УДК 621.396

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА

# RESEARCH OF COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON DISTRIBUTED RECEPTION

М.А. ЦИРТАУТАС - магистрант, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра ВТиСУ, Группа ВТм -119,
E-mail: makcak99@mail.ru
А.С. МЕРКУТОВ - научный руководитель, к.т.н., Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра ВТиСУ,
E-mail: merkutov2013@yandex.ru
M.A. TSIRTAUTAS - undergraduate, Vladimir State University, E-mail: makcak99@mail.ru
A.S. MERKUTOV - candidate of technical sciences, Vladimir State University, E-mail: merkutov2013@yandex.ru

**Аннотация:** В данной статье рассматривается исследование систем связи на основе разнесенного приема. Исследование проводилось в САПР Advanced Design System (ADS). Результаты могут быть полезны при проектировании беспроводных систем широкого профиля. В исследовании рассматривалась передача сигнала без кодирования, со свёрточным кодированием и свёрточным кодированием с блоковым перемежением.

**Abstract:** This article discusses the study of communication systems based on distributed reception. The study was conducted in the CAD Advanced Design System (ADS). The results can be useful in the design of wide-profile wireless systems. The study considered signal transmission without encoding, with convolutional encoding and convolutional encoding with block interleaving.

**Ключевые слова:** разнесенный прием, помехоустойчивость, свёрточное кодирование, блочное перемежение.
**Keywords**: diversity reception, noise immunity, convolutional coding, block interleaving.

В современных условиях повышенной урбанизации и сложной помеховой обстановки растет необходимость улучшения методов передачи и обработки цифровых сигналов по беспроводной среде. В режиме длительной передачи потока цифровых данных (например, аудио-, видео-информации) по каналу связи радиосигналы подвергаются влиянию замираний и импульсных помех, что в конечном итоге сказывается на качестве воспроизводимого на выходе приемника сигнала (снижение отношения сигнал/шум, рост нелинейных искажений, появление интервалов времени полной потери сигнала, ухудшение слоговой разборчивости и пр.). Распространенным методом борьбы с замираниями является применение разнесенного приема сигнала. В статье рассмотрены возможности применения сверточного кодирования, блокового перемежения и FSK-модуляции при пространственном разнесении посредством моделирования в САПР Advanced Design System (ADS). Полученные результаты могут быть полезны при проектировании перспективных отечественных беспроводных систем широкого профиля (дистанционное управление, контроля и управления различными инженерно- техническими системами, аудиоконтроль, охранные и пожарные сигнализации и пр).

Для проведения исследований в САПР ADS была выбрана модель радиоканала с неселективными замираниями (компонент ProbNADCtdma) (см. рисунок 1.), которая предусматривает многолучевую передачу сигнала с неселективными по частоте релеевскими замираниями в одном

доминирующем направлении с учётом доплеровского рассеяния. Данный характер распространения соответствует слабому рассеянию времени прихода лучей относительно длительности канального символа данных и свойственен каналам передачи, например, реализуемым внутри зданий и в условиях городской застройки при дальности связи несколько десятков метров [1] (тип модели – FlatFader). Модель позволяет учесть доплеровское рассеяние, которое возникает из-за перемещения среды распространения.

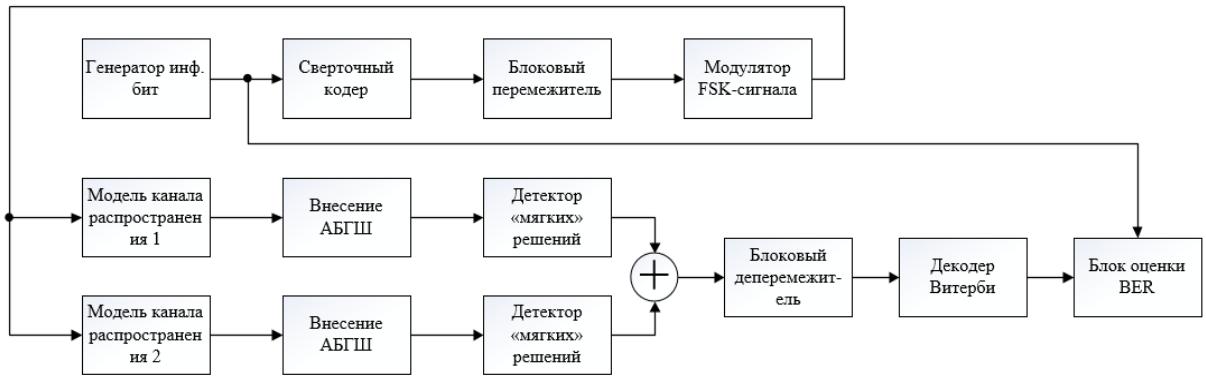


Рисунок 1 - Функциональная схема модели радиоканала

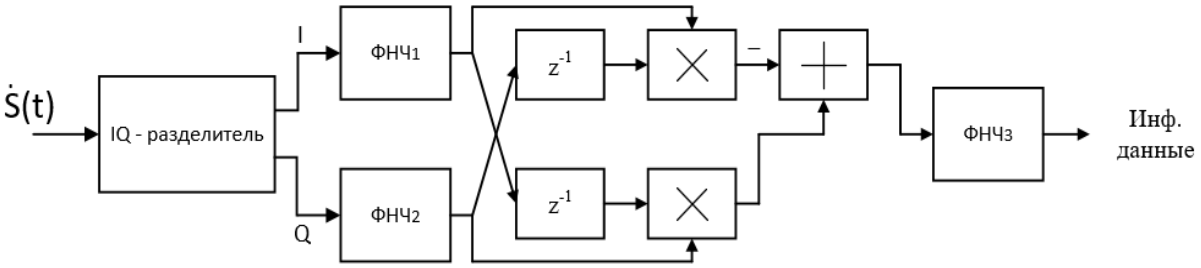


Рисунок 2 - Функциональная схема линейного демодулятора FSK-сигнала

Схема представляет собой цифровую форму реализации линейного демодулятора FSK-сигнала. Здесь S(t) – комплексная огибающая модулированного сигнала, генерируемая на выходе радиоприёмного тракта с нулевой промежуточной частотой. $ФНЧ_1$ и $ФНЧ_2$ – фильтры низких частот, которые фильтруют половину полосы модулированного сигнала.

ФНЧ$_3$ фильтрует демодулированный сигнал, а $z^{-1}$ – блок задержки сигнала на один тактовый интервал.

Моделирование проводилось для приёмника с линейным демодулятором (ЛД) (см. рисунок 2.) [1] в условиях воздействия аддитивного белого гауссова шума (АБГШ), использования помехоустойчивого свёрточного кодирования (СК) с параметрами R=1/2, K=7, декодирования по алгоритму Витерби [2], блокового перемежения данных, сдвоенного приёма с неоптимальным линейным последетекторным сложением «мягких» решений на интервале детектируемого бита информации [3]. Скорость передаваемого информационного потока данных – 100 кБод. В таблице 1 приведены результаты моделирования системы в условиях передачи сигнала по каналу с неселективными замираниями (тип FlatFader) на частоте 915 МГц при скорости перемещения среды распространения V=50 км/ч, матрице блокового перемежения (БП) размерностью 1000 строк на 100 столбцов, использования «мягких» решений на выходе ЛД и декодера Витерби. Eb/N0 – отношение энергии бита к спектральной плотности АБГШ.

Таблица 1. Результаты моделирования канала типа FlatFader

| Eb/N0, дБ | BER | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Одноканальный прием | | | Разнесенный прием (2 канала) | | |
| | без СК | СК | СК и БП | без СК | СК | СК и БП |
| 6 | 0,202 | - | 0,500 | 0,115 | - | 0,460 |
| 8 | 0,148 | - | 0,484 | 0,064 | - | 0,285 |
| 10 | 0,105 | - | 0,402 | 0,031 | 0,152 | 0,040 |
| 12 | 0,072 | - | 0,186 | 0,012 | 0,070 | 0,0014 |
| 14 | 0,048 | 0,129 | 0,037 | 0,0036 | 0,029 | < 0,00002 |
| 16 | 0,031 | 0,086 | 0,0022 | 0,00078 | 0,0056 | - |
| 18 | 0,020 | 0,053 | 0,000060 | 0,00014 | 0,00063 | - |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 0,012 | 0,032 | < 0,00002 | < 0,00002 | < 0,00002 | - |
| 22 | 0,0077 | 0,017 | - | - | - | - |
| 24 | 0,0050 | 0,0099 | - | - | - | - |
| 26 | 0,0032 | 0,0058 | - | - | - | - |
| 28 | 0,0021 | 0,0040 | - | - | - | - |
| 30 | 0,0013 | 0,0020 | - | - | - | - |
| 32 | 0,00066 | 0,00080 | - | - | - | - |
| 34 | 0,00028 | 0,00040 | - | - | - | - |
| 36 | 0,00010 | 0,00023 | - | - | - | - |

В таблице 2 приведены результаты анализа помехоустойчивости системы передачи информации при использовании модели на основе схемы корреляционного FSK-демодулятора (КД) [2] без использования свёрточного кодирования и блокового перемежения.

Таблица 2. Результаты моделирования КД (канал FlatFader)

| Eb/N0, дБ | BER | Eb/N0, дБ | BER | Eb/N0, дБ | BER |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 0,157 | 18 | 0,013 | 30 | 0,00084 |
| 8 | 0,114 | 20 | 0,0081 | 32 | 0,00042 |
| 10 | 0,078 | 22 | 0,0049 | 34 | 0,00016 |
| 12 | 0,052 | 24 | 0,0031 | | |
| 14 | 0,034 | 26 | 0,0020 | | |
| 16 | 0,021 | 28 | 0,0013 | | |

Сравнивая их с данными таблицы 1 (вторая колонка – 1 канал, без кодирования) можно сделать вывод о преимуществе КД над ЛД в канале с неселективными замираниями не более, чем на 1,5 дБ (при BER=0,001), однако физическая реализация КД потребует более значительных аппаратных ресурсов по сравнению с ЛД.

На основании результатов моделирования, можно сделать следующие выводы:

- использование свёрточного кодирования без перемежения не обеспечивает выигрыша по помехоустойчивости в условиях замираний;

- совместное использование свёрточного кодирования и блокового перемежения приводит к существенному улучшению помехоустойчивости приёма (почти на 14 дБ);

- сдвоенный приём на основе линейного сложения «мягких» решений позволяет получить выигрыш не менее 4 дБ при использовании СК и БП, при выключенном кодировании и перемежении – до 16 дБ относительно одноканального приёма.

**Список использованных источников**

1. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: пер. с англ../под ред. В.И.Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.

2. Прокис Дж. Цифровая связь/ Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.

3. Андронов И. С., Финк Л. М. Передача дискретных сообщений по параллельным каналам. — М.: Советское радио, 1971.