

Характеристики, возможности и проблемы использования беспилотных летательных аппаратов на железнодорожном транспорте

П. А. Плеханов

*Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I*

pavelplekhanov@gmail.com

Д. Н. Роенков

*Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I*

roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы классификации и оснащения беспилотных летательных аппаратов и управления ими в целях использования на железнодорожном транспорте. Показаны возможности применения аппаратов для решения различных задач на объектах инфраструктуры железных дорог, дано описание опыта их эксплуатации в ОАО «РЖД». Обозначены проблемы, препятствующие более масштабному внедрению технологий на основе использования беспилотных летательных аппаратов в работу железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; система связи; железнодорожный транспорт; мониторинг

I. ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут обладать разной степенью автономности: от управляемых дистанционно, так называемым, внешним пилотом (оператором), до функционирующих в полностью автоматическом режиме и не обменивающихся информацией с внешними объектами [1]. В общем случае, БПЛА являются составной частью беспилотной авиационной системы (БАС), включающей, помимо БПЛА, пункт управления наземного, морского или воздушного базирования (как правило, состоит из пульта оператора и приемо-передающей аппаратуры), систему связи с БПЛА (прямая или через ретранслятор), систему навигации, а также необходимое дополнительное оборудование для транспортировки, запуска и обслуживания БПЛА.

В настоящее время в России и мире существует множество различных подходов к классификации БПЛА. В целом, можно выделить аэростатические БПЛА или аппараты «легче воздуха» (аэростаты, дирижабли) и аэродинамические БПЛА, которые в атмосферном полете поддерживаются аэродинамической подъемной силой, возникающей за счет быстрого движения в воздухе аппарата вертолетного или самолетного типа.

Одним из важнейших критериев является область применения БПЛА, в соответствии с которым аппараты можно разделить на бытовые (потребительские), коммерческие (промышленные) и военные.

Подавляющее большинство бытовых БПЛА создано по вертолетной (мультикоптерной) схеме, имеет размеры рамы от 5 до 100 см (расстояние по диагонали от одного

двигателя с винтом до другого) и используется для фото- и видеосъемки, а также в развлекательных целях (игрушки для детей, гонки и т. п.). Коммерческие БПЛА используются для мониторинга в целях обеспечения безопасности, доставки, ретрансляции сигналов, профессиональной фото- и видеосъемки. Военные БПЛА по своему назначению подразделяются на разведывательные, ударные и многофункциональные.

Главным элементом бортовой аппаратуры БПЛА является полетный контроллер, который принимает и обрабатывает команды от пункта управления БПЛА или бортового компьютера и перенаправляет их в двигатели и другие элементы бортового комплекса. На борту БПЛА присутствуют различные стандартные авиационные датчики:

- барометр – определяет высоту полета БПЛА (через величину атмосферного давления);
- акселерометр – измеряет ускорение БПЛА;
- гироскоп – определяет положение БПЛА в пространстве;
- гирокомпас – указывает направление полета БПЛА;
- магнитометр и др.

Кроме этого, в состав бортового комплекса БПЛА входят модуль спутниковой навигационной системы (СНС), приемопередатчик системы связи, обзорные устройства на базе телевизионных и (или) тепловизионных камер и радиолокационных станций, устройства питания и хранения информации и др. [2–9].

Автономное управление БПЛА строится на основе блока автопилота, включающего, помимо прочего, вычислитель, микромеханическую инерциальную навигационную систему (ИНС), модуль СНС, абсолютный и дифференциальный манометры.

Система навигации на большинстве малых БПЛА функционирует за счет приемников навигационных сообщений одной или нескольких СНС (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou), обеспечивающих точность определения местоположения до нескольких метров. Более сложные БПЛА оснащаются также автономными ИНС.

Для управления бытовыми и коммерческими БПЛА могут использоваться системы связи на основе технологии FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) – расширение спектра методом скачкообразной

перестройки частоты, когда в разные временные интервалы используются разные частотные диапазоны (рис. 1): например, для управления в пределах прямой видимости могут использоваться стандарты беспроводного доступа IEEE 802.11 (Wi-Fi), беспроводной связи малого радиуса действия IEEE 802.15 (Bluetooth, ZigBee) и др.

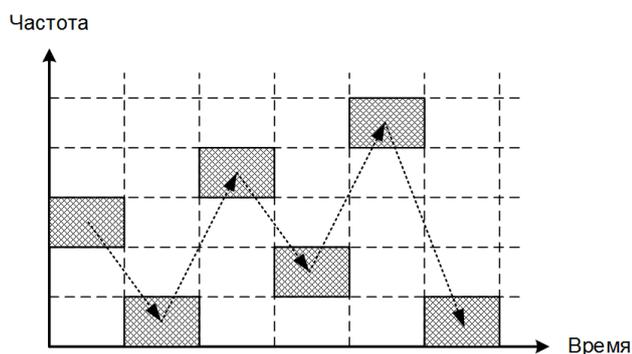


Рис. 1. Расширение спектра методом скачкообразной перестройки частоты

Для управления военными БПЛА, летающими на дальние расстояния, могут использоваться специальные системы спутниковой и ионосферной связи [10-13].

II. ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Сегодня БПЛА активно используются как в военном, так и в гражданском секторах, например, для мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры.

На железных дорогах БПЛА применяются для решения следующих основных задач:

- наблюдение за проведением работ по строительству и ремонту;
- обследование труднодоступных элементов искусственных сооружений (опоры мостов, элементы инфраструктуры на заболоченной или в горной местности и т. п.);
- получение оперативной информации с места транспортных происшествий, стихийных бедствий и т. д.;
- контроль сохранности крупных стройматериалов.

Для повышения эффективности использования БПЛА в ОАО «РЖД» с 2020 года эксплуатируется Автоматизированная система управления беспилотными воздушными судами (АСУ БВС), в которой реализованы следующие основные функции:

- планирование летной работы – расписание полетов БПЛА (на полгода-год) с привязкой к дороге и линейному предприятию, описание рабочих заданий, информация о внешних пилотах и планируемых к использованию моделях БПЛА;
- технический учет парка БПЛА, включая информацию о местонахождении и

балансодержателе, наличии необходимых документов и др., а также учет штата внешних пилотов;

- учет происшествий с БПЛА с указанием причин (например, выход из строя аккумулятора, столкновение с линией электропередачи, отказ системы управления и т. п.);
- планирование технического обслуживания и ремонта БПЛА на основе информации о налете.

Например, в рамках проведения работ по подготовке путевого комплекса к пропуску весенних паводковых вод, оператор при помощи БПЛА в течение одного дня может произвести осмотр до 10 км полосы отвода по обе стороны пути – подобный объем работ не сможет выполнить ни один обходчик. При этом выше оказывается и качество осмотра.

Системы технического зрения БПЛА, которые используются для обследования искусственных сооружений, позволяют в автоматизированном режиме обрабатывать видеопоток для того, чтобы отличить реальные дефекты от возможных следов грязи, а также от недостатков или царапин окраски. Это позволяет фиксировать данные только о местах с обнаруженными дефектами (трещинами и т. п.), не перегружая работников, ответственных за диагностику, необходимостью просматривать видеопоток целиком.

Помимо фото- и видеосъемки БПЛА может обнаруживать деформации земляного полотна и поверхностные смещения грунтов. Использование совместно с СНС спутниковой системы позиционирования RTK («Real Time Kinematic» – «Кинематика реального времени») позволяет оперативно производить съемку топографических планов при обеспечении сантиметрового уровня точности. RTK является одним из методов дифференциального режима работы СНС, который позволяет скорректировать значительную часть погрешностей измерений координат приемника (задержки распространения радиосигналов в ионосфере и тропосфере, ослабление различными препятствиями, многолучевое распространение, электромагнитные помехи, погрешности часов и траектории движения спутника и др.).

При работе в составе аварийно-восстановительных формирований БПЛА, помимо видеокамеры высокого разрешения, могут оснащаться соответствующим дополнительным оборудованием – например, прожектором, позволяющим работать в темное время суток, и громкоговорителем, с помощью которого оператор или руководитель работ может отдавать необходимые команды.

Проблемы использования БПЛА на железнодорожном транспорте связаны, прежде всего, с отсутствием единого регламента согласования полетов, что зачастую приводит к длительным, до нескольких недель, срокам получения соответствующих разрешений. Особенно остро это ощущается при необходимости оперативно организовать вылет БПЛА на место транспортных происшествий. Данное обстоятельство, в том числе, связано с наличием большого числа участников согласований, к которым относятся структуры Единой системы организации воздушного движения РФ (ЕС ОрВД), Минобороны и

спецслужбы, местные администрации, аэродромы (в районах их расположения), а также различные сторонние организации, в интересах которых установлены ограничения на полеты БПЛА.

В целом, применение БПЛА на железных дорогах является весьма перспективным направлением повышения эффективности и безопасности процессов технической эксплуатации различных объектов железнодорожного транспорта.

Основные направления развития отрасли гражданских БПЛА в России определены Стратегией развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2023 г. № 1630-р). Документ, помимо прочего, определяет меры по стимулированию спроса на отечественные БАС, разработке, стандартизации и серийному производству БАС и комплектующих, развитию инфраструктуры, обеспечению безопасности и формированию специализированной системы сертификации БАС, а также мероприятия в области подготовки кадров для отрасли беспилотной авиации и направления фундаментальных и перспективных исследований в сфере БАС. При этом, важно понимать, что БПЛА сегодня, помимо предоставления широких возможностей для развития самых разных отраслей, включая транспортную, в руках злоумышленников могут оказаться источником существенных рисков в области безопасности, требующих соответствующего реагирования [14, 15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. БПЛА на службе железнодорожного транспорта // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 9. С. 13-16.
- [2] Плеханов П.А. Беспроводные инфокоммуникационные сети на железнодорожном транспорте. СПб.: ПГУПС, 2014. 55 с.
- [3] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Цифровые системы подвижной связи на железнодорожном транспорте. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. 41 с.
- [4] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Подвижная связь 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 5. С. 8-12.
- [5] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Технология МIMO для подвижной связи 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 8. С. 21-25.
- [6] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Стандартизация требований для систем беспроводной связи // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 4. С. 38-42.
- [7] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Мобильные сети поколения 5G: перспективы применения // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 10. С. 2-7.
- [8] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Переход к будущей железнодорожной системе подвижной связи // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 5. С. 6-11.
- [9] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Перспективная подвижная связь // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 1. С. 16-20.
- [10] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Коротковолновая ионосферная радиосвязь и возможности ее применения // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 7. С. 14-19.
- [11] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Глухов И.А. Применение систем коротковолновой радиосвязи на малоинтенсивных железнодорожных участках // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 9. С. 4-8.
- [12] Лапунов С.И., Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Глухов И.А. Радиосвязь на малоинтенсивных железнодорожных участках // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 11. С. 2-7.
- [13] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Системы мобильной связи. Коротковолновая и спутниковая связь. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2023. 31 с.
- [14] Плеханов П.А. Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности как части комплексной безопасности железнодорожного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2019. Т. 16. Вып. 4. С. 539-551.
- [15] Плеханов П.А. Обеспечение комплексной безопасности на железнодорожном транспорте в контексте стратегического развития // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2020. Т. 17. Вып. 4. С. 552-565.