

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности
начальника учреждения
образования «Военная академия
Республики Беларусь»

полковник

И.М.Козлов

19.04.2024

ОТЗЫВ

оппонирующей организации учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

на диссертационную работу Толмачёва Алексея Владимировича на тему
«Формирование изображений винтов летательных аппаратов в
многопозиционной РЛС посредством синтеза апертуры антенны»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Содержание диссертационной работы соответствует отрасли науки «Технические» и специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация, предметом исследований которой являются способы получения и разрушения информации о местоположении, параметрах движения и характеристиках объектов с использованием радиоволн; теоретические, научно-технические и технологические аспекты разработки радиолокационных и радионавигационных систем (устройств) различного назначения в соответствии со следующими пунктами паспорта специальности:

1. Синтез, анализ и оптимизация устройств обнаружения, распознавания (различения, классификации), разрешения сигналов (помех), измерения их параметров, а также извлечения полезной информации об объектах в одно- и многопозиционных активных, полуактивных и пассивных радиолокационных и радионавигационных системах.

2. Принципы, способы, методы и устройства пространственной, временной, спектральной и поляризационной обработки принимаемых сигналов, радиолокационной и радионавигационной информации, формирования радиолокационных и радионавигационных сигналов и помех с управляемой структурой.

4. Создание моделей радиолокационных, радионавигационных и комбинированных устройств, средств и систем, радиолокационных и радионавигационных сигналов и помех, вторичного и собственного излучения

объектов радиолокационного наблюдения и подавления, навигационных радиофизических полей с учетом влияния окружающей среды.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

При функционировании РЛС на малых и предельно малых высотах, в условиях активных перемещений военной техники на поле боя, вероятность появления подвижной колесно-гусеничной техники в луче ДНА существенно возрастает. Малоскоростные летательные аппараты, такие как беспилотники или вертолеты, могут иметь схожие радиолокационные характеристики с наземной техникой, особенно с колесно-гусеничной. Это вызывает затруднения в правильной интерпретации информации на индикаторе РЛС и классификации целей, что в свою очередь может привести к неправильным действиям операторов или систем наведения оружия. Селекция отметок летательных аппаратов на фоне колесно-гусеничной техники позволит оперативно идентифицировать их как отдельный класс угрозы и принять соответствующие меры по их уничтожению.

Диссертационная работа направлена на решение задачи селекции малоскоростных летательных аппаратов на фоне колесно-гусеничной техники (автомобилей, гусеничных машин и пр.) в условиях огневого поражения РЛС с помощью противорадиолокационных ракет (ПРР).

В интересах обеспечения высокой живучести и помехоустойчивости в условиях применения противником ПРР предлагается использование многопозиционных радиолокационных систем (МРЛС). Такие РЛС представляют собой комплексы, в которых радиопередающее и радиоприемное устройства разнесены на различные позиции. Такое распределение компонентов системы усложняет задачу выявления и наведения на них ПРР. Поиск и атака обеих компонентов системы требует более сложных алгоритмов и дополнительного времени, что повышает шансы МРЛС на выживание. Разнесение компонентов МРЛС значительно снижает вероятность одновременного поражения обеих частей системы при массированных атаках ПРР и позволяет сохранить работоспособность радиоприемного устройства.

Для селекции малоскоростных летательных аппаратов на фоне колесно-гусеничной техники предлагается использовать радиолокационные изображения (РЛИ), полученные с помощью алгоритмов обращенного синтеза апертуры антенны (ОСАА).

К настоящему времени способов формирования РЛИ в МРЛС с ОСАА в известной литературе не представлено. В связи с этим *научная задача* по разработке модели сигнала, отраженного от винтов летательных аппаратов, и алгоритма обращенного синтеза апертуры антенны для построения радиолокационных изображений винтов летательных аппаратов в многопозиционной радиолокационной станции *является весьма актуальной.*

При решении сформулированной научной задачи автором предложена математическая модель сигнала, отраженного от винтов летательного аппарата. Эти модели нашли свое применение при построении РЛИ винтов методом ОСАА для бистатического модуля многопозиционной РЛС. Сформированные РЛИ винтов в дальнейшем использовались в алгоритме селекции малоскоростных винтовых летательных аппаратов на фоне движущейся колесно-гусеничной техники.

Математическая модель сигналов, отраженных от несущего и рулевого винтов вертолета, винтов квадрокоптера, тянущего винта самолета *отличается* способом представления кромок лопастей множеством отражателей, излучающих в полусфере и расположенных на прямых линиях, а также учетом расстояний, которые проходят излученная и отраженная волны, и углов между кромкой лопасти и передающей и приемной позициями.

Алгоритм обращенного синтеза апертуры антенны для бистатического модуля учитывает взаимное расположение летательного аппарата, приемного и передающего пунктов. Это *позволяет увеличить* отношение «сигнал/шум» в радиолокационном изображении винта по сравнению с алгоритмом, в котором не учитывается разнос приемной и передающей позиций.

Алгоритм селекции малоскоростных винтовых летательных аппаратов на фоне движущейся колесно-гусеничной техники для бистатического модуля *позволяет обеспечить селекцию* по радиолокационным изображениям винтов, и отличается использованием признака селекции в виде обнаружения факта наличия винтов у объекта.

Предложенные математические модели используются в качестве опорных функций в каналах построения радиолокационных изображений винтов, и позволяют обеспечить требуемое качество получаемых изображений.

Для оценивания качества РЛИ, сформированных с помощью предложенных алгоритмов ОСАА для бистатического модуля в диссертации использовались аналитические методики и компьютерное моделирование. На основании полученных результатов показано, что при угле $80^\circ - 90^\circ$ между линией «приемный пункт – центр винта» и линией «приемный пункт – передающий пункт» и удалении от приемного пункта на расстояние 2500 м обеспечивается увеличение отношения «сигнал/шум» в изображении лопастей несущего винта вертолета Ми-2 до 11,9 дБ по сравнению с алгоритмом, который не учитывает разнос приемного и передающего пунктов.

На основании результатов моделирования, показано, что алгоритм селекции малоскоростных винтовых летательных аппаратов на фоне движущейся колесно-гусеничной техники для бистатического модуля, обеспечивает селекцию винтовых летательных аппаратов по РЛИ винтов с условной вероятностью правильной селекции 0,7 при времени синтеза апертуры 1 с и отношении «сигнал/шум» в изображении лопастей винта 10 дБ: вертолета Ми-2 по изображению несущего винта – на удалении 13770 м от приемного пункта; самолета Ан-2 по изображению тянущего винта – 12150 м;

квадрокоптера Phantom 3 SE по изображению любого из винтов – 710 м.

Полученные в работе научные результаты являются обоснованными, выводы аргументированными и отражают научные положения, представленные в диссертации.

По результатам исследований, представленным в диссертации, опубликовано 15 научных работ, в том числе 7 статей в научных рецензируемых журналах, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, объемом 3,01 авторского листа, 8 статей в сборниках материалов научных конференций объемом 2,2 авторского листа. Также результаты работы опубликованы в 3 тезисах докладов научных семинаров объемом 0,74 авторского листа.

Общий объем диссертационной работы составляет 298 страниц, которые включают: том 1 (диссертация) на 111 страницах, из них текст на 84 страницах, 46 иллюстраций на 16 страницах, библиографический список на 9 страницах, список публикаций автора на 2 страницах; том 2 (приложения к диссертации) на 188 страницах, из них приложения на 177 страницах, библиографический список на 9 страницах, список публикаций автора на 2 страницах.

Опубликованные материалы достаточно полно отражают основные научные положения и результаты, представленные в диссертации. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и положениям, выносимым на защиту.

Оформление диссертации и автореферата соответствует Инструкции ВАК, Положению о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий. Результаты исследований изложены грамотно и логично. Объем соответствует установленным требованиям.

3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Автор диссертации, Толмачёв Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за новые научно обоснованные результаты, включающие:

1. Математическую модель сигнала, отраженного от винтов летательных аппаратов, для бистатического модуля многопозиционной РЛС, отличающуюся представлением для бистатической локации передних и задних кромок лопастей множеством отражателей, излучающих в полусфере и расположенных на прямых линиях, учетом расстояний, которые проходят излученная и отраженная волны, и углов между перпендикуляром к кромке лопасти и линиями, проведенными из центра винта в передающий и приемный пункты. Модель используется для формирования опорных функций каналов построения радиолокационных изображений винтов и позволяет обеспечить требуемое качество получаемых изображений.

2. Алгоритм построения радиолокационных изображений винтов летательных аппаратов путем обращенного синтеза апертуры антенны для бистатического модуля, отличающийся учетом взаимного расположения летательного аппарата, приемного и передающего пунктов, что обеспечивает увеличение отношения «сигнал/шум» в изображении лопастей несущего винта вертолета Ми-2 до 11,9 дБ при угле $80^\circ - 90^\circ$ между линией «приемный пункт – центр винта» и линией «приемный пункт – передающий пункт» и удалении от приемного пункта 2500 м по сравнению с алгоритмом, который не учитывает разнос приемного и передающего пунктов.

3. Алгоритм селекции малоскоростных винтовых летательных аппаратов на фоне движущейся колесно-гусеничной техники для бистатического модуля, позволяющий обеспечить селекцию винтовых летательных аппаратов по радиолокационным изображениям винтов с условной вероятностью правильной селекции 0,7 при времени синтеза апертуры 1 с и отношении «сигнал/шум» в изображении лопастей винта 10 дБ: вертолета Ми-2 по изображению несущего винта на удалении 13770 м от приемного пункта; самолета Ан-2 по изображению тянущего винта – 12150 м; квадрокоптера Phantom 3 SE по изображению любого из винтов – 710 м.

Использование научных и практических результатов диссертации подтверждено актами о практическом использовании в мероприятиях оперативной подготовки командования Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны, а также актом о внедрении в учебный процесс.

4. Замечания по диссертации

Основные замечания по диссертации, следующие:

1. При разработке алгоритма построения РЛИ путем ОСАА и оценивании его эффективности полагалось, что модель движения объекта известна, а задача измерения его координат и параметров движения решена (стр. 62). В диссертации не исследовались вопросы предъявления требований к значениям ошибок измерения координат и параметров движения наблюдаемого объекта для построения качественного РЛИ.

2. Представленные в главе 2 диссертации математические модели отраженного сигнала от корпуса объекта, винтов (несущего, рулевого) вертолета, винтов квадрокоптера, тянущего винта самолета являются детерминированными. Эти же модели выступали в качестве входных данных для алгоритмов построения РЛИ с помощью ОСАА. В диссертации не рассматривался вопрос статистического оценивания эффективности алгоритмов ОСАА при использовании в качестве входной реализации аддитивной смеси отраженного сигнала и фоновой составляющей.

3. В работе не проводилось исследование эффективности функционирования (условных вероятностей правильной (неправильной) селекции) предлагаемого алгоритма селекции летательных аппаратов на фоне

движущейся колесно-гусеничной техники для различных условий воздушно-фоновой обстановки (различных значений отношения сигнал/шум).

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости полученных результатов.

5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Уровень представленных в диссертационной работе и опубликованных в печатных трудах результатов позволяет сделать вывод, что научная квалификация Толмачёва Алексея Владимировича соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация.

Диссертация Толмачёва Алексея Владимировича, подготовленная под руководством доктора технических наук, профессора Гейстера Сергея Романовича, является квалификационной научной работой, полностью соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует п. 21 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий.

6. Выводы

Диссертационная работа Толмачёва Алексея Владимировича, выполненная под научным руководством доктора технических наук, профессора Гейстера Сергея Романовича, является научной квалификационной работой. Исследования автора лежат в области обоснования способов обработки сигналов в радиолокационных средствах обнаружения при длительном радиолокационном наблюдении, имеют четкую практическую направленность и полностью соответствуют специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация, по которой диссертация представлена к защите.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Приведенные замечания не снижают научную и практическую ценность полученных результатов. Текст диссертации и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь к диссертационным работам. Научные семинары и конференции, на которых докладывались и обсуждались результаты исследований, достаточны для объективной оценки этих результатов.

Таким образом, диссертационная работа Толмачёва Алексея Владимировича «Формирование изображений винтов летательных аппаратов в многопозиционной РЛС посредством синтеза апертуры антенны» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация за новые научно обоснованные результаты теоретических и прикладных исследований в области обоснования возможности практического применения алгоритмов обращенного синтеза апертуры антенны для построения радиолокационных изображений винтов летательных аппаратов в РЛС с разнесенными приемным и передающим пунктами.

Эксперт
Доцент кафедры автоматизи-
рованной радиолокации и приемо-
передающих устройств
кандидат технических наук, доцент
подполковник

А.С.Храменков

19.04.2024

Отзыв оппонировавшей организации, подготовленный экспертом кандидатом технических наук, доцентом подполковником Храменковым А.С., обсужден и утвержден открытым голосованием на научном совете по специальностям 05.12.14 – радиолокация и радионавигация и 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» (протокол от 19 апреля 2024 года № 5), на котором соискатель Толмачёв Алексей Владимирович выступил с докладом по теме диссертации.

Присутствовало 14 человек, в том числе 13 кандидатов наук и один доктор наук.

В голосовании принимали участие члены научного совета, имеющие ученые степени. Результаты голосования:

«За» – 14 (четырнадцать);

«Против» – нет;

«Воздержались» – нет.

Председатель научного совета
по специальностям 05.12.14 и 05.12.04
кандидат технических наук, доцент
полковник

Р.А.Гуцев

Секретарь научного совета
по специальностям 05.12.14 и 05.12.04
кандидат технических наук, доцент
подполковник

А.С.Храменков

19.04.2024

22.04.2024

