

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата физико-математических наук, доцента

Шоковой Юлии Александровны

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

Актуальность темы диссертационных исследований. Полуактивные и пассивно-когерентные радиолокационные станции обладают высокой скрытностью и низкой стоимостью, однако их применению препятствует необходимость выделения слабого эхо-сигнала объекта на фоне мощного сигнала подсвета от сторонних источников. Перспективным решением является использование в качестве сигналов подсвета коротких волн (3–30 МГц), распространяющихся на сверхдальние расстояния, однако существующие методы обработки результатов измерений КВ-систем не позволяют решать радиолокационные задачи в реальном времени. Это делает тему диссертационных исследований Нестерова Вадима Юрьевича актуальной, поскольку она предусматривает разработку методов радиолокационного обнаружения и определения координат объектов в КВ-диапазоне.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена экспериментами по измерению характеристик рассеянных воздушными объектами волн декаметрового диапазона, выполненными в различных гелиофизических условиях различными программно-аппаратными комплексами, а также сходимостью оценок местоположения этих объектов, полученных с помощью различных разработанных моделей, при синхронных измерениях различными комплексами и при определении местоположения путём триангуляции.

Научная новизна результатов работы состоит в следующем:

1. Предложена упрощённая имитационная модель распространения ионосферных радиоволн с учётом многоскачкового распространения, позволяющая в масштабе реального времени получать оценки характеристик рассеянного излучения в виде амплитуды, доплеровского сдвига частоты, задержки и углов прихода в двух плоскостях в месте расположения приёмного пункта.
2. Предложено применение упрощённой имитационной и динамической адаптивной структурно-физической моделей распространения ионосферных радиоволн декаметрового диапазона для однопозиционного местопределения движущихся воздушных объектов в Земной атмосфере.

Практическая значимость результатов диссертационной работы, выражается в следующем:

1. Разработан и подробно описан алгоритм автоматического выделения рассеянных сигналов путём определения минимального расстояния между точками многомерного пространства, по осям которого отмечены измеряемые характеристики.

2. Разработаны методы обнаружения объектов, движущихся в Земной атмосфере, основанные на минимизации невязки между результатами имитационного моделирования и экспериментальных измерений характеристик рассеиваемого ими излучения в дециметровом диапазоне.

3. Проанализированы характеристики рассеянных следов, полученные в результате распространения волн дециметрового диапазона в ионосферном канале при расположении передатчика на о. Кипр и приёмника в г. Ростов-на-Дону.

На основе полученных результатов, отражающих научную новизну и практическую значимость, автор правомерно сформулировал следующие **положения, выносимые на защиту:**

1. Способ автоматического обнаружения и выделения следов рассеиваемого излучения, основанный на анализе расстояния между точками в многомерном пространстве измеряемых характеристик, позволяющий выделить временные зависимости излучения при наличии разрывов в наблюдаемых данных.

2. Динамическая адаптивная структурно-физическая модель распространения ионосферных волн и её упрощённая версия, позволяющие выполнять расчёт пробных траекторий воздушных объектов и характеристик рассеиваемого ими излучения для дальнейшей минимизации невязки между наблюдаемыми и моделируемыми характеристиками.

3. Методы обнаружения и определения координат движущихся в тропосфере воздушных целей по результатам измерений временных зависимостей характеристик радиоизлучения, основанные на применении разработанных моделей к данным одноканального-многоканального доплеровского станда, КВ-радиопеленгатора и ЛЧМ ионизонда-радиопеленгатора.

4. Результаты экспериментальных измерений, подтверждающие работоспособность разработанных алгоритмов и методов обнаружения по одновременно измеряемым характеристикам рассеянных сигналов – ДСЧ и амплитуде, ДСЧ и углам прихода, углам прихода и задержке.

Апробация диссертации

Результаты диссертационной работы были доложены на международных и всероссийских конференциях: Всероссийская научная конференция «Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества», г. Омск, 2022 г.; Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь», г. Воронеж, 2023 г.; Международная научно-техническая конференция «Излучение и рассеяние электромагнитных волн», п. Дивноморское, 2023 г.; Всероссийская молодёжная научная школа-конференция «Распространение радиоволн», г. Йошкар-Ола, 2024 г.; Всероссийская открытая научная конференция «Распространение

радиоволн», г. Казань, 2025 г.; Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь», г. Воронеж, 2025 г.; Всероссийская научная конференция «Излучение и рассеяние электромагнитных волн», п. Дивноморское, 2025 г.

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, определенных ВАК для публикации научных результатов по специальности 1.3.4 «Радиофизика», 8 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, 2 работы индексируются в базах данных Web of Science и Scopus.

Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные положения представленной диссертационной работы.

Замечания и рекомендации

Несмотря на достаточно высокий уровень исследований, можно отметить ряд замечаний, относящихся к редакционным:

1. В автореферате при описании соотношений (1)-(10) отсутствует расшифровка используемых в них переменных.

2. Отсутствует соответствие кривых на рис. 6 используемым методам оценок траекторий движения.

3. В диссертации на с. 15 приводится неправильная расшифровка общеизвестной аббревиатуры ПЭВМ: не «промышленная», а «персональная».

4. Текст диссертации содержит в разделе 1 много известных определений, например, эффекта Фарадея, представление волны линейной поляризации при входе в ионосферу перпендикулярно силовым линиям магнитного поля Земли, закон секанса, критическая частота и т.д.

5. Непонятно, зачем автор сначала словесно описывает формулу, а затем её приводит в математической записи (соотношение (1.14) на с. 33).

6. При постановке задач автор использует не традиционную форму, начинающуюся с ключевого слова «пусть» и заканчивающуюся «требуется». Вместо этого в постановку включено требование к используемому для решения сформулированной задачи методу. Традиционно требования выносятся в ограничения.

7. На с. 48 автор указывает, что величина порога в модуле функции корреляции принимается равной 0,4, однако не поясняет по какому критерию это значение было выбрано.

8. В формулах (2.4) и (2.6) не описано, каким образом вычисляется Δ и Δ_m соответственно, которые являются входными переменными.

9. При описании результатов обработки данных эксперимента, приведенных в подразделе 2.4, было бы целесообразно привести не только графические зависимости отдельных слагаемых из (2.7), но и окончательный результат. В этом

случае можно было бы говорить о точности получаемого решения, вынесенного затем на рис. 2.6. На данном этапе было бы также целесообразно показать, каким образом точность измерения координат антенных элементов влияет на точность получаемого решения, о чем автор говорит на с. 45.

10. На рис. 2.6 способ отображения траектории воздушного объекта, заявленный в легенде, не соответствует отображению на самом рисунке.

11. На с. 56 автор вводит индекс активности ионосферы K_p , ранее не входивший ни в одно описание алгоритмов.

12. На рис. 2.1 приводится не блок-схема КВ-радиопеленгатора, а его структурная схема. Аналогично на рис. 3.1 приводится структурная схема ЛЧМ АР.

13. На с. 73 автор противоречит, утверждая, что на расстояние между элементами плоской антенной решетки строгих ограничений не следует накладывать, а на с. 74 формирует комплексную ДН данной решетки (соотношение (3.4)). Для обеспечения получения единственного главного максимума, т.е. отсутствия дифракционных максимумов, ограничения на расстояния между элементами должны вводиться.

14. На с. 76 при описании соотношения (3.5) автор говорит, что используется амплитудно-фазовое распределение (АФР), однако в соотношение входят только разности фаз, т.е. только фазовое распределение (ФР). Ссылка далее на формулу (3.4) только подтверждает это.

15. На с. 76 при описании соотношения (3.6) для вычисления среднеквадратичного отклонения (СКО) автор говорит, о том, что малость данной величины является необходимым условием достоверности получаемых результатов, однако ничего не говорит о порядке данной малости.

Оценка диссертации в целом

Диссертационная работа Нестерова Вадима Юрьевича является последовательным, завершённым научным исследованием, в котором изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны. Новизна технических решений, выводов и рекомендаций подтверждаются полученными результатами. Следует отметить, что высокий уровень исследований определяется взаимоувязанными результатами теоретических исследований, численного моделирования и экспериментальных исследований. Отмеченные замечания не носят определяющего характера и, в целом, не ставят под сомнение достоверность, научную и практическую значимость полученных результатов.

Заключение

Считаю, что Нестеров Вадим Юрьевич достиг поставленной цели диссертационных исследований. Основные результаты проведённой работы имеют несомненную научную новизну и практическую значимость.

Полученные автором новые научные результаты свидетельствуют о вкладе автора в науку, соответствуют пунктам специальности 1.3.4 – Радиофизика (отрасль

науки – физико-математические) по п.7: «Разработка теоретических основ новых методов и систем связи, навигационных, активных и пассивных локационных систем, основанных на использовании излучения и приема волновых полей различной физической природы и освоении новых частотных диапазонов».

Диссертация «Развитие методов однопозиционного местоопределения объектов, движущихся в атмосфере Земли, по результатам пассивной когерентной радиолокации» является завершённым научным трудом и удовлетворяет требованиям, установленным Положением «О присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (приказ ЮФУ № 62-ОД от 27 марта 2026г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям. В диссертации решены поставленные автором задачи, направленные на разработку алгоритмов и программ автоматического выделения рассеянных следов и определения координат движущихся объектов по результатам измерений КВ-диапазона с обеспечением работоспособности предложенных методов в реальном времени, а также на их экспериментальную проверку.

Диссертант Нестеров Вадим Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук, доцент по специальности 01.04.03 Радиофизика, доцент кафедры «Радиоэлектроника» ФГБОУ ВО Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону)

Шокова Юлия Александровна

Подпись официального оппонента кандидата физико-математических наук, доцента по специальности 01.04.03 Радиофизика, доцента кафедры «Радиоэлектроника» ФГБОУ ВО Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону) Шоковой Юлии Александровны ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь Ученого совета ДГТУ

В.Н. Анисимов

« 2 » октября 2026 года

Адрес: 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

Телефон: +7 (863) 258-91-53

E-mail: yshokova@donstu.ru