессоустойчивости, коммуникативных навыков и командной работы) [Методика когнитивного и психоэмоционального развития ..., 2023]. Представляется, что модули по развитию когнитивных способностей должны стать частью профессиональной подготовки операторов БАС (и не только работающих с нейроинтерфейсами), так как умение концентрировать внимание является одним из наиболее важных навыков при управлении беспилотниками – рис. 7.



Рис. 7. Обучение пилотированию в шлеме FPV с возможностью подключения нейродатчиков. Фото автора

Считается, что технологии нейрокогнитивного обучения, равно как и нейроинтерфейсы (нейрокаска, нейроочки, нейрообруч), не входят в число доступных в связи со сложностью конструкций и высокой стоимостью оборудования. Однако минимальная стоимость нейроинтерфейса для тренировки концентрации внимания начинается от 30–40 тыс. руб., и такое оборудование доступно даже для домашнего использования. Например, сейчас такая цена у нейрообруча NeuroFit, нейрообруча для медитации Muse Interaxon и др. Для управления реальными и виртуальными объектами (БАС в симуляторе) используются более дорогие нейрогарнитуры стоимостью от 80 тыс. руб. (например NeuroPlay) [Нейроплэй]. Однако для обучения новым навыкам и компетенциям подобные расходы являются необходимыми.

Заключение

Использование автотранспорта с помощью онлайн-сервисов и коронавирусные ограничения значительно повлияли на перемещения людей, работу и экономику целых государств. Теперь общество находится на пороге еще одного изменения – внедрения городской аэромобильности [Лиханова, 2022]. У городских органов власти и у бизнеса пока есть время, чтобы подготовиться и выбрать оптимальное решение для старта тестовых, а затем и массовых беспилотных перевозок, имеющих много преимуществ. Например, курьерская доставка в меньшей степени будет зависеть от человеческих кадров, со скоростью аэродоставки не сможет сравниться ни один наземный вид транспорта, а распространение гибридных и электрических двигателей значительно снизит масштабы вредных выбросов и углеродный след транспорта.

Будущее БАС заключается в их возрастающей доступности как для начинающих потребителей, так и для специалистов, которые выполняют различные задачи, поскольку эта технология может оказать реальную помощь в реализации большого количества сервисных услуг.

В Стратегии развития беспилотной авиации РФ названы восемь основных направлений применения БАС: сбор, передача данных и дистанционный мониторинг; проведение авиационной разведки и обеспечение охраны территории и объектов; внесение веществ; аэрологистика; работы по обеспечению связью; образовательная и спортивная деятельность; визуальные инсталляции; внешние работы [Стратегия развития..., 2023]. В будущем допускается возникновение нового направления «Перевозка людей», что накладывает повышенные требования к безопасности полетов, особенно над урбанизированными территориями [Королев, 2023].

Применение беспилотных технологий создает положительные социально-экономические эффекты при цифровизации городского хозяйства в рамках проекта «Умный город» Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ [Проект Цифровизации..., 2023]. БАС помогают поддерживать безопасность на городских дорогах, в парках, на улицах и на водных объек-

тах; оказывают содействие в поиске и спасении людей в чрезвычайных ситуациях. Обнаружение дефектов зданий и сооружений, неисправности объектов инфраструктуры с помощью БВС также способствует снижению рисков, связанных с нанесением вреда жизни и здоровью граждан, а кроме того, увеличивает сроки службы объектов мониторинга. Технологии, поддерживающие БАС, дополняют значительное количество решений проекта «Умный город», соответствуя при этом его основным принципам, в том числе формированию устойчивой и безопасной городской среды, а также обеспечению открытости городских пространств [Добрягина, Кузахметов, Марков, 2022].

В России лидером по внедрению проектов ГАМ является Москва. Власти города считают, что использование воздушного транспорта в мегаполисах – вопрос, который требует комплексного подхода как с точки зрения законодательного регулирования, так и с точки зрения создания инфраструктуры, технологического оснащения и эмоциональной готовности самих горожан к такому способу передвижения [Московская аэромобильность ..., 2021]. Правительство Москвы ведет планомерную работу по развитию ГАМ, включая создание необходимой наземной инфраструктуры. В 2022 г. в инновационном центре «Сколково» был заявлен проект пилотной зоны городской аэромобильности, т.е. создание зоны тестирования сервисов с применением БВС [Петрова, 2022]. Разрабатываются подобные проекты и в других городах России.

Несмотря на увеличение степени автоматизации БАС, речь не идет о полном исключении человека из схемы управления и производства полетов. При повышении отказоустойчивости авиационной техники, надежности узлов и элементов БАС все же случаются отказы электроники и двигателей, сбои программного обеспечения и энергоснабжения на борту (даже при соблюдении регламентов полетов и обслуживания). Поэтому человек-оператор является, как и прежде, главным звеном в беспилотной роботизированной системе. Снижение количества ошибок из-за действия человеческого фактора возможно путем обучения операторов когнитивным навыкам и совершенствования человеко-машинных интерфейсов. Однако расширение использования комплексных когнитивных технологий требует проведения их тестирования не в лабораторных, а в реальных условиях, в том числе при производстве сложных полетов в городских условиях.

В качестве рекомендаций для ускорения формирования ГАМ в России можно предложить следующее:

– разработчикам БАС в процессе конструирования предусматривать возможности онлайн-обмена информацией во время полета, а также участия БВС в распределенных сетях и системах безопасности полетов;

– операторам мобильной связи принять участие в разработке масштабируемых облачных платформ для взаимодействия с операторами БАС и самими БВС через сети LTE (система беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов);

– органам местного самоуправления в крупных городах ввести должности руководителей по инновационному транспорту для оперативного контроля за внедрением БАС.

Векторы развития городской аэромобильности находятся в разных плоскостях. Это внедрение современных технологий контроля за воздушным движением (на фоне недостаточной степени автоматизации традиционных систем), возрастание роли человеческого фактора при ожидаемом быстром росте числа БВС, повышение качества подготовки кадров для беспилотной авиации. Формирующаяся новая транспортная отрасль должна учитывать все технологические новации и возможности для их внедрения. В свою очередь, операторы БВС должны иметь возможность сосредоточиться на выполнении своих задач, а не думать о сложностях эксплуатации оборудования и маневрировании между домами.

Список литературы

1. Атлас новых профессий 3.0 / под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. – Москва: Интеллектуальная Литература, 2020. – 456 с.
2. Беккер Э. Искусственный интеллект в беспилотных технологиях // AirCargoNews.ru. – 2019. – URL: <https://aircargonews.ru/2019/12/05/iskusstvennyj-intellekt-v-bespilotnyh-tehnologijah.html> (дата обращения 02.08.2024).
3. Белкин Р. Нейроинтерфейс. Когда будем управлять компьютером силой мысли? // Steemit.com. – 2017. – URL: <https://steemit.com/ru/@rbelkin/neirointerfeis-kogda-budem-upravlyat-kompyuterom-siloi-mysli> (дата обращения 02.08.2024).
4. Бойко А. Управление воздушным пространством. Системы контроля и диспетчеризации трафика беспилотников // RoboTrends. – 2016. – URL: <https://robotrends.ru/robopedia/sistemy-kontrolya-i-dispetcherizacii-trafika-bespilotnikov> (дата обращения 04.03.2024).
5. В Правительстве РФ подписано постановление о запуске экспериментального правового режима // Цифровая экономика. – 2022. – 27.03. – URL: <https://d-economy.ru/news/v-pravitelstve-rf-podpisano-postanovlenie-o-zapuske-jeksperimentalnogo-pravovogo-rezhima/> (дата обращения 06.08.2024).
6. В Сколково испытали платформу «Небосвод» для городской аэромобильности // Аэроскрипт. – 2022. – URL: <https://www.aeroscript.ru/news/tpost/mhb74ts3f1-v-skolkovo-ispitali-plattformu-nebosvod-d> (дата обращения 04.03.2024).
7. Величковский Б.Б., Соколова Д.Н. Человек-оператор и управление беспилотными летательными аппаратами в «Умном городе» // Вопросы психологии. – 2022. – Т. 68, № 6. – С. 46–50.
8. Виноградов Е.А. Ключевые технологии связи для поддержки систем управления движением гражданских беспилотных летательных аппаратов (обзор зарубежной литературы) // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 70–92.
9. Городская аэромобильность // РуВики. – 2020. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Городская_аэромобильность (дата обращения 02.08.2024).
10. Добрягина Н.П., Кузахметов К.Ф., Марков Т.А. Использование беспилотных воздушных судов в рамках проекта «Умный город»: перспективы и новые возможности // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 2491–2506.
11. Искусственный интеллект в беспилотниках для мониторинга воздушного пространства // Беспилотники с искусственным интеллектом. – 2022. – URL: https://dron-ai.ru/iskusstvennyj-intellekt/iskusstvennyj_intellekt_v_bespilotnikah_dlja_monitoringa_vozdushnogo_prostranstva (дата обращения 04.03.2024).
12. Казуров А.Е., Сулова О.Ю. Проблемы архитектурно-конструктивной адаптации аэромобили в городе // Архитектура и современные информационные технологии. – 2015. – № 2 (31). – С. 1–13.
13. Коняев П. Обзор Puzzlebox Orbit: вертолет, управляемый силой мысли // 3DNews. Умные вещи. – 2015. – URL: <https://3dnews.ru/911059/vertolet-upravlyaemiy-siloy-misli-obzor-na-puzzlebox-orbit> (дата обращения 31.07.2024).
14. Королев И. Как власти будут развивать беспилотную авиацию в России и ее технологический суверенитет // СибНьюс. – 2023. – URL: https://www.cnews.ru/articles/2023-07-06_kak_vlasti_budut_razvivat_bespilotnuyu (дата обращения 02.08.2024).
15. Лиханова Е. На пороге перемен: как городам подготовиться к появлению воздушного транспорта // RB.ru. Истории. – 2022. – URL: <https://rb.ru/story/flying-cars-disruption/> (дата обращения 02.08.2024).
16. Методика когнитивного и психоэмоционального развития в подготовке к работе с БПЛА / Самофалова О., Патринник А., Покуль Е., Трухачева К., Чернышева П. // Университет 2035. – 2023. 18.10. – URL: <https://pt.2035.univer>

- sity/project/metody-kognitivnogo-i-psihoemocionalnogo-razvitia-v-podgotovke-k-rabote-s-bpla_2023_10_18_12_43_44 (дата обращения 04.03.2024).
17. Московская аэромобильность: инновационные проекты для города // Официальный портал Мэра и Правительства Москвы. – 2021. – 04.09. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/95515073/> (дата обращения 04.03.2024).
 18. Национальный проект «Беспилотные авиационные системы» // Правительство Российской Федерации. – 2023. – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/906/events/> (дата обращения 06.08.2024).
 19. Нейроплэй // Нейроассистивные технологии. – URL: <https://neuroplay.ru/> (дата обращения 02.08.2024).
 20. Новая аэромобильность России // Интеллектуальные транспортные системы России. – 2022. – URL: <https://www.itsjournal.ru/articles/technologies/novaya-aeromobilnost-rossii/> (дата обращения 04.03.2024).
 21. Новиков А. TRSC: нейросеть оптимизировала управление воздушным трафиком // Газета. Ру. – 2024. – URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2024/02/28/22434031.shtml> (дата обращения 04.03.2024).
 22. Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности авиационных беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – Вып. 4. – С. 3–11.
 23. Панилов П.А., Цибизова Т.Ю., Малахов Н.А. Когнитивное моделирование автономной системы управления беспилотным летательным аппаратом // Динамика сложных систем – XXI век. – 2023. – № 4. – С. 5–11.
 24. Петрова А. В «Сколково» отработаны первые кейсы зоны городской аэромобильности // Хайтек+. – 2022. – 09.11. – URL: <https://hightech.plus/2022/11/09/v-skolkovo-otrabotani-pervie-keisi-zoni-gorodskoi-aeromobilnosti> (дата обращения 02.08.2024).
 25. Проект Цифровизации городского хозяйства «Умный город» // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – 2023. – 14.04. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnoy-gorod/> (дата обращения 06.08.2024).
 26. Ратушняк А.С. Национальная технологическая инициатива, проект «NeuroNet». Дорожная карта проекта, проблемы и перспективы // Институт вычислительной техники Сибирского отделения РАН. – 2016. – 18.10. – URL: <http://www.ict.nsc.ru/ru/education/seminar/nacionalnaya-tehnologicheskaya-iniciativa-proekt-neuronet-dorozhnaya-karta-proekta-problemy-perspektivy> (дата обращения 06.08.2024).
 27. Саткенов О. Знакомство с UAM – Urban Air Mobility // E²nergy. – 2022. – 27.01. – URL: <https://eenergy.media/news/21830> (дата обращения 04.03.2024).
 28. Сковородников О. Поворот на беспилот // Логистика в России. – 2021. – .11. – URL: https://logirus.ru/articles/solution/povorot_na_bespilot.html (дата обращения 04.03.2024).
 29. Станкевич Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2023. – 495 с.
 30. Стаценко А. Нейрокоптер, он же мыслелет // Хабр. – 2014. – 03.12. – URL: <https://habr.com/ru/articles/363731/> (дата обращения 04.03.2024).
 31. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года // Министерство экономического развития Российской Федерации. – 2019. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda/ (дата обращения 06.08.2024).
 32. Стратегия развития беспилотной авиации // Правительство Российской Федерации. – 2023. – URL: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTD316ibUtyEVUpnRT2x.pdf> (дата обращения 06.08.2024).
 33. Ульянов С.В., Шевченко А.А., Шевченко А.В. Технологии когнитивных вычислений: модели и алгоритмы // Системный анализ в науке и образовании. – 2022. – № 2. – С. 118–132.
 34. Хасанов Р. В Китае создали беспроводной интерфейс для управления компьютером силой мысли // СМНьюс. – 2021. – URL: <https://sm.news/v-kitae-sozdali-besprovodnoj-interfejs-dlya-upravleniya-kompyuterom-siloy-mysli-68988/> (дата обращения 02.08.2024).
 35. Чаднов А. Беспилотные интеллектуальные авиационные системы. Арсенал Отечества. – 2020. – № 2 (46). – URL: <https://arsenal-otechestva.ru/article/1362-bespilotnye-intellektualnye-aviatsionnye-sistemy> (дата обращения 04.03.2024).
 36. Чеберко И. Российские ученые создали квадрокоптер, управляемый силой мысли // Известия. – 2015. – URL: <https://iz.ru/news/599886> (дата обращения 02.08.2024).
 37. Чернявская Е.В., Карпенко М.Ю., Баранов Н.А. Способ мониторинга воздушного движения беспилотных летательных аппаратов на основе интеллектуальной mesh-сети // База данных патентов Google. – 2023. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2788046C1/ru> (дата обращения 04.03.2024).
 38. Cognitive Technologies представляет первый промышленный 4D-радар // Robogeek.ru. – 2018. – URL: <https://robogeek.ru/nauchnye-razrabotki-programmnoe-obespechenie/cognitive-technologies-predstavlyaet-pervyi-promyshlennyi-4d-radar> (дата обращения 02.08.2024).
 39. Neural Control and Online Learning for Speed Adaptation of Unmanned Aerial Vehicles / Jaiton V., Rothomphiwat K., Ebeid E., Manoonpong P. // Front. Neural Circuits. – 2022. – April 25. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncir.2022.839361/full> (дата обращения 04.03.2024).
 40. Neurogress. Innovation in neurocontrolled devices // Neurogress Laboratory. – 2017. – URL: <https://neurogress.io> (дата обращения 02.08.2024).
 41. Puzzlebox Orbit // NeuroSky technologies. – 2019. – URL: <https://store.neurosky.com/products/orbit> (дата обращения 02.08.2024).

HUMAN-MACHINE INTERACTION IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENT URBAN UNMANNED AIRMOBILITY

Aleksandr Fedotovskikh

PhD in Economics, Professor of the RANH, Instructor teacher of the Aviation Training Center,
College of Moscow Transport, Moscow chief@nrd.ru

Abstract. *The concept of “urban air mobility” appeared about 15 years ago and means the movement of goods and passengers in the airspace above urbanized areas. The spread of such transport is largely determined by technology and the achievement of a high level of flight safety and reliability. In this regard, the importance of ensuring human-machine interaction in the processes of managing the traffic of unmanned devices and their piloting is increasing. This review considers the use of cognitive modeling technologies for the formation of urban air mobility and unmanned aerial delivery complexes, as well as the features of artificial intelligence technologies in on-board and ground control systems at the initial stage of unmanned civil aviation development. Examples of Russian and foreign experience in urban air mobility are given, and the technological and psychophysiological aspects of the implementation of similar systems that radically change the urban environment and the way of life of city residents are described. The review is a continuation of the series of materials published in the journals of the Institute of Scientific Information on Social Sciences of the Russian Academy of Sciences in 2022–2023.*

Keywords: *unmanned civil aviation; urban air mobility; artificial intelligence technologies; man-machine communication; training in new technologies.*

For citation: Fedotovskikh A.V. Human-machine interaction in the context of development urban unmanned airmobility // Social Novelties and Social Sciences. – 2024. – N 3. – P. 66–83.

URL: <https://sns-journal.ru/ru/archive/>

DOI: 10.31249/snsn/2024.03.05