

На правах рукописи



Гомес Жилберто Лоуренсо

**ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ ПО СЕТЯМ СВЯЗИ РЕСПУБЛИКИ АНГОЛА**

Специальность 05.12.13 - Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Владимир - 2015

Работа выполнена на кафедре радиотехники и радиосистем ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» ВлГУ.

Научный руководитель: **Самойлов Александр Георгиевич** доктор технических наук, профессор, декан факультета радиофизики, электроники и медицинской техники ВлГУ, г. Владимир.

Официальные оппоненты: **Приоров Андрей Леонидович** доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВПО Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова, г. Ярославль;

Рябокоть Алексей Владимирович кандидат технических наук, инженер 1 категории ОАО «Владимирское конструкторское бюро радиосвязи», г. Владимир.

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Защита состоится «17» ноября 2015 г. в 16.45 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.025.04 при ФГБОУ ВПО Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87, к. 3, ауд. 301.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте <http://www.vlsu.ru>.

Автореферат разослан «15» августа 2015 г.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: ул. Горького, д. 87, ВлГУ, ФРЭМТ, г. Владимир, 600000.

Ученый секретарь диссертационного совета доктор технических наук, профессор



А. Г. Самойлов

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Современный этап научно-технического прогресса и развития общества характеризуется возрастанием объемов информации, передаваемых по сетям связи. Сказанное можно отнести и к странам Африки, и в частности, к Республике Ангола. В стране наблюдается быстрый рост населения. Природные богатства выступают причиной интенсивного развития разных областей экономики, по темпам роста которой Ангола занимает одно из первых мест на континенте.

Природно-климатические условия на территории Анголы отличаются большим разнообразием. Неравномерно распределение населения и зон усиленного экономического развития страны. В результате этого в конкретных условиях имеют преимущества разные типы систем связи. При проектировании линий связи для выбора типа систем необходимо рассмотреть их особенности и на примерах различных условий работы рассчитать параметры.

Качество работы системы передачи информации определяется помеховой обстановкой на трассе связи. Для повышения устойчивости к воздействию помех различного происхождения применяются различные методы обработки сигналов, в частности, методы помехоустойчивого кодирования цифровых сигналов. В этой области известны труды таких ученых, как К.Шеннон, Р. Фано, И.С.Андронов, Л.М.Финк, Э.Берлекамп, Р.Блейхут, А.Витерби, Дж.Мэсси, Д.Форни, Дж.Прокис и др. Разработаны и широко используются различные виды кодирования, включая сложные виды, такие, как каскадные коды и турбокоды. При использовании дополнительной информации об уровне принимаемых сигналов при декодировании возможно получить также и дополнительный выигрыш в помехоустойчивости передачи с применением «мягких» видов декодирования.

Однако при их использовании встречаются вычислительные сложности практической реализации «мягких» декодеров, особенно при блоковом декодировании. Таким образом, возникает противоречие между теоретическими

возможностями «мягкого» блочного декодирования и его практической реализацией. Компромиссным решением является применение более простых алгоритмов, уступающих в помехоустойчивости алгоритму с «мягким» декодированием, но легко реализуемых. Однако эффективность таких алгоритмов недостаточна, что требует исследований в этом направлении и разработки новых алгоритмов.

Во многих современных системах связи используются методы разносного приема. Проще реализуются методы частотного разносения, когда по нескольким каналам, расположенным в разных участках спектра, передаются одинаковые копии сигнала. В дуплексных системах можно по каналу обратной связи передавать сведения о текущем состоянии всех разносенных каналов и осуществлять выбор лучших каналов и адаптивную передачу с учетом этих сведений. Подобные условия работы дают возможность передавать не набор одинаковых копий сигнала, а рассматривать всю совокупность возможных каналов, как расширенное поле для передачи кодированных цифровых сигналов и менять текущие параметры кодера, адаптируя их к текущим условиям распространения сигналов.

Таким образом, **актуальность работы** заключается в исследовании особенностей реализации систем связи для природных условий Анголы и разработке новых алгоритмов повышения помехоустойчивости передачи кодированных цифровых сигналов.

Объектом исследования являются системы передачи цифровых сигналов, использующие блочные алгоритмы кодирования, а также системы дуплексной передачи с частотным разносением сигналов.

Предметом исследований являются практически реализуемые алгоритмы блочного кодирования, приближающиеся по эффективности к «мягким» алгоритмам, и используемые как в системах без разносения, так и в адаптирующихся системах с частотным разносением сигналов.

Целью работы является повышение помехоустойчивости передачи цифровых сигналов в сетях связи Республики Ангола.

Научные задачи исследований. Цель работы предполагает решение следующих задач:

- Анализ условий работы систем связи с учетом природно-климатических особенностей Анголы.
- Рассмотрение методов повышения помехоустойчивости передачи цифровых сигналов.
- Расчет основных параметров различных видов систем передачи цифровой информации на конкретных примерах различных районов Анголы.
- Разработка и исследование алгоритмов блочного декодирования сигналов, практически реализующих повышенную помехоустойчивость обработки.
- Разработка и исследование алгоритмов комплексного использования частотного разнесения и помехоустойчивого кодирования, включая возможность адаптивной перестройки структуры используемых блочных кодов.

На защиту выносятся:

1. Алгоритмы повышения помехоустойчивости передачи цифровых сигналов с применением кодов Рида-Соломона.
2. Модификация кода Рида-Соломона для систем передачи с частотным разнесением сигналов, в том числе для дуплексных систем.
3. Алгоритмы применения модифицированных кодов Рида-Соломона.

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что:

- Разработаны и исследованы пути повышения помехоустойчивости передачи сигналов с использованием кодов Рида-Соломона.
- Предложен и исследован новый алгоритм декодирования блочных кодов Рида-Соломона, приближающийся по эффективности к «мягкому» декодированию сигналов.

- Предложены новые алгоритмы модификации блочного кодирования с передачей разных фрагментов кода по различным частотно разнесенным каналам, учитывающие используемые методы комбинирования принятых сигналов.

- Исследован новый алгоритм адаптивного кодирования в дуплексных системах с частотным разнесением.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается корректностью и логической связанностью принятых предпосылок и допущений, использованием апробированного научного аппарата и средств математического моделирования.

Практическая ценность результатов исследования:

- Предложенный алгоритм декодирования блочных кодов Рида-Соломона, приближающийся по эффективности к «мягкому» методу декодирования, позволяет повысить помехоустойчивость передачи сигналов на 0,5-1 дБ.

- Использование алгоритма с модифицированным распределением фрагментов кодового блока по каналам с разнесением дает возможность повысить помехоустойчивость передачи сигнала от 2 до 4 дБ для различных состояний радиоканала.

- Предложенный алгоритм адаптивного распределения фрагментов кодового блока по наилучшим частотно разнесенным каналам в дуплексных системах передачи информации позволяет увеличить помехоустойчивость передачи сигналов от 2 до 3 дБ.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и были обсуждены на следующих конференциях:

1. 11-я МНТК «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии (ФРЕМЕ-2014)», Владимир-Суздаль, 2014.
2. 21-я Всероссийская межвузовская НТК студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика-2014», Москва, 2014.
3. 69-я НТК, посвященной Дню радио, Санкт-Петербург, 2014.

4. 10-я МНТК «Перспективные технологии в средствах передачи информации (ПТСПИ-2013)», Владимир, 2013.

5. Вторые Всероссийские Армандовские чтения, Муром, 26-28 июня 2012.

Реализация результатов работы. Результаты работы внедрены в учебный процесс при выполнении курсовых и дипломных работ студентами направления 210700.62 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство на программный продукт для ЭВМ, 5 тезисов докладов на научных конференциях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных литературных источников и приложений. Она изложена на 171 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков и 4 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы, приведена краткая характеристика состояния исследуемых вопросов, сформулирована цель и задачи исследования, отражено практическое значение работы.

В первой главе проведен обзор сетей связи Республики Ангола, проанализированы основные известные методы борьбы с помехами, рассмотрены существующие типы каналов связи и видов сигналов и представлена классификация мешающих воздействий.

Целью исследования является повышение помехоустойчивости передачи цифровых сигналов в сетях связи Республики Ангола, где в последние годы наметилось бурное развитие телекоммуникационных систем. Наряду с модернизацией и проектированием беспроводных систем связи, активно ведутся работы по созданию волоконно-оптических каналов передачи информации. Особенно актуально стоят следующие задачи:

- объединения уже существующих зон между собой и создание, таким образом, объединенной сотовой сети для всей страны;

- надежное соединение подобной объединенной сети с сетями в соседних странах и включение национальной сети в общемировую сеть;

- повышение помехоустойчивости существующих, модернизируемых и разрабатываемых систем связи в условиях резкого качественного и количественного роста средств связи.

Одной из основных задач при проектировании и разработке систем связи является повышение достоверности передачи информации при максимальной экономической эффективности. Отмечено, что помехоустойчивое кодирование применяется для борьбы с различными видами помех и мешающих воздействий. Это импульсные помехи, вызванные промышленными или атмосферными факторами, шумовые помехи, узкополосные периодические помехи и др. Показано, что перспективным направлением помехоустойчивого кодирования является использование "мягких" алгоритмов декодирования, когда анализируется не бинарный поток информации, а многоуровневые решения демодулятора.

Другим вариантом повышения помехоустойчивости, является организация разнесенного приема. Как известно, разнесение применяется в основном для борьбы с мешающими воздействиями в виде замираний. Однако, при этом появляются дополнительные свойства, в частности, после объединения разнесенных сигналов наблюдается увеличение соотношения сигнал/шум, а в некоторых случаях и подавление внешних помех.

Перспективным направлением в борьбе с помехами является использование комбинированных методов, когда в системе связи применяют сразу несколько технических решений снижающих влияние мешающих воздействий на информационный сигнал. Кроме того, использование комбинации различных помехоустойчивых методов может дать дополнительные возможности подавления помех. Таким образом, для борьбы с мешающими воздействиями необходимо совместное использование помехоустойчивого кодирования и разнесенного приема, комплексно учитывающее особенности обоих методов.

Во второй главе рассмотрены административно-географические особенности Анголы, определяющие потребности организации связи и особенности ее применения в различных районах страны. Проанализированы возможности различных видов линий связи, таких, как кабельные, волоконно-оптические и радиорелейные. Проведен расчет различных линий связи для различных трасс, связывающих населенные пункты.

Вдоль основных крупных магистралей, связывающих столицу с различными районами и зарубежными странами, имеет смысл использовать кабельные линии связи. Горные и пустынные районы, прилегающие к основным магистралям, следует обслуживать с использованием радиорелейных линий связи. В районах, значительно удаленных от основной магистрали, имеет смысл использовать спутниковые терминалы для подключения локальных сетей к национальной и мировой сетям связи.

При выборе типа кабельной линии связи в конкретных условиях различают кабели дальней связи, городские телефонные кабели, кабели зоновой и сельской связи. В качестве примера произведен ориентировочный расчет *кабельной линии* связи между городами Луанда и Маланже. Расчет показал, что при расположении кабельной линии вдоль транспортной магистрали возможна эффективная организация связи с учетом потребностей населения прилегающих к имеющейся дороге территорий.

На магистральных участках, например, на участке, связывающем столицу страны Луанду с крупнейшим портом Бенгелой, перспективно применение волоконно-оптических линий. Трассу оптоволоконной связи между Луандой и Бенгелой можно расположить вдоль соответствующей автомобильной дороги.

При проектировании и создании радиорелейной линии связи одним из основных вопросов является стоимость ее строительства в выбранном районе, а также затраты, связанные с последующей эксплуатацией. В качестве примера произведен ориентировочный расчет радиорелейной линии в условиях с

неразветвленной сетью коммуникаций в северо-восточных провинциях Анголы (Северная и Южная Лунда) между населенными пунктами Сауримо и Лубало (рис.1.).

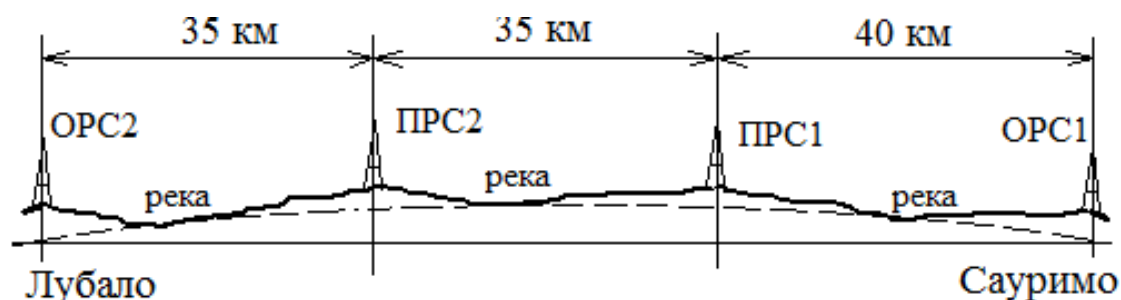


Рис. 1.

Результаты расчета показывают, что чувствительность приемника должна быть не хуже $P_{np} = -66,7 \text{ дБ/Вт}$. Современные приемники СВЧ диапазона имеют более высокую чувствительность, однако для увеличения надежности работы линии в условиях редких, но глубоких замираний, имеет смысл оставить значения рассчитанных показателей в качестве запаса.

Выполненные расчеты различных линий связи доказали целесообразность использования вдоль крупных автомобильных и железных дорог кабельных и оптоволоконных линий связи, а при ограниченности транспортно-го сообщения – радиорелейных линий.

В третьей главе рассмотрено применение помехоустойчивого кодирования в системах связи, проанализированы критерии выбора алгоритма помехоустойчивого кодирования, предложен оптимизированный алгоритм "мягкого декодирования" кода Рида-Соломона и разработаны пути построения помехоустойчивого кодека.

На практике активно применяется относительно небольшая группа алгебраических помехоустойчивых кодов: коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ), коды Рида-Соломона (РС), сверточные коды и каскадные коды (турбокодирование). Наиболее широко применяются циклические коды с обнаружением ошибок, которые являются частным случаем кодов БЧХ. Но наибольший интерес представляют коды Рида-Соломона, поскольку облада-

ют высокой исправляющей способностью, в том числе и в случае групповых ошибок, легко реализуются на практике и по критерию цена/качество являются наиболее эффективными.

Энергетический выигрыш кодирования (ЭВК), зависит от вида используемой модуляции, кодовой скорости и размера информационного блока. Вероятность ошибки BER после декодирования

$$BER = \frac{1}{n} \cdot \frac{2^{m-1}}{2^m - 1} \cdot \sum_{i=t+1}^n \left(i \cdot \frac{n!}{i!(n-i)!} \right) \cdot \left(\sum_{j=1}^m \frac{m!}{j!(m-j)!} \cdot P_b^j \cdot (1-P_b)^{m-j} \right)^i \cdot \left[1 - \left(\sum_{j=1}^m \frac{m!}{j!(m-j)!} \cdot P_b^j \cdot (1-P_b)^{m-j} \right) \right]^{n-i},$$

где n -размер блока, m -размерность символа, t -число исправляемых ошибок, P_b -вероятность битовой ошибки на выходе демодулятора

$$P_b = \int_{u=\frac{a_1-a_2}{2\sigma_0}}^{u=\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du = \xi\left(\frac{a_1-a_2}{2\sigma_0}\right),$$

где σ_0 -среднеквадратическое отклонение шума вне демодулятора, a_1 и a_2 - сигнальные компоненты. Необходимо учитывать, что кодовая скорость ν должна быть не менее 0,9, что является порогом для наиболее удобной перестройки полосы модулирующих частот цифровых радиорелейных станций, так как их сравнительно просто без модернизаций станций перестраивать в этих пределах.

Анализ полученного выражения позволяет сделать вывод о значительном, до пяти порядков выигрыше в помехоустойчивости, при высоких кодовых скоростях ($\nu > 0.9$), что актуально для существующих систем связи.

Дополнительным повышением достоверности передачи информации в системах связи с помехоустойчивым кодированием, является применение «мягких» алгоритмов декодирования. Однако использование подобных алгоритмов приводит к резкому увеличению вычислительных затрат, росту объема оперативной памяти декодера и не всегда удается однозначно определить

наилучший алгоритм окончательного выбора варианта декодированной информации.

Для оптимизации «мягкого» алгоритма декодирования Рида-Соломона, были проведены экспериментальные исследования. Цель исследований заключалась в определении в алгоритме «мягкого» декодирования, такого количества «стираний» S , априори указанных декодеру, при котором достигается наивысший процент правильного распознавания информации.

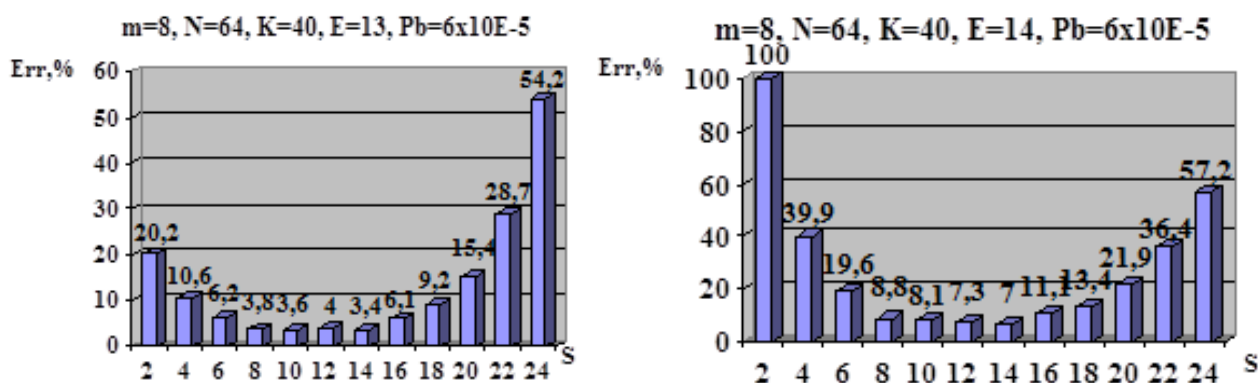


Рис.2. m, N, K, E – параметры кода и цифровой последовательности при фиксированной вероятности ошибки

Один из результатов модельных экспериментов приведен на гистограммах, показанных на рис. 2 при наличии количества ошибок больше исправляющей способности «жесткого» алгоритма декодирования. Из рисунка видно, что существует оптимальное количество стираний, при котором наблюдается низкий процент ошибочно декодированных блоков.

Таким образом, повышение достоверности передачи информации возможно за счет применения оптимизированных алгоритмов «мягкого» декодирования путем незначительного изменения демодуляторов в приемных устройствах при измененном алгоритме обработки данных «жестких» декодеров. Что является экономически оправданным, поскольку подобный оптимизированный «мягкий» декодер повысит достоверность передачи информации по соотношению сигнал/шум в пределах 0,5-1дБ.

Необходимо отметить, что в системах с непрерывной передачей информации, необходимо решить вопросы изменения тактовой частоты и

предусмотреть кадровую синхронизации информационного потока. На рис.3 приведена структурная схема предложенного декодера Рида-Соломона, реализующего как "жесткое", так и "мягкое" декодирование.

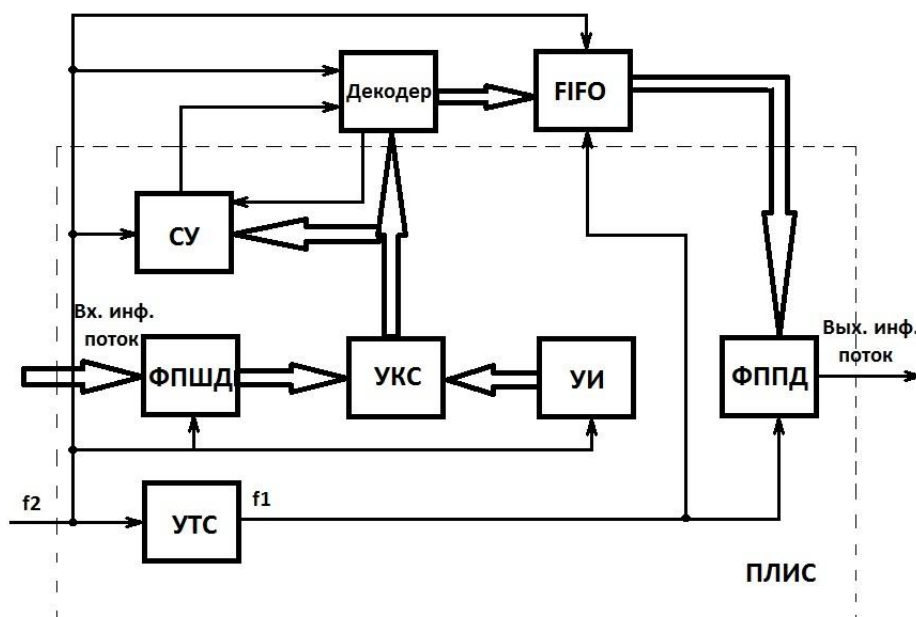


Рис.3.

В четвертой главе предложен и описан ряд алгоритмов, комплексно учитывающих особенности помехоустойчивой передачи кодированных сигналов при одновременном применении разнесенного приема.

При совместном использовании методов разнесенной передачи/приема и кодирования можно получить дополнительный выигрыш по помехоустойчивости с учетом особенностей по сравнению с их одновременным, но независимым применением. Возможность для этого предоставляет метод блочно-го кодирования.

Средняя по блоку вероятность ошибки после декодирования составит:

$$P_C = \frac{1}{b+k} \sum_{i=b/2+1}^{b+k} i \frac{(b+k)!}{i!(b+k-i)!} P_1^i (1-P_1)^{b+k-i},$$

где P_1 -средняя вероятность ошибки в каналах разнесения.

Величина P_C определяется также выбранным размером группы, в которую объединяются последовательно расположенные символы информационной последовательности.

Для реализации объединяющего алгоритма предложена укрупненная структурная схема, приведенная на рис.4, с использованием двух каналов частотного разнесения. В системах связи, использующих разнесенный прием, могут применяться различные методы комбинирования принятых сигналов. Для них были произведены расчеты сравнительной помехоустойчивости методов комбинирования и кодирования. Были получены «границы», определяющие, где преимущества имеет один или другой метод при различных видах модуляции.

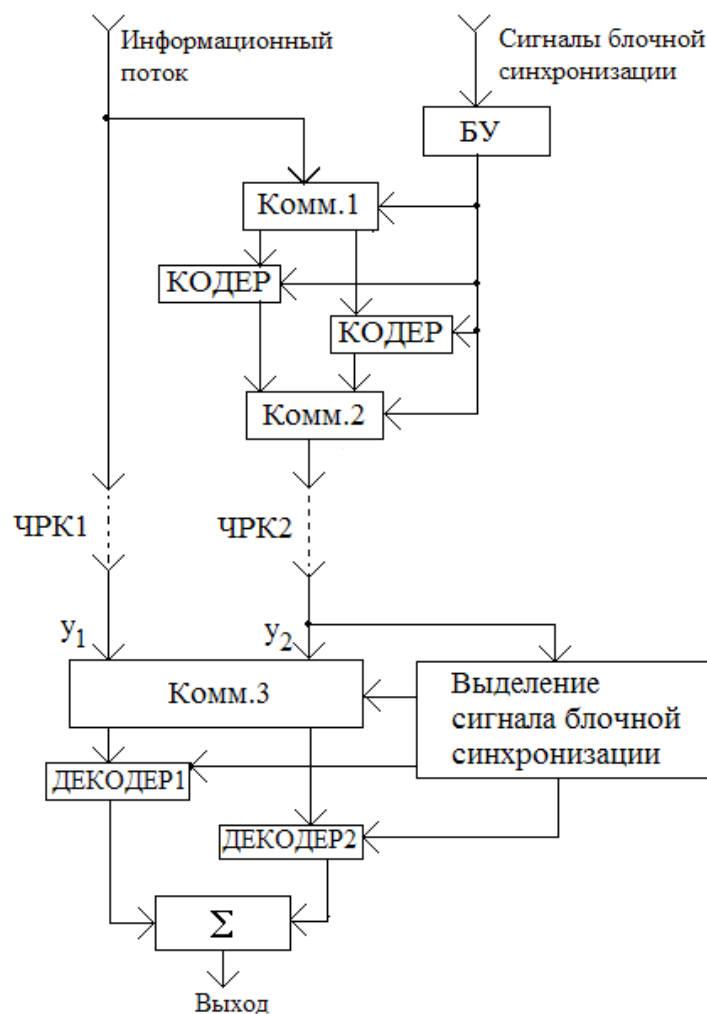


Рис. 4.

Для кратности разнесения $N=2$, для различных методов комбинирования и видов модуляции были произведены расчеты сравнительной помехоустойчивости комбинирования и разнесенного кодирования и получены «границы», определяющие, где преимущества имеет один или другой метод.

Результаты расчетов приведены для методов оптимального сложения (рис.5.а.), линейного сложения (рис.5.б.) и метода автовыбора (рис.5.в). Области определения значений двух принятых разнесенных сигналов u_1 и u_2 выбраны в интервале от -10 дБ до $+10$ дБ. Для каждого сочетания этих двух значений определялась вероятность ошибки, которую можно получить, используя один из классических видов комбинирования и используя объединяющий алгоритм. Результаты расчетов показали, что для одних сочетаний наблюдается преимущество одного метода, для других сочетаний – другого.

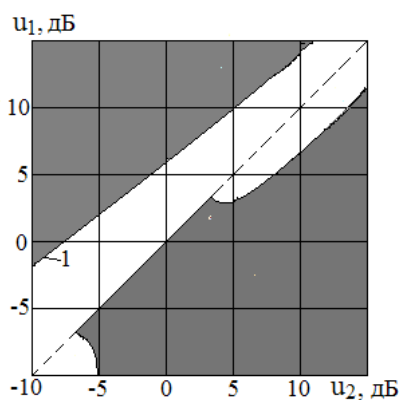


Рис. 5.а.

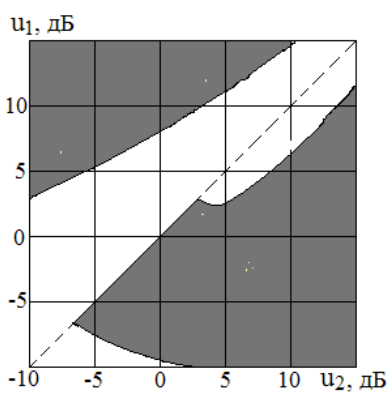


Рис.5.б.

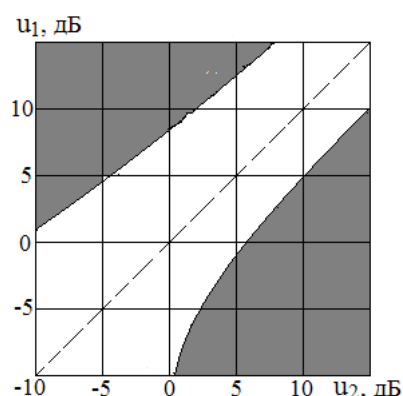


Рис.5.в.

Получены графики границ, отделяющие преимущественные области обоих методов. Темные области на рисунках обозначают сочетания значений u_1 и u_2 , где наблюдается преимущество в помехоустойчивости у методов комбинирования, светлые области – у объединяющего алгоритма.

Имея статистику замираний уровня сигнала на различных трассах, можно рекомендовать к применению соответствующий метод, либо при наличии обратной связи производить адаптацию линии переключением системы на тот или иной метод передачи разнесенных сигналов.

Значительно улучшить помехоустойчивость или увеличить скорость передачи возможно также применением адаптации параметров блочного кодирования при одновременной передаче на нескольких несущих частотах. Алгоритм реализующий подобный метод приведен на рис.6.

Укрупненная структурная схема возможного варианта реализации подобного алгоритма в одной приеме-передающей станции приведена на рис.7.

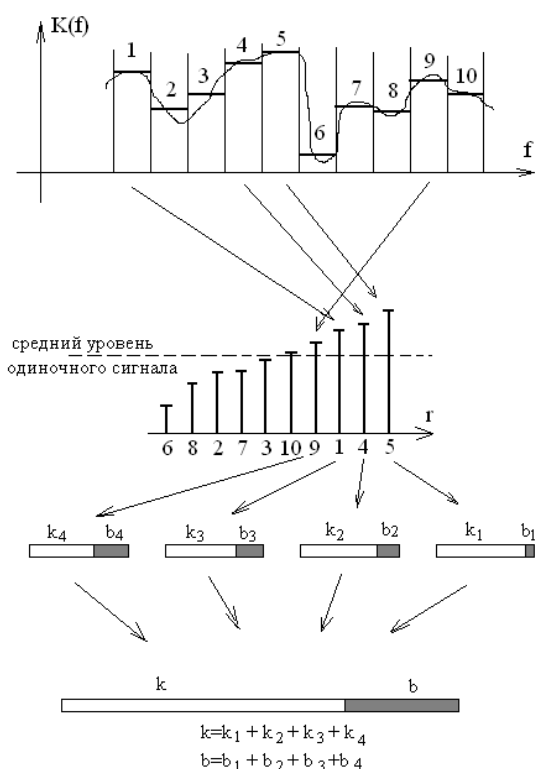


Рис. 6.

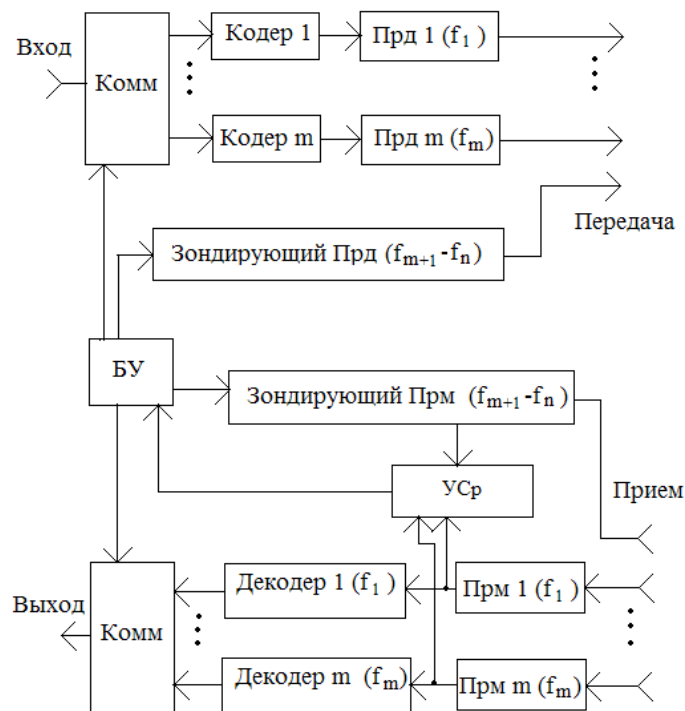


Рис. 7.

Система работает в дуплексном режиме, используемые частотные диапазоны различных станций не совпадают для передачи в обоих направлениях.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. В Республике Ангола можно использовать различные типы систем связи, в которых для повышения помехоустойчивости передачи информации можно применять комбинированные методы борьбы с помехами.
2. Выбор кабельных систем связи необходимо осуществлять в зависимости от освоенности территории и ее приближения к транспортным магистралям; при удалении от магистралей имеет смысл использовать радиорелейные линии связи.
3. Для повышения помехоустойчивости и эффективности передачи цифровой информации по системам связи определенными преимуществами обладают блочные коды, в частности, коды Рида-Соломона.
4. Предложено использовать новые модифицированные варианты алгоритма декодирования кодов Рида-Соломона, которые по эффективности при-

ближаются к «мягкому» декодированию и дают выигрыш в помехоустойчивости до 1 дБ

5. Рассмотрены реализационные основы декодеров, приближающихся по помехоустойчивости к «мягкому» декодированию на основе современной элементной базы.

6. Предложено использовать в системах связи с частотным разнесением модифицированный вариант блоковых кодов, при котором по частотно разнесенным каналам передаются различные фрагменты кодовых слов. Показана его возможность в различных условиях повысить помехоустойчивость передачи на 2-4 дБ. Исследовано его использование при различных схемах комбинирования разнесенных сигналов и совместное применение кодирования и комбинирования сигналов.

7. В дуплексных системах передачи информации предложено применять адаптивные алгоритмы распределения фрагментов кодовых слов по наилучшим частотным каналам с учетом их характеристик на основе информации, поступающей по обратному каналу. Исследованы возможности алгоритмов и показано, что их применение дает возможность увеличивать помехоустойчивость передачи на 2-3 дБ.

8. Основные теоретические положения подтверждены результатами моделирования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в периодических изданиях из Перечня ВАК:

1. Альтшрайдех А.М., Гомес Ж.Л., Самойлов А.Г., Самойлов С.А. Аппаратно-программный комплекс исследования помехоустойчивых кодов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014, №3. – С. 52-55.
2. Полушин П.А., Синицин Д.В., Джулани И., Гомес Ж.Л. Воздействие сосредоточенных помех на системы передачи сигналов со сверточным кодированием // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014, №3. – С. 69-73.

3. Альтшрайдех А.М., Самойлов А.Г., Самойлов С.А. Гомес Ж.Л. Исследование «мягкого» декодирования кода Рида-Соломона // Проектирование и технология электронных средств. – 2014, №1. – С. 8-11.

Свидетельство об официальной регистрации программы

4. Свидетельство № 2014616707 о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программный комплекс для исследования метода компенсации компонентов межсимвольной интерференции Полушин П.А., Самойлов С.А., Смирнова Е.В., Джулани И., Гомес Ж.Л., зарегистрировано 12.04.2014.

Публикации в других изданиях

5. Полушин П.А., Леммле Д.В., Гомес Ж.Л. Использование объединенного алгоритма обработки параллельных сигналов для повышения помехоустойчивости передачи биомедицинской информации // Материалы доклада на 11-й МНТК «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии (ФРЕМЕ-2014)», Владимир-Суздаль, 1-3июля 2014, кн. 2. – С. 383-384.

6. Гомес Ж.Л. Оптимизированный алгоритм «мягкого» декодера Рида-Соломона // Материалы доклада на 21-й Всероссийской межвузовской НТК студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика-2014», Москва, 2014. – С. 189.

7. Гомес Ж.Л. К вопросу построения телекоммуникационной сети в столице Республики Ангола городе Луанде / Материалы 10-й МНТК «Перспективные технологии в средствах передачи информации -2013», Владимир, 2013, т.1. – С. 100.

8. Самойлов С.А., Гомес Ж.Л. Применение методов расширения спектра для локальных сетей связи // Материалы Вторых Всероссийских Арmandовских чтений. Сб. тезисов докладов научно-практического семинара, Муром, 26-28 июня 2012. – С.34-35

9. Самойлов С.А., Гомес Ж.Л. Алгоритм «мягкого» декодирования кода Рида-Соломона // Материалы доклада на 69-й НТК, посвященной Дню радио, Санкт-Петербург, апрель 2014. – С. 36-37.

Подписано в печать 09.07.2015 г.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ _____

Издательство
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87