

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию

Шипилова Сергея Эдуардовича

«СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЕ ЛОКАЦИОННОЕ РАДИОВИДЕНИЕ СКРЫТЫХ
ОБЪЕКТОВ»,

на соискание учёной степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

В настоящее время сверхширокополосная радиотомография вызывает большой интерес у научного сообщества благодаря возможности трехмерного картографирования объектов, скрытых за различными преградами. Решение подобных задач востребовано в области неразрушающего контроля инженерных конструкций, дорожных покрытий, при поиске пластиковых мин, для геологоразведки, в коммунальном хозяйстве для обнаружения подземных коммуникаций. Поэтому тема диссертации весьма актуальна и важна.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения. Во Введении определены цели и задачи диссертации, сформулированы конкретные защищаемые положения, показана новизна, научная и практическая значимость проведённых исследований, отражены вопросы достоверности и апробации полученных результатов. Основным материалом диссертации известен радиофизикам, он опубликован в 25 работах в изданиях, отвечающих требованиям ВАК (журналы «Известия ВУЗов. Физика», «Дефектоскопия», «Журнал технической физики» и др.), из них 1 статья в зарубежном научном журнале, индексируемом Web of Science, 7 статей в российских научных журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science. Соискателем опубликована 1 монография, 1 учебное пособие и получено 3 патента Российской Федерации. Большинство опубликованных работ написано в соавторстве с коллегами по творчеству. В диссертации и автореферате отмечен личный вклад соискателя в проведённых исследованиях и отмечена роль соавторов. Впечатляет внедрение и использование результатов

диссертации в перечне из 17-ти позиций, включающих госконтракты, федеральные целевые программы и гранты, а также перечень из 14 выставок, где демонстрировались макеты и образцы устройств, разработанные на основе технологии радиоволнового томосинтеза.

В первой главе, носящей обзорно-аналитический характер, проведен анализ методов радиоволновой томографии, как средства дистанционного неразрушающего контроля и диагностики внутренней структуры полупрозрачных для радиоизлучения сред, а также восстановления формы непрозрачных объектов на основе локационного многоракурсного зондирования. Дан обстоятельный обзор существующих устройств, реализующих радиотомографию скрытых объектов российского и зарубежного производства. Автор справедливо отмечает отставание российских технологий в направлении трехмерного радиовидения и необходимость развития данного направления в нашей стране. На основе проведенного обзора формулируются цель и основные задачи проведения исследования по созданию новых систем радиовидения для различных применений на основе сверхширокополосного зондирования.

Во второй главе предлагаются развитые автором методы радиовидения скрытых объектов при моностатической СШП локации, основанные на принципе фокусировки волновых проекций принятых сигналов. Автор формулирует общий принцип получения радиотомограмм, основанный на физической идее о том, что локализация взаимодействия электромагнитного излучения с веществом может быть достигнута только путем ее фокусировки и вводит новый термин – метод радиоволнового томосинтеза. Далее излагается математическая трактовка предложенного подхода в борновском приближении с использованием разложения сферической волны в спектр по плоским волнам и многомерного преобразования Фурье. Затем диссертант проводит обобщение предлагаемого подхода на случай многослойных сред. Для проверки данного метода автор приводит серию экспериментов по

томографии строительных конструкций из газобетона и кирпича. В каждом случае обсуждаются полученные результаты и дается оценка разрешающей способности метода. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанного автором метода радиоволнового томосинтеза для слоистых сред.

В третьей главе изложены результаты связанные с разработкой систем радиовидения реального времени на основе сверхширокополосных многоэлементных решеток. Для повышения заполненности решетки предлагается использовать принцип «тактированного» зондирования как альтернативу к применению механического сканирования. В режиме тактирования в один момент времени – такт работают только одна приемная и одна передающая антенны. Суть тактирования сводится к оптимизированному перебору комбинаций приемных и передающих антенн для получения многоракурсных волновых проекций зондируемого объекта. Далее автор предлагает подход, обеспечивающий оригинальный пересчет сигнала для перехода от бистатической к моностатической схеме локации. Это позволяет использовать предложенный метод радиоволновой томографии для антенных решеток с пространственно разнесенными приемниками и передатчиками. Полученные результаты автор подтверждает путем численного моделирования и серией экспериментов по томографии скрытых объектов с использованием различных конструкций антенных решеток.

В четвёртой главе приводятся разработанные автором методы повышения качественных характеристик радиоизображений за счет предварительной обработки принятых сверхширокополосных сигналов при локационном зондировании скрытых объектов. Автором предлагается новый метод повышения разрешения радиоизображений за счет нелинейной обработки данных при зондировании. На примере обработки экспериментальных данных автор добивается улучшения разрешения. В главе

также рассматриваются способы повышения контрастности слабых неоднородностей на фоне сильных отражений от границ диэлектрического слоя. Данную задачу автор решает за счет пространственно временной фильтрации постоянной составляющей снимаемых волновых проекций рассеянного поля. Его результаты обработки экспериментальных данных наглядно демонстрируют работоспособность данного подхода. Далее автор предлагает решение для выделения движущихся объектов на фоне статических помех. Полученные результаты автор воплотил в устройстве «Радиодозор», позволяющем определять местоположение подвижных и неподвижных людей за диэлектрическими преградами. Полученные на основе обработки экспериментальных данных результаты свидетельствуют о широких возможностях практического применения разработанных автором методов.

В пятой главе автор приводит разработанный им новый метод использования сверхширокополосных сигналов для нелинейной локации. Предложенное решение заключается в сравнении формы импульсов, отраженных от заданной области зондирования в двух режимах – при выключенном и при включенном дополнительном генераторе подсветки зондируемой области относительно мощным монохроматическим излучением. При различии в форме импульсов констатируется наличие в исследуемой области пространства элемента с нелинейной характеристикой. Этот эффект подобен известному явлению, возникающему в смесителе, когда на него одновременно подаются два сигнала. В главе изложена математическая модель данного явления, предложена схема такого устройства, разработаны ряд макетов и приведены результаты обработки экспериментальных данных, подтверждающих работоспособность метода. Существенно, что автор запатентовал предложенный способ томографии нелинейных объектов.

В Заключении даны чёткие формулировки основных научных результатов и выводов по диссертационной работе. Я отмечаю, что наиболее существенными являются результаты, связанные с томографией слоистых сред, томографией нелинейных объектов, и разработанные макеты устройств на основе сверхширокополосных антенных решеток. Последние демонстрируют реальную возможность создания ряда устройств на их основе для различных практических задач. На мой взгляд, наиболее существенным является утверждение о том, что радиоволновая томография может быть построена на основе метода радиоволнового томосинтеза, связанного с идеей компьютерной фокусировки рассеянного излучения.

Материал диссертации изложен логично, выводы об актуальности темы диссертации обоснованы. Обоснованными являются также научные положения, достоверность и новизна результатов и их практическая значимость. Особо отмечаю большое количество проведенных экспериментов, подтверждающих работоспособность предложенных математических методов.

Я хочу отметить один недостаток текста диссертации:

В диссертации использовано множество сокращений, что затрудняет чтение. Сокращения следовало бы привести отдельным списком.

Тема диссертации и её содержание соответствуют специальности 01.04.03 – Радиофизика. Автореферат правильно отражает существо диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Шипилова Сергея Эдуардовича является завершённым исследованием, выполненным на высоком уровне, свидетельствует о значительном вкладе соискателя в науку, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук.

Главный научный сотрудник
лаборатории распространения радиоволн в космосе
Фрязинского филиала Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института радиотехники
и электроники им. В.А. Котельникова
Российской академии наук.
доктор технических наук, профессор

25.06.2018

О. И. Яковлев

Подпись Олега Изосимовича Яковлева заверяю:

Учёный секретарь

ФИРЭ им. Котельникова РАН

д.ф.-м.н.



Г.В. Чучева

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук

125009, Москва, ул. Моховая 11, корп.7:

(495) 629 3574; ire@cplire.ru; <http://www.cplire.ru/>

Сведения о филиале:

141120, г. Фрязино Московской области, пл. Введенского 1, (496) 565 2402,

fire@ms.ire.rssi.ru; <http://fireras.ru>