

УДК 621.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ СВЯЗИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**А.В. Рычковский, В.В. Паслён**

ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет,  
г. Донецк

*В статье рассмотрена актуальность развития системы связи беспилотного летательного аппарата. Приведён способ организации связи с наземным комплексом управления через беспроводную сеть LoRaWAN.*

Стремительное развитие систем беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и развитие радиоэлектроники заставляют постоянно пересматривать требования к каналу связи и наземным комплексам управления.

На сегодняшний день стало возможным управление автопилотом при полном отсутствии связи между бортом летательного аппарата и наземным комплексом управления (НКУ).

Тем не менее, это не говорит о том, что радиолиния связи может быть исключена из состава БПЛА. Из-за повышенной сложности и самой стоимости комплекса при его эксплуатации требуется постоянный контроль за состоянием находящихся в воздухе летательных аппаратов. Кроме того, иногда возникает необходимость корректировки параметров полета БПЛА.

Возможность обеспечения устойчивой связи является одной из важнейших характеристик, определяющих эксплуатационные возможности комплекса управления БПЛА и обеспечивает доведение сведений, полученных БПЛА, в режиме «реального времени» до оперативного персонала. Для обеспечения связи на значительные расстояния и повышения помехозащищенности за счет пространственной селекции в комплексах управления БПЛА широко используются остронаправленные антенные системы.

Функциональная схема системы управления пространственным положением остронаправленной АС, обеспечивающая оптимизацию процесса вхождения связи в комплексах управления БПЛА, приведена на рис. 1 [2].

Система управления остронаправленной АС (см. рис. 1) включает в себя:

- остронаправленную АС, радиотехнические параметры которой выбираются, исходя из требований обеспечения необходимой дальности связи по радиолинии;
- сервопривод АС, обеспечивающий пространственную ориентацию диаграммы направленности АС;
- систему автоматического сопровождения по направлению (АСН), обеспечивающую устойчивое автосопровождение объекта связи в зоне уверенного захвата пеленгационной характеристики системы АСН;
- радиоприемного устройства, обеспечивающего формирование сигнала «Связь», свидетельствующего о приеме информации с заданным качеством;
- процессор управления антенной системой, обеспечивающий анализ текущего состояния системы управления АС, формирование сигналов управления сервоприводом для обеспечения пространственной ориентации АС в соответствии с полетным заданием и алгоритмом пространственного сканирования, анализ наличия связи, анализ возможности перевода сервопривода АС из режима «Внешнее управление» в режим «Автосопровождение», формирование сигнала перевода сервопривода АС в режим «Внешнее управление».



Рис. 1. Функциональная схема системы управления пространственным положением остронаправленной АС в комплексах управления БПЛА

Как правило, на борту БПЛА размещаются не менее двух систем связи: дуплексная/полудуплексная аппаратура передачи командно-телеметрической информации, и симплексная система передачи информации полезной нагрузки. Аппаратура передачи командно-телеметрической информации предназначена для низкоскоростной передачи командной информации с НКУ на борт БПЛА и низкоскоростной передачи телеметрической информации с борта БПЛА на НКУ. Аппаратура передачи информации полезной нагрузки предназначена для односторонней высокоскоростной передачи информации полезной нагрузки с борта БПЛА на НКУ [3].

Актуальной задачей является передача данных полезной нагрузки БПЛА на НКУ. В этом случае требуется обеспечить передачу большого объема данных при заданных требованиях по полосе пропускания, вероятности битовой ошибки и др.

Для обеспечения связи беспилотника с НКУ будет использоваться технология LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks).

LoRaWAN – это открытый энергоэффективный сетевой протокол связи, обеспечивающий значительное преимущество перед Wi-Fi и сотовыми сетями благодаря возможности развёртывания межмашинных коммуникаций. На основе этого протокола создан простой в использовании аппаратно-программный комплект, позволяющий создавать системы с возможностью беспроводной передачи данных [1].

Сенсоры LoRaWAN могут передавать информацию на дистанции более 100 км в благоприятной среде, 15 км – в малоэтажных городах и более 2 км – в плотно застроенных городах, обеспечивая скорость обмена данными от 300 бит/сек до 100 кбит/сек. Сенсоры идеально подходят для передачи небольших объемов информации, к примеру, GPS-координат и погодных данных (с чем плохо справляется широкополосная связь). Более того, сенсоры требуют мало энергии; многие из них могут бесперебойно функционировать вплоть до 10 лет. В свою очередь, ключи шифрования протокола делают взлом и прослушивание фактически невозможными.

Технология LoRa значительно повышает чувствительность приемника и, аналогично другим методам модуляции с расширенным спектром, использует всю ширину полосы пропускания канала для передачи сигнала, что делает его устойчивым к канальным шумам и нечувствительным к смещениям, вызванным неточностями в настройке частот при использовании недорогих опорных кварцевых резонаторов. Технология LoRa позволяет осуществлять демодуляцию

сигналов с уровнями на 19,5 дБ ниже уровня шумов, притом, что для правильной демодуляции большинству систем с частотной манипуляцией нужна мощность сигнала как минимум на 8-10 дБ выше уровня шума.

#### Выводы

Благодаря своей высокой чувствительности технология LoRa идеально подходит к устройствам с требованиями низкого потребления энергии и высокой устойчивости связи на больших расстояниях.

В настоящее время на кафедре радиотехники и защиты информации ведутся работы по исследованию данного протокола для дальнейшей его пригодности и интеграции в систему связи БПЛА.

#### Список литературы

1. Kerlink LoRa IoT station. User guide, rev. 1.1, July 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.kerlink.fr/en/products/loraiot-station](http://www.kerlink.fr/en/products/loraiot-station)
2. В.Попов, Д.Федутдинов Тенденции развития систем передачи данных при использовании БЛА // Зарубежное военное обозрение 4/2006, с. 47-51.
3. Анализ радиолиний связи с беспилотными летательными аппаратами [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://radio-systems.org/uav\\_communications\\_links](http://radio-systems.org/uav_communications_links)