



УДК 621.396.6

В. А. Анжина, А. А. Клушин

*ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнева»,
г. Железногорск, Красноярский край, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ

Приведено исследование свойств сигналов, модулированных негармоническими функциями. Показано, что использование вейвлетов в качестве модулирующих функций позволяет увеличить помехоустойчивость сигнала. Приведен анализ воздействия различных помех на формируемые ШПС сигналы.

Ключевые слова: помехозащищенность, вейвлет-функция.

V. A. Anzhina, A. A. Klushin

*JSC «Academician M. F. Reshetnev «Information Satellite Systems»,
Zheleznogorsk, Russia*

RADIO COMMUNICATION SYSTEM SIGNALS NOISE IMMUNITY INCREASING METHODS RESEARCH

In this article nonharmonic function modulated signals research is described. It shows, that modulation with wavelets let to increase noise immunity. Different noises influence on formed broadband signal analysis is brought.

Key words: noise immunity, wavelet.

Известны различные методы повышения помехозащищенности систем радиосвязи (СРС) (рис. 1). Выбор конкретного метода в каждом конкретном случае определяется с учетом технической сложности реализации поставленных задач и возможностей разрабатываемой системы связи. Наибольшей эффективностью обладают системы, использующие комбинацию различных методов повышения помехозащищенности.

В настоящей работе приведены результаты исследования сигнальных методов повышения помехозащищенности, моделирования применения негармонических функций для модуляции сигнала, а также анализа воздействия аддитивной и мультипликативной помех на полученный сигнал.

Одним из наиболее перспективных направлений является исследование сигнальных методов увеличения помехоустойчивости.

Отличительная особенность модуляции негармонической несущей – это возможность существенного расширения спектра полезного сигнала и как следствие повышение его помехозащищенности [1].

Широкополосные сигналы (ШПС) получили широкое распространение благодаря:

- возможности реализовать преимущества оптимальных методов обработки сигналов;
- обеспечению высокой помехоустойчивости связи;
- возможности успешно бороться с многолучевым распространением радиоволн путем разделения лучей;
- одновременной работе большого числа абонентов в общей полосе частот;
- повышенной скрытности;
- электромагнитной совместимости широкополосных и узкополосных систем радиосвязи и радиовещания и систем телевизионного вещания;

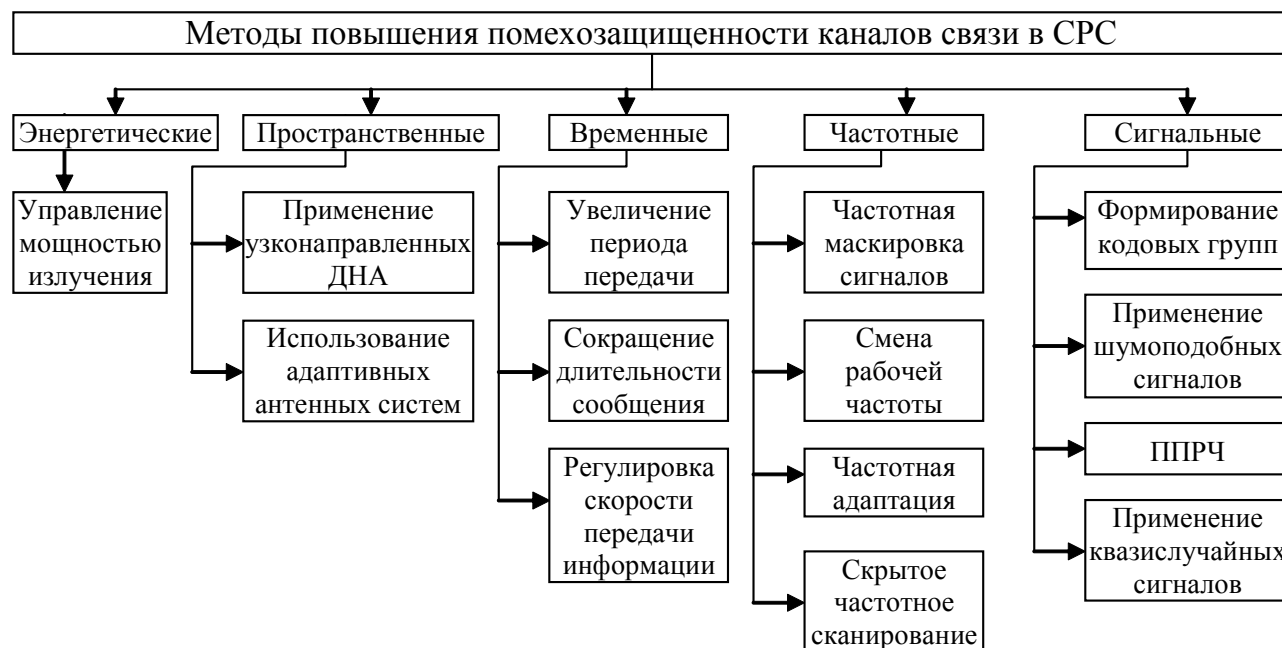


Рис. 1. Основные методы повышения помехоустойчивости СРС

- более эффективному использованию спектра частот на ограниченной территории по сравнению с узкополосными системами связи.

Использование негармонической несущей в виде вейвлет-функций при формировании сигналов позволяет значительно расширить спектр. Изменяя параметры вейвлета, можно либо увеличивать его длительность (сужать спектр), либо уменьшать длительность (расширять спектр). Выбор тех или иных параметров вейвлета зависит от возможности технической реализации.

Для анализа устойчивости сигнала к воздействию помех в работе проведен анализ воздействия на полезный сигнал аддитивных и мультипликативных помех.

Формирование широкополосного сигнала производится следующим образом: информационный бит умножается на бинарную псевдослучайную последовательность (ПСП), затем полученное произведение умножает-

ся на вейвлет-функцию и передатчик излучает сигнал. Будем называть данный сигнал вейвлет-ШПС (W ШПС).

Для наглядности в работе проведен сравнительный анализ ШПС, модулированных двоичной фазовой модуляцией (ФМ-2) и с использованием различного типа вейвлет-функций.

Для сравнения ширины полосы сигналов, модулированных различными типами вейвлет-функций и двоичной фазовой модуляцией, полученные данные занесены в таблицу.

Проанализировав приведенную таблицу, можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением длины ПСП спектр сигнала расширяется.
2. Из трёх представленных модулирующих функций наибольшей шириной спектра обладает сигнал, модулированный вейвлетом Шеннона.

Таблица 1

Модулирующая функция	Длина ПСП Голда					
	31	63	127	511	1023	2047
Вейвлет Шеннона	24 МГц	48 МГц	96 МГц	387 МГц	768 МГц	1559 МГц
В-сплайновый вейвлет	14 МГц	28 МГц	56 МГц	224 МГц	445 МГц	905 МГц
ФМ-2	0,15 МГц	0,5 МГц	0,8 МГц	7 МГц	10 МГц	20 МГц

Для графического отображения полученной зависимости построим на одном графике значения относительной помехозащищённости для W ШПС и ФМ ШПС в зависимости от длины ПСП (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что при одинаковой длине ПСП Голда наилучшей относительной помехозащищённостью обладает сигнал, модулированный вейвлетом Шеннона.

Проведено моделирование воздействия различного вида помех на формируемые сигналы, анализ результатов которого позволяет сделать следующие выводы.

1. Аддитивная помеха не влияет на ширину спектра сигнала, модулированного вейвлет-функцией.

2. При воздействии аддитивной помехи мощность спектральных составляющих увеличивается.

3. Чем больше длина ПСП, тем меньше влияние аддитивной помехи на мощность спектральных составляющих.

4. Влияние аддитивной синусоидальной помехи на ФМ ШПС более значительное, чем на сигнал, модулированный вейвлет-функцией.

Проанализировав результаты моделирования воздействия мультипликативной помехи на сигнал можно сформулировать выводы.

1. Мультипликативная помеха влияет на мощность спектральных составляющих при любой длине ПСП.

2. При воздействии мультипликативной помехи спектр сигнала становится более изрезанным.

3. При воздействии мультипликативной помехи мощность спектральных составляющих увеличивается примерно на 5 дБ.

На рис. 3 и рис. 4 приведена зависимость уровня спектральных составляющих от длины ПСП для ФМ ШПС и W ШПС без воздействия помехи и при влиянии мультипликативной помехи.

Проведенное исследование свойств сигналов, модулированных негармоническими функциями, показало, что использование в качестве модулирующих различных типов вейвлет-функций позволяет существенно расширить полосу формируемого сигнала. Расширение полосы полезного сигнала позволяет увеличить его относительную помехоустойчивость. Анализ воздействия различных

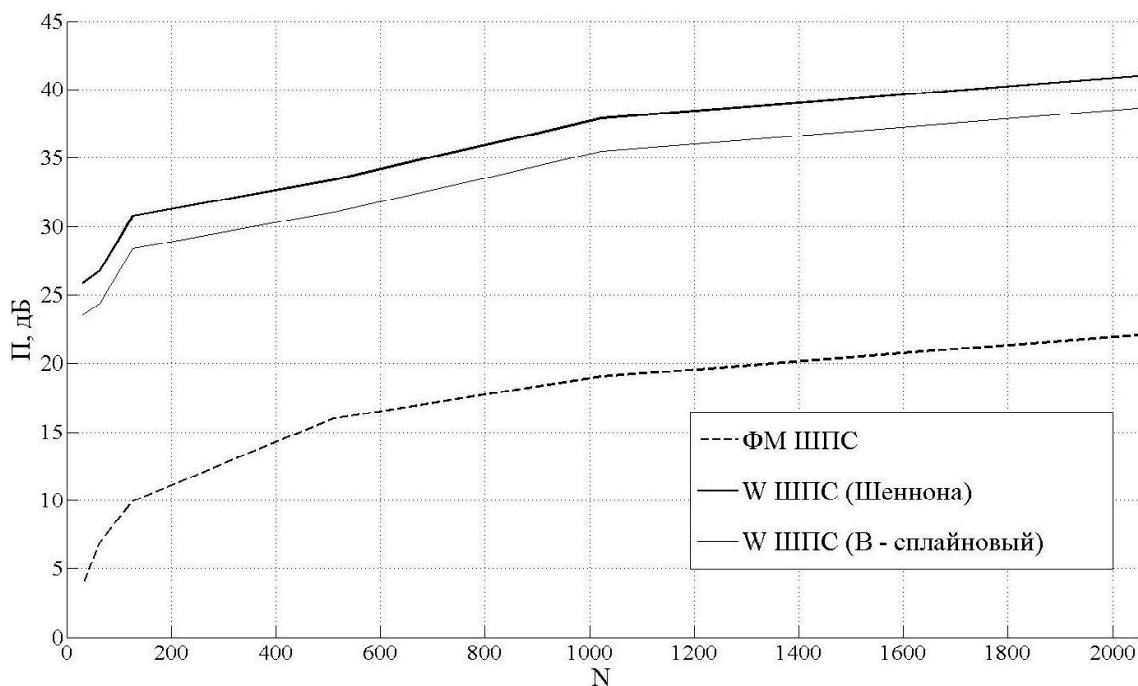


Рис. 2. Зависимость помехозащищённости от длины ПСП для ФМ ШПС

Воздействие мультипликативной помехи подобно эффекту многолучёвости. Полезный сигнал приходит с разных направлений с некоторой задержкой. Все пришедшие сигналы суммируются с учётом амплитуд и фаз.

помех на формируемые ШПС показал, что вейвлет ШПС практически не восприимчив к воздействию аддитивных узкополосных помех и сохраняют свою структуру при воздействии мультипликативных помех. В то же

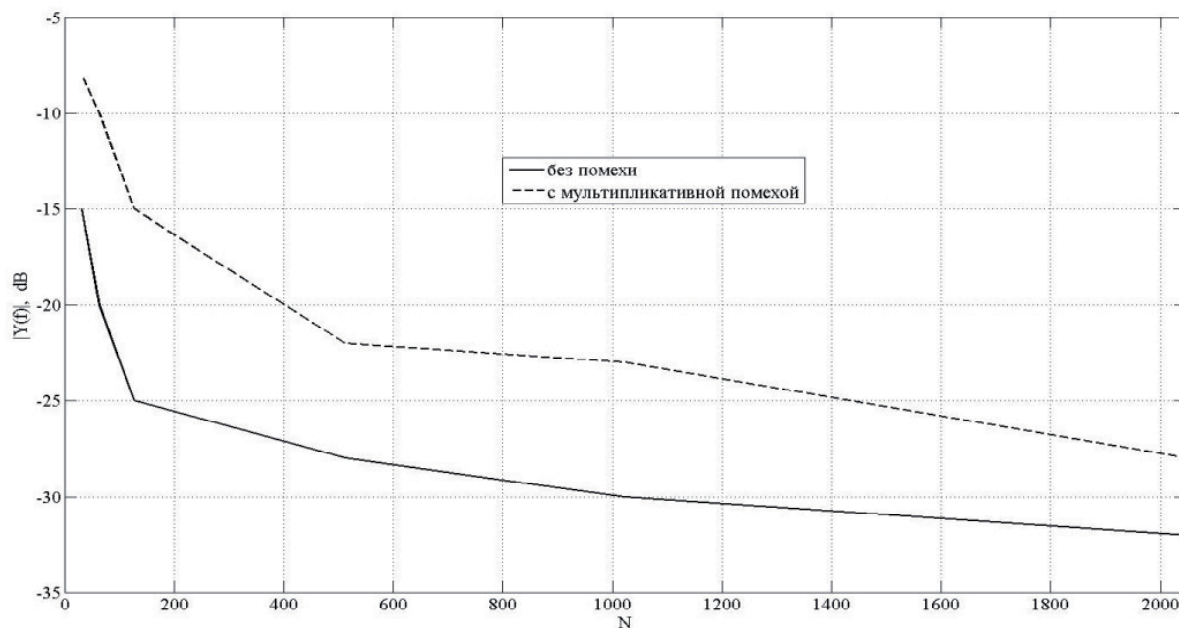


Рис. 3. Зависимость уровня спектральных составляющих от длины ПСП для ФМ ШПС

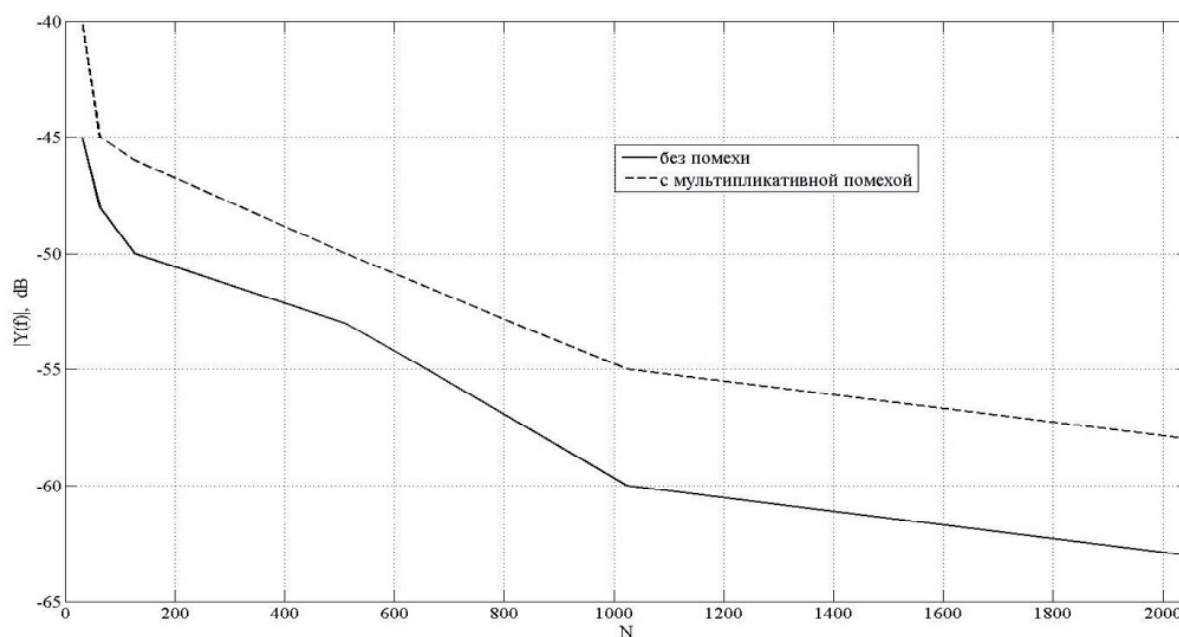


Рис. 4. Зависимость уровня спектральных составляющих от длины ПСП для сигнала, модулированного вейвлетом Шеннона

время ФМ ШПС в силу более узкой ширины полосы намного больше подвержены негативному влиянию помех.

Проведенный анализ позволил экспериментально определить тип вейвлет-функции, наиболее эффективно расширяющей спектр сигнала при фиксированной длине ПСП, – это вейвлет Шеннона.

Библиографические ссылки

1. Болотов Н. В., Ткач Ю. В. Генерирование сигналов с фрактальными спектрами // Журнал технической физики. 2006. Т. 76, вып. 4.
2. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М. : Радио и связь, 1985. 384 с.
3. Ширман Я. Д. Теоретические основы радиолокации. М. : Советское радио, 1970. 561 с.