

УДК 656.7.052

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ДКМВ-РАДИОЛИНИИ

К.Л. Войткевич, директор по НИОКР ФНПЦ ОАО «НПП «Полет», д.т.н.; voytkevich@npp-polyot.ru

А.А. Сулима, начальник Научно-исследовательского центра ОАО «НПП «Полет»; nic@npp-polyot.ru

П.А. Зац, старший инженер ОАО «НПП «Полет»; nic@npp-polyot.ru

Производится оценка дальности ДКМВ-радиосвязи с заданной надежностью и рассматриваются способы организации канала управления беспилотными летательными аппаратами на основе этих оценок

Ключевые слова: ДКМВ-радиолиния, беспилотный летательный аппарат.

Введение. Обеспечение непрерывности управления — важнейший аспект применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Нарушение управления или несвоевременность доведения команд делает невозможным применение аппарата. Увеличение дальности полета БЛА вплоть до глобальных перемещений, создание тяжелых аппаратов с широкой номенклатурой применяемого оборудования выдвигает новые повышенные требования к каналам управления.

В мировой практике для управления БЛА за пределами радиогоризонта традиционно используются спутниковые каналы связи. Системы спутниковой связи позволяют организовать канал управления летательным аппаратом в любой точке покрытия, имеют высокую надежность (порядка 0,99) и рассчитаны на обслуживание значительного числа абонентов. При этом необходимо отметить, что показатели надежности спутниковых систем зависят от надежности и стойкости самих спутников, количества резервных стволов самолетно-космической связи и системы восполнения группировки [4]. Повышение надежности системы спутниковой связи возможно, в основном, за счет повышения надежности составляющих элементов (увеличения срока активной эксплуатации спутников, дублирования каналов передачи).

Однако современная ограниченность спутниковой группировки РФ, перспективы использования БЛА в арктическом регионе и недостаточная боевая устойчивость спутниковой группировки в случае военного конфликта с технологически равным противником заставляют искать альтернативы использованию самолетно-космической связи при управлении БЛА. В качестве дублирующего канала управления рассмотрим радиоканал декаметрового диапазона. При сопоставимых скоростях передачи информации и дальностях связи такой канал имеет ряд преимуществ: низкая стоимость организации связи и некоррелирующий характер распространения радиоволн.

Оценка дальности ДКМВ-радиосвязи. Основным критерием оценки канала управления является надежность. Недостаточное ее значение нивелирует все остальные характеристики канала. Надежность связи — это процент времени, в течение которого качество связи в канале не хуже заданного, т.е. отношение сигнал/помеха (ОСП) не хуже заданного ОСП или вероятность ошибки не хуже заданной. Надежность радиосвязи зависит от дальности, технических характеристик приемопередающей аппаратуры,

геофизических и географических условий, рабочих частот радиосвязи. Проведя расчет зависимостей надежности от дальности связи для различных условий, можно оценить дальность радиосвязи с определенной надежностью.

В соответствии с общими техническими требованиями (ОТТ) ВВС в авиационных каналах ДКМВ-радиосвязи должна обеспечиваться надежность не менее 0,7. Исходя из этого требования, можно определить дальность связи при различных условиях.

Для оценки предельной дальности связи на основании методики [1] в рамках работ по созданию перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации (ПАК ФА) в «НПП «Полет» были проведены оценки надежности ДКМВ-связи в радиолиниях «борт-земля» и «земля-борт» протяженностью до 6000 км на оптимальных частотах. Дальность радиолиний рассматривалась с учетом необходимости обеспечения управления на сопоставимых со спутниковой связью дальностях.

В ДКМВ-диапазоне, согласно многочисленным статистическим исследованиям, длительные изменения уровней сигнала и помехи на входе приемника за время от 7–10 минут до 2–4 часов распределяются по нормальному закону. Так как длительные изменения уровней сигнала и помех на входе приемника независимы, распределение вероятностей их разности $Z = Y - X$ также подчиняется нормальному закону.

Надежность радиосвязи определяется по формуле [2]:

$$N = P(Z > Z_g) = \int_{Z_g}^{\infty} W(z) dz = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{\bar{Z} - Z_g}{\sigma_Z}\right),$$

где $\Phi(x)$ — табличный интеграл вероятностей; Z_g — допустимое ОСП, дБ; $\bar{Z} = \bar{Y} - \bar{X}$ — среднее превышение уровней сигнала над помехой, дБ; $\bar{Y} = 20 \lg U_c$ — средний уровень сигнала, дБ; $\bar{X} = 20 \lg U_n$ — средний суммарный уровень помех, дБ; $\sigma_Z = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$ — среднеквадратичное отклонение, дБ.

Расчет характеристик распространения радиоволн проводится по методике ИЗМИРАН [4]. В качестве исходных внешних помех использовались данные по напряженности поля помех в полосе 1 кГц, предложенные в [3]. Уровень внешних помех при этом составляет –15...–15 дБмкВ/(м·кГц) в зависимости от рабочей частоты и гелио-геофизических условий.

В качестве каналаобразующей аппаратуры в ДКМВ диапазоне на борту рассматривался аналог каналаобразующей аппаратуры из состава широкодиапазонного модуля связи (ШМС) комплекса средств связи ПАК ФА. При проведении расчетов были учтены потери в фидере и в согласующем устройстве. При применении электрического кабеля типа РК50–7–22, длиной не более 10 м на борту самолета

Таблица 1. Уровни стационарных помех в европейской части РФ

f_p , МГц	Весна		Лето		Зима	
	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День
3–4	3	–8	2	–3	4	–14
4–6	5	–5	4	0	7	–12
6–8	7	–4	6	1	8	–8
8–10	5	–4	6	–3	5	–5
10–12	3	–5	3	–6	2	–2
12–15	–4	–6	–5	–10	–3	0
15–20	–10	–7	–13	–13	–6	–2
20–24	–10	–8	–12	–12	–	–4

Таблица 2. Оценка дальности ДКМВ радиосвязи в зависимости от внешних факторов

Сезон	Время	Режимы работы	
		ЧТ 1	ЧТ 2, 3
Дальность связи в канале «земля—борт» ($P = 400$ Вт)			
Зима	Ночь	2500–2850	2200–2700
	День	3600–4500	3550–4400
Лето	Ночь	4250–4600	4200–4550
	День	3550–3600	3500
Дальность связи в канале «борт—земля» ($P = 200$ Вт)			
Зима	Ночь	2000–2700	1800–2500
	День	3100–1800	3000–3700
Лето	Ночь	3200–4200	3000–4100
	День	3400–3900	3200–3800

и КБВ не менее 0,7, величина КПД фидера составляла не менее 0,86. КПД согласующего устройства при работе на типовую бортовую антенну в среднем равен 0,7.

Проведенные оценки выявили, что зависимость надежности от дальности имеет сложный характер, поэтому значения дальности связи при определенных технических характеристиках будут изменяться в широких пределах в зависимости от геофизических и географических условий и могут использоваться в качестве грубой оценки. Так, например, составляющую суммарных стационарных помех, не локализованных по местоположению, в дБ относительно 1 мкВ/м для $\Delta F_{\text{рпгу}} = 1$ кГц в средней полосе европейской части РФ можно оценить по данным, приведенным в табл. 1.

С учетом установленного ОТТ ВВС-86 значения надежности получены результаты, приведенные в табл. 2.

Сравнительный анализ дальности связи в различных условиях. Максимальная дальность связи обеспечивается на оптимальных рабочих частотах, правильный выбор которых представляет собой достаточно сложную задачу. Она может быть решена путем либо предварительного расчета трассы ЛА, либо создания автоматизированной/автоматической адаптивной системы ведения КВ-связи. Современные аналоги подобных систем способны обеспечить надежность связи до 0,99 и значительно повысить дальность устойчивой радиосвязи. Однако их использование приводит к удорожанию комплекта связной аппаратуры БЛА и наземного центра управления.

Как видно из полученных результатов, при рассматриваемых условиях устойчивая радиосвязь на оптимальных рабочих частотах возможна, в основном, в пределах одного скачка распространения радиоволн (дальность не более 3000–3500 км, реже до 4000 км). На частотах, отличных от оптимальных, дальность связи снижается. Радиолиния «земля—борт» обладает более высоким энергетическим потенциалом за счет большей мощности передатчика и более эффективных передающих антенн. Поэтому дальность связи такой радиолинии превосходит дальность связи аналогичной радиолинии «борт—земля». Достижение требуемых характеристик связи возможно за счет: увеличения мощности передающей аппаратуры на борту минимум до 400 Вт (оптимально до 1 кВт); применения адаптивной системы ведения КВ-радиосвязи; разработки и применения в интересах КВ-радиолинии БЛА новых сигнально-кодовых конструкций, позволяющих лучшим образом использовать мощность радиотракта.

Дополнительные факторы, влияющие на дальность связи. Важными факторами, влияющими на надежность канала связи, являются характеристики приемопередающих антенных устройств. Традиционно на летательных аппаратах антенны ДКМВ-диапазона располагались в вертикально в киле самолета (рис. 1).

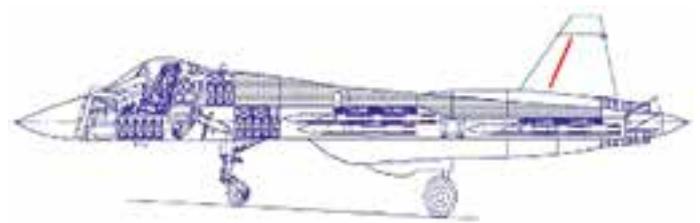


Рис. 1. Расположение антенны ДКМВ-диапазона

В перспективных БЛА подобное расположение конструктивно невозможно из-за отсутствия возвышенного киля. Размещать приемопередающие антенны будет можно лишь горизонтально или наклонно внутри корпуса под радиопрозрачными обтекателями (рис. 2). Однако такое расположение антенн снизит энергетический потенциал канала связи, что негативно скажется на обеспечиваемой дальности.

Выводы. 1. ДКМВ-радиоканал, использующий текущую систему организации связи, сигнально-кодовые конструкции и виды модуляции, не пригоден в настоящем виде в качестве основного канала управления для БЛА.

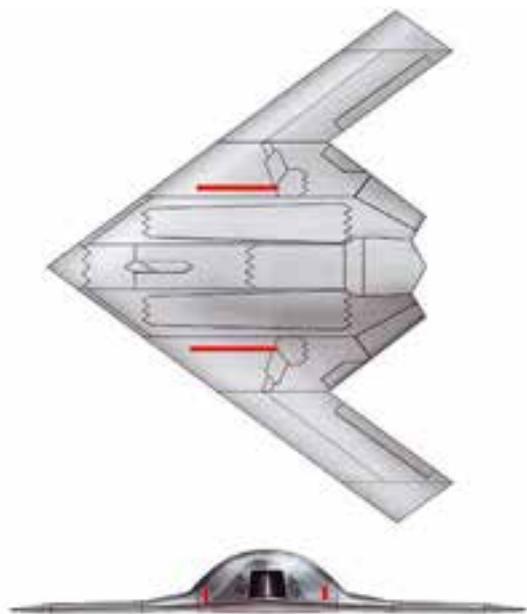


Рис. 2. Вариант расположения антенн для БЛА

2. ДКМВ-радиоканал можно использовать в качестве резервного канала управления.

3. Возможно создание ДКМВ-канала управления БЛА как части системы адаптивной радиосвязи.

4. Для определения реальной надежности канала необходимо уточнение результатов расчета трасс с помощью реальных характеристик антенн объектов размещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета надежности связи КВ и МВ-ДМВ каналов связи. — п/я Р-6510, 1984.
2. **Комарович В. Ф., Сосунов В. Н.** Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. — М.: Связь, 1977.
3. **Комарович В. Ф., Сосунов В. Н.** Статистика радиопомех в КВ-канале. — М.: Изд. ВКАС, 1969.
4. Спутниковая связь и вещание. Справочник. — М.: Радио и связь, 1988.
5. **Башмаков Н. Н., Копейкина Е. Н., Кузьмин Б. И.** Основные положения методики расчета помехозащищенности средств и комплексов ДКМ радиосвязи ВЗУ ВС СССР в условиях РП // НТСб. «Специальная техника средств связи», серия ОТ. — М.: ВНИИ «Эталон», 1991.

Получено 17.06.14

УДК.621.391

ВАРИАНТЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ СРЕДСТВ СВЯЗИ АВИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. В. Екатеринин, начальник отдела в ОАО «НПП «Полет»; alvek@rambler.ru

В. В. Мозина, инженер в ОАО «НПП «Полет»; mozinaw@yandex.ru

Описываются варианты построения системы автоматизированного управления комплексом средств связи (САУК) авиационных объектов. Рассмотрены основные принципы построения структур системы управления. Выбрана схема построения САУК, обеспечивающая выполнение заявок пользователей на настройку и контроль аппаратуры связи.

Ключевые слова: схема управления, децентрализованная структура, централизованная структура, централизованная рассредоточенная структура, иерархическая структура, система массового обслуживания, заявка.

Введение. Комплекс средств связи (КСС) представляет совокупность аппаратуры, взаимодействующей между собой с целью предоставления каналов связи абонентам, расположенным на авиационных объектах. КСС состоит из технических средств, обеспечивающих следующие функции:

- каналообразование (КОА — каналообразующая аппаратура, радиостанции);
- модуляция/демодуляция (УПС — устройства преобразования сигналов);
- помехоустойчивое кодирование (УЗО — устройства защиты от ошибок);
- засекречивание (ЗАС — засекречивающая аппаратура связи);

- коммутация (аппаратура коммутации);
- организация сетей воздушной связи (ООД — оконечное оборудование данных, телефонии).

Высокая мобильность авиационных объектов (АО) и объектов, взаимодействующих с КСС АО, предполагает динамику в изменении информационной связности с сопрягаемыми объектами, что, в свою очередь, накладывает обязанности на систему управления (СУ) КСС в части контроля состояния аппаратуры КСС (включая контроль текущих параметров настройки аппаратуры, кроме контроля по исправности). Это обуславливает требование к способности системы управления изменять параметры настройки аппаратуры комплекса за минимальное время [1].

Основные принципы построения СУ при проектировании САУК. Для проработки СУ были заданы следующие исходные данные:

- шесть типов технических средств (ТС) по восемь устройств каждого типа;
- три вида заявок на настройку аппаратуры;
- время обслуживания заявки i -го типа T_i ;
- интенсивность поступления заявок λ_{ij} в систему (среднее число заявок, поступающих в систему за единицу времени, с) подчиняется экспоненциальному закону распределения.