

УДК: 621.325:621.391

В.Н. Шлокин, С.В. Малахов, А.Л. Гостев, Я.Н. Кожушко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОСЕТИ ГРУППЫ БПЛА

Рассмотрены особенности применения БПЛА при их действиях в составе группы. Проведен краткий анализ условий функционирования «внутренней» радиосети самоорганизующейся группы БПЛА и выполнена оценка реализуемости ее основных характеристик.

Ключевые слова: БПЛА, обработка информации, радиосеть, диаграмма направленности антенн, сигнально-кодовые конструкции.

Введение

Технические инновации, появляющиеся на стыке электросвязи и микропроцессорной техники, создают надежную базу для создания принципиально новых образцов вооружений и военной техники. Адаптация подобных технологий в беспилотные авиационные комплексы (БАК) в значительной степени влияет как на принципы организации этих систем, так и на способы их применения. Примером данной тенденции служит эволюция развития новых форм и способов применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного назначения в ходе их применения в военных конфликтах последнего времени.

Как правило, такие системы органично совмещают реализацию основных функционалов, присущих системам управления боевыми средствами и системам связи и передачи данных. При этом разработчики подобных систем в значительной мере сконцентрированы на обеспечении требуемых характеристик качества управления БПЛА (стойкость, непрерывность, скрытность и т.п.) в различных условиях обстановки.

Анализ литературы. Важно отметить, что в ходе создания подобных систем [1 – 9] наряду с решением ряда вопросов, непосредственно связанных с анализом и выбором «облика» основных составляющих БАК, одним из важнейших направлений является разработка решений по обеспечению высоких вероятностно-временных показателей процессов управления БПЛА и обмена информацией как в рамках «внутреннего» сегмента технических средств БАК, так и в рамках взаимодействия различных элементов БАК с элементами других – «внешних» информационных систем.

Вторым специфическим направлением является комплекс работ, связанных с формированием логики функционирования специальных (боевых) алгоритмов БПЛА, обеспечивающих поддержку автономного режима выполнения боевых задач без участия наземного сегмента средств БАК, и, соответст-

венно, алгоритмов, регламентирующих режимы работы бортовых радиотехнических средств и аппаратуры модуля полезной нагрузки БПЛА.

Целью данного материала является рассмотрение вопросов, связанных с некоторыми особенностями функционирования «внутренней» радиосети самоорганизующейся группы БПЛА в условиях ее автономного применения.

Основной материал

С целью упрощения рассмотрения материала, а также более наглядного выделения необходимых технических и оперативно-тактических особенностей рассматриваемой предметной области, введем некоторые допущения и ограничения:

1. Предметом рассмотрения является «внутренняя» радиосеть самоорганизующейся группы БПЛА (т.е. информационная среда группы БПЛА);

2. Ограничения и категории оперативно-тактического характера:

- рассматривается ударный вариант применения БПЛА;

- принята по умолчанию парадигма функционирования боевых алгоритмов БПЛА – «одна цель – min один БПЛА»;

- перечень целей известен и задан заранее, неопределенность в выборе целей для группы БПЛА отсутствует;

- алгоритмы самоорганизации действий группы БПЛА функционально делятся на боевые алгоритмы (алгоритмы поддержки функций автоматического целераспределения внутри группы БПЛА) и алгоритмы управления бортовыми техническими средствами (поддержка «внутренней» радиосети группы БПЛА);

- принцип действия системы самонаведения БПЛА на цель не учитывается;

- алгоритмы самоорганизации действий группы БПЛА при выполнении боевой задачи (боевые алгоритмы) не рассматриваются;

3. Ограничения и категории, касающиеся особенностей функционирования «внутренней» радиосети группы БПЛА:

- регулирование мощности бортовых передатчиков (ПРД) БПЛА – адаптивное;
- диаграмма направленности (ДН) бортовых антенн БПЛА – изотропная;
- состав бортового оборудования «внутренней» радиосети группы БПЛА – унифицирован в рамках группы;
- в рамках «внутренней» радиосети группы БПЛА возможна динамическая смена текущего статуса абонентов группы БПЛА и приоритетов циркулирующей информации, к которой относятся технологическая информация в части, касающейся параметров функционирования радиосети, и данные для коррекции «Плана выполнения боевой задачи группы».

Оперативный и тактический фон в части эволюции решения поставленной боевой задачи для группы самоорганизующихся ударных БПЛА рассмотрим на примере ситуации, представленной на рис. 1. Следует отметить, что данная ситуация является достаточно характерной, т.к. учитывает изменения условий выполнения боевой задачи как по количеству применяемых средств поражения (в данном случае ударных БПЛА, аналогичных MALD [8,9]), так и по перечню назначенных к уничтожению целей. Как видно из рисунка, для группы из шести ударных БПЛА первоначально

(на момент их пуска с носителя) предусматривалось поражение четырех заранее заданных целей различного характера (матрица №1 «Плана выполнения боевой задачи группы»). С течением времени по разным причинам ударная группа из своего состава потеряла два БПЛА (причина потери в данном случае не принципиальна). Кроме того, из первоначального перечня целей в процессе полета группы БПЛА была исключена цель №2, (например, путем передачи с самолета-носителя БПЛА соответствующей корректирующей информации). В результате оперативной коррекции данных текущей обстановки (матрицы №2 и №3 «Плана выполнения боевой задачи группы») и соответствующей отработки боевыми алгоритмами принятых изменений для БПЛА №3 (согласно принятой по умолчанию парадигмы целераспределения) произведено автоматическое переназначение ранее назначенной для поражения цели №2 на новую цель №3.

Таким образом, в результате произошедших изменений обстановки первоначальный «План выполнения боевой задачи группы» (матрица №1) преобразуется к новому виду (матрица №4, отражающему скорректированный вариант поражения вновь назначенных целей имеющимся нарядом средств.

Важно подчеркнуть, что в ходе выполняемой коррекции «Плана выполнения боевой задачи груп-

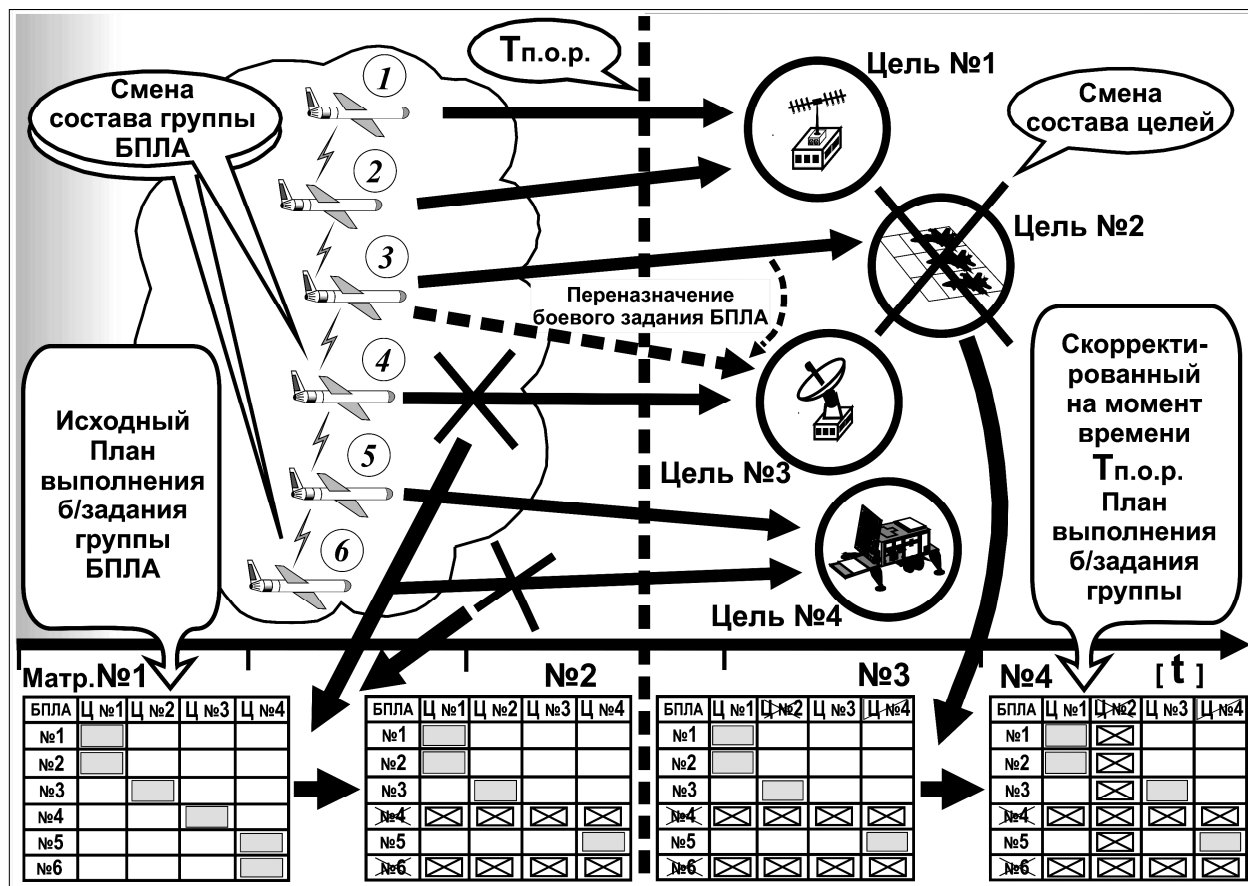


Рис. 1. Особенности корректировки планов выполнения боевого задания в рамках группы БПЛА (вариант)

пы» принципиальным моментом является фактор времени. Очевидно, что нельзя бесконечно долго производить очередные корректировки хотя бы по причине постоянного уменьшения расстояния между ударными БПЛА и целями. Так, существует определенный момент времени принятия окончательного решения $T_{п.о.р.}$, обусловленный неспособностью к совершению некоторыми БПЛА соответствующих маневров переприцеливания, особенно если такой маневр требует значительного смещения по фронту (например, БПЛА №3 переприцеливается с цели №2 на цель №3). Фактически наступление момента времени $T_{п.о.р.}$ означает окончательное «закрепление» в системе управления каждого из уцелевших БПЛА ударной группы данных о текущем состоянии «Плана выполнения боевой задачи группы» (матрица №4, рис.1).

Таким образом, параметр времени $T_{п.о.р.}$ следует рассматривать как программируемую уставку для бортовых систем управления БПЛА группы и учитывающую параметры дальности пуска группы, фактическую скорость, профиль и траекторию полета БПЛА к целям. Для поддержки функций полной или частичной оперативной отмены выполнения боевого задания группы возможно предусмотреть выдачу с пункта управления (как вариант, с борта носителя БПЛА) соответствующей разовой команды по аналогии группового пейджинга [10], по которой санкционируется отмена выполнения текущей боевой задачи и реализуется заранее предусмотренный алгоритм действий (например, самоуничтожение, уход в безопасное место или же посадка в заданной точке [4]). Принципиальным в данном случае является то, что формирование и передача такой разовой команды не является функцией, характерной для средств «внутренней» радиосети группы БПЛА. При этом процесс передачи с самолета-носителя этой информации и данных для «внешней» коррекции «Плана выполнения боевой задачи группы» (матрица №3, рис.1), следует рассматривать как взаимодействие технических средств «внешней» (дистанционное управление) и «внутренней» (самоорганизующаяся структура) информационных систем, построенных на различных принципах функционирования.

Основные этапы функционирования «внутренней» радиосети группы БПЛА, учитывающие некоторые принципиальные особенности ведения боевых действий в составе самоорганизующейся структуры, представлены на рис.2. В рамках прояснения сути процессов, схематично представленных на этом рисунке, остановимся на некоторых важных деталях, характерных для различных этапов функционирования группы.

Так, на этапе формирования «внутренней» радиосети группы БПЛА (этап №2) предполагается

реализация следующих основных процедур:

- а) предварительное «разведение» БПЛА группы в точки пространства, обеспечивающие формирование зон взаимного перекрытия ДН бортовых антенн для всех абонентов группы;
- б) включение бортовых радиотехнических средств;
- в) идентификация абонентов группы;
- г) установление и поддержание устойчивой радиосвязи между абонентами группы;
- д) формирование, обновление и обмен данными о связности для всех абонентов группы, т.е. процесс формирования «облака»;
- е) синхронизация данных «Плана выполнения боевой задачи группы»;
- з) обмен текущей навигационной информацией.

Этап формирования боевого порядка группы БПЛА (этап №3) предполагает реализацию некоторых новых относительно этапа №2 процедур:

- а) выполнение маневров перестроения группы в соответствии с данными «Плана выполнения боевой задачи группы» и данными поправок, обеспечивающими сохранение условий взаимного перекрытия ДН бортовых антенн абонентов группы;
- б) коррекция параметров функционирования бортовых радиотехнических средств БПЛА в соответствии с текущими характеристиками среды передачи данных (адаптация параметров уровней мощности передатчиков и чувствительности приемников);
- в) изменение параметров используемых сигнально-кодовых конструкций сигналов-переносчиков «внутрисетевой» информации управления группой (при необходимости);
- г) продолжение реализации некоторых процедур, например, пунктов в), г), д), е) и з) этапа №2.

После прохождения рубежа действия средств противовоздушной обороны (ПВО) вероятного противника (этап №4) из состава ударной группы возможно выбывание некоторых ее элементов. В результате этого «боевыми» алгоритмами БПЛА производится автоматическое перераспределение целей между уцелевшими элементами группы (матрицы №2 и №3 на рис.1).

На этапе №5 производится перестроение группы БПЛА в соответствии с текущими данными коррекции «Плана выполнения боевой задачи группы» (матрица №4, рис.1). В ходе перестроения группы, с целью поддержания требуемых параметров функционирования «внутренней» радиосети группы, продолжается выполнение комплекса мероприятий из состава задач этапа №3 (рис. 2).

Этап №6 характеризуется наступлением момента времени $T_{п.о.р.}$, когда прекращается обмен управляющей информацией в рамках «внутренней»

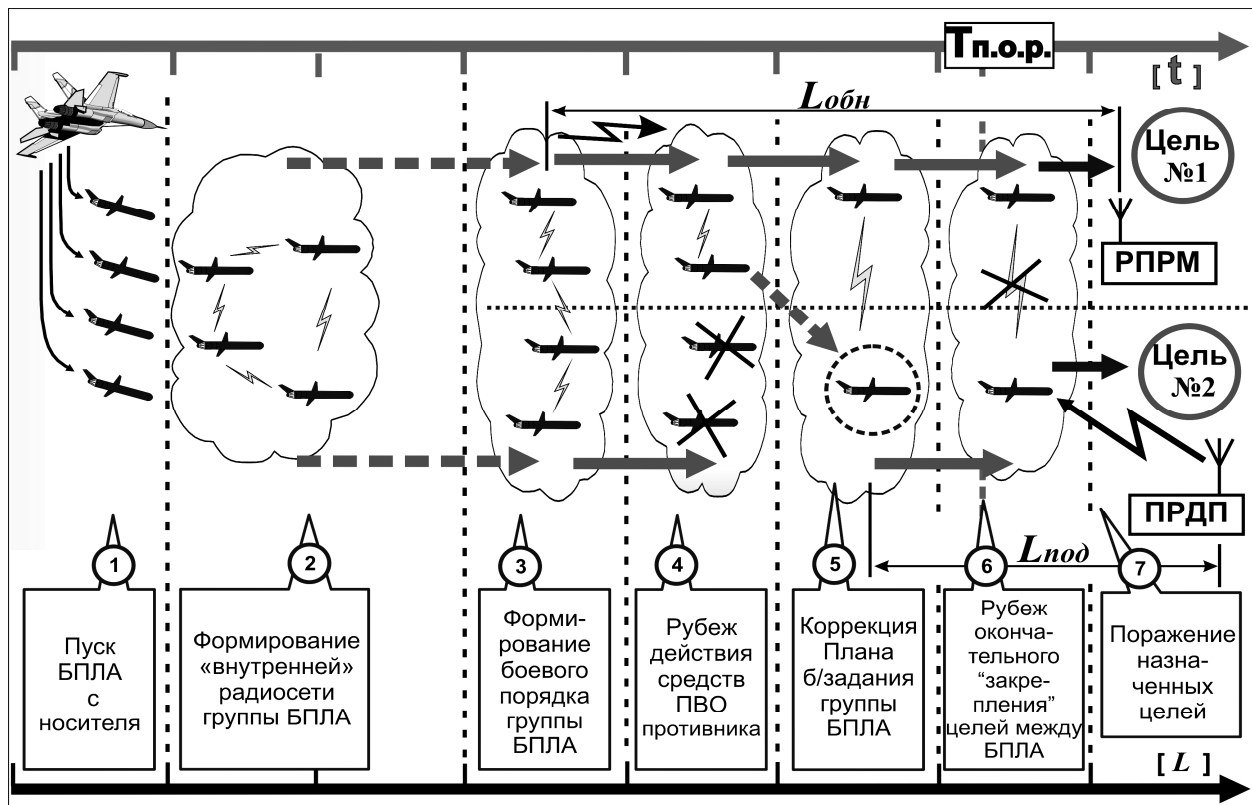


Рис. 2. Этапы функционирования внутренней радиосети группы БПЛА (вариант)

радиосети группы и окончательно фиксируется текущая целевая обстановка (матрица №4 рис.1) в системе управления для всех уцелевших БПЛА группы. Фактически, с этого момента времени существование группы БПЛА в качестве самоорганизующейся структуры прекращается, а каждый из ее элементов превращается в самостоятельную боевую единицу, выполняющую назначенную ей задачу.

Следует обратить внимание на то, что в ходе формирования и функционирования «внутренней» радиосети группы БПЛА (начиная с этапа №2), радиотехнические средства абонентов группы должны постоянно адаптироваться к складывающимся условиям помеховой обстановки. Очевидно, что природа помех будет носить как естественный (природный), так и искусственный характер [3]. Помехи искусственного характера будут обусловлены проведением со стороны противника комплекса мероприятий радиоэлектронной борьбы (РЭБ). На рис.2 это разведывательный приемник (РПРМ) и передатчик помех (ПРДП). Причем, по мере приближения ударной группы БПЛА к объектам противника, условия функционирования «внутренней» радиосети группы будут, естественно, только ухудшаться. Это обусловлено изменениями энергетических показателей функционирования радиосети группы, постоянно приближающейся к средствам разведки и к постановщикам помех, т.е. уменьшение расстояний обнаружения $L_{обн}$ и подавления $L_{под}$ (рис. 2).

Для компенсации воздействия «внешних» негативных факторов бортовые радиотехнические средства БПЛА должны обеспечивать согласованное (в рамках группы) выполнение следующих основных действий:

- изменение уровней передаваемого сигнала на выходе бортовых передатчиков;
- пространственное селектирование помех путем изменения текущих параметров ДН бортовых антенных систем [11,12];
- изменение параметров чувствительности бортовых приемников;
- изменение параметров используемых сигнально-кодовых конструкций сигналов-переносчиков;
- коррекция матрицы связности абонентов группы БПЛА и использование альтернативных маршрутов доставки «внутренней» управляющей информации (транзит через абонента).

Таким образом, опираясь на результаты краткого анализа основных особенностей, касающихся оперативного и тактического фона, а также условий боевого применения группы БПЛА, перейдем к более детальному рассмотрению непосредственно условий функционирования «внутренней» радиосети группы (рис. 3).

Принятые на рисунке обозначения:

$L_{p/c}$ – расстояние между БПЛА в группе (между абонентами радиосети);

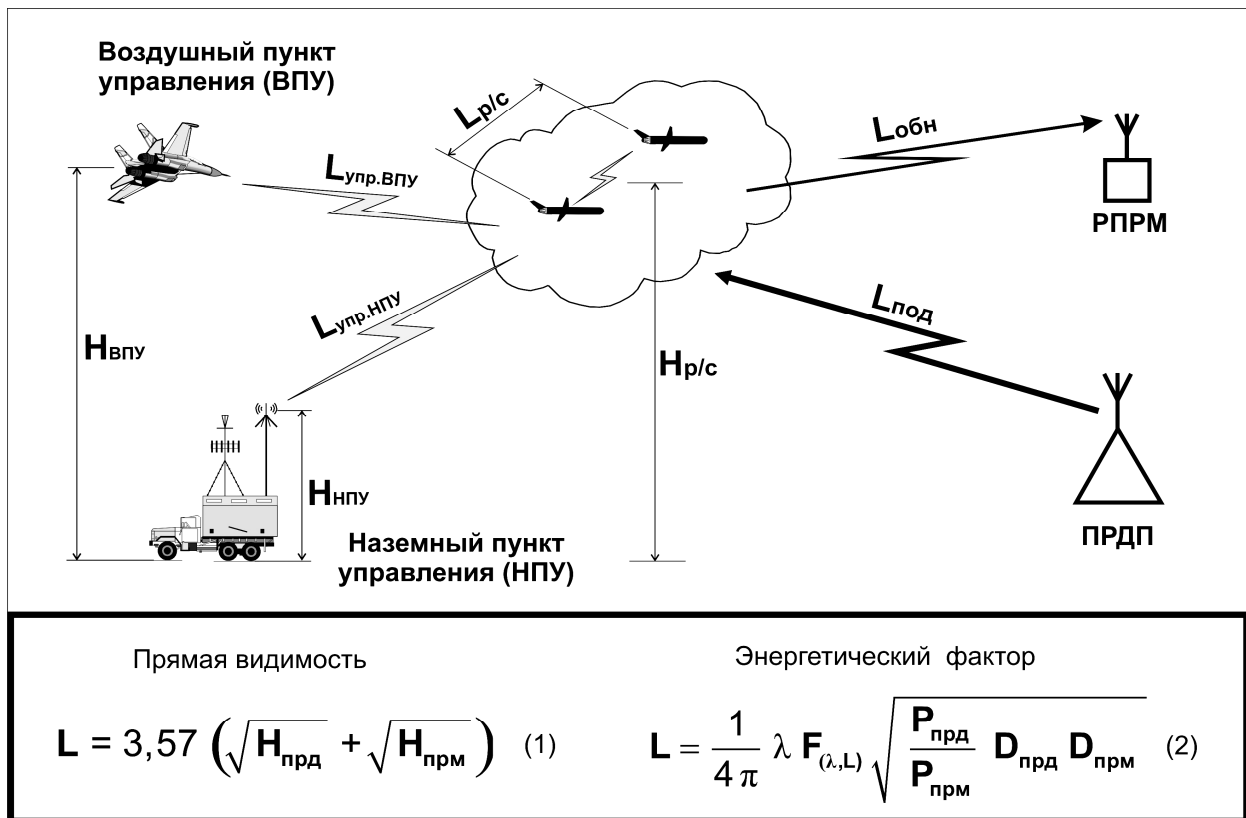


Рис. 3. Условия функционирования радиосети группы БПЛА

$L_{\text{упр.ВПУ}}$, $L_{\text{упр.НПУ}}$ – расстояние между группой БПЛА и воздушным или наземным пунктом управления;

$H_{\text{р/с}}$ – высота полета группы БПЛА;

$H_{\text{ВПУ}}$ – высота полета воздушного пункта управления;

$H_{\text{НПУ}}$ – высота подвеса антенны наземного пункта управления;

$L_{\text{обн}}$ – расстояние, на котором разведывательный приемник фиксирует факт работы радиосети группы БПЛА;

$L_{\text{под}}$ – расстояние, с которого передатчик помех подавляет работу радиосети группы БПЛА.

При выборе рабочего диапазона радиоволн следует учитывать необходимый объем трафика при обмене информацией между абонентами радиосети, сложность технической реализации приемо-передающей аппаратуры, а также массогабаритные параметры антенно-фидерных устройств.

Следует отметить, что циркулирующий в рамках радиосети группы трафик состоит из боевой и технологической информации. При этом, учитывая особенности задач управления радиосетью и группой БПЛА в целом, основная часть трафика будет состоять из технологической информации, непосредственно относящейся к функциям управления радиосетью и радиосредствами абонентов группы. При этом объем боевой (командной) информации

может не превысить нескольких процентов от общего трафика радиосети.

При анализе условий функционирования радиосети группы БПЛА следует учитывать два момента – обеспечение прямой видимости между абонентами и энергетические характеристики радиосети. Так наиболее приемлемым для использования в радиосети группы БПЛА является диапазон длин волн 10...30 см (или 1...3 ГГц). Радиоволны в этом диапазоне распространяются как прямые, они не отражаются от ионизированной области атмосферы, поэтому как ионосферные распространяться не могут [13].

Условие прямой видимости абонентов радиосети является одним из важных условий обеспечения связи в обозначенном диапазоне радиоволн. При этом дальность связи (прямой видимости) с учетом кривизны земной поверхности при известных высотах подвеса антенн абонентов может быть рассчитана по формуле (1) [13], приведенной на рис. 3.

Другим важным условием обеспечения связи является соблюдение энергетических параметров радиолинии, при которых передатчик создает на входе приемника мощность сигнала не меньше, чем уровень чувствительности приемника. Дальность связи в этом случае определяется техническими характеристиками приемопередающей аппаратуры, длиной волны и параметрами среды распростране-

ния радиоволн. К техническим характеристикам приемопередающей аппаратуры относятся уровень излучаемой передатчиком мощности $P_{\text{прд}}$, коэффициенты усиления передающей и приемной антенн $D_{\text{прд}}$ и $D_{\text{прм}}$, чувствительность приемника $P_{\text{прм}}$. В качестве параметров, учитывающих особенности среды распространения радиоволн, выступают множитель ослабления радиоволн в свободном пространстве и множитель ослабления $F_{(\lambda,L)}$, учитывающий ослабление радиоволн в реальной среде и зависящий от длины волны λ и расстояния между передатчиком и приемником L .

Дальность связи с учетом энергетического фактора может быть рассчитана согласно выражения (2) [13], представленного на рис.3.

Графики определения дальности прямой видимости $L_{\text{пр.вид.}}$ между абонентами в зависимости от высоты подвеса антенн пунктов управления и высоты полета группы БПЛА приведены на рис.4.

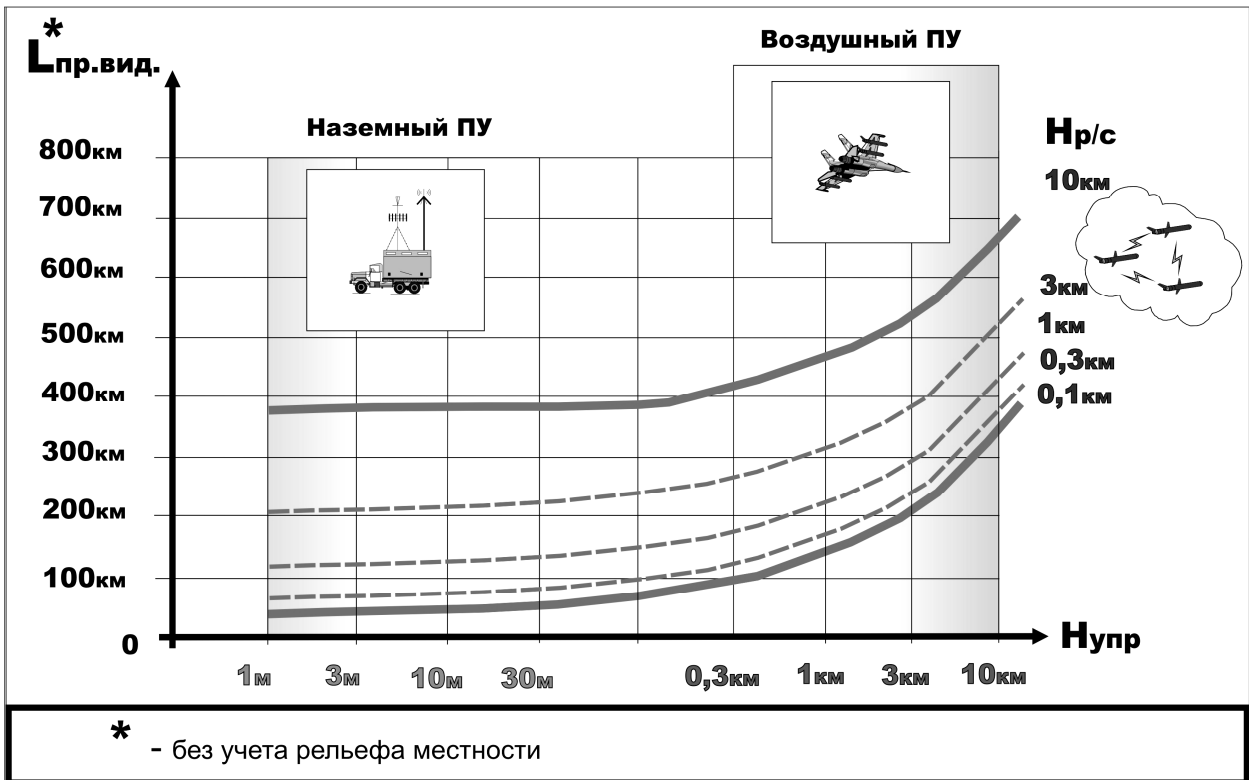
Следует отметить, что графики приведены без учета реального рельефа местности. Из графиков следует, что дальность прямой видимости между наземным пунктом управления и группой БПЛА определяется, в основном, высотой полета группы. Для обеспечения больших дальностей прямой видимости необходимо использование воздушных пунктов управления. В то же время, внутри группы БПЛА при высоте ее полета порядка 100м прямая видимость обеспечивается на расстоянии ≈ 70 км,

что является вполне достаточным для связи, между отдельными БПЛА в группе.

Зависимость достижимой дальности радиосвязи от энергетических характеристик радиосредств БПЛА приведена на рис. 5. Данные графики отображают уровень мощности сигнала на входе радиоприемника в зависимости от мощности передатчика и расстояния между ними. При этом сделаны следующие допущения:

- рабочая длина волны $\lambda = 20$ см;
- затухание для радиоволн $\lambda = 20$ см в реальной среде распространения (атмосфера Земли) составляет 0,01 дБ/км [12];
- чувствительность радиоприемных устройств не хуже $P_{\text{прм}} = 10^{-14}$ Вт, что эквивалентно уровню входного сигнала $U_{\text{вх}} \approx 0,7$ мкВ при входном сопротивлении $R_{\text{вх}} = 50$ Ом.

Из приведенных графиков видно, что, например, при работе передатчиков БПЛА с уровнем мощности 1 мВт необходимый уровень мощности на входе приемников БПЛА (не ниже 10^{-14} Вт) будет обеспечиваться на расстояниях $L_{\text{р/с}}$ до 5 км между отдельными БПЛА при изотропных диаграммах направленности их передающих и приемных антенн ($D_{\text{прд}} = D_{\text{прм}} = 0$ дБ). В то же время, разведывательным приемником с коэффициентом усиления его антенны $D_{\text{рпрм}} = 30$ дБ сигнал передатчика БПЛА такой мощности будет обнаружен с расстояния $L_{\text{обн}} \approx 160$ км. В случае применения на БПЛА слож-



* - без учета рельефа местности

Рис. 4. Достижимая дальность радиосвязи в зависимости от высоты подвеса антенн

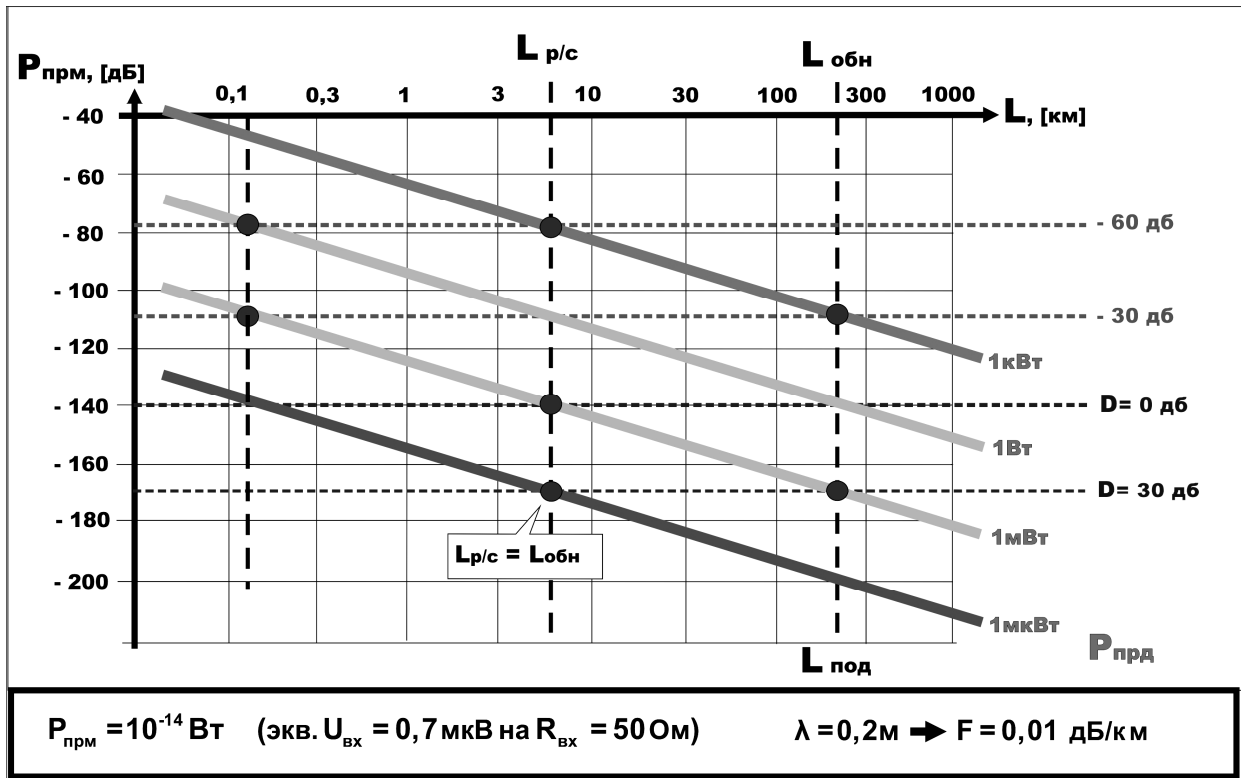


Рис. 5. Достижимая дальность радиосвязи в зависимости от энергетических характеристик радиосредств

ных антенно-фидерных конструкций, синтезирующих из набора узконаправленных излучателей общую изотропную диаграмму направленности и обеспечивающих такой же коэффициент усиления, как и у антенн разведывательного приемника (30 дБ), для достижения дальности связи между БПЛА до 5 км возможно адаптивное понижение уровня мощности передатчиков БПЛА до 1 мкВт. Расстояние $L_{обн}$ в этом случае составит ≈ 5 км, что значительно повышает энергетическую скрытность радиосети группы БПЛА во время выполнения боевой задачи.

Анализ существующих средств РЭБ показывает, что уровень излучаемой мощности станциями постановки помех в среднем составляет 1 кВт. При этом уровень сигнала от передатчика помех превысит уровень чувствительности на входе приемника БПЛА при изотропной диаграмме направленности антенны приемника с расстояния в несколько тысяч километров.

Если сам факт обнаружения радиосети группы БПЛА значения уже не имеет (например, при подлете к цели), то при адаптивном повышении мощности передатчиков БПЛА до 1 Вт и снижении чувствительности приемника БПЛА на 60 дБ сохраняется, как видно из графиков, возможность осуществления связи на дальностях до ≈ 160 м между абонентами группы БПЛА на расстоянии более 5 км от передатчика помех.

На возможность осуществления связи в группе БПЛА, кроме рассмотренных факторов, значительное влияние также оказывает вид сигналов, применяемых в радиосети. Известно, что радиосистемы с широкополосными или шумоподобными сигналами (ШПС) потенциально позволяют повысить как скрытность, так и помехозащищенность канала связи. Теоретические вопросы построения радиолиний с ШПС широко освещались в научной литературе начиная с 70-80 годов, а практическая реализация до последнего времени относилась исключительно к сфере высоких технологий и военно-промышленного комплекса.

В последнее время радиосистемы с ШПС нашли широкое применение в космических средствах передачи информации, радионавигации, радиосвязи, радиолокации и при разработке современных сотовых сетей связи [14 – 22].

Широкополосными или шумоподобными (применительно к цифровым системам связи) называют сигналы, у которых произведение ширины спектра ΔF на длительность информационного символа T много больше единицы.

Это произведение называют базой B широкополосного сигнала, соответственно

$$B = \Delta F \times T.$$

Характерной особенностью ШПС является метод передачи, при котором для расширения полосы

передаваемого сигнала используется дополнительная модуляция или некоторый кодирующий сигнал, которые никак не связаны с передаваемой информацией.

После введения Шенноном понятия пропускной способности канала связи стало известно, что безошибочный приём зависит только от отношения энергии сигнала E_c к спектральной плотности помехи (шума) E_n и степени коррелированности сигнала и помехи, т.е.:

$$\frac{E_c}{E_n} = \frac{P_c}{P_n} \times B,$$

где P_c и P_n – соответственно мощность сигнала и мощность помехи на входе приемника.

Следовательно, помехоустойчивый приём возможен при отношении

$$P_c/P_n \ll 1$$

путём увеличения полосы частот ΔF при заданной скорости передачи информации $1/T$ или снижения скорости при заданной полосе.

Практическая реализация приёма ШПС при отношении

$$P_c/P_n \ll 1$$

достигается специальной (корреляционной) обработкой ШПС в приёмном устройстве, в результате которой мощность полезного сигнала сосредотачивается в информационной полосе в B раз меньшей, чем исходная полоса спектра ШПС.

Основные преимущества, которые дает реализация систем связи с ШПС при построении «внутренней» радиосети группы БПЛА:

- повышенная энергетическая скрытность. Теоретически для $B \approx 100$ дальность обнаружения сигнала ШПС $L_{\text{обн}}$ уменьшается в 3-5 раз (по сравнению с частотной модуляцией);

- стойкость к флюктуационным (случайным) и импульсным помехам увеличивается до 6 дБ;

- повышенная стойкость к многолучевости приема;

- возможность кодового разделения абонентов, что дает возможность избежать коллизий при адресации информации в случае применения нескольких независимых групп БПЛА одновременно;

- при больших объемах ансамбля сигналов возможна реализация крипто- и имитозащиты радиосети.

При применении сигналов ШПС существуют и некоторые ограничения. Это практическое снижение (по сравнению с частотной модуляцией) дальности связи на 20-40%, относительное увеличение сложности обработки сигналов, трудности при вхождении в синхронизацию. Однако применительно условий функционирования радиосети группы БПЛА они не играют существенной роли.

Для построения сигнально-кодовых конструкций ШПС могут быть использованы [14 – 19, 21 – 23]:

- усеченные M-последовательности, 3-х уровневые последовательности;

- коды Цирлера, Пейли-Плоткина, БЧХ-коды, РС-коды;

- технология объединения гребенчатых спектров;

- рандомизированные методы формирования ансамблей и др.

Следует отметить, что при выборе сигнально-кодовых конструкций для построения ансамбля сигналов радиосети группы БПЛА особые требования предъявляются к достижимому уровню боковых лепестков функций авто- и взаимокорреляции сигналов ансамбля.

Минимизация уровней боковых лепестков повышает помехоустойчивость связи, однако заметно снижает объем ансамбля сигналов, что приводит к снижению возможного уровня крипто- и имитозащиты.

Выводы

1. Представленный материал посвящен краткому рассмотрению основных особенностей, касающихся формирования «внутренней» среды обмена информацией в рамках самоорганизующейся группы БПЛА, учитывающих специфику выполняемых боевых задач и условий функционирования «внутренней» радиосети группы.

2. Подчеркнуто, что важнейшим вопросом, корректное решение которого предопределяет реализуемость всей концепции автономного применения самоорганизующейся группы БПЛА, является синтез «внутренней» радиосети – среды обмена боевой и технологической информацией в рамках всех элементов группы.

3. Задача обеспечения функционирования «внутренней» радиосети группы беспилотных летательных аппаратов решается путем реализации принципов самоорганизующихся систем и распределенного управления, адаптацией решений mesh-технологии к задачам управления радиосетью, созданием радиосредств с заданными свойствами (адаптивное управление характеристиками бортовых приемопередающих радиосредств и антенных систем), а также применением систем связи с шумоподобными сигналами.

4. Учитывая достигнутый уровень развития связанных и IT-технологий, а также реальный потенциал отечественных науки и промышленности, техническая реализуемость рассмотренных направлений, касающихся синтеза радиосети самоорганизующейся группы БПЛА не вызывает сомнений.

Список литературы

1. Ковтуненко О.П. Нетрадиційна зброя: стан і основні тенденції розвитку. Захист від неї: Монографія / О.П. Ковтуненко, В.В. Богучарський, В.І. Слюсар, П.М. Федоров. – П.: Видавництво ПВІЗ, 2006. – 248 с.
2. Краснов А.А., БЛА: От разведки к боевым действиям / А.А., Краснов, А.А. Путилин // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – № 5. – С.42-49.
3. Вартанесян В.А. Радиоэлектронная разведка / В.А. Вартанесян. – М.: Воениздат, 1991. – 254 с.
4. Армия США заказала беспилотник-камикадзе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.lenta.ru/news/2011/09/07/switchblade>.
5. Производители беспилотников задумались о безопасности мирных жителей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.lenta.ru/news/2011/09/07/switchblade/_Printed.htm.
6. Смертоносный пчелиный рой [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.inosmi.ru/world/20121127/202675040.html>.
7. Как воевать по правилам? [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.ng.ru /printed/237010>.
8. Беспилотники Reaper вооружатся беспилотниками постановки помех [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://lenta.ru/news/2013/02/14/mald>.
9. MALD: боевой "антисател"? [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://cnews.ru/news/top/print.shtml?2009/03/20/341288>.
10. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи / В.Г. Карташевский, С.Н. Семенов, Т.В. Фирстова. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 299 с.
11. Шерedyкo Е.Ю. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Учебное пособие для вузов связи / Е.Ю. Шерedyкo. – М.: Связь, 1976. – 184 с.
12. Мейнке Х. Радиотехнический справочник. Т. 1. / Х. Мейнке, Ф.В. Гундлах. Пер. с немецкого. – М.: Госэнергиздат, 1960. – 416 с.
13. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебник для вузов / М.П. Долуханов. – М.: Связь, 1972. – 336 с.
14. Свердлик М.Б. Оптимальные дискретные сигналы / М.Б. Свердлик. – М.: Сов.радио, 1975. – 200 с.
15. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / Под ред. В.Б. Пестрякова. – М.: Сов. радио, 1973. – 424 с.
16. Клименко Н.Н. Сигналы с расширением спектра в системах передачи информации / Н.Н. Клименко, В.В. Кисель, А.И. Замарин // Зарубежная электроника, 1983. – № 11. – С. 45 — 59.
17. Л.Е. Варакин. Системы связи с шумоподобными сигналами / Варакин Л.Е. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
18. Ипатов В.П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами / В.П. Ипатов. – М.: Радио и связь, 1992. – 152 с.
19. Дядюнов Н.Г. Ортогональные и квазиортогональные сигналы / Н.Г. Дядюнов, А.И. Сенин. – М.: Связь, 1977. – 224 с.
20. Генко И.А. Эволюция технологии CDMA: взгляд в третье тысячелетие / И.А. Генко // Зв'язок, 2000. – № 2 (22). – С. 14 - 17.
21. Мазурков М.И. Конструктивный метод синтеза ансамблей предельно компактных рациональных кодов / М.И. Мазурков, А.Ю. Поляков // Труды УНИИРТ. – 2001. – № 4 (28). – С. 3 – 9.
22. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения / В.П. Ипатов. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.
23. Рассомахин С.Г. Метод формирования системы сигналов с гребенчатым спектром / С.Г. Рассомахин, В.В. Горбачев, М.Е. Ильченко // Вестник науки и техники. – 2003. – Вып.1. – С. 87.

Поступила в редколлегию 4.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. Е.Л. Казаков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ РАДІОМЕРЕЖІ ГРУПИ БПЛА

В.М. Шлокін, С.В. Малахов, О.Л. Гостев, Я.М. Кожушко

Розглянуто особливості застосування БПЛА при їх дії в складі групи. Проведений стислий аналіз умов функціонування внутрішньої радіомережі групи БПЛА, що самоорганізується, та виконана оцінка реалізуємості її основних характеристик.

Ключові слова: БПЛА, обробка інформації, радіомережа, діаграма спрямованості антен, сигнально-кодові конструкції.

FEATURES OF CONSTRUCTION OF GROUP UAV RADIO NETWORK

V.N. Shlokin, S.V. Malakhov, A.L. Gostev, Ya.N. Kozhushko

Considered especially the use of UAVs in their actions in the group. Carried out a brief analysis of conditions of the «internal» radio network of self-organizing groups UAV and assessment of the realizability of its main characteristics.

Keywords: UAV, information processing, radio network, the antenna direction diagram, signal-code constructions.