

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СИГНАЛОВ ДЛЯ РАДИОСЕТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М.В. Коробчинский  
(Национальная академия обороны Украины, Киев)

*В статье проведен анализ и предложены рекомендаций по выбору радиосигналов для сети передачи информации при организации связи на основе использования беспилотных летательных аппаратов.*

### **выбор сигнала, радиосеть, беспилотный летательный аппарат**

**Введение.** При создании мобильных телекоммуникационных сетей передачи информации на основе использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возникает задача по выбору сигналов в радиосети [1]. Это связано с тем, что в БПЛА находятся в тропосферном слое, в котором происходит затухание радиосигнала [2]. Таким образом, возникает задача выбора радиосигналов для сети передачи информации при организации связи на основе использования беспилотных летательных аппаратов.

**Анализ литературы.** Основными характеристиками в любой системы передачи информации, являются приемо-передающие устройства, которые обеспечат минимальную вероятность ошибки на один бит информации, что в свою очередь зависит от выбора сигнала [2, 3].

Кроме этого необходимо учитывать особенности построения сети передачи информации [1].

**Постановка задачи.** Таким образом, возникает задача выбора оптимального сигнала с минимальной вероятностью ошибки в радиоканале передачи информации.

**Решение задачи.** Прежде чем произвести выбор радиосигналов в сети БПЛА необходимо определить требования, которым должны удовлетворять система передачи информации [1 – 3]:

- обеспечение случайного множественного доступа абонентов и БПЛА-узлов к абонентам и друг другу;
- унификация всей приемопередающей аппаратуры и работа в одном диапазоне частот;
- обеспечение идентификации абонентов и узлов;
- минимальный уровень взаимных помех;
- большой ансамбль сигналов;
- простота реализации устройств формирования и обработки сигналов;

– высокая защищенность радиолиний от преднамеренного воздействия помех, имитации и несанкционированного доступа к информации.

Анализ литературы [1 – 4] показал, что этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют сложные фазоманипулированные шумоподобные сигналы (ФМ ШПС) [3], формируемые на основе линейных и нелинейных псевдослучайных последовательностей [4]. При этом достижение большей части вышеперечисленных требований обеспечивается за счет кодового или частотно-кодового разделения радиоканалов с закреплением частот и кодов за приемниками.

При выборе псевдослучайных последовательностей для формирования сложных сигналов необходимо учитывать требования [3 – 5]:

- большой объем ансамбля – для обеспечения каждого абонента и каждого узла сети одним или несколькими кодами;
- оптимальные или близкие к ним авто- и взаимокорреляционные функции – для обеспечения минимума взаимных помех;
- высокая структурная скрытность – для предотвращения несанкционированного доступа к информации и сети.

Первым двум требованиям могут удовлетворять линейные ПСП, например, последовательности Голда, а последнему требованию – только нелинейные псевдослучайные последовательности.

В межузловых радиолиниях могут использоваться как двоичные, так и М-ичные сигналы, причем в последнем случае межузловая скорость передачи пакетов выше, но объем ансамбля сигналов увеличивается в  $\log_2 M$  раз.

В двоичных каналах один символ информации, например “0”, передается сигналом  $S_0$ , а второй символ, например, “1” – его инверсией. Тогда сигнал на выходе передатчика может быть представлен в виде

$$S(t) = A a(t) b(t) \cos(2\pi ft + \Theta), \quad (1)$$

где  $A$  – амплитуда сигнала;  $b(t)$  – биполярная последовательность символов информации;  $a(t)$  – ПСП, расширяющая спектр сигнала.

Сигнал (1) имеет значительно большую ширину спектра, чем необходимо для передачи информации, т.к. полоса частот сигнала  $a(t)$  значительно больше полосы сигнала  $b(t)$ . Если форма импульсов сигналов  $a(t)$  и  $b(t)$  прямоугольна, то определяемый выражением [1] сигнал математически эквивалентен двоичной фазовой манипуляции (ФМн). Поэтому, несмотря на то, что сигнал [5] представлен в форме амплитудной модуляции, его относят к категории сигналов со спектром, расширенным путем двоичной ФМн при помощи ПСП.

Информационный сигнал  $b(t)$ , состоящий из положительных и отрицательных прямоугольных импульсов, можно записать в виде

$$b(t) = \sum_n b_n p_t(t - nT),$$

где  $p_t(t)$  – прямоугольный импульс длительностью  $T$ ;  $\sum_n$  означает суммирование по всем номерам  $n$ , относящимся ко всем двоичным сигналам пакета

Двоичные информационные символы принадлежат последовательности  $(b_n) = \dots, b_{-1}, b_0, b_1, b_2, \dots$ . Двоичные числа  $b_n$  принимают значения  $+1$  или  $-1$  в зависимости от того, какой двоичный сигнал должен быть передан на  $n$ -й временной позиции. Сигнал, расширяющий спектр, также состоит из последовательности положительных и отрицательных импульсов

$$a(t) = \sum_i a_i \psi(t - iT_c),$$

где  $\psi(t)$  – прямоугольный импульс длительностью  $T_c$ ;  $(a_i) = \dots, a_1, a_0, a_1, a_2, \dots$  – псевдослучайная последовательность чисел, принимающих значения  $+1$  или  $-1$ .

В двоичных каналах в силу противоположности сигналов и любых их сегментов, для передачи одного информационного символа может быть использовано любое число символов ПСП, меньшее или большее, чем полный период ПСП, если энергия такого сегмента обеспечивает требуемую помехоустойчивость.

**Вывод.** Таким образом, в  $M$ -ичных каналах для передачи каждого символа из алфавита  $0, \dots, M-1$  используется свой сигнал:  $S_0, \dots, S_{M-1}$ . Для формирования этих сигналов подбираются  $M$  ортогональных или квазиортогональных последовательностей  $a_0(t), \dots, a_{M-1}(t)$ . Для квазиортогональных сигналов характерно наличие боковых пиков в автокорреляционных функциях, которые увеличиваются при уменьшении длины сегмента используемой ПСП. В связи с этим для передачи одного информационного символа необходимо использовать не менее одного полного периода ПСП длиной 255 символов. Учитывая сложность реализации  $M$ -ичных радиоканалов в системе передачи информации на основе БПЛА, необходимо ограничиваться двоичных вариантов межузловых радиолиний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кутувий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів.* – К.: Наука і оборона, – 2000. – № 4. – С. 39 – 47.
2. *Игнатов В.И. Теория информации и передачи сигналов.* – М.: Радио и связь, 1991. – 280 с.
3. *Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств.* – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
4. *Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник.* – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.
5. *Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства.* – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

*Поступила 2.10.2005*

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор С.В. Котелков,  
Национальная академия обороны Украины, Киев.

---