



АО «НПП «ПУЛЬСАР»



АО «НПП «ПУЛЬСАР»
105187, Россия, Москва, Окружной проезд, д. 27
Тел.: (495) 365 12 30; Факс: (495) 366 55 83
E-mail: administrator@pulsarnpp.ru
www.pulsarnpp.ru
ИНН/КПП 7719846490/771901001

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

АО «НПП Пульсар»

доктор технических наук, профессор

Юрий Владимирович Колковский



2026г

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

акционерного общества

«Научно-производственное предприятие «Пульсар» (г. Москва)

на диссертационную работу Нгуен Ван Кыонг «Обнаружение СВЧ-сигналов, рассеянных коррозионно-разрушенными объектами, в условиях ландшафтно-почвенных зон Вьетнама», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы

При разработке аппаратуры радиосвязи и радиолокации, основанной на эффекте нелинейного рассеяния сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов, возникает потребность в дальнейшем развитии теории нелинейных радиотехнических систем (РТС).

Это обусловлено тем, что классические методы моделирования, основанные на предположении о линейности объектов отражения СВЧ-сигналов и распространении радиоволн в «свободном пространстве», не позволяют адекватно описать реальные физические процессы. В частности, они не учитывают влияние подстилающей

Вход. № 119/26
«02» 06 2026 г.
подпись

поверхности Земли, параметры которой зависят от ландшафта и климатических условий.

В связи с этим возникает *необходимость совершенствования методов моделирования двух ключевых процессов:*

1. Рассеяния СВЧ-сигналов на нелинейных объектах (НО).
2. Передачи электромагнитной энергии (ЭМЭ) от источника первичного сигнала до приемника вторично рассеянных сигналов с учетом влияния нелинейной характеристики объекта и приповерхностного слоя Земли.

Задача повышения эффективности обнаружения РТС слабоконтрастных объектов на фоне мешающих отражений от подстилающей поверхности и окружающих предметов приобретает особую значимость. Ее решение становится возможным благодаря комплексному учету при проектировании РТС нелинейных эффектов рассеяния СВЧ-сигнала коррозионно-разрушенными объектами, дополнительных потерь ЭМЭ в материальных средах на пути распространения радиоволн, а также оптимизации режимов работы источника радиоизлучения. Такой подход позволяет существенно повысить надежность и достоверность выделения вторично рассеянных сигналов на фоне мешающих отражений и помех радиоприему.

Именно на решение указанных научных задач направлена данная диссертационная работа. В ней разработаны модели радиолинии второго рода на частоте третьей гармоники, которые комплексно учитывают влияние геометрической формы объекта, а также поверхности Земли, растительности и поляризационного рассогласования сигналов.

Кроме того, предложены методы повышения эффективности передачи ЭМЭ в нелинейной РТС за счет применения импульсного режима работы и адаптации параметров сигнала при сканировании луча на местности.

Таким образом, выбранная автором тема диссертации актуальна и обусловлена объективной потребностью в совершенствовании методов моделирования нелинейных РТС для мониторинга местности и создания теоретических основ проектирования аппаратуры обнаружения СВЧ-сигналов, рассеянных коррозионно-разрушенными объектами.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 131 странице, включает 2 таблицы и 39 рисунков, содержит список сокращений и перечень использованных источников из 71 наименования.

Структура работы логична и включает введение, три раздела, заключение, список литературы и приложения.

Во *введении* корректно обоснована актуальность темы применительно к задачам радиотехнического мониторинга местности. Четко сформулированы цель и задачи исследования, изложены научная новизна и основные положения, выносимые на защиту. Определены объект и предмет исследования, приведены используемые методы, раскрыта практическая значимость результатов исследования и приведены сведения об их апробации и внедрении. Отмечается личный вклад автора в полученные результаты.

Первый раздел посвящен анализу проблемы обнаружения коррозионно-разрушенных объектов в условиях ландшафтно-почвенных зон Вьетнама. В нем представлена классификация форм таких объектов и рассмотрены физические механизмы формирования ими нелинейного отклика, обусловленного наличием МОМ-контактов. Выполнен анализ существующих радиоэлектронных средств обнаружения, применяемых во Вьетнаме, и выявлены их ограничения при работе с данными объектами. На основании этого обоснована актуальность и необходимость применения нелинейных РТС для эффективного решения задачи обнаружения коррозионно-разрушенных объектов в сложных ландшафтно-почвенных условиях Вьетнама.

Во *втором разделе* разработана математическая модель радиолинии второго рода на частоте третьей гармоники, получены аналитические зависимости, связывающие мощность принимаемого сигнала с параметрами НО, характеристиками антенн и условиями распространения первичного и вторичного радиосигналов, а также введен коэффициент нелинейного рассеяния для описания процессов вторичного излучения НО гармоник сигнала. Проведен анализ интегрального коэффициента передачи сигнала, учитывающего интерференционные, поверхностные и поляризационные эффекты, и показано его существенное влияние

на дальность обнаружения, особенно при распространении вблизи земной поверхности. Обоснован выбор импульсного режима работы РТС как эффективного средства повышения энергетических характеристик, показано влияние коэффициента заполнения и длительности импульсов на параметры обнаружения. Представляется важным предложенный автором подход к управлению параметрами излучаемого сигнала с учетом геометрических факторов и условий распространения сигнала, включая их адаптацию к характеристикам подстилающей поверхности и растительного покрова.

В *третьем разделе* представлены результаты численного моделирования и экспериментальных исследований, подтверждающие зависимости интенсивности рассеяния третьей гармоники от формы объектов и угла падения радиоволны. Показана возможность обнаружения НО в рассматриваемых условиях. Отмечено удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных данных, а также обоснован выбор антенн с эллиптической поляризацией и предложена структурная схема мобильной нелинейной РТС.

В *заключении* обобщены основные результаты работы, сформулированы рекомендации по применению разработанных моделей и методов, а также обозначены перспективы дальнейших исследований.

В *приложениях* приведены материалы, подтверждающие практическую значимость выполненной работы, включая акт о внедрении, 2 патента на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В ходе диссертационного исследования автором *получены результаты, обладающие научной новизной*, а именно:

1. Впервые предложена усовершенствованная модель слабоконтрастной электрической неоднородности с кубической вольтамперной характеристикой и разработан метод расчета дальности ее обнаружения на третьей гармонике с учетом потерь при распространении СВЧ-сигнала в растительном покрове и вдоль поверхности грунта.

2. Установлена зависимость интегрального коэффициента передачи СВЧ-сигнала от эффективности возбуждения поверхностной радиоволны и показано

существование оптимального диапазона углов поляризации, обеспечивающего устойчивое обнаружение объектов в реальных условиях.

3. Предложен и обоснован подход к повышению энергетической эффективности нелинейной РТС на основе импульсного режима работы с регулируемым коэффициентом заполнения, обеспечивающий увеличение отношения «сигнал–шум» и возможность адаптации параметров облучения к условиям распространения сигнала.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата, методов статистической радиотехники и имитационного моделирования. Подтверждением служат хорошее совпадение теоретических расчетов, данных моделирования и экспериментальных исследований.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы были апробированы на 5 всероссийских и международных научно-технических и научно-практических конференциях. Опубликовано 12 работ по теме диссертации, в том числе: 6 научных статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК, 2 публикации в сборниках всероссийских и международных конференций, 1 научная статья, проиндексированная в базах данных Web of Science и Scopus, 2 патента на изобретение и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая значимость работы определяется развитием математических моделей распространения СВЧ-сигналов с учетом влияния подстилающей поверхности, растительного покрова и поляризационных эффектов, что позволило обеспечить более точное описание условий работы нелинейной РТС вблизи земной поверхности. В ходе исследования были определены условия эффективного возбуждения поверхностной радиоволны, а также проанализировано влияние импульсного режима зондирования и коэффициента заполнения на энергетические характеристики радиолинии второго рода и отношение «сигнал–шум» в нелинейной РТС.

Практическая значимость результатов для развития нелинейных РТС заключается в том, что разработанные методы и модели радиолинии второго рода на

частоте третьей гармоники позволяют выполнять инженерный расчет дальности обнаружения коррозионно-разрушенных объектов и энергетических характеристик нелинейных РТС в реальных ландшафтно-почвенных условиях. Предложенные решения учитывают поляризационные рассогласования сигнала при наклонном сканировании местности, что обеспечивает повышение эффективности обнаружения слабоконтрастных объектов, укрытых растительностью, на фоне подстилающей поверхности и помех радиоприему.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации, заключаются в том, что разработанные модели радиолинии второго рода и методы анализа нелинейного рассеяния СВЧ-сигналов рекомендуется применять для решения задач обнаружения третьей гармоники сигнала, рассеянного коррозионно-разрушенными объектами, с обязательным учетом влияния подстилающей поверхности, растительности и поляризационных эффектов. Полученные алгоритмы и программное обеспечение целесообразно интегрировать в специализированные программные комплексы и системы автоматизированного проектирования радиотехнических устройств. Особое внимание при практическом внедрении, как указал автор в диссертации, следует уделять выбору параметров излучающего сигнала – коэффициенту заполнения импульсов, длительности сигнала и углу поляризации, что позволит повысить эффективность обнаружения слабоконтрастных объектов на фоне помех.

Замечания

1. В работе недостаточно полно раскрыты вопросы адаптивной обработки радиосигналов и управления параметрами излучения с учётом изменения характеристик среды распространения. Это ограничивает оценку потенциальной возможности нелинейной РТС эффективно работать в условиях, когда параметры среды (например, влажность, плотность, наличие растительности) могут существенно меняться.

2. В диссертации рассмотрены объекты ограниченного набора геометрических форм, что оправдано с точки зрения моделирования, однако требует дополнительного обоснования с позиции радиотехнических приложений. В реальных условиях

объекты могут иметь более сложную структуру и иные характеристики рассеяния сигнала, что способно повлиять на эффективность моделирования с точки зрения электродинамики и переносимость полученных результатов на практические задачи.

3. В работе основное внимание уделено энергетическим параметрам радиолинии (коэффициент передачи, отношение «сигнал–шум»), при этом другие важные радиотехнические характеристики системы, такие как устойчивость к помехам, чувствительность приемного тракта и влияние аппаратной реализации, рассмотрены ограниченно. Их учет позволил бы расширить практическую ценность исследования.

Заключение

Диссертационная работа Нгуен Ван Кыонга на тему «Обнаружение СВЧ-сигналов, рассеянных коррозионно-разрушенными объектами, в условиях ландшафтно-почвенных зон Вьетнама» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности функционирования нелинейных радиотехнических систем мониторинга. Полученные результаты имеют существенное значение для развития радиотехники и методов обработки радиосигналов в сложных условиях распространения.

Содержание диссертационной работы и автореферата изложены с соблюдением общепринятой терминологии и полностью раскрывают сущность, новизну и практическую ценность проведенных исследований. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации.

Работа соответствует паспорту научной специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», в частности по направлениям, связанным с исследованием процессов распространения радиоволн, разработкой методов обработки сигналов и совершенствованием радиотехнических систем.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов и объёму выполненных исследований диссертация соответствует требованиям пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением

Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации, Нгуен Ван Кыонг, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Диссертационная работа и отзыв на диссертационную работу обсужден и одобрен научно-техническим советом АО «НПП «Пульсар» (№ 5/579-26 от 14 мая 2026 г).

Отзыв составил:

Начальник лаборатории разработки СВЧ МИС
на широкозонных полупроводниках и
перспективных научных исследований
АО «НПП «Пульсар»,
кандидат физико-математических наук

14.05.2026г.

Екатерина Владиленовна Каевицер

Электронный адрес: kaevitser_ev@pulsarnpp.ru Тел.: +7 (499)7450544 доб.1195

Подпись Е.В. Каевицер удостоверяю:



СПЕЦИАЛИСТ
1 КАТЕГОРИИ
ТЕЛЕЖНИКОВА Е. В.

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Пульсар»

Почтовый адрес: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 27

Тел.: +7 (495)-365-12-30 Факс: +7 (495) 366-55-83

Электронный адрес: administrator@pulsarnpp.ru