

О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, Кошелева Виталия Ивановича на диссертацию Игониной Юлии Валерьевны на тему **«Обнаружение и сопровождение людей при радиолокационном зондировании помещений через стену»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

Оппоненту были представлены: Диссертационная работа на 127 листах из четырёх глав со списком литературы из 109 наименований и автореферат диссертации.

Актуальность темы. Целью, поставленной в диссертации Ю.В. Игониной, является разработка эффективных алгоритмов обнаружения и сопровождения людей при помощи радаров малой (до 50 м) дальности, зондирующих помещения через стену. Отметим, что в ранних источниках авторы частот называли подобные РЛС запреградными. Эта тема малоисследована и до сих пор недостаточно освещена в технической литературе.

Специфическими особенностями подобных РЛС малой дальности, отличающими их от традиционных РЛС, являются искажения сигналов при прохождении их через стены и свойства объектов локации, в качестве которых рассматриваются живые люди. Важнейшей особенностью таких РЛС является наличие значительных интерференционных помех, обусловленных переотражениями сигналов от строительных элементов помещения и предметов интерьера. Объекты радиолокации (живые люди), которые могут быть неподвижными или находиться в движении, характеризуются сильными флуктуациями эффективной площади рассеяния. Перечисленные особенности в теоретическом плане определяют высокую сложность и актуальность разработки алгоритмов и устройств обнаружения и сопровождения целей, работоспособных при наличии сильных интерференционных помех и обеспечивающих приемлемые значения частоты появления ложных отметок и пропусков целей.

В работе Ю.В. Игониной исследуются вопросы анализа прохождения радиолокационных сигналов через стены строительных конструкций и их влияние на точность измерения координат объектов в радиолокаторах зондирования через стену (РЗЧС), определен набор информативных признаков и алгоритмы их оценки, разработаны модель и алгоритм обнаружения и сопровождения объектов, проведены модельные и натурные эксперименты на макете РЗЧС. В процессе обработки отраженного сигнала автор вводит и определяет ранг информативных признаков, характеризующих свойства объектов отражения.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

18 02 2022

Таким образом, тема диссертационной работы Юлии Валерьевны Игониной является **актуальной и соответствует специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.**

Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации и правильно отражает содержание работы.

Основное научное содержание диссертации **верно отражено в положениях**, выносимых на защиту.

В первой и второй главах диссертационной работы, являющихся в теоретическом плане ключевыми, автором проведен анализ свойств объектов радиолокации, в качестве которых рассматриваются живые люди, характеризующиеся микроперемещениями в результате эффектов движения, дыхания и сердцебиения. Введена многоточечная нестационарная модель их перемещения, которая использована в дальнейшем при статистическом моделировании полезных сигналов. рассмотрены структура, принцип обработки сигналов и основные характеристики РЛС зондирования помещений через стену с учетом использования сверхширокополосных сигналов со ступенчатой частотной модуляцией (СШП СЧМ), из компромиссных соображений определена рабочая частота сигнала, проведены эксперименты, в которых достигнуты значения разрешающей способности от 0,08 м до 0,2 м. Определено понятия кадра, характеризующего отражения в координатах «дальность – азимут». Подробно проанализированы и определены информативные признаки, которые могут характеризовать наличие объектов в элементах разрешения в координатах «дальность – азимут» и послужить решению задачи обнаружения объектов в зоне действия РЗЧС с использованием методов распознавания образов.

В третьей главе описаны процедуры статистического моделирования отраженных сигналов при зондировании помещений через стену. Основное внимание уделено использованию сложных сосредоточенных целей, для которых автором разработаны модели отраженных человеком сигналов, и методы построения траекторий перемещения в соответствии с моделями движения (от стены к стене, по кругу и др.). Получены модельные кадры, сопоставленные с реальными экспериментальными данными. Приведенное отображение показывает сходство модельных и реальных кадров. Разработанные модели сигналов использовались для анализа информативности признаков и для исследования эффективности различных алгоритмов. Разработан и описан программный комплекс обнаружения и сопровождения целей, включающий первичную обработку модельного сигнала.

Четвёртая глава содержит анализ результатов эксперимента, полученного на базе разработанного макета многоканальной РЛС ближнего действия. Эксперименты проведены при варьировании внешних условий (внутри помещений и на открытых территориях) Эффективность результатов вторичной обработки данных оценивалась с помощью введенных показателей качества, ранжированных по информативности. Показано, что наибольшую информативность имеет признак «усреднения дисперсии», значение которого превышает информативность других признаков в несколько раз. Получены вероятностные оценки показателей качества алгоритмов обнаружения и сопровождения целей в условиях проведенного эксперимента. Проведенный подробный анализ позволил провести ранжирование всех признаков по информативности, что имеет важный практический смысл.

Считаю, что **основные положения диссертации доказаны автором**, прошли необходимую апробацию и достаточно полно опубликованы в научно-технических изданиях, из которых 4 статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК, а также опубликованы в 3^х тезисах докладов на научно-технических конференциях.

Полученные результаты отличаются **научной новизной**, которая, прежде всего, состоит в разработке новых алгоритмов обнаружения и сопровождения людей в РЗЧС, основанных на использовании совокупности признаков лоцируемых через стену объектов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений, т.к. они проверены теорией и экспериментом, непротиворечивы и *практически могут быть использованы* для противодействия терроризму, в контроле опасных помещений (радиация, опасность взрыва или химического заражения и т.п.), обнаружения и контроля перемещения людей за оптическими непрозрачными преградами, дистанционном досмотре транспортных средств. Результаты диссертации могут быть широко **внедрены практически** в рамках созданного экспериментального образца РЗЧС.

Значимость диссертации Ю.В. Игониной для науки и практики состоит в полученных новых эффективных алгоритмах обнаружения и сопровождения целей, зондируемых через стены и проведении большого объема модельных и натурных экспериментов, подтвердивших их высокую эффективность и практическую значимость.

Возможны **пути дальнейшего использования** результатов диссертации для проектирования радиолокаторов малой дальности обнаружения людей в помещениях после техногенных катастроф и стихийных бедствий, определении численности и расположения людей, их состояния и перемещения при проведении контртеррористических операций.

Качество оформления диссертации и автореферата в основном соответствует требованиям, предъявляемым к научно-исследовательским работам и диссертациям.

Результаты диссертационной работы представляются **достоверными**, так как получены с применением физически обоснованных аналитических моделей тракта прохождения зондирующего и отраженного сигналов, согласованы с положениями статистической теории радиосистем, теории СШП, методами распознавания образов, модельные результаты сопоставлены с экспериментальными данными.

Положительные стороны работы состоят в ее цельности, завершенности, логической последовательности изложения научно-технических результатов, во взаимосвязи теоретических, модельных и экспериментальных результатов, их подтверждении экспериментом на макете РЗЧС, позволяющем формировать и обрабатывать СШП.

Вместе с тем по работе имеются следующие **основные замечания**:

- не получены результаты предельной эффективности обнаружения отраженных сигналов на основе строго оптимальных (или квазиоптимальных) алгоритмов, что позволило бы оценить степень приближения к ним полученных автором эвристических алгоритмов и перспективу их дальнейшего совершенствования;

- в первом положении, выносимом на защиту, отмечено, что разработанный метод обнаружения и сопровождения людей позволяет **повысить** вероятность обнаружения целей **при снижении** числа ложных обнаружений более чем в 2 раза по сравнению с известным методом. Правильнее было бы указать на количественное повышение вероятности правильного обнаружения при фиксированном значении числа ложных обнаружений;

- используется не вполне корректное понятие оптимальное значение порога без пояснения критерия оптимальности (стр. 73 диссертации), а также непонятно определение по формуле (2.9) на стр. 68 адаптивного порога, зависящего от k и не зависящего от n , как значение вариационного ряда, зависящего и от k и от n .

Имеется несколько **редакционных замечаний**:

- фраза «...использование предложенного метода вторичной обработки сигналов ... позволяет **полностью удалить сигналы помех**, выделяя лишь полезный сигнал...» представляется не вполне корректной, т.к. помехи носят стохастический характер и их невозможно удалить полностью; аналогичное замечание относится к фразе «...при этом важно, чтобы автокорреляционная функция полезного сигнала **не имела боковых лепестков** по дальности...»;

- на стр. 11 автореферата ошибочно дана ссылка на формулу (15) вместо формулы (13), при этом ссылка в диссертации на формулу (2.17) приведена верно.

Заключение о соответствии диссертации критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Таким образом, результаты и выводы диссертационной работы, состоящие в **решении актуальной прикладной научной задачи** – повышения качественных характеристик РЛС малой дальности, имеющей важное научное и прикладное значение для обнаружения людей в помещениях после техногенных и природных катастроф и при проведении контртеррористических операций, обладают научной новизной, обоснованы, достоверны и в полной мере опубликованы.

Отмеченные выше недостатки не меняют общей положительной характеристики диссертационной работы Ю.В. Игониной, которая представляет собой завершенную самостоятельно на высоком научно-техническом уровне выполненную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор — Иголина Юлия Валерьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Отзыв подготовил официальный оппонент, доктор технических наук, заведующий кафедрой радиотехнических систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина».

Д-р техн. наук, проф.



Виталий Иванович Кошелев

14.02.22. (koshelev.v.i@rsreu.ru) Тел.: +7(4912) 72-03-59

Личную подпись заведующего кафедрой радиотехнических систем, проф. В.И. Кошелева удостоверяю

Проректор по научной работе
и инновациям РГРТУ

(должность)



(подпись)

М.П.

С.И. Гусев
(Ф.И.О.)

Адрес организации: 390005, Рязань, Гагарина, 59/1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина" ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ.

Тел.: +7(4912) 72-03-03 Факс: +7(4912) 92-22-15 E-mail: rgрту@rsreu.ru