

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

УДК 621.396.962

Горошко Сергей Максимович

Система обработки сигналов радиолокатора непрерывного действия с ЛЧМ

### **АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы  
и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

Минск 2016

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель

**Малевич Игорь Юрьевич,**  
доктор технических наук,  
профессор

Официальные оппоненты

**Листопад Николай Измайлович,**  
доктор технических наук,  
профессор, заведующий кафедрой  
информационных радиотехнологий  
учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет информатики и  
радиоэлектроники»

Оппонирующая организация

Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Защита состоится «17 июня 2016 г. На заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.03 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, e-mail: [dissovet@bsuir.by](mailto:dissovet@bsuir.by)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Автореферат разослан « » 2016 г.

## **КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире трудно переоценить роль радиолокационных устройств ближнего обнаружения, которые находят широкое применение в системах предупреждения столкновений, системах безопасности, системах охраны периметров и т.п. В последние годы эта сфера применения практически полностью переложилась на РЛС непрерывного действия с ЛЧМ, которые позволяют обнаруживать и измерять дальность и радиальную скорость точно так же, как и импульсные РЛС, отличаясь от последних низкой стоимостью, малыми габаритами, меньшим энергопотреблением и отсутствием слепой зоны. Обеспечение качественных характеристик радиолокатора непрерывного действия с ЛЧМ требует реализации эффективной системы обработки радиолокационной информации.

В связи с указанным решение задач, поставленных в магистерской диссертации, позволит обеспечить создание нового технического решения системы обработки сигналов радиолокатора непрерывного действия с улучшенными функционально-энергетическими характеристиками.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность работы**

Необходимость повышения эффективности регистрации и обработки сигналов дальней зоны в РЛС непрерывного действия с ЛЧМ определяет требования улучшения функционально-энергетических характеристик системы обработки радиолокационной информации.

### **Цель исследования**

Разработка нового технического решения, алгоритма функционирования и программного обеспечения цифровой системы обработки сигналов радиолокатора непрерывного действия с ЛЧМ.

### **Задачи исследования**

1. Анализ методов построения радиолокаторов непрерывного действия с ЛЧМ и методов обработки радиолокационных сигналов.
2. Разработка технического решения системы обработки сигналов радиолокатора непрерывного действия с ЛЧМ с улучшенными функционально-энергетическими характеристиками.
3. Моделирование и экспериментальные исследования разработанной системы обработки сигналов радиолокатора непрерывного действия с ЛЧМ.

**Объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы. Работа содержит 79 страниц основного текста, 57 рисунков. Список использованной литературы включает 48 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В магистерской диссертации представлены материалы исследований, которые являются результатом самостоятельной работы автора.

В диссертационной работе рассмотрены основные принципы построения радиолокаторов непрерывного действия с линейной частотной модуляцией, аппаратно-программные средства цифровой системы обработки сигналов.

Работа системы с симметричной частотной модуляцией по пилообразному закону, которая используется в радиодальномерах, осуществляется в соответствии с блок-схемой радиолокатора, изображенной на рисунке 1.

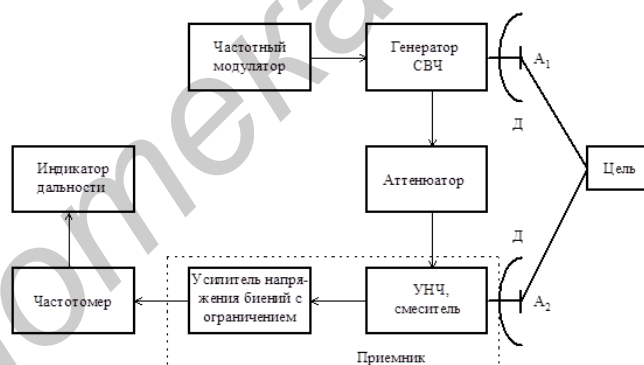


Рисунок 1 – Блок-схема дальномера

В настоящей работе обработка разностного сигнала в радаре ближнего действия осуществлялась по полифазной форме построения системы с применением ДПФ. Полифазная форма построения системы является по существу эффективным способом реализации прямой параллельной формы, позволяющим операцию разделения частотных каналов свести к алгоритму ДПФ, а функцию спектрального окна преобразования задавать с помощью параллельного набора полифазных фильтров.

Моделирование алгоритма обработки разностного сигнала в радаре ближнего действия проводилось в среде Matlab. Структурная схема

обработки с использованием полифазной формы банка фильтров приведена на рисунке 2.

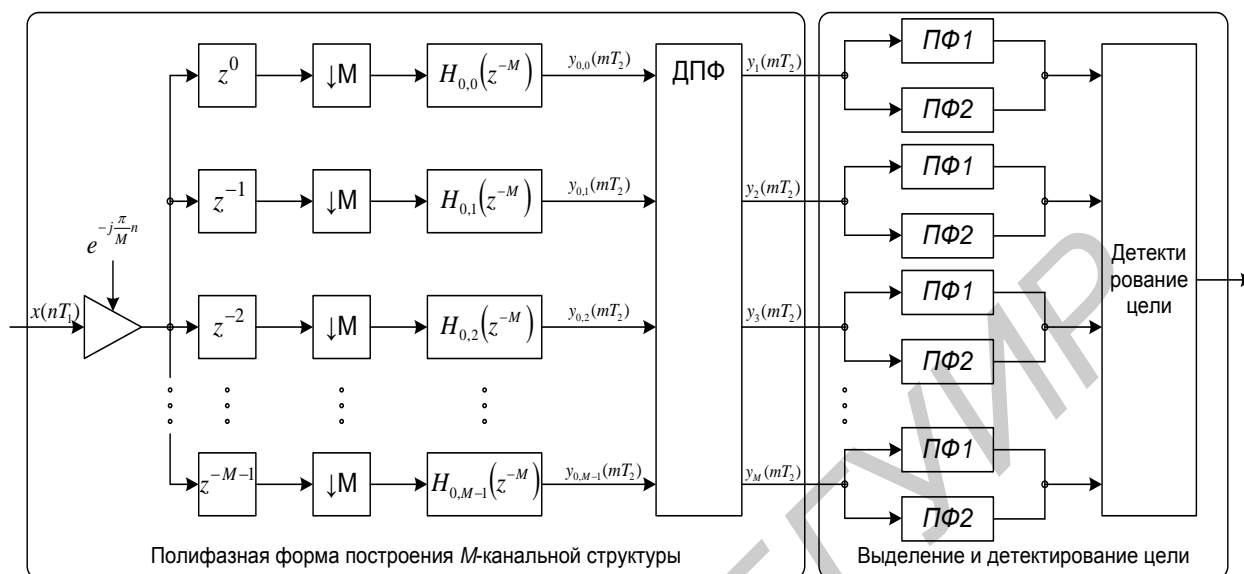


Рисунок 2 - Структурная схема обработки разностного сигнала

В работе предлагается вычислительно простой метод оценки значений мгновенной частоты ЛЧМ сигнала, основой которого является использование схемы фазовой автоподстройки частоты на основе цифрового фильтра с перестраиваемыми параметрами. Данная схема (рисунок 3) включает в себя комплексный цифровой фильтр, характеризующийся частотой  $f_c$  и фазой  $\varphi_c$ , устройство перемножения действительной и мнимой компонент его выходного сигнала, а также блок управления.

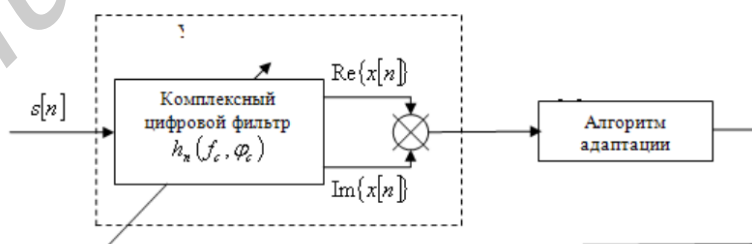


Рисунок 3 - Схема фазовой автоподстройки частоты на основе цифрового адаптивного фильтра

По результатам моделирования были получены эмпирические зависимости относительного интервала разрешения от отношения сигнал-шум, характеризующие эффективность методов разрешения сигналов (рисунок 4).

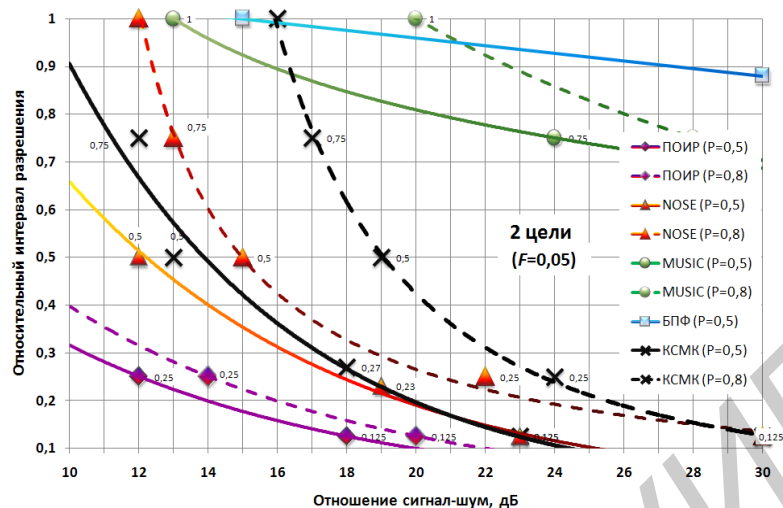


Рисунок 4 – Оценка разрешающей способности алгоритмов БПФ, MUSIC, КСМК, NOSE в частотной области

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях остается актуальной задача детектирования движущихся объектов в радиосистемах обнаружения ближнего действия. Обеспечение требований низкой стоимости, малых габаритов и энергопотребления и одновременно высоких показателей функциональности делают актуальной задачу поиска эффективных способов реализации алгоритмов.

Моделирование и реализация алгоритма обработки разностного сигнала в радаре ближнего действия с использованием полифазной структуры банка фильтров показывает эффективность алгоритма, которая позволяет уменьшить вычислительные затраты. Использование параллельных канальных фильтров, также позволяет повысить точность и надежность системы за счет увеличения отношения сигнал/шум, возникающего из-за подавления широкополосных шумов в частотной области, а так же увеличить вероятность обнаружения объекта.

Рассмотрена задача оценивания параметров сигналов с линейной частотной модуляцией. Предложен метод оценки мгновенной частоты сигнала на основе цифровой адаптивной фильтрации, а также алгоритм оценки параметров и классификации сигналов. Приведены рекомендации по выбору параметров фильтра и адаптивного алгоритма. Результаты проведенных исследований позволили выявить предельные значения

отношения сигнал/шум, при которых возможно получение устойчивых результатов, а также показали, что предложенный подход к оценке мгновенной частоты в условиях наличия коротких выборок данных позволяет добиться ощутимого повышения точности оценки параметров сигналов по сравнению с классическими методами.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Сверхширокополосный радиолокатор для дистанционного обнаружения объектов/ Горошко С.М.// Доклады БГУИР. – 2015. – № 5 (59). – С. 14.
2. Моделирование зондирующих ЛЧМ сигналов/ Горошко С.М.// Современные средства связи. – 2015. – № 48 – С. 49.
3. Моделирование в системе Matlab радиолокатора непрерывного действия с линейной частотной модуляцией / Горошко С.М.// Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций. – 2015. – № 11. – С. 52.
4. Разработка модели радиолокатора непрерывного действия с линейной частотной модуляцией/ Горошко С.М.// Доклады БГУИР. – 2016. – № 8 (60). – С. 22.