

Оценка возможности применения беспилотных летательных аппаратов для задач радиоконтроля сетей мобильной связи

А. В. Никитина

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
envision@yandex.ru

Аннотация. Для выполнения задач радиоконтроля в дополнение к использованию наземных стационарных и мобильных комплексов целесообразно применять контрольно-измерительные комплексы на базе беспилотных летательных аппаратов. Это позволяет достичь расширения зоны контроля, т.к. с борта БЛА обеспечивается электромагнитная доступность большого количества передатчиков независимо от сложности рельефа и наличия дорог. В докладе обсуждаются вопросы применения беспилотных летательных аппаратов для радиоконтроля сетей мобильной связи.

Ключевые слова: радиоконтроль, БЛА, сети мобильной связи

I. ВВЕДЕНИЕ

Радиоконтроль сетей мобильной связи проводится в целях проверки технических и эксплуатационных характеристик передаваемых сигналов, т.е. соблюдения операторами условий лицензии. Плановые и оперативные мероприятия радиоконтроля осуществляют специализированные центры Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) на основе заявок юридических и физических лиц [1].

В состав современной сети мобильной связи входят как базовые станции (БС) с поддержкой различных радиотехнологий, так и радиорелейные линии (РРЛ), обеспечивающие работу транспортной сети. В соответствии с [2] операторы не имеют права без согласования с регулируемыми органами изменять используемые частоты и превышать установленные уровни излучения радиоэлектронных средств (РЭС), входящих в сеть. Поэтому одной из задач радиоконтроля является проверка соответствия действующих сетей операторов частотно-территориальным планам (ЧТП), предоставленным в Государственный радиочастотный центр (ГРЧЦ).

Технические средства, используемые подразделениями радиоконтроля, значительно различаются по своим характеристикам и функциональным возможностям в зависимости от решаемых задач. Для проведения высокоскоростного анализа радиочастотного спектра, обнаружения и идентификации источников

радиоизлучений применяются стационарные и подвижные приемно-пеленгационные комплексы с разной степенью автоматизации [3]. По своей сути это достаточно сложные системы, включающие в себя помимо нескольких автономных и управляемых комплексов как минимум три стационарных комплекса радиоконтроля [4].

На сегодняшний день обеспечено довольно полное покрытие территории РФ сетями мобильной связи. При этом на одном антенно-мачтовом сооружении (АМС), как правило, размещается оборудование разных стандартов, работающее в различных частотных диапазонах, а зачастую и в сетях разных операторов [5]. Это создает некоторые сложности при идентификации конкретных источников излучения. Некоторые места размещения базовых станций являются труднодоступными, что требует значительных затрат для проведения процедур радиоконтроля. В связи с этим большой интерес представляет применение мобильных комплексов радиоконтроля на основе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в горной местности и районах с ограниченной транспортной доступностью.

Необходимо отметить, что с целью поиска источников помех и определения местоположения, незаконно действующих наземных станций спутниковой связи, Роскомнадзор впервые стал применять БЛА («Орлан-10» [6]) еще в 2012 году. Однако из-за высокой стоимости и громоздкости комплексов применение БЛА для задач радиоконтроля не получило широкого распространения.

II. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛЫХ БЛА

Характеристики самолетных и мультироторных БЛА, которые можно использовать в комплексах радиоконтроля, представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что время и дальность полета, взлетная масса и вес полезной нагрузки сильно отличаются в зависимости от типа используемого двигателя. Для решения задач радиомониторинга и радиоконтроля лучше всего подходят малые БЛА самолетного типа. Использование БЛА мультироторного типа в данном случае весьма привлекательно из-за способности коптеров к зависанию на месте, но менее целесообразно в силу их низкой скорости, а также малой продолжительности и

дальности полета. Кроме того, низкая грузоподъемность коптеров накладывает очень серьезные ограничения на

габариты и вес комплекса радиоконтроля.

ТАБЛИЦА I ХРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВЫХ МАЛЫХ БЛА

Характеристики	БЛА самолетного типа		БЛА мультироторного типа	
	Взлет	с катапульты		вертикальный
Посадка	парашют + буфер		вертикальная	
Двигатель	внутреннего сгорания	электрический толкающий	электрический тянущий	
Емкость LiPo АКБ, мА/ч	7000	до 15000	7000-12000	
Максимальная высота полета, м	5000	3000	1000	
Скорость полета, км/ч	90-150	65-100	до 35	
Крейсерская скорость, км/ч	100	80	-	
Время полета, ч	16 - 18	до 6	до 40 минут	
Взлетный вес, кг	14	5,5	1,5	8
Вес полезной нагрузки, кг	5	1	0,3	2

Основной недостаток БЛА самолетного типа заключается в необходимости оборудования специализированных площадок для взлета, но он нивелируется возможностью управления БЛА на расстоянии до 200 км (без ретрансляции) и до 600 км при использовании ретрансляторов или в автономном режиме. Это позволяет организовывать стартовые площадки и размещать наземные дистанционные пункты управления (НПДУ) на значительном удалении от труднодоступных мест выполнения мероприятий радиоконтроля.

При планировании мероприятий радиоконтроля с использованием БЛА необходимо учитывать наличие зон

ограничения полетов. Использование воздушного пространства (ИВП) в зонах ограничения полетов, установленных [7], должно осуществляться в соответствии с рекомендациями Федерального агентства воздушного транспорта и по установленным маршрутам. В некоторых случаях данное обстоятельство может стать непреодолимым препятствием для выполнения задачи.

III. МОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РАДИОКОНТРОЛЯ

Типовой состав комплекса радиоконтроля представлен на рис. 1.

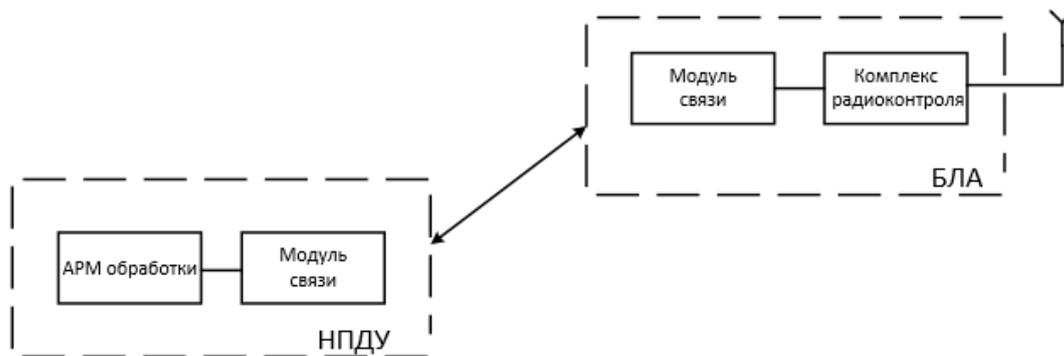


Рис. 1. Состав комплекса радиоконтроля на базе БЛА

При этом, на борту БЛА размещается малогабаритный комплекс радиоконтроля или его бортовая часть. С помощью штатного канала связи осуществляется взаимодействие с наземным терминалом, на котором осуществляется обработка и анализ данных. Наиболее широко на рынке аппаратуры для радиоконтроля представлено оборудование Rohde&Schwarz (EFL100, EM100, ESPI3, EB-200, FSH-3, FSH-6, FSH-8, PR-100), Keysight и Anritsu. В более низком ценовом сегменте следует отметить отечественные комплексы ООО «СТЦ» (семейство Барс), АО «ИРКОС» (семейства АРК, Аргумент, Артикул и Арча), а также ООО «Ирга» и АО «КБ «Навигатор».

При выборе оборудования радиоконтроля основными критериями выбора являются небольшой вес и низкое

энергопотребление. Эти требования значительно сужают сегмент доступной аппаратуры. Таким образом, из перечисленных выше устройств можно использовать измерительные приемники R&S®EM100 (вес 2,5 кг), R&S PR100 (вес 3,5 кг) и комплекс БАРС-У. Очевидно, что миниатюризация оборудования радиоконтроля с целью установки на борту БЛА может быть достигнута за счет разработки комплексов на основе плат программно-определяемого радио (Soft-defined Radio – SDR), массивов ПЛИС и одноплатных компьютеров. Основными преимуществами систем на базе SDR являются их универсальность и гибкость [8].

Также существуют недорогие и компактные комплексы радиоконтроля, выполненные на основе доработки СПО стандартных абонентских терминалов. Несколько таких

устройств, подключенных к одноплатному компьютеру, могут быть размещены на борту БЛА как самолетного, так и мультироторного типов. Каждый модуль осуществляет сканирование каналов сотовой сети, выделение необходимых служебных полей и передачу этих данных в управляющий бортовой компьютер. Бортовой компьютер

осуществляет сброс данных на автоматизированное рабочее место оператора радиоконтроля (АРМ) по штатному каналу связи БЛА. Основная обработка осуществляется с помощью СПО наземного АРМ. Структура комплекса в этом варианте представлена на рис. 2.

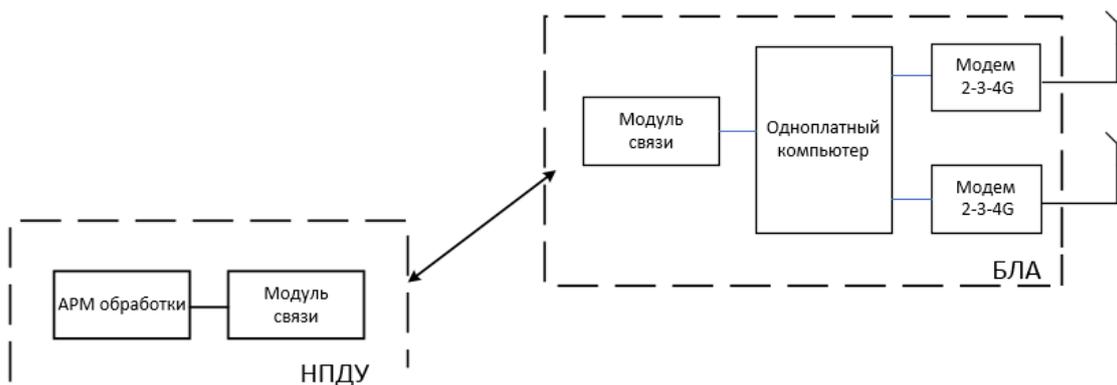


Рис. 2. Состав перспективного комплекса радиоконтроля на базе БЛА

IV. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Возникает задача определения условий применимости беспилотных летательных аппаратов в целях радиоконтроля сетей мобильной связи.

Основными вопросами для исследования являются:

- возможность осуществления энергетического доступа к служебным каналам базовой станции;
- определение условий полета БЛА, при которых достигается доступ к максимальному количеству базовых станций;
- тактика построения оптимального маршрута БЛА для охвата заданного района [9, 10].

Для проверки вышеуказанных условий и возможности был запланирован и выполнен летный эксперимент.

V. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРМЕНТА

Для эксперимента был использован комплект оборудования в составе:

- БЛА мультироторного типа МК-4 (производство ООО «НПП НТТ», г. Санкт-Петербург);
- абонентский терминал (модем Huawei E3372), оснащенный внешней направленной антенной с шириной ДН 90 градусов;
- одноплатный компьютер Raspberry Pi 4; Штатный канал связи БЛА МК-4 с пропускной способностью 10 Мбит/с;
- наземный терминал для обработки и анализа данных.

Перед экспериментом из открытых источников был получен фрагмент ЧТП оператора мобильной связи

«МегаФон» с координатами установки БС. Исследуемый район включал в себя окраину г. Санкт-Петербурга, примыкающую к малонаселенной местности полигона «Ржевка». В данном районе расположено 24 площадки «МегаФон», на которых развернуто 115 секторов разных стандартов. Из них потенциально энергетически доступными из точки висения БЛА являются около 45 секторов.

В ходе эксперимента БЛА последовательно занимал эшелоны с высотами 50, 200, 500 и 700 м. На каждом эшелоне производилось определение базовых станций, с которыми связывался модем и списка их соседей. Такие измерения проводились 4 раза при ориентации антенны по азимуту 0, 90, 180, 270 градусов.

В итоге эксперимента был получен массив данных о базовых станциях, энергетически доступных на разных высотах, на всех азимутах от БЛА. Результаты эксперимента сведены в табл. 2.

ТАБЛИЦА II КОЛИЧЕСТВО СЕКТОРОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ, ОБНАРУЖЕННЫХ МАЛЫМ БЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

Высота полета	Радиотехнология				
	GSM 900	GSM 1800	UMTS 2100	LTE 900	LTE 2600
На земле	2	0	0	0	0
50 м	3	2	2	1	3
200 м	5	5	6	2	7
500 м	7	8	8	3	9
700 м	4	3	5	2	3

VI. ВЫВОДЫ

- во время полета на большой высоте мобильный телефон подключается к базовым станциям, находящимся на расстоянии в 7–8 километров;

- наиболее полный энергетический доступ обеспечивается на высоте 500 м;
- на высоте 500 м с одной точки был получен доступ к 73 % потенциально-доступных секторов;
- на высотах свыше 700 метров мониторинг нецелесообразен из-за резкого уменьшения количества доступных базовых станций.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты летного эксперимента показали, что контроль ЧТП операторов мобильной связи с помощью БЛА является возможным и потенциально эффективным. Комплексы с использованием БЛА позволяют значительно снизить стоимость и время проведения мероприятий радиоконтроля.

Целесообразна разработка простых и дешевых бортовых комплексов на основе стандартных абонентских терминалов (модемов) 2G/3G/4G.

Основной задачей такой разработки является написание СПО для модемов и бортового компьютера.

Отдельной задачей для исследования является автоматизированная разработка оптимального маршрута БЛА с учетом территориального плана размещения базовых станций в заданном районе контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06.
- [2] Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 N 126-ФЗ
- [3] Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под ред. А. М. Рембовского. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 640 с.
- [4] Пат. РФ № 2459218 С1 / А.Н. Божьев, В.В. Елизаров, А.В. Наливаев, П.Л. Смирнов, А.И. Соломатин, Д.В. Царик, А.М. Шепилов Контрольно-измерительная система мониторинга; Опубл. 20.08.12.
- [5] Попов В.И., Скуднов В.А. Основы проектирования сотовых сетей сетей мобильной связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2019. 372 с.
- [6] Орлан-10 [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%BB%D0%B0%D0%BD-10> (дата обращения: 01.03.2021).
- [7] Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 24.07.2020 №235 «Об установлении зон ограничения полетов» (с изменениями на 1 февраля 2021 года).
- [8] Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 372 с.
- [9] Моисеев В.С., Гущина Д.С., Моисеев Г.В. Основы теории создания и применения информационных беспилотных авиационных комплексов (Серия «Современная прикладная математика и информатика»). Казань: Изд-во МОиН РТ, 2010. 196 с.
- [10] Разиньков С.Н., Богословский А.В. Оптимизация маршрутов полета беспилотных летательных аппаратов при местоопределении источника радиоизлучения по оценкам угловых координат с их бортов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2015. Т. 18. № 4. С. 61-66.