

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.81:004.383.3

Ковальчук  
Евгений Николаевич

Исследование широкополосной системы посимвольной передачи цифровой информации в каналах с замираниями

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 02 Радиотехника, в том числе систем и устройств радионавигации, радиолокации и телевидения

---

Научный руководитель  
Карпушкин Эдуард Михайлович  
к.т.н., доцент

---

Минск 2016

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Системы передачи и обработки информации являются в настоящее время одной из важнейших составных частей практически любых (особенно территориально распределенных) систем самого различного назначения и отраслевой принадлежности и выполняют важную функцию по обеспечению требуемого уровня внутри- и межсистемного информационного взаимодействия, оказывая, таким образом, непосредственное влияние на основные качественные показатели их функционирования.

В качестве одних из наиболее перспективных на сегодняшний день систем передачи и обработки информации, позволяющих реализовать качественно новый уровень информационного обмена за счет более высоких (по сравнению с другими системами передачи и обработки информации) показателей спектральной эффективности и помехозащищенности, можно выделить весьма широко распространенные и активно развивающиеся сегодня цифровые широкополосные системы, использующие шумоподобные сигналы, построенные на псевдослучайных последовательностях (ПСП) максимального периода (М-последовательностях).

**Цель и задачи исследования.** Работа посвящена исследованию широкополосной системы посимвольной передачи цифровой информации в каналах с замираниями. Задачей исследования является разработка математической модели системы, исследование особенностей её работы в каналах с замираниями и выявление потенциальных возможностей.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются дискретные системы передачи и обработки шумоподобных сигналов. Предмет исследования – разработка путей повышения помехоустойчивости и помехозащищенности работы системы в условиях наличия в каналах связи эффектов замирания.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Диссертация изложена на 76 страницах машинописного текста, библиография включает \_\_ наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность исследования, показывается степень разработанности обозначенной проблемы, ставится цель, формулируются задачи, определяются объекты и предметы исследования.

**В первой главе** рассматриваются основные характеристики многолучевых каналов с замираниями сигналов. Описаны два основных типа эффектов замирания, характерных для мобильной связи (крупномасштабное и мелкомасштабное замирания), представлены их основные характеристики.

**Во второй главе** рассматриваются широкополосные системы передачи цифровой информации. Описываются основные методы расширения спектра, структурные схемы радиосистем передачи цифровой информации с ПС-сигналами, основные преимущества РСПИ с расширенным спектром.

**В третьей главе** описывается процесс моделирования широкополосной системы посимвольной передачи цифровой информации в каналах с замираниями. Представлены структурные схемы приемника, передатчика и канала связи и их описание.

**В четвертой главе** проводится исследование влияния эффекта многолучевого распространения сигналов. Представлены основные графические зависимости, описывающие влияние эффекта многолучевости на вероятность ошибочного приема информационного сигнала, в зависимости от количества переотраженных сигналов, воздействующих на передаваемое сообщение, и от времени задержки переотраженного луча относительно прямого.

**В пятой главе** представлена разработанная методика выполнения лабораторной работы.

**В заключении** подводятся итоги по результатам проведенного исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа посвящена исследованию широкополосной системы по-символьной передачи цифровой информации в каналах с замираниями. Были исследованы потенциальные возможности широкополосной системы передачи информации, особенности работы системы в каналах с замираниями.

Рассмотрены основные характеристики многолучевых каналов с замираниями сигналов. Изучены 2 основных типа эффектов замираний (крупномасштабное и мелкомасштабное замирания), причины их возникновения и особенности воздействия на передаваемые сообщения.

В данной работе рассмотрены основные особенности построения широкополосных систем передачи информации, выявлены их основные преимущества и недостатки. К основным преимуществам можно отнести возможность эффективной борьбы с явлениями замирания и многолучевости; возможность эффективного подавления негауссовой помехи за счет сжатия по времени или частоте; возможность обеспечения энергетической и структурной скрытности передаваемого сообщения за счет применения сложных, нелинейных алгоритмов формирования ПСП и программной смены форм ПСП; возможность построения систем множественного доступа, в которых реализуется кодовое разделение каналов (*CDMA*). Однако, обладая высокой помехозащищенностью, широкополосные системы будут иметь низкую скорость передачи информации, что является их недостатком.

С помощью графической среды имитационного моделирования *Simulink* пакета *Matlab* была реализована модель системы передачи цифровой информации с расширением спектра в каналах с замираниями. Известно, что чем больше база сигнала или длина используемой ПСП, тем выше помехозащищенность шумоподобной системы связи. В данной модели реализована 15-разрядная ПСП. Модель отражает многолучевой доступ (реализована возможность исследовать до шести переотраженных лучей). При попытке многолучевого доступа на приемной стороне наблюдались эффекты релейского и райсовского замираний. Такие эффекты приводят к ухудшению характеристик системы.

По результатам проведенного анализа модели системы было установлено, что увеличение количества переотраженных лучей приводит к увеличению вероятности ошибочного приема. При подаче на вход сумматора четырех и более переотраженных лучей, вероятность ошибки в диапазоне отношения сигнал/шум от -10 дБ до 15дБ  $P_{\text{ош}} \geq 0.3$ , что недопустимо. Так же, в ходе анализа было установлено, что чем меньше время задержки переотраженного луча от полезного сигнала, тем большей вероятностью ошибочного

приема обладает система. Этот факт влияет на отношение сигнал/шум, при котором система сможет нормально функционировать с заданной вероятностью ошибочного приема  $P_{\text{ош}}$ .

Для улучшения основных характеристик системы можно воспользоваться приемником Рейка. Данный приемник изучает различные многолучевые задержки на предмет кодовой корреляции, потом соответствующим образом восстанавливает задержанные сигналы, которые затем оптимально сочетаются с выходом других независимых корреляторов.

Библиотека БГУИР

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1] Савельев, М.Г., Ковальчук, Е.Н. Использование оптимальных нелинейных элементов для ослабления воздействия негауссовских помех. / М.Г. Савельев, Е.Н. Ковальчук // 51-я Научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов: Тезисы докл. к конференции – Минск, 2015 – С.60.

[2] Ковальчук, Е.Н., Савельев, М.Г. Модель системы связи с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM). / Е.Н. Ковальчук, М.Г. Савельев // 51-я Научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов: Тезисы докл. к конференции – Минск, 2015 – С.34.

[3] Савельев, М.Г., Ковальчук, Е.Н. Оптимальное обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех с полосовым спектром. / М.Г. Савельев, Е.Н. Ковальчук // 11-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015»: Тезисы докл. к конференции – Севастополь, Украина, 2015.

[4] Ковальчук, Е.Н., Савельев, М.Г. Система связи с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM). / Е.Н. Ковальчук, М.Г. Савельев // 11-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015»: Тезисы докл. к конференции – Севастополь, Украина, 2015.