

# Методология организации скрытных радиоканалов внутри группы подвижных объектов

Л. Н. Казаков, А. Н. Кренев, Е. А. Селянская, Е. М. Ильин, А. И. Полубехин

Исследуются базовые принципы организации высокоскоростных помехоустойчивых скрытных радиоканалов в системе командно-информационного взаимодействия (СКИВ) между подвижными объектами (ПО) и командным пунктом управления (ПУ) при обработке данных, в общем случае, от разнородных средств различного базирования на наземных, морских и воздушных носителях. Изучается вопрос создания на базе высокоскоростного канала скрытного радиоканала управления на основе прямого расширения спектра. Основу канала составляет высокоскоростной помехоустойчивый модем с функцией адаптации под существующие условия и особенности решаемых задач управления. Реализация модема осуществляется на базе высокопроизводительной платформы с перепрограммируемой конфигурацией на основе ПЛИС.

*Ключевые слова:* скрытный радиоканал, группа подвижных объектов, перепрограммируемая конфигурация, высокоскоростной модем.

## 1. Введение

В последнее время в области радиосвязи значительно вырос интерес к разработке высокоскоростных помехоустойчивых и скрытных систем командно-информационного взаимодействия (СКИВ) при обработке данных от разнородных технических средств различного назначения (подвижных объектов, ПО) [1, 2]. ПО объединяются в группы, в качестве которых могут выступать группы кораблей, самолетов, вертолетов, бронетанковой техники, БЛА, робототехнических комплексов и т.д., оснащенные оптико-электронными средствами разведки и целеуказания, различными по рабочим диапазонам частот и функциональным назначениям.

Основная задача обеспечения функционирования такой структуры заключается в создании каналов обмена информацией между отдельными элементами с привязкой к реальным и перспективным источникам данных. Подобная система обмена информацией (СОИ) должна иметь достаточную пропускную способность, быть надежной, скрытной и помехоустойчивой. Поскольку отдельные элементы системы занимают в общей иерархии разное положение с позиции решаемых задач (передача различной информации, управление структурой системы, управление элементами структуры), с позиции количественных критериев (объемы передаваемой информации, вероятность и качество доставки информации, скорость доставки и т.д.), с позиции организации режима обмена информацией (симплексный канал, полудуплексный канал, дуплексный канал), то возникает естественная задача унификации структуры каналов на базе единой технологической платформы с перепрограммируемой конфигурацией. Такой платформой может стать технология цифровой обработки на базе программируемых логических интегральных схем, усиленная цифровыми сигнальными процессорами (современный вариант технологии ПЛИС). При решении радиосвязных задач на подобную технологию могут быть возложены как стандартные функции первичной обработки (функции

модема, кодера, расширения спектра, синхронизации различных уровней, оптимальной фильтрации и обработки), так и нестандартные функции (анализ состояния каналов связи в структуре СОИ, в том числе помеховой обстановки, выбор и реализация оптимальных сигнально-кодированных конструкций, выбор режимов каналов связи между отдельными элементами СОИ, в том числе скрытных режимов, оптимизация и распределение вычислительных ресурсов внутри СОИ). Реализация нестандартных функций говорит об адаптивном характере рассматриваемых задач. Эффективное их решение сегодня возможно на базе технологий с перепрограммируемой конфигурацией, к числу которых относятся современные ПЛИС.

В качестве примера на рис. 1 приведен фрагмент структуры СОИ, состоящей из группы подвижных объектов БЛА и одного наземного пункта управления ПУ. С ПО на ПУ передается информация: видео, в том числе формата HD, FHD, фото высокого разрешения, телеметрия, навигационные данные; с ПУ на ПО передаются команды управления аппаратурой, размещенной на ПО, и самим ПО. Кроме того, по каналу управления ПО – ПУ должны передаваться команды подтверждения. Информационный канал ПО – ПУ является высокоскоростным (до 100 Мбит/с и более) и по принципу организации относится к симплексным каналам, каналы управления ПУ – ПО, ПО – ПУ относятся к низкоскоростным (единицы, десятки Кбит/с) с высокой степенью энергетической скрытности, по принципу организации относятся к полудуплексным с временным разделением. В СОИ может быть предусмотрена также организация среднескоростных энергетически скрытных информационных каналов (до 10 Мбит/с и более).

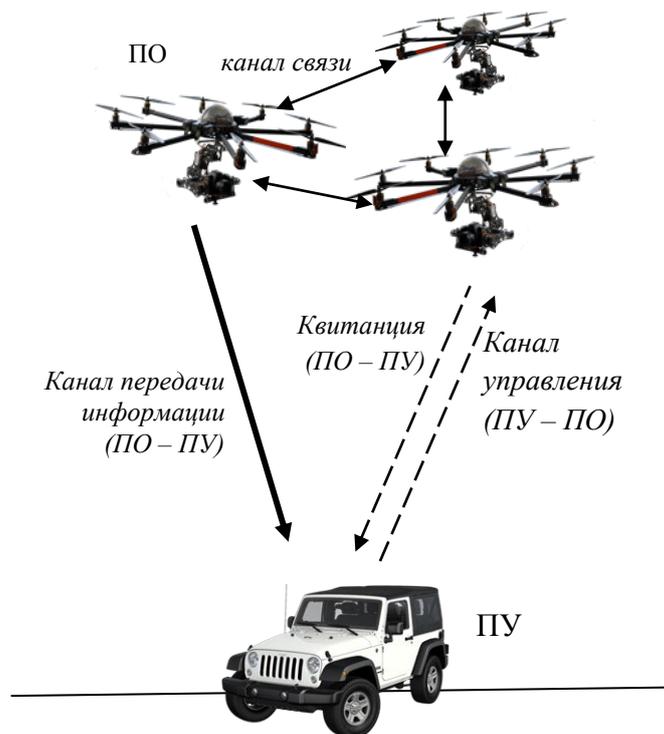


Рис. 1. Фрагмент структуры СОИ в составе группы БЛА с одним выделенным ПУ на шасси автомобиля

Рассматриваемая структура СОИ может быть дополнена каналами обмена информацией между ПО, результатом чего будет полностью связанная радиосеть на базе попарной дуплексной связи с пространственно-частотно-временным разделением [3]. Подобная сеть существенно повышает вероятность доставки информации и при наличии режима скрытности может стать серьезной альтернативой стандартным полудуплексным каналам управления.

Ниже исследуются некоторые базовые принципы организации высокоскоростных помехоустойчивых скрытных радиоканалов в системе командно-информационного взаимодействия между подвижными объектами и командным пунктом управления.

Переход к среднескоростным каналам определяется условиями распространения сигналов, решаемыми задачами, осуществляется программным способом за счет изменения сигнально-кодовых конструкций (СКК), структуры алгоритмов обработки принудительно либо в автоматическом режиме. Подобные режимы реализуются на базе платформ с перепрограммируемой конфигурацией, в основе которых лежат высокопроизводительные ПЛИС. Соответственно, приемо-передающий модуль с перепрограммируемой конфигурацией обладает фиксированной шириной частотной полосы, согласованной с максимальной реализуемой канальной скоростью, и чувствительностью, обеспечивающей заданный уровень битовой ошибки на выходе приемника. При этом освобождающийся частотный ресурс при переходе на среднескоростные и низкоскоростные режимы направляется на реализацию функции скрытности радиоканала.

Основная задача обеспечения функционирования такой структуры заключается в создании каналов обмена информацией между ПО, ПО и ПУ с привязкой к реальным и перспективным источникам данных, зачастую от разнородных объектов информационного обеспечения. Каналы обмена информацией должны иметь достаточную пропускную способность и быть надежными, скрытными и помехоустойчивыми.

## **2. Постановка задачи построения энергетически скрытного радиоканала. Геометрическая интерпретация постановки задачи**

Принцип скрытной передачи основан на расширении спектра сигнала передающего устройства [4]. В результате мощность полезного сигнала в точке приема может оказаться существенно ниже мощности шума (сигнал скрывается под шумом). При этом качество приема при соответствующем сжатии, основанном на известном алгоритме расширения, практически не страдает. В свою очередь, для сканирующего стороннего приемника при неизвестном алгоритме расширения принимаемый сигнал будет энергетически «незаметным». В отсутствие априорной информации о структуре сигнала можно судить о факте передачи только по наличию уровня мощности, превышающего уровень шума. Естественным критерием скрытности является отношение сигнал/шум по мощности в полосе приемника  $P/N$ , что в случае применения широкополосных сигналов соответствует отношению спектральных плотностей мощности сигнала и шума. Соответственно, полоса сигнала, необходимая для передачи информационного сигнала, расширяется за счет дополнительной модуляции неэнергетического параметра.

Геометрическая интерпретация постановки задачи на разработку скрытной системы передачи приведена на рис. 2, где сплошной линией показан радиоканал между двумя объектами, подлежащий «закрытию» (дуплексный с частотным разделением, полудуплексный с временным разделением). В любой точке пространства, за исключением окружающей объекты охранной зоны (показана штриховой линией), отношение спектральных плотностей мощности сигнала и шума сканирующего радиоприемного устройства (СП) не должно превышать заданной величины, определяющей энергетическую скрытность системы  $h$ . Для примера, согласно рис. 2 эта величина составляет  $-20$  дБ при охранной зоне в 10 км. Предполагается, что оба передатчика имеют одинаковую мощность  $P_t$ , приемные тракты ПО и СП обладают одинаковой полосой  $\Delta F$  и коэффициентом шума  $K_{ш}$ .

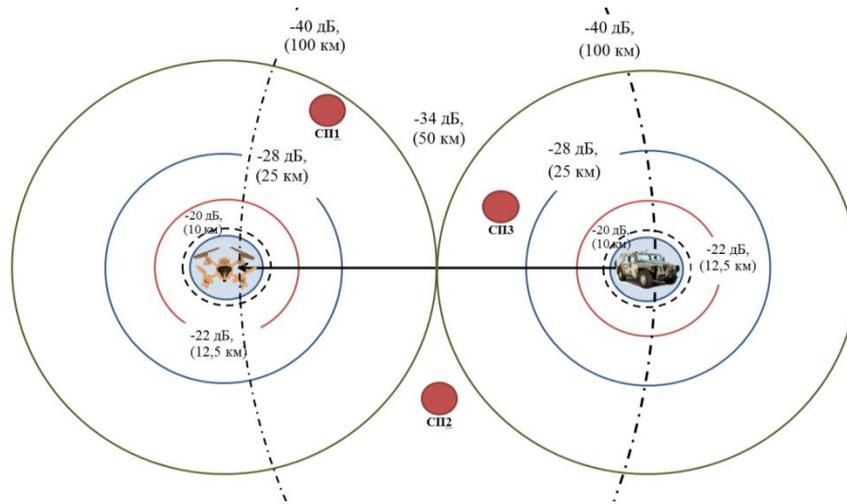


Рис. 2. Геометрическая интерпретация постановки задачи

Выражение для отношения  $P/N$  на входе приемного устройства получим из формул для мощности сигнала  $P$  и шума  $N$  [4]:

$$P = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 r^2}, \quad (1)$$

$$N = N_0 \Delta F = k \cdot T^0 \cdot K_u \cdot \Delta F, \quad (2)$$

где  $P_t$  – излучаемая мощность передатчика, Вт;  $G_t, G_r$  – коэффициент усиление передающей и приемной антенн соответственно;  $\lambda$  – длина волны, м;  $r$  – расстояние между передатчиком и приемником, м;  $N$  – мощность шума на входе приемника в шумовой полосе, Вт;  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  – постоянная Больцмана, Вт/(К·Гц);  $K_u$  – коэффициент шума приемника,  $\Delta F$  – полоса приемника, Гц;  $N_0$  – спектральная плотность мощности теплового шума, Вт/Гц;  $T^0 = 290 K$  [4].

Введем коэффициент дополнительных потерь  $L_d$ , вызванных интерференцией (многолучевостью), деполяризацией антенн, дезориентацией антенн, потерями в атмосфере, в дожде, в фидерных трактах. Соответственно, выражение для мощности сигнала на входе приемника примет вид:

$$P = \frac{P_T}{Loss \cdot L_d}, \quad (3)$$

где  $Loss = \frac{(4\pi)^2 r^2}{\lambda^2}$  – коэффициент потерь в свободном пространстве,  $P_T = P_t \cdot G_t \cdot G_r$  – эквивалентная мощность передатчика.

С учетом (2), (3) отношение  $P/N$  запишем в виде:

$$\frac{P}{N} = \frac{P_T}{k \cdot T^0 \cdot K_u \cdot \Delta F \cdot Loss \cdot L_d}. \quad (4)$$

Для удобства перейдем в (4) к логарифмическому масштабу. Принимая во внимание, что  $10 \lg(k \cdot T^0) = 10 \lg(k \cdot 290 K) = -204$  дБВт/Гц [4], приходим к выражению:

$$\left( \frac{P}{N} \right)_{дБ} = P_T - K_u - Loss + 204 - L_d - 10 \lg \Delta F. \quad (5)$$

В дальнейшем для расчетов будем применять формулу (5).

Задача организации скрытной передачи решается в условиях ограничений на полосу сигнала (обусловлено технологическими возможностями ВЧ-тракта, вычислительными ресурсами блока цифровой обработки, реализованного на базе ПЛИС). При заданной скорости передачи это ограничивает максимальный коэффициент расширения спектра и, соответственно, зависящий от него эффект энергетической скрытности. Для низкоскоростных каналов с ограниченной частотной полосой (передача команд управления, передача телеметрической информации, навигационной информации) эффект будет максимальным, для высокоскоростных каналов передачи (передача видео, данных) эффект минимален.

### 3. Базовые положения организации энергетически скрытных радиоканалов на основе платформы с перепрограммируемой конфигурацией

Методика расчета уровня скрытности ориентирована на предельные характеристики модема, составляющего основу системы передачи с заданной предельной информационной скоростью  $R_l$  (в качестве примера ниже рассматривается модем с предельной скоростью 100 Мбит/с).

Используемая СКК модема (при расчетах за основу взята СКК DQPSK+RS(127,57,7), [5, 6]) обеспечивает заданное качество передачи BER (вероятность битовой ошибки) на заданном расстоянии  $r$  в условиях многолучевости и частотного рассеяния для предельной скорости. При этом полностью задействованный частотный ресурс радиоканала составляет величину  $\Delta F_l$ , соответствующую предельной информационной скорости  $R_l$  при канальной скорости  $\Delta F_l/2$  бод.

**Методика расчета уровня скрытности** включает в себя:

1. Расчет коэффициента расширения. Реализация энергетически скрытного режима передачи возможна при скоростях меньше предельных. Пусть информационная скорость передачи составляет величину  $R_i$ , соответственно, необходимая частотная полоса для ее обеспечения с учетом выбранной СКК составит величину  $\Delta F_i$ . Коэффициент расширения спектра  $k_{sp} = \Delta F_l / \Delta F_i$ .
2. Расчет мощности сигнала в точке приема  $P$  согласно (3).
3. Расчет отношения сигнал/шум  $P/N$ , отвечающего за скрытность системы передачи в точке приема СП, согласно (5) для  $\Delta F = \Delta F_i$ .

Ниже в качестве примера расчета приведены тактико-технические характеристики различных радиоканалов с модемом, реализующим предельную информационную скорость передачи  $R_l=100$  Мбит/с. Участвующие в расчетах дополнительные потери  $L_d$  являются характерными для рассматриваемых канальных условий [7, 8, 9].

В табл. 1 приведены характеристики для высокоскоростного канала БЛА – ПУ, при этом весь частотный ресурс отдан под реализацию предельной информационной скорости. При отношении сигнал/шум по мощности на входе приемника  $P/N = 17$  дБ реализуется необходимое для передачи отношение  $E_b/N_0 = 20$  дБ с учетом выбранной СКК [6].

Таблица 1. ТТХ высокоскоростного радиоканала БЛА – ПУ ( $R_i = 100 \text{ Мбит/с}$ )

1. Эквивалентная мощность ПРД, $P_T$	53 дБВт
2. Информационная скорость передачи, $R$	100 Мбит/с
3. Рабочая частота, $f_0$	L-диапазон
4. Максимальная наклонная дальность	100 км
5. Скорость канальная, бод	111403509
6. Дополнительные потери, $L_d$	12 дБ
7. Шумовая полоса приемника, $\Delta F$	220 МГц
8. Мощность сигнала на входе ПУ, $P$	-101 дБВт
9. Мощность шума на входе ПУ, $N$	-118 дБВт
10. Отношение с/ш по мощности, $P/N$	17 дБ
11. Отношение $E_b/N_0$	20 дБ

В табл. 2 приведены тактико-технические характеристики канала управления ПУ – БЛА с высокоскоростным модемом в режиме расширения спектра, реализующим скорость передачи 200 кбит/с при канальной скорости, аналогичной высокоскоростному каналу. На расстоянии 100 км уровень скрытности составляет величину -10 дБ при коэффициенте расширения  $k_{sp} = 500$ .

Таблица 2. ТТХ канала управления ПУ – БЛА ( $R_i = 200 \text{ кбит/с}$ )

1. Эквивалентная мощность ПРД, $P_T$	23 дБВт
2. Информационная скорость передачи, $R$	200 кбит/с
3. Рабочая частота, $f_0$	L-диапазон
4. Максимальная наклонная дальность	100 км
5. Скорость канальная, бод	111403509
6. Дополнительные потери, $L_d$	12 дБ
7. Коэффициент расширения, база	500
8. Шумовая полоса приемника, $\Delta F$	220 МГц
9. Мощность сигнала на входе ПУ, $P$	-128 дБВт
10. Мощность шума на входе ПУ, $N$	-118 дБВт
11. Отношение с/ш по мощности, $P/N$	-10 дБ
12. Отношение $E_b/N_0$	20 дБ

В табл. 3 приведены тактико-технические характеристики канала управления ПУ – БЛА с высокоскоростным модемом в режиме расширения спектра, реализующим скорость передачи 2 кбит/с при канальной скорости, аналогичной высокоскоростному каналу. На расстоянии 100 км уровень скрытности составляет величину -30 дБ при коэффициенте расширения  $k_{sp} = 50000$ .

Таблица 3. ТТХ канала управления ПУ – БЛА ( $R_i = 2 \text{ кбит/с}$ )

1. Эквивалентная мощность ПРД, $P_T$	3 дБВт
2. Информационная скорость передачи, $R$	2 кбит/с
3. Рабочая частота, $f_0$	L-диапазон
4. Максимальная наклонная дальность	100 км
5. Скорость канальная, бод	111403509
6. Дополнительные потери, $L_d$	12 дБ

7. Коэффициент расширения, база	50000
8. Шумовая полоса приемника, $\Delta F$	220 МГц
9. Мощность сигнала на входе ПУ, $P$	-148 дБВт
10. Мощность шума на входе ПУ, $N$	-118 дБВт
11. Отношение с/ш по мощности, $P/N$	-30 дБ
12. Отношение $E_b/N_0$	20 дБ

В табл. 4 приведены результаты расчета уровня скрытности на входе СП при разных информационных скоростях в канале управления (различных коэффициентах расширения) в зависимости от расстояния до передатчика в условиях постоянной эквивалентной мощности передатчика. Увеличение расстояния до передатчика в два раза при сохранении  $P_T$  приводит к росту уровня скрытности на 6 дБ. При максимальном расширении уровень скрытности находится выше заданного порога  $h = -10$  дБ.

Таблица 4. Уровень скрытности на входе СП при постоянной эквивалентной мощности передатчика для разных информационных скоростей

	12.5 км	25 км	50 км	100 км
$R_i = 200$ кбит/с $k_{sp} = 500$ $P_T = 23$ дБВт	8 дБ	2 дБ	-4 дБ	-10 дБ
$R_i = 2$ кбит/с $k_{sp} = 50000$ $P_T = 3$ дБВт	-12 дБ	-18 дБ	-24 дБ	-30 дБ

В табл. 5 приведены результаты расчета эквивалентной мощности передатчика для фиксированного уровня скрытности на входе СП при разных информационных скоростях в канале управления (различных коэффициентах расширения) в зависимости от расстояния до передатчика. Результаты имеют практическое значение для режима автоматического управления мощностью передатчика. Независимо от расстояния до передатчика поддерживается постоянный уровень мощности сигнала на входе приемника, соответствующий заданной скрытности. Для реализации автоматического управления используется полудуплексный вариант канала управления с разделением во времени.

Таблица 5. Эквивалентная мощность передатчика при максимальном уровне скрытности на входе СП для разных информационных скоростей

	12.5 км	25 км	50 км	100 км
$R_i = 200$ кбит/с $k_{sp} = 500$ $h = -10$ дБ	5 дБВт	11 дБВт	17 дБВт	23 дБВт
$R_i = 2$ кбит/с $k_{sp} = 50000$ $h = -30$ дБ	-15 дБВт	-9 дБВт	-3 дБВт	3 дБВт

#### 4. Обобщенная схема организации скрытых каналов связи на основе платформы с перепрограммируемой конфигурацией

На рис. 3 представлен вариант обобщенной структурной схемы системы командно-информационного взаимодействия, построенной на основе двухканальной системы обмена информацией между подвижным объектом и пунктом управления. Первый канал реализует принцип симплексной связи (осуществляется высокоскоростная передача видео и данных от ПО к ПУ). Второй канал реализует полудуплексный режим с временным разделением (низкоскоростная передача команд управления от ПУ к ПО, передача квитанций подтверждения от ПО к ПУ).

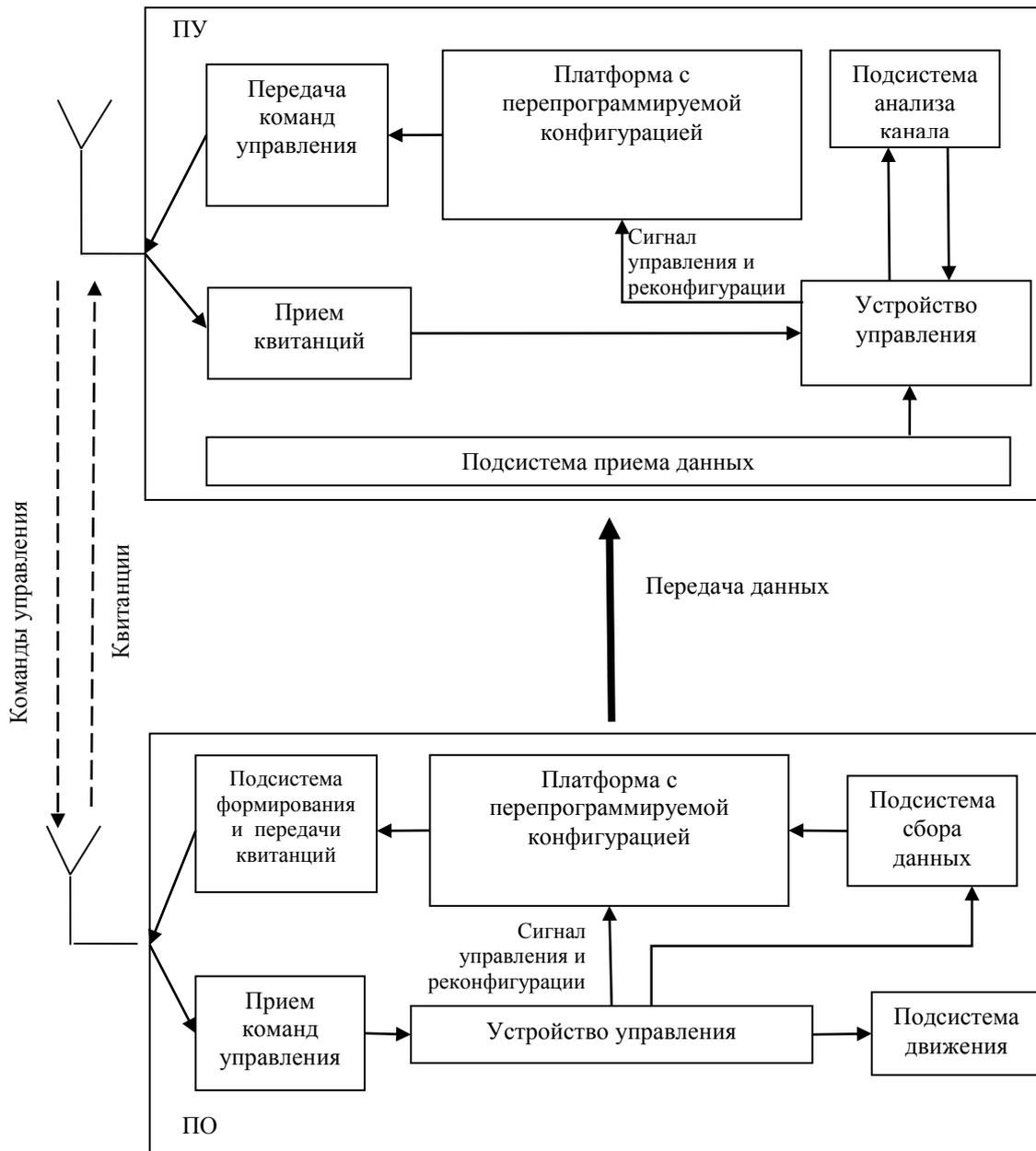


Рис. 3. Обобщенная схема организации каналов связи между ПУ и ПО (сплошная линия – симплексный канал передачи видео, данных; штриховая линия – полудуплексный канал управления с временным разделением)

Структурно схема состоит из двух частей, соответствующих двум приемо-передающим модулям. Основой для каждого из них служит платформа с перепрограммируемой конфигурацией, выполненная с применением технологии ПЛИС. В конкретном случае такая платформа представляет собой высокоскоростной модем, который по сигналу управления изменяет свои параметры в соответствии с требованиями конкретных решаемых задач и с учетом результатов анализа состояния канала. Изменению могут подвергаться СКК, скорость передачи данных и команд управления (коэффициент расширения), частотный диапазон на основе информации о состоянии канала. Эта информация может быть получена из квитанции ответа на команду управления или непосредственно по каналу передачи данных.

В каждый из приемо-передающих модулей входит устройство управления, предназначенное для обработки полученных данных и передачи соответствующих сигналов (в том числе сигналов о реконфигурации) на остальные блоки системы. В структуру ПУ входит подсистема анализа канала, основная функция которой заключается в оценке количественных характеристик канала. Подсистема формирует сигнал для устройства управления с необходимыми параметрами для реконфигурации перепрограммируемой платформы. В структуре ПО подсистема сбора информации (видеокамеры, микрофоны и т.д.) и подсистема движения (двигатели, рули) управляются по команде, полученной от ПУ. Конкретная схемотехническая и программная реализация описанных подсистем зависит от решаемых задач.

Команды управления содержат данные для управления движением и системой сбора информации ПО, для реконфигурации платформы, в том числе изменения режима скрытности (коэффициента расширения). Соответственно, ответные квитанции должны содержать общие данные отчета о выполнении команд управления и данные о канале (уровень BER, уровень мощности сигнала на входе устройства и т.д.).

## 5. Заключение

В статье исследованы базовые принципы организации скрытных радиоканалов в системе командно-информационного взаимодействия между подвижными объектами и пунктом управления. Основу канала составляет высокоскоростной помехоустойчивый модем с функцией адаптации под существующие условия и особенности решаемых задач управления. Реализация модема осуществляется на базе высокопроизводительной платформы с перепрограммируемой конфигурацией на основе ПЛИС.

Методика расчета уровня скрытности ориентирована на предельные характеристики модема, составляющего основу системы передачи с заданной информационной скоростью. К таким характеристикам относятся предельная канальная скорость и полоса сигнала. Используемая СКК модема (при расчетах за основу взята СКК DQPSK+RS(127,57,7)) обеспечивает необходимое качество передачи (вероятность битовой ошибки) на заданном расстоянии в условиях многолучевости и частотного рассеяния.

## Литература

1. *Слюсар В.* Радиолинии связи с БПЛА. Примеры реализации // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука. Технология. Бизнес. 2010. № 5. С. 56–60.
2. *Simon M. K., Omura J. K., Sholtz R. A., Levitt B. K.* Spread Spectrum Communication Handbook, Electronic Edition, Mc Graw-Hill, Inc., New York, 2002. 1229 p.
3. *Царев А. Б., Волкова Э. В.* Система управления группой БЛА на базе полносвязной радиосети // Вестник Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Серия Естественные и технические науки. 2013. № 1. С. 80–83.

4. *Скляр Бернارد*. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд, испр.: Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс», 2007. 1104 с.
5. *Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С.* Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики/ Учебное пособие. М.: Эхо Трендз, 2005. 392 с.
6. *Шебакпольский М. Ф., Царев А. Б., Крахмалева М. М., Волкова Э. В., Родионов А. Ю.* Сигнально-кодовые конструкции для связных радиоканалов // Вестник Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Серия Естественные и технические науки. 2013. № 1. С. 32–38.
7. Рекомендация МСЭ-R P.838-2. Модель погонного ослабления в дожде, используемая в методах прогнозирования - 2003 URL: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-2-200304-S!!PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-2-200304-S!!PDF-R.pdf) (дата обращения: 24.01.2015).
8. Рекомендация МСЭ-R P.676-6. Затухание в атмосферных газах - 2005 URL: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-6-200503-S!!PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-6-200503-S!!PDF-R.pdf) (дата обращения: 24.01.2015).
9. Рекомендация МСЭ-R P.1407-5. Многолучевое распространение и параметризация его характеристик - 2009 URL: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1407-5-201309-I!!PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1407-5-201309-I!!PDF-R.pdf) (дата обращения: 24.01.2015).

*Статья поступила в редакцию 29.08.2016*

**Казakov Леонид Николаевич**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиотехнических систем ЯрГУ (150010, Ярославль, ул. Пирогова, д. 33, корпус 2, кв. 58), тел. (4852) 79-77-78, e-mail: kazakov@uniyar.ac.ru.

**Крeнев Александр Николаевич**

к.т.н., доцент кафедры радиотехнических систем ЯрГУ, ведущий научный сотрудник научной лаборатории ИТТ ЯрГУ (150023, Ярославль, ул. Курчатова, д. 7, кв. 48), тел. (4852) 72-51-53, e-mail: krenev@uniyar.ac.ru.

**Селянская Екатерина Андреевна**

ассистент кафедры радиотехнических систем ЯрГУ (150064, Ярославль, ул. Строителей, д. 5, корп. 4, кв. 136), тел. (4852) 79-77-29, e-mail: eselyanskaya@mail.ru.

**Ильин Евгений Михайлович**

д.ф.-м.н, профессор, ведущий аналитик МГТУ им. Н. Э. Баумана (105077, Москва, ул. Средняя Первомайская, д. 17, кв. 45), тел. (499) 263-6846, e-mail evgil45@mail.ru.

**Полубехин Александр Иванович**

к.т.н., начальник инновационного технологического центра комплекса научной политики МГТУ им. Н. Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), тел. 8-925-821-06-31, e-mail: polub1980@mail.ru.

**Methodology of secretive radio channels organization within a group of moving objects****Leonid N. Kazakov, Alexander N. Krenev, Catherine A. Selianskaia, Eugene M. Il'yin, Alexander I. Polubekhin**

In this paper, the basic principles of high-speed, anti-interference, secretive radio channels are considered. These channels are used in the command and information interaction system between moving objects and the command control center while data processing, in general, from the diverse means of deployment on sea-based, land-based, air-based carriers. The question of creating, on the basis of high-speed channel, secretive radio control channel on the basis of direct spectrum spreading is investigated. Channel basis is a high-speed anti-interference modem with adaptation function to existing conditions and management tasks. Modem is implemented on the basis of high-performance software-defined platform using FPGA.

*Keywords:* secretive radio channels, group of moving objects, FPGA, software-defined platform.