

ОТЗЫВ

официального оппонента Шевгунова Тимофея Яковлевича на диссертацию Фам Дык Хи на тему «Обработка радиосигналов при обнаружении объектов с квадратичной вольтамперной характеристикой для инженерной робототехники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертации

Выполненная Фам Дык Хи диссертационная работа посвящена совершенствованию методов расчёта рассеивающих свойств нелинейных объектов и пространственного разделения отражённых от них сигналов при обнаружении электрических неоднородностей с квадратичной вольтамперной характеристикой методом нелинейной радиолокации по второй гармонике зондирующего сигнала. Актуальность решения этой задачи обусловлена практической потребностью в надёжном обнаружении опасных предметов, содержащих полупроводниковые компоненты, в сложных условиях распространения радиоволн и наличия укрывающей среды, где традиционные радиоволновые, магнитометрические, индукционные и газоаналитические методы могут быть малоэффективны. Дополнительную значимость работе придаёт то, что известные методы расчёта нелинейных радиотехнических систем не в полной мере учитывают влияние геометрических размеров объекта и условий его экранирования, что снижает достоверность оценок дальности обнаружения и обоснованность выбора методов локализации. Результаты исследования имеют прикладное значение для систем мониторинга местности, технической диагностики и поиска скрытых электронных устройств.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, трёх разделов, заключения, библиографического списка из 88 наименований и четырёх приложений. Диссертационная работа содержит 129 страниц, в том числе 125 страниц основной части, 5 таблиц и 49 рисунков.

Бход. № 131/26
« 05 » 06 2026 г.
подпись

Во **введении** проведён краткий обзор современного состояния проблемы обнаружения электрических неоднородностей с квадратичной вольтамперной характеристикой методами нелинейной радиолокации, обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В **первом разделе** рассмотрена проблема мониторинга местности на территории Социалистической Республики Вьетнам, проанализированы существующие технологии поиска электрических неоднородностей, применяемые техническими службами, и перспективные электронные технологии их обнаружения, на основании чего обоснован выбор метода нелинейной радиолокации по второй гармонике зондирующего сигнала.

Во **втором разделе** изложено усовершенствование методов расчёта рассеивающих свойств нелинейного объекта в свободном пространстве: уточнена модель радиолинии 2-го рода с нелинейным отражателем с введением коэффициентов экранирования и рассогласования поляризации, а также разработан метод оценки вероятности обнаружения второй гармоники сигнала на фоне шума по критерию Неймана–Пирсона.

В **третьем разделе** представлены результаты экспериментального исследования характеристик нелинейного рассеяния, разработана имитационная модель нелинейной радиотехнической системы с алгоритмом обработки сигналов и выполнено сравнение амплитудного и фазового методов угловой локализации электрических неоднородностей. На основе полученных результатов предложен технический облик мобильного поискового средства для инженерной робототехники, включающий бортовые радиопередающую и радиоприёмную станции с разнесёнными спиральными антеннами, реализующего двухчастотный режим работы (зондирование на 2,4 ГГц и приём второй гармоники на 4,8 ГГц) и обеспечивающего обнаружение и угловую локализацию нелинейных объектов с квадратичной вольтамперной характеристикой.

В **заключении** подводятся общие итоги диссертационной работы, отмечаются перспективы дальнейших исследований и сферы возможного применения полученных результатов.

В приложениях приведены акт о реализации результатов работы в учебном процессе, копии двух патентов РФ на изобретения и одного свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, соавтором которых является автор диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждается корректным использованием математического аппарата теории нелинейного рассеяния радиоволн и статистической теории обнаружения сигналов, согласованностью результатов имитационного моделирования с данными экспериментальных исследований характеристик нелинейного рассеяния, а также непротиворечием полученных результатов известным положениям научной литературы.

Научная новизна полученных автором результатов состоит в следующем:

1) усовершенствованная модель радиолинии 2-го рода с нелинейным объектом в свободном пространстве отличается от известных учётом потерь, обусловленных экранированием объекта и рассогласованием поляризации зондирующего и переизлучённого сигналов, что позволяет уточнить расчёт дальности обнаружения нелинейного объекта по второй гармонике зондирующего сигнала;

2) установлены зависимости вероятности правильного обнаружения сигнала второй гармоники, рассеянного объектом с нелинейной вольтамперной характеристикой, от угла зондирования, степени несовпадения поляризации и наличия экранирующих препятствий, что позволяет обоснованно выбирать энергетические и геометрические параметры зондирующей системы;

3) показано, что в рамках принятых допущений для разделения сигналов, переизлучённых на второй гармонике двумя нелинейными объектами, расположенными в пределах главного лепестка диаграммы направленности, при использовании суммарно-разностного метода достаточно небольшого углового разнесения осей приёмных антенн, обеспечивающего точность угловой локализации, сопоставимую с фазовым методом.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в следующем:

1) обоснованы технические характеристики и конструктивно-компоновочные решения мобильной нелинейной радиотехнической системы поиска нелинейных объектов, размещаемой на специализированном транспортном средстве – «безопасной машине»;

2) разработаны общие подходы к проектированию мобильных платформ, оснащённых нелинейной радиотехнической системой для дистанционного обнаружения и угловой локализации объектов с квадратичной вольтамперной характеристикой;

3) получены инженерные расчётные соотношения для оценки эффективности нелинейной радиотехнической системы при обнаружении и локализации электрических неоднородностей, применимые при выборе конфигурации антенн, настройке режимов приёма и передачи СВЧ-сигналов.

Публикации, отражающие основное содержание работы

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, включая пять статей в журналах, входящих в перечень ВАК, и одну работу, проиндексированную в международных базах данных Web of Science и Scopus. Основные результаты работы доложены и обсуждены на пяти всероссийских и международных научно-технических конференциях. Оригинальность полученных решений подтверждают два патента на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие паспорту специальности

Предметная область исследования диссертационной работы **соответствует** паспорту специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, а именно:

– п. 2 «Исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов, учитывающих эффекты их рассеяния и отражения при прохождении через различные среды распространения»;

– п. 5 «Разработка и исследование алгоритмов, включая цифровые, обработки сигналов и информации в радиотехнических устройствах и

системах различного назначения, в том числе синтез и оптимизация алгоритмов обработки».

Уровень поставленных и решённых в работе задач представляется полностью соответствующим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Замечания по работе

При общей положительной оценке диссертационной работы оппонент считает необходимым отметить следующие замечания.

1. Научный результат, представленный в разделе 2.2 выражениями (2.20) и (2.21), состоит в добавлении в уравнение радиолинии 2-го рода двух множителей: K_1 и K_2 , учитывающих соответственно экранирование и рассогласование поляризации. Однако при проведении имитационного моделирования эти коэффициенты заданы вручную; в работе даны лишь определительные соотношения для коэффициентов, но не предложена инженерная методика их расчёта или оценочного выбора, например, на основе геометрии корпуса, параметров укрывающей среды или взаимной ориентации поляризаций.

2. Модель обнаружения, представленная в разделе 2.4, построена в предположении о наблюдении сигнала в присутствии аддитивного гауссовского шума и его оптимальном квадратурном корреляционном приёме с точно известной частотой опорного сигнала; порог α выведен аналитически из заданной F по распределению χ^2 . В практической нелинейной РЛС существенное влияние может оказывать не тепловой шум приёмника, а собственные гармоники передающего тракта, фон от естественных МОМ-контактов, импульсные и негауссовы помехи. В перечисленных условиях однократно рассчитанный аналитический порог не может гарантировать заявленную вероятность ложной тревоги.

3. В экспериментальных работах по гармонической радиолокации, на которые опирается автор (Mazzaro, Gallagher и др., Армейская исследовательская лаборатория США), продемонстрированные дальности

обнаружения нелинейных целей составляют единицы метров (порядка 1,8–3,7 м при выходной мощности около 2 Вт); данный класс радиолокаторов характеризуется в литературе как РЛС ближнего действия из-за высокой требуемой плотности мощности на цели для формирования регистрируемой гармоника. Заявленная автором дальность порядка 30 м при мощности 100–200 Вт представляет собой существенную расчётную экстраполяцию, не подтверждённую в работе натурным экспериментом. При этом по собственным расчётам автора для дальности 30 м вероятность правильного обнаружения при 100 Вт составляет лишь 26,7 %, а высокая вероятность обнаружения достигается только при переходе к 200 Вт и в рамках принятой модели.

4. Вывод автора о том, что «суммарно-разностный (амплитудный) метод сопоставим с фазовым по точности, но проще», получен в предположении о равенстве амплитуд в каналах, об отсутствии фазовых ошибок, взаимного влияния антенн и флуктуаций сигнала. Эти факторы влияют на методы по-разному: фазовый чувствителен к фазовым ошибкам и нестабильности электрической длины каналов, амплитудный – к различию амплитуд и взаимному влиянию антенн. При систематическом учёте итог сравнения может измениться, а от выбора амплитудного метода существенно зависит обоснование выбранного технического облика «безопасной машины».

5. В работе не описаны существенные детали, сопровождающие переход от имитационной модели и структурной схемы к аппаратной реализации радиотехнического средства. Такой анализ мог бы включать проверку готовности алгоритмов к выполнению в режиме реального времени (что декларируется автором), оценку вычислительных ресурсов и объёма памяти, а также требований к аппаратной платформе.


Указанные замечания не ставят под сомнение научно-квалификационный уровень работы, но уточняют границы применимости полученных результатов.

Общее заключение

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертация на тему: «Обработка радиосигналов при обнаружении объектов с квадратичной вольтамперной характеристикой для инженерной робототехники» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой представлены новые обоснованные научно-технические решения актуальной задачи. Диссертационная работа **соответствует** требованиям пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что автор диссертационной работы Фам Дык Хи заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

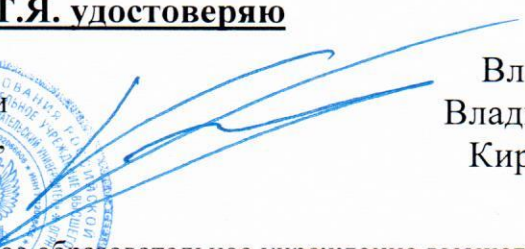
Официальный оппонент
кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Теоретическая радиотехника» МАИ


04.06.2026

**Тимофей Яковлевич
Шевгунов**

Подпись доцента Шевгунова Т.Я. удостоверяю

Директор дирекции института №4
«Радиоэлектроника, инфокоммуникации
и информационная безопасность» МАИ,
кандидат технических наук


Владимир
Владимирович
Кирдяшкин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ)
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4
Телефон: +7 499 158-43-33,
E-mail: mai@mai.ru,
Официальный сайт: <https://www.mai.ru/>