

Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Московский государственный  
технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ МГТУ имени  
Н.Э. Баумана  
(НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
тел. / факс (499) 267-75-96  
E-mail: [niiret@bmstu.ru](mailto:niiret@bmstu.ru)  
ИНН/КПП 7701002520/770132002

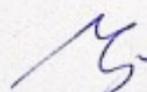
Ученому Секретарю  
диссертационного Совета 24.2.327.01  
к.т.н. А. А. Горбуновой.  
Московский авиационный институт,  
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д. 4.

Уважаемая Анастасия Александровна!

Высылаю Вам заверенный отзыв на кандидатскую диссертацию Козлова Р. Ю.

Приложение: Отзыв в 2-х экз., на 3-х стр. каждый.

Официальный оппонент  
д.т.н., с.н.с. главный научный сотрудник  
НИИ РЭТ МГТУ им. Н. Э. Баумана

 Чапурский В. В.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

« 27 » 11 20 24 г.

## ОТЗЫВ

официального оппонента Главного научного сотрудника НИИРЭТ МГТУ им. Н.Э.Баумана, д.т.н., с.н.с. **Чапурского Валерия Викторовича** на диссертацию **Козлова Романа Юрьевича** на тему: «Обработка сверхширокополосных сигналов в радиолокаторах обнаружения и сопровождения людей в помещении через стену», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:

2.2.16 Радиолокация и радионавигация.

**1. Актуальность темы диссертации.** Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию алгоритмов обработки сигналов с целью обнаружения живых людей в помещениях с помощью радиолокаторов зондирования через стену (РЗЧС). Задачи обнаружения людей через оптически непрозрачные преграды – стены, перегородки, потолочные и напольные перекрытия и др., представляют большой интерес для различных спецслужб и силовых структур. При этом важным является не только факт обнаружения людей, но также определение их числа, расположения в помещении и траектории перемещения в процессе наблюдения.

**2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна**

Существует большое количество работ, направленных на решение указанных проблем и связанных с вопросами первичной и вторичной обработки сигналов в РЗЧС. Это работы Иммореева И. Я., Ивашова С. И., Бугаева А. С., Чапурского В. В., Вовшина Б. М., а также зарубежных ученых Amin M. G., Aftanas M. I., Martone A. F., Ranney K., Lubecke V., V.Lubecke O.

Однако наиболее сложной и на сегодняшний день неудовлетворительно решенной является проблема одновременного обнаружения подвижных и неподвижных людей, что связано с существенным отличием сигналов для этих двух случаев. Один из путей решения этой задачи заключается в повышении значения отношения сигнал-шум (ОСШ) при первичной обработке сигналов.

Другая проблема обусловлена влиянием интерференционных помех на точность измерения координат целей. Она решается с помощью методов вторичной обработки радиолокационной информации. Здесь следует отметить различные подходы, основанные на использовании как традиционных методов калмановской фильтрации, так и нетрадиционные подходы, в частности, метод описания целей с помощью множества признаков, предложенный Игониной Ю.В.

В диссертационной работе используется комплексный подход к решению задачи обнаружения людей с помощью РЗЧС, основанный на разработке совместных алгоритмов *первичной* и *вторичной* обработки радиолокационных данных. При этом рассматривается вариант использования зондирующих СШП сигналов со ступенчатой частотной

модуляцией (СЧМ), описанной в литературе для частного варианта РЗЧС и для иных вариантов СШП биорадиолокаторов.

**3. Новые научные результаты.** В рамках исследования получены следующие новые результаты:

1. Алгоритм предварительной обработки СЧМ сигналов, использующий нелинейное преобразование амплитуд комплексных отсчетов и позволяющий скомпенсировать амплитудно-частотные искажения сигнала при его приеме в условиях зондирования помещений через стену.

2. Модель сигнала, характеризующего форму и основные свойства сигналов, отраженных от людей с учетом дыхания и движения различными частями тела человека.

3. Алгоритм согласованной фильтрации сигналов на основе разработанной модели сигналов, отраженных от людей.

4. Алгоритм сглаживания траектории движения цели, учитывающий влияние интерференционных помех на точность измерения координат и позволяющий значительно повысить точность измерения координат обнаруженных целей.

#### ***Положения, выносимые на защиту***

1. Алгоритм обработки сигнала со ступенчатой частотной модуляцией, основанный на выравнивании амплитуд дискретных значений сигнала на выходе квадратурного детектора путем их нормировки по абсолютному значению, позволяет скомпенсировать неравномерность амплитудно-частотной характеристики входного тракта приемника и получить выигрыш в значении отношения сигнал-шум (ОСШ) в зависимости от входного значения ОСШ и условий зондирования (дальности до цели, углу наблюдения, толщины стены, через которую проводится зондирование, и интерференционных помех) в пределах 1...5 дБ.

2. Разработанная модель сигнала, отраженного от человека, основана на описании амплитудно-дальностного портрета, оптимизация параметров которого по критерию максимума ОСШ, позволяет построить согласованный фильтр, обеспечивающий увеличение выходного значения ОСШ на 1...3 дБ.

3. Алгоритм вычисления текущих координат целей в РЗЧС в условиях воздействия интерференционных помех, основанный на использовании робастной оценки, позволяет уменьшить влияние аномальных оценок и повысить точность измерения координат целей в 1,5...2, 5 раза.

#### ***Публикации***

Основные результаты по теме исследования изложены в 8 работах, из которых 3 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 5 работ опубликованы в тезисах докладов научных конференций: XII Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» 2018-го года, международной конференции «Авиация и космонавтика» 2018-го года, международной конференции «Гагаринские чтения» 2020-го года, международной конференции «Авиация и космонавтика» 2022-го года,

международной конференции "Цифровая обработка сигналов и ее применение" 2022-го года.

**Реализация и внедрение результатов**

Результаты диссертации внедрены в разработки предприятия «Фазотрон – НИИР». Акт о внедрении дан в приложении к диссертации.

**Теоретическая и практическая значимость диссертации**

Следует отметить два аспекта значимости представленной диссертационной работы. В *теоретическом плане* ее автором предложена возможность создания радиолокатора зондирования через стену с практически одинаковым качеством изображения подвижных и неподвижных объектов внутри помещения. В *практическом плане* данное качество достигается при минимальном составе аппаратуры на базе всего двух сосредоточенных СШП антенн – приемной и передающей с общим цифровым каналом совместной цифровой обработки.

**Замечания и вопросы по диссертации**

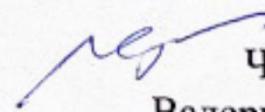
Имеются замечания по обзору работ, сделанному во введении. Он не учитывает ряда близких областей теории и практики, таких как видео импульсное подповерхностное зондирование, MIMO системы радиолокации и радиоголографии, в частности системы «Radar Vision» и «Radar Vision-2» американской фирмы «Time Domain».

**Заключение**

Диссертация Козлова Романа Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, все защищаемые положения диссертации прошли апробацию на конференциях, по теме исследования опубликовано три научных статьи в изданиях, соответствующих перечню ВАК, а также в трудах пяти всероссийских конференций.

Диссертация Козлова Р. Ю., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16, соответствует требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, а ее автор Козлов Роман Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 «Радиолокация и радионавигация».

Официальный оппонент с. н. с., д. т. н., Главный научный сотрудник НИИ радиоэлектронной техники (НИИ РЭТ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования МГТУ им. Н.Э. Баумана.(г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр. 1)

  
Чапурский  
Валерий Викторович

Телефон: (499) 26-75-96, E-mail: [niiret@bmstu.ru](mailto:niiret@bmstu.ru)

Подпись Чапурского В.В. заверяю, директор НИИ РЭТ, к.т.н.



М. И. Нониашвили «26» ноября 2024 г.

С отзывами ознакомлен  
27.11.2024 ф.о. Козлов Р.Ю.