

Технология БПЛА: перспективы интеграции в технологии ГРП

■ Жгенти Н.С., Группа компаний «Дельта», г. Самара

Тема роботов, беспилотных аппаратов настолько большая, что ее не возможно охватить не то, что одной публикацией, но и сотней статей. В данной публикации представлен ознакомительный подход к теме беспилотных аппаратов и только в области летательных аппаратов.

В последние годы, различные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) внедряются во все сферы хозяйственной деятельности человека, ранее им не свойственные. Несмотря на то, что упоминания об использовании БПЛА в невоенных целях встречается ещё в 70-х годах, настоящий бум, связанный с удешевлением и общедоступностью моделей (в первую очередь, вертолётно-го типа) начал отмечаться сравнительно недавно. Повсеместное использование нового типа устройств спровоцировало определённые процессы социального, культурного, экономического характера; выдвинуло на первый план вопросы, кажущиеся ранее не существенными. Технический прогресс вывел беспилотные летательные аппараты на новый уровень практического применения, как для обеспечения сферы безопасности, так и для реализации угроз или нанесения террористических или диверсионных атак.

Однако не все БПЛА одинаково устроены – от вложенных технологий, существенно зависят их возможности. Заглянув внутрь современных моделей, можно выделить тренды, обеспечивающие их преимущества: нейросетевые технологии (бортовой искусственный интеллект), защищенные каналы дальней связи, мультиспектральные сенсоры и инерциальные системы навигации.

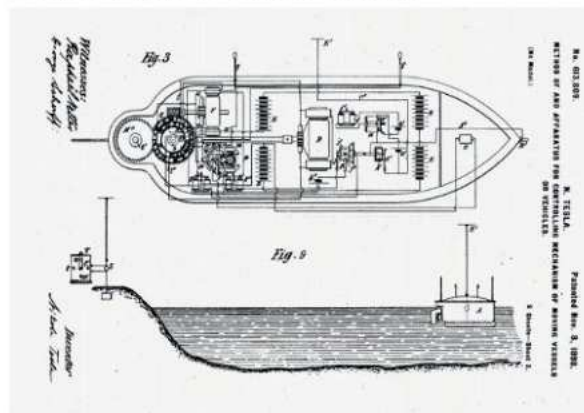
Несмотря на то, что, на российский рынок БПЛА существует санкционное давление, ограничивающее возможности применения ряда цифровых технологий и микроэлектроники, в нашей стране работает множество команд над созданием и внедрением этих технологий

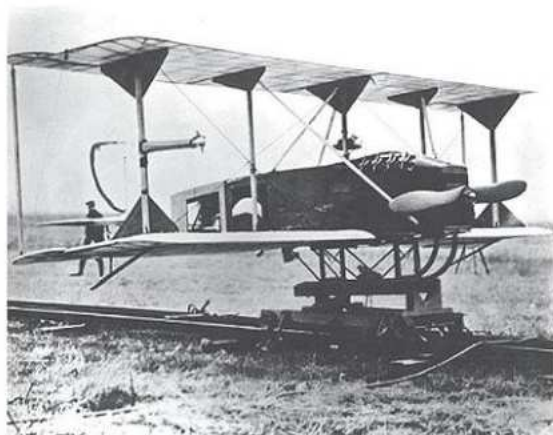
Из истории вопроса

Первую в своем роде радиоуправляемую беспилотную электромеханическую систему не только разработал, но и запатентовал Никола Тесла в 1898 году. В патенте описывалось транспортное средство, управляемое радиоволнами, и Тесла продемонстрировал его рабочую модель.

Дальнейшее развитие, беспилотные авиационные системы, получили в 1917 году в виде первого аппарата летящего по заданному курсу и без внешнего управления на основании показаний двух бортовых гироскопов, «Автоматического аэроплана Хьюитта-Сперри», и «воздушной торпеды Кеттеринга», представленной 1918 г. Также стоит упомянуть первый вариант квадрокоптера, созданный конструкторами Георгием Ботезатом и Этьеном Эмишеном а 20х годах прошлого века.

▼ Рис. 1. «Дрон» Никола Тесла.



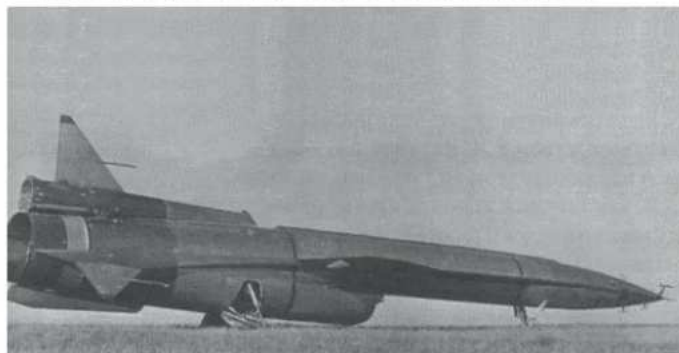


▲ Рис. 2. Радиоуправляемые БПЛА первой половины 20 в.

Беспилотные системы множились и совершенствовались исключительно в военных целях вплоть до 2006 года. Именно в этом году Федеральная авиационная администрация США одобрила полеты первых небольших пользовательских БПЛА в гражданских целях. Миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации позволили сделать эту технологию максимально доступной и поставить ее в один ряд с другими бытовыми технологиями.

В советские времена исследования и разработки велись еще до начала Второй мировой войны, но первый успешный пуск «самолета-снаряда «С» (изделия 121, Ту-121) состоялся 25 августа 1959 года, а 2 марта 1993 года в небо поднялся первый экспериментальный российский винтокрылый БПЛА Ка-37. (Рис.3.) Это событие является точкой отсчета истории беспилотной вертолетной техники нашей страны.

▼ Рис. 3. Разработки СССР в области БПЛА.



Современное состояние технологии БПЛА в РФ

К сожалению, начало взрывного роста беспилотных технологий в гражданском секторе и частично в военном, в нашей стране проспали, ограничиваясь покупкой готовых решений западных и китайских компаний. И если бы не введенные западные санкции и частые сложности с вывозом технологий двойного назначения из Китая, воз не сдвинулся бы с мертвой точки.

Распоряжение №1630-р от 21.06.2023 г. Правительства РФ, определяет «стратегию развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года». Согласно этому документу, В течение ближайших шести с половиной лет в России должна появиться новая отрасль экономики, связанная с созданием и использованием гражданских БПЛА. Стратегией определены пять ключевых

направлений развития беспилотной авиации.

- Первое касается стимулирования спроса на отечественные беспилотные авиационные системы.

- Второе – разработки и серийное производство таких систем, а также создание крупных производственных центров, обеспечивающих внедрение новых технологий.

- Третье подразумевает развитие инфраструктуры, включающее строительство аэродромов, вертодромов и перспективных дронопортов.

- Четвёртое – подготовку кадров для беспилотной авиации.

- Пятое – фундаментальные и перспективные исследования в сфере беспилотных авиационных систем.

При этом доля российских БАС в общем объеме таких машин должна вырасти с текущих 22% до 70% к 2030 году и до 80% к 2035-му как прокомментировал первый заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации Василий Осмаков.

Финансирование национального проекта развития беспилотных авиационных систем (БАС) в России на 2024-2026 годы, по предварительным оцен-

кам, превысит 300 млрд рублей. На 2024 год - 48 млрд рублей, на 2025 год - 117 млрд и на 2026 - 148 млрд рублей.

В последние годы растет количество компаний, занимающихся разработками и производством БПЛА и некоторые в скором времени смогут составить серьезную конкуренцию основным производителям.

В сентябре 2023г. Национальная Ассоциация участников рынка робототехники (<https://robotunion.ru/bpla23>) провела исследование рынка российских разработчиков и производителей беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения. В результате получился список из 81 организации, 8 из которых действуют на базе ВУЗов.

Законодательная база использования БПЛА в РФ

На сегодняшний момент, законы и нормативные акты, по факту, еще не до конца проработаны и не отвечают современным тенденциям, а также потребностям пилотов и разработчиков/производителей. Видно, что работа ведется, но слишком медленно и с постоянными остановками и перекурами.

Основополагающим регулирующим

▼ Рис. 4. Рынок российских разработчиков и производителей БПЛА в России.



документом являются «Действующие Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации» утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации № 138 от 11 марта 2010.

Значение для определения особенностей правового режима имеет максимальная взлетная масса БПЛА. С учетом этого законодательно все БПЛА разделяются на три категории в зависимости от веса:

1) весом до 150 г. - такие БПЛА не подлежат государственной регистрации или учету;

2) от 150 г. до 30 кг - подлежат государственному учету (в эту категорию попадают большинство «бытовых» и «коммерческих» БПЛА);

3) от 30 кг и более - подлежат государственной регистрации с занесением в специальный реестр воздушных судов. (в основном используются специализированными организациями, а также в армии).

На последние две категории БПЛА распространяется действие специальных авиационных правил по использованию воздушного пространства. В ст. 16 Воздушного кодекса РФ предусматривается два режима использования воздушного пространства - уведомительный и разрешительный.

Пунктом 116 Федеральных правил использования воздушного пространства для использования БПЛА установлен разрешительный порядок использования воздушного пространства.

Для получения разрешения подается сообщение о плане полета беспилотного воздушного судна независимо от класса воздушного пространства, в котором выполняется полет БПЛА, за исключением случаев, когда такое разрешение не требуется. Разрешение выдается регио-

нальным и зональными, районными центрами Единой системы организации воздушного движения РФ (ЕС ОрВД). Помимо получения разрешения от центра ЕС ОрВД согласно п. 49 Правил использования воздушного пространства полеты БПЛА (за исключением полетов БПЛА с максимальной взлетной массой менее 0,25 кг) над населенными пунктами выполняются при наличии у пользователей воздушного пространства разрешения соответствующего органа местного самоуправления.

Отдельный котел в «бюрократическом аду», отведен для разработчиков/производителей беспилотных авиационных систем (БАС) для получения сертификата типа БАС. Хотя и с 1 сентября 2023 года для упрощения процедур обязательной сертификации гражданской авиатехники, вступает в силу приказ Минтранса России №196, но по собственному опыту пока попытки получения заканчиваются неудачей.

Для примера. Сертифицированный В декабре 2022-го года БПЛА вертолетного типа БАС-200. Фактическая стоимость, потраченная на сертификацию БАС-200 вышла примерно в 142 млн рублей. Из них 109,5 млн рублей ушло на услуги экспертов при подтверждении соответствия конструкции всем требованиям, ещё 32,5 млн рублей потратили на создание опытных образцов, летные испытания, керосин (по данным открытых источников).

Основы технологии БПЛА

В настоящее время существует ряд типов БПЛЛ, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы, оптимальную область применения.

Мультироторный тип. Наиболее распространенный и популярный вид, оснащенный 3, 4, 6, 8, 12 пропеллерами.



▲ Рис. 5. Модификации мультироторного типа БПЛА.

Получил максимальное распространение ввиду широкого спектра летных качеств. В полете аппарат легко держит горизонтальное положение относительно поверхности земли и может зависать над определенным местом, перемещаться влево, вправо, вперед, назад, вверх и вниз, а также, поворачиваться вокруг своей оси. Все действия совершаются путем изменения тяги на каждом моторе. Из недостатков можно отметить низкую энергоэффективность и связанное с этим малое время нахождения в воздухе.

БПЛА с неподвижным крылом

Эти аппараты работают по принципу самолета, для создания подъемной силы используется крыло. Данный тип позволяет экономно использовать двигательную энергию и способен к длительным беспосадочным полетам до 12 и более часов. Благодаря более высокому време-

ни полета и энергоэкономности, БПЛА самолетного типа, идеально подходят для таких действий как картографирование, мониторинг, аэрофотосъемка. Из недостатков, не способность зависать в заданной точке и необходимость использования взлетной полосы или стартовой катапульты.

Однороторный. Вертолетный тип

В отличие от мультироторного, у однороторного два больших ведущих винта расположены на одной оси, лидо присутствует один большой ведущий винт и малый на хвосте. Однороторные БПЛА значительно более энергоэффективны чем мультироторные версии. имеют более долгое время полета и чаще всего, оснащаются двигателем внутреннего сгорания. Из недостатков очень сложная механика конструкции и высокие требования к уровню эксплуатирующего персонала.

▼ Рис. 6. БПЛА с неподвижным крылом.





▲ Рис. 7. БПЛА вертолетного типа.

Гибридный тип. Конвертоплан

Позволяет осуществлять вертикальные взлет и посадку и осуществляет полет опорой на фиксированное крыло. Это происходит за счет смены вектора тяги посредством изменения угла положения моторов или наличия фиксированных моторов направленных в вертикальную и горизонтальную плоскости. При этом, корпус БПЛА всегда остается в горизонтальном положении. Сочетает в себе плюсы мультироторного и самолетного типов, такие как способность вертикального взлета и посадки, экономичного горизонтального полета, способность зависать в заданной точке. Но имеет более сложную конструкцию, больший вес и сниженное время работы в воздухе при прочих равных, если сравнивать с самолетом с теми же двигателями и запасом энергии.

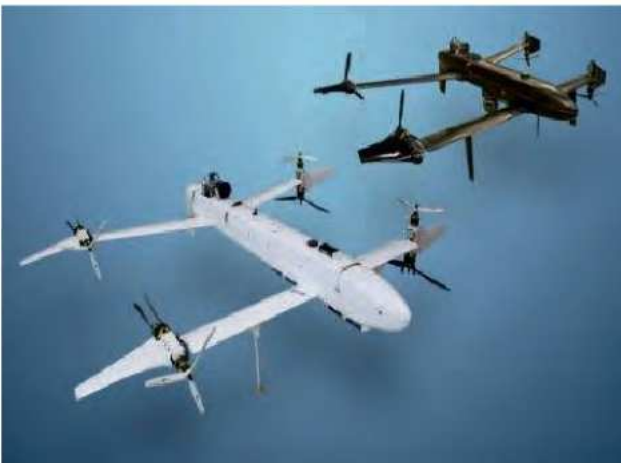
▼ Рис. 8. БПЛА гибридного типа.



Энергообеспечение БПЛА

Для достижения высокой полезной грузоподъемности и более продолжительного времени полета необходимо определять баланс удельной энергии на массу и удельной энергии на объем.

Сведение этой задачи только к источнику энергии было бы неправильным, так как вся система (источник энергии + двигательный комплекс) влияет на летные характеристики. Источник с чрезвычайно высокой плотностью энергии (например, керосин или H_2) не поможет, если двигательный комплекс (например, турбина или топливный элемент) очень тяжелый и перевешивает сэкономленную энергию. Коэффициенты эффективности двигательных комплексов также сильно различаются: в то время как система с питанием от батареи преобразует 73% энергии в движение,





▲ Рис. 9. Источники энергии БПЛА – баланс и взаимная зависимость характеристик.

топливный элемент обеспечивает 44%, а двигатель внутреннего сгорания - только 39%.

Батареи

Основная и наиболее часто используемая система энергообеспечения - это электрическая на базе энергии батарей – литий-полимерных (Li-Po) или литий-ионных (Li-Ion), которые являются наиболее распространенными источниками энергии для дронов. Это обусловлено простотой в использовании, доступностью комплектующих, их низкой стоимостью и огромным количеством вариантов, а так же низким требованием к инфраструктуре и эксплуатирующему персоналу. Из возможного продолжения этой вида энергообеспечения БПЛА можно предположить появление литий-тионил-хлоридных батарей (Li-SOCl₂),

которые обещают в 2 раза более высокую плотность энергии на килограмм по сравнению с литий-полимерными батареями, а плотность энергии литий-оксидных батарей (Li-air) обещает быть почти в 7 раз выше. Литий-серные батареи (Li-S) могут заменить литий-ионные элементы по причине их более высокой плотности энергии (коэффициент 1,8).

Водородные топливные элементы

Химическая энергия атомов водорода превращается в электрическую. Топливный элемент представляет собой два электрода (анод и катод), разделенных мембраной. Водород реагирует с катализатором (обычно это напыленная на анод платина) и выгоняет свой электрон за пределы атома. «Осиротевшие» электроны притягиваются к аноду, превращаясь в электрический ток. Сравнивая плот-

ность энергии жидкого водорода с плотностью энергии Li-Po-батареи [Вт/кг], мы видим, что разница составляет 150 раз в пользу водорода. К сожалению, хотя эта технология уже во всю применяется как источник питания БПЛА, все еще остаются достаточно экзотическими. К недостаткам следует отнести требования к частоте используемого газа, высокая стоимость его производства, проблемы хранения, взрывоопасность, а также высокая стоимость самого топливного элемента.

Бензин, Керосин, Метанол, Этанол, СНГ (пропан)

Привлекательность этого источника энергии заключается в сочетании высокой удельной энергии на массу [Вт/кг] и высокой удельной энергии на объем [Вт/л]. По сравнению с литий-полимерными батареями, бензин в 48 раз увеличивает массовую плотность и в 13 раз объемную плотность энергии. Но это также накладывает определенные ограничения весогабаритные характеристики БПЛА в сторону повышения минимального веса и размера, связанных с конструктивом ДВС и минимально необходимым размером топливного бака.

Гибрид

Кроме описанных выше, активно применяются гибридные установки где энергия сгорания топлива преобразуется в электрическую и подается на электродвигатели и системы управления БПЛА. Эта система имеет большинство плюсов батарейной энергоустановки, но и обладала теми же ограничениями, как и системы с ДВС. Из неоспоримых плюсов можно указать возможность работы в областях низких температур снижающих емкость батарей.

Перспективные разработки

Из перспективных разработок можно отметить газoeлектрические гибриды, солнечные, солнечно водородные гибриды, Супер/Ультра-конденсаторы, лазерные (оснащенные приемником-преобразователем лазерного пучка в энергию) и т.д. В направлении новых и повышения эффективности старых установок ведется огромная работа и каждый год появляются новые, часто революционные, решения.

Системы управления полетом

Большинство современные гражданских БПЛА просты в пилотировании и не требуют от оператора специальных летных навыков. Это достигается сочетанием современной электроники и программного обеспечения. Основная плата управления, обеспечивающая функционирование беспилотного летательного аппарата называется полётный контроллер. Его основные функции: сбор данных с датчиков; расчет собственного положения в пространстве; получение команд и внешних воздействий с пульта управления; отправка управляющих сигналов на регуляторы оборотов двигателей и рулевых машинок. Полетный контроллер — это мозг БПЛА в зависимости от его возможностей определяется функционал летательного аппарата и степень его автономности.

Полетные контроллеры оснащены базовыми датчиками. Наиболее продвинутые версии оснащены дополнительным процессор с возможностью сквозного доступа и дублирующими системами датчиков, для обеспечения отказоустойчивости. Сердцем ПК является микроконтроллер на базе STM32. В настоящее время используются 3 основных типа микроконтроллеров: F4, F7 и H7. Основные различия заключаются в скорости вычислений и объеме памяти



▲ Рис. 10. Пример полета с автономным GPS трекером, не включенным в систему управления, относительно плана полета. Реальная траектория- желтый цвет, полетное задание- красный, коррекция – зеленый.

Стандартный набор датчиков:

- Акселерометры: измеряют линейное ускорение БПЛА в трех измерениях (ось X, Y и Z). Это позволяет определить вектор ускорения и покрыть траекторию движения.

- Гироскопы: измеряют угловую скорость вращения БПЛА вокруг трех осей (тангаж, крен и рыскание). Они используются для обеспечения стабильности полета и компенсации внешних возмущений.

- Магнитометры: измеряют магнитный вектор вокруг БПЛА, который используется для определения азимутального угла (направление магнитного севера) и ориентации аппарата относительно земного магнитного поля.

- Барометры: измеряют атмосферное давление для определения абсолютной высоты БПЛА над уровнем моря. Эти данные используются для поддержания определенной высоты полета и предотвращения столкновений с препятствиями.

К дополнительным (опциональным) относятся:

- Лидары, радары и ультразвуковые

датчики расстояния: используются для измерения расстояния до ближайших объектов и предотвращения столкновений с ними.

- Оптические потоковые датчики: анализируют движение текстуры поверхности земли или других объектов, на основе чего определяют линейную и угловую скорость БПЛА относительно земной поверхности. Используются для стабилизации полета и поддержания плавной траектории.

- Датчики скорости воздушного потока: предназначены для определения фактической скорости воздушного судна.

Необходимо отметить, что гражданские версии беспилотных летательных аппаратов рассчитаны на полет и навигацию исключительно при поддержке спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС. Бортовые датчики необходимы для стабилизации положения в полете и на поддержании заданного курса в краткий период потери спутникового навигационного сигнала. GPS GNSS модуль: предоставляет точные данные о географическом положении БПЛА, высоте над уровнем моря и скорости полета. Эти

данные используются для навигации и ориентации аппарата в пространстве с точностью до нескольких сантиметров.

В дополнение необходимо отметить появление вспомогательные навигационные системы, такие как **«Дополненная реальность»** - использование камеры и сенсоров, для обнаружения и распознавания физических объектов и местности в режиме реального времени. И **«Система оптической навигации»**, которые используют камеры или специальные видеосистемы, для определения положения и ориентации БПЛА путем обработки изображений окружающей среды.

Наземная станция управления (НСУ)

В составе комплекса входит ноутбук/планшетный компьютер с предустановленным программным обеспечением, обеспечивает командно-телеметрическое взаимодействие с бортовой частью а именно, обеспечивает ручное управления в реальном времени; предоставляет возможность программирования и управления БПЛА, представляет телеметрическую информацию в графическом виде, информирует о результатах функционирования полезной нагрузки, манипулятор (джойстик) для непосредственного управления бортом в реальном времени и система связи.

Программных комплексов в мире существует много. Например, самый популярный ArduPilot Mission Planner с открытым кодом, или коммерческий DJIFlightPlanner. В России многие компании активно работают над написанием и внедрением собственных приложений, как пример Geoscan Planner компании Геоскан или программный комплекс ZUAV GCS, группы компаний ZALA.

Функционал, например, ПО Mission Planner от ArduPilot демонстрирует



▲ Рис. 11. Наземные станции управления БПЛА.

возможности программного обеспечения с открытым исходным кодом, предназначенного для планирования, мониторинга и анализа данных автономных полетов. Оно предлагает набор инструментов для создания миссий, включая планирование путевых точек, автоматизированный полет и мониторинг в реальном времени (высота, скорость, время работы). Поддерживаются различные картографические источники, такие как Google Maps и Bing Maps.

Создание полетного задания осуществляется просто: для каждой контрольной точки указываются GPS-координаты, параметры движения и действия с полезной нагрузкой. Существуют скрипты для построения траекторий, включая задачи для сельскохозяйственных работ или аэрофотосъемки. Для автоматической съемки достаточно выделить область на карте, задать скорость и параметры наложения снимков, после чего план можно загрузить в полетный контроллер.

Связь с БПЛА

Является ключевым элементом, обеспечивающим эффективность и безопасность эксплуатации БЛА. Система связи позволяет осуществлять дистанционное управление аппаратами, сбор и передачу полученной информации в реальном времени, что является крити-

чески важным для четкого и безопасного выполнения задач для БПЛА за счет возможности оперативного обмена данными.

В текущих условиях требования к обмену данными становятся все более строгими, требуется максимально возможное расстояние, минимальная задержка при передаче, высокая пропускная способность, надежность и помехоустойчивость.

Современные системы наземной связи разработаны и в России, они позволяют устанавливать дуплексную модемную связь для передачи команд и телеметрии на расстоянии до 100 км и высокоскоростную, 6–24 Мбит/с, с возможностью передачи еще и HD видео сигнала на расстоянии до 60 км.

При необходимостикратно увеличить дальность, используются дополнительные борты как ретрансляторы. В зонах уверенного приема GSM сигнала, задача серьезно упрощается, используются стандартные GSM модемы. С появлением спутниковых терминалов StarLink, становится доступной и гражданская спутниковая связь.

Взгляд в наступившее будущее

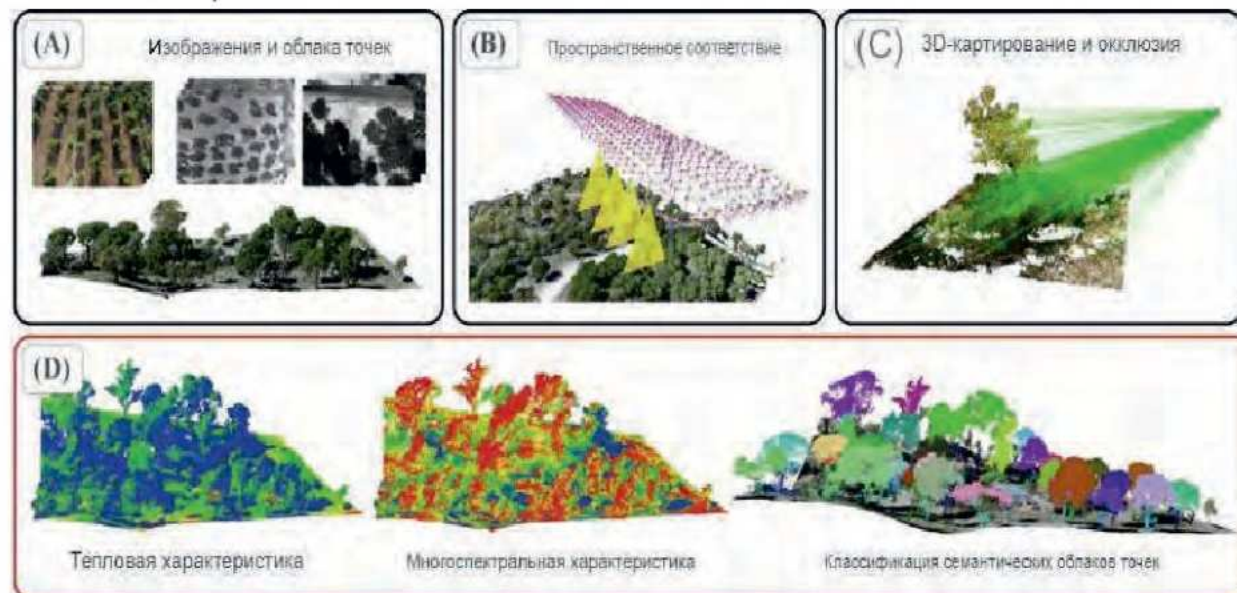
Прогресс стремительно влияет на развитие робототехники и беспилотных технологий. Миниатюризация компьютерных систем повышает вычислительные возможности бортовых комплексов, увеличивая автономность аппаратов.

Ключевой технологией для БПЛА является машинное зрение — направление искусственного интеллекта, позволяющее обрабатывать и анализировать изображения и видео с помощью компьютерных алгоритмов. Системы машинного зрения помогают БПЛА ориентироваться в пространстве, распознавать объекты и выполнять посадку.

Машинное зрение использует следующие компоненты:

- Видеокамеры для получения видео в видимом и инфракрасном диапазонах.
- Бортовые микрокомпьютеры для реализации алгоритмов на основе нейросетей или традиционных методов.
- Программное обеспечение, такое как библиотеки OpenCV и ArduPilot, для стыковки с бортовыми системами.
- Дополнительные датчики, включая GPS, IMU и лидары.

▼ Рис. 12. Алгоритмы распознавания местности и рельефа на основании машинного зрения.



Автономный полет

ИИ наделяет БПЛА способностью к автономному полёту, обрабатывая данные с бортовых датчиков, таких как камеры и инерциальные измерительные блоки и тд. Это позволяет ориентироваться в пространстве, избегать препятствий и следовать маршруту без участия человека на основании распознавания картинки рельефа. Усовершенствованные алгоритмы позволяют в режиме реального времени принимать решения о траектории полёта, оптимизируя маршруты для повышения эффективности и безопасности в режимах полета с подавленными системами спутниковой навигации.

ИИ расширяет возможности в сфере безопасности и наблюдения, автоматизируя патрулирование, распознавая подозрительные действия и предоставляя прямую трансляцию командам службы безопасности.

Система может распознавать и оповещать сотрудников службы безопасности о необычных действиях или несанкционированных проникновениях в режиме реального времени. Это не только повышает эффективность и оперативность работы службы безопасности, но и сокращает количество сотрудников,

необходимых для непрерывного наблюдения (Рис.13).

Инспекция инфраструктуры

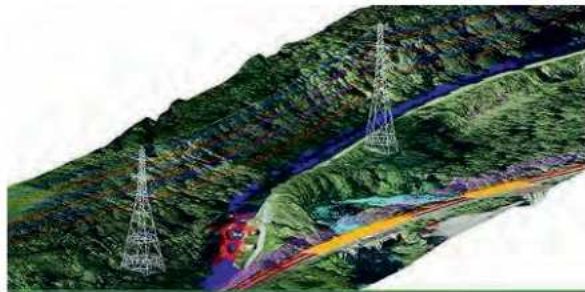
ИИ повышает эффективность БПЛА при обследовании критически важной инфраструктуры, такой как мосты, железные дороги и энергетические установки и тд. Эти беспилотники могут проникать в труднодоступные места и собирать подробные данные о целостности конструкций, износе и потенциальных опасностях. А при дооснащении дополнительными сенсоров, производить локализацию места утечек на трубопроводах.

ИИ позволяет БПЛА отслеживать изменения в окружающей среде, наблюдать за дикой природой и оценивать уровень загрязнения, предоставляя ценные данные для природоохранных и регулирующих мероприятий.

БПЛА с искусственным интеллектом могут быстро и точно оценивать ущерб, находить выживших и составлять карты районов стихийных бедствий, предоставляя критически важную информацию для спасательных операций. Появляется возможность быстро охватывать большие территории, предоставляя критически важную информацию, которая спасает жизни и ресурсы.

▼ Рис. 13. Безопасность, наблюдение, обнаружение и отслеживание объектов с помощью БПЛА и ИИ.





▲ Рис. 14. Инспекция критической инфраструктуры с помощью БПЛА и ИИ.

Заключение

В данном обзоре рассматриваются лишь ключевые аспекты этой обширной темы, чтобы обеспечить понимание основных отправных точек. Каждый пункт можно развернуть в десятки страниц мелким шрифтом, и при этом не будет представлено всеобъемлющее описание. В перспективе предполагается раскрыть некоторые темы с акцентом на детали. Одно очевидно: беспилотные технологии могут и будут внедряться во все сферы человеческой деятельности, приобретая все больше новых функций и возможностей.

Что касается нефтегазовой отрасли, то здесь открываются широкие возможности как для давно используемых методов, таких как аэрофотосъемка и создание 3D-карт, так и для совершенно новых, включая автоматическую расстановку оборудования с помощью наземных и воздушных автоматизированных систем, а также сбор данных с удаленных площадок. Также можно рассматривать мониторинг инфраструктуры, поиск и спасение сотрудников в чрезвычайных ситуациях, радиоретрансляцию, проведение магнитной и гравитационной разведки.

В России, при сохранении текущей государственной политики и санкционного режима, существует шанс частично восстановить утраченные позиции и достичь большей локализации как программного обеспечения, так и технических решений.

Литература

1. Александров Виктор Иванович, Шайдуров Владимир Ильич, Салихов Изиль Исакович, Соколова Евгения Сергеевна, Источник энергии к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), Журнал «Актуальные исследования» #36 (115), сентябрь 2022

2. Источники Энергии Дронов - Раздвигая Границы Электрического Полета, Источник: <https://russiandrone.ru/publications/istochniki-energii-dronov-razdvigaya-granitsy-elektricheskogo-poleta/>

3. БПЛА в гражданских областях хозяйства, <https://www.ixbt.com/live/offtopic/bpla-v-grazhdanskikh-oblastyakh-hozyaystva.html>

4. Эволюция систем управления беспилотных летательных аппаратов: от появления до наших дней. Источник: <https://russiandrone.ru/publications/evolyutsiya-sistem-upravleniya-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-ot-poyavleniya-donashikh-dney-aerogeo/>

5. Урок 9. Полетный контроллер, <https://fpv-club.ru/2023/10/08/урок-9-полетный-контроллер/>

6. Drone Flight Controllers Explained: F1, F3, F4, F7, H7 - Latest Version 2024 <https://www.mepsking.com/blog/fpv-drone-flight-controllers-explained-f1-f3-f4-f7-h7-latest-version-2024.html>

7. УДК 004.93 Использование компьютерного зрения для распознавания техники

<https://na-journal.ru/5-2023-informacionnye-tehnologii/5535-ispolzovanie-kompyuternogo-zreniya-dlya-raspoznavaniya-tehniki>

<https://yenra.com/ai-tech/drone-technology/>

Материалы с сайтов

- www.topwar.ru,
- <https://paperswithcode.com>
- <https://www.tadviser.ru>
- <https://www.ixbt.com>
- <https://uav-siberia.com>
- <https://electrobattery.ru>
- <https://iopscience.iop.org>