

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Нестерова Вадима Юрьевича «Развитие методов однопозиционного местопределения объектов по результатам пассивной когерентной радиолокации объектов, движущихся в атмосфере Земли», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика.

Диссертационная работа Нестерова В.Ю. посвящена исследованию эффектов, возникающих при рассеянии радиоволн декаметрового диапазона объектами, движущимися в атмосфере Земли, когда подсвет рассеивателя осуществляется пространственными волнами, распространяющимися от передатчиков загоризонтных радиолокаторов, некорпоративных специализированных передатчиков или широкоэмиттерных станций с высокостабильной несущей частотой за счет однократного или многократного отражения от ионосферы (многопрыжковый механизм распространения). Особенностью таких источников КВ сигналов является то, что они могут быть удалены от объекта рассеяния на несколько тысяч километров. В свою очередь, особенностью рассеянных сигналов является их весьма малая амплитуда. Как следствие, возникает проблема их выделения на фоне мощных прямых сигналов подсвета, связывание в непрерывные временные следы множественных характеристик распространения для каждого отдельного объекта. Задача усложняется тем, что одновременно существующих рассеивающих объектов может быть несколько, а из-за малой амплитуды рассеянного сигнала интервалы регистрации могут иметь разрывы в информационных данных. Кроме того, рассеянные сигналы могут регистрироваться различными комплексами с широким разнообразием выделяемых информационных параметров (характеристик распространения): простейшие комплексы позволяют получить только квазимгновенную амплитуду сигнала и его доплеровское смещение частоты, но при этом им достаточно иметь один приемный канал (антенну). В более сложных случаях могут использоваться для решения задач обнаружения и пространственной локализации объекта в атмосфере Земли антенные решетки КВ диапазона, позволяющие дополнительно фиксировать углы прихода в азимутальной и угломестной плоскостях. Дальнейшее развитие методов обработки напряжений на элементах антенной решетки при подсвете объекта ЛЧМ-сигналами загоризонтных радиолокаторов, можно измерять квазимгновенное значение групповой задержки на распространение прямого

и рассеянного сигналов. Такое многообразие радиофизических способам извлечения информационных параметров рассеянных сигналов требует разработки единого подхода к решению задачи пространственной локализации движущегося в атмосфере Земли объекта, оценки его вектора полной скорости и ускорения. С другой стороны, развитый Нестеровым В.Ю. подход должен обеспечивать решение указанной задачи даже при минимальном наборе характеристик сигналов, рассеянных движущимся объектом. Кроме этого, большое внимание в работе Нестерова В.Ю. уделено разработке имитационной модели рассеяния на движущимся объекте с учетом многоскачкового распространения декаметровых радиоволн (ДКМВ) в двух вариантах. Одна модель построена в геометрооптическом приближении, более точна, учитывает физические особенности неоднородной магнитоактивной ионосферы, формирующей сигнал подсвета. Модель трудоемка в вычислительном отношении даже для современной вычислительной техники. Вторая модель целенаправленно разрабатывалась как упрощенная, на основе более простых представлений о распространении ДКМВ. Однако автору удалось обеспечить работу этой модели в реальном масштабе времени и получение с её помощью пространственных координат движущегося объекта, его вектора скорости и ускорения. Практически важным является то, что упрощенная модель допускает встраивание в любой программно-аппаратный комплекс пассивной когерентной радиолокации для оценки указанных параметров объекта рассеяния. Ценность работы Нестерова В.Ю. заключается еще и в том, что обе разработанные модели прошли экспериментальную апробацию с использованием нескольких программно-аппаратных комплексов: многочастотный доплеровский радар (один приемный канал), широкоапертурный КВ радиопеленгатор с использованием некорпоративных или широковещательных передатчиков с высокостабильной частотой; ЛЧМ-зонд/радиопеленгатор, который для обнаружения объекта использует ЛЧМ сигналы зондирования ионосферы или ЛЧМ сигналы загоризонтных радиолокаторов. Описаны методы измерений и реализующие их программно-аппаратные комплексы, в том числе впервые предложенные автором для достижения целей, поставленных в диссертации. Полученные в процессе работы над диссертацией и использованные более ранние многолетние экспериментальные данные, позволили Нестерову В.Ю. всесторонне апробировать разработанные способы выделения рассеянных сигналов и созданные имитационные модели для пространственной локализации движущихся в атмосфере Земли объектов, получить

оценки возникающих при этом погрешностей на различных дальностях обнаружения. Несомненной ценностью работы является как раз то, что все результаты, полученные автором, прошли экспериментальную апробацию для доказательства достоверности сформулированных положений.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена исследованиями особенностей КВ сигналов, рассеянных движущимися объектами, полученным большим объемом обработанных комплексных экспериментальных данных при различных наборах информационных параметров рассеянных сигналов, развитым впервые упрощенным способом пространственной локализации объектов в комплексах пассивной когерентной радиолокации, способным работать в реальном масштабе времени.

Нестеров В.Ю. после окончания бакалавриата в 2019 и магистратуры физического факультета Южного федерального университета (ЮФУ) в 2021 году обучался в аспирантуре ЮФУ на кафедре радиофизики с 2021 по 2025 гг. По объективным обстоятельствам он не имел возможности защитить диссертацию сразу после окончания аспирантуры. Тем не менее, он плодотворно продолжал исследования, начатые в аспирантуре вплоть по настоящее время. Это подтверждается тем, что полученные результаты регулярно докладывались на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах. Он принимал участие в научно-исследовательских работах лаборатории распространения радиоволн «Сигнал» физического факультета ЮФУ. Общий объем научных публикаций Нестерова Ю.В. за время его научной деятельности от окончания университета до настоящего времени составляет по теме диссертации 12 работ, в том числе 4 статьи, входящих в перечень ВАК РФ, две из них опубликованы в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science, RSCI.

Основной упор в диссертационной работе был сделан на проведение, обработку и интерпретацию полученных результатов многочисленных комплексных экспериментов, в части из которых Нестеров В.Ю. участвовал лично. Обработка сложных столь масштабных экспериментальных исследований потребовало большой выдержки и терпения, разработки современного программного обеспечения для анализа огромных массивов экспериментальных данных. Им было освоено несколько оригинальных методик моделирования распространения радиоволн в магнитоактивной неоднородной ионосферной плазме, а также разработано собственное программное обеспечение для ав-

томатизации процессов моделирования распространения декаметровых волн в ионосфере, измерения и цифровой обработки сигналов, визуализации получаемой информации.

Все научные результаты достаточно полно представлены в публикациях Нестерова В.Ю. Наиболее значимые результаты диссертационной работы Нестерова В.Ю. состоят в следующем:

1. Разработан общий подход к обнаружению и выделению следов движущихся с атмосфере Земли объектов в многомерном пространстве информационных параметров, измеряемых различными программно-аппаратными комплексами пассивной когерентной радиолокации..

2. На основе имитационного моделирования определены особенности рассеяния ДКМВ при многоскачковом механизме распространения радиоволн сигнала подсвета КВ диапазона.

3. Разработана полная имитационная модель рассеяния ДКМВ движущимся объектом на основе структурно физического подхода и упрощенный вариант модели, позволяющий решать задачи пространственной локализации объекта в реальном масштабе времени.

4. С помощью различных цифровых программно-аппаратных комплексов, в том числе ЛЧМ-зонда/пеленгатора доказана работоспособность развитых моделей.

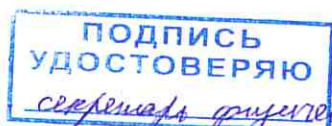
В процессе работы над диссертацией Нестеров В.Ю. проявил себя как вполне сложившийся исследователь. Его отличают высокий уровень инициативы и самостоятельности в решении поставленных задач, большое трудолюбие и целеустремленность. Следует отметить также отличное владение современной компьютерной и экспериментальной техникой. Эти качества его как исследователя, несомненно, способствовали тому, что полученные им результаты имеют большую научную и практическую ценность, отличаются высокой степенью достоверности. Научные работы Нестерова В.Ю. и полученные им результаты известны научной общественности.

Считаю, что диссертационная работа Нестерова Вадима Юрьевича «Развитие методов однопозиционного местоопределения объектов по результатам пассивной когерентной радиолокации объектов, движущихся в атмосфере Земли», является научно-квалификационной работой, имеющей существенное значение в области ионосферного распространения ДКМВ радиоволн и пассивной когерентной радиолокации, а ее автор, Нестеров Вадим Юрьевич, за-

служивает присуждения ученой степени кандидата физико-математических по специальности 1.3.4 – радиофизика.

Вертоградов Геннадий Георгиевич,
профессор кафедры радиофизики физического факультета
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»;
доктор физико-математических наук, специальность 01.04.03 – радиофизика;
ученое звание: старший научный сотрудник по специальности «Радиофизика»;
«Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».
344090, г. Ростов-на-Дону, ул.Зорге, д.5,
физический факультет Южного федерального университета;
тел./факс: (863)2-97-51-20;
E-mail:vertogradovgg@gmail.com, ggvetrogradov@sfedu.ru.

Г.Г. Вертоградов



факультета

Омельченко Г.В.

