

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.04, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 20 сентября 2018 года публичной защиты диссертации Шипилова Сергея Эдуардовича «Сверхширокополосное локационное радиовидение скрытых объектов» по специальности 01.04.03 – Радиофизика на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

На заседании присутствовали 19 из 25 членов диссертационного совета, в том числе 7 докторов наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика:

- |                                                                                                                        |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Войцеховский А. В., доктор физико-математических наук, профессор, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.05 |
| 2. Пойзнер Б. Н., кандидат физико-математических наук, профессор, учёный секретарь диссертационного совета,            | 01.04.03 |
| 3. Артюхов В. Я., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,                                        | 01.04.21 |
| 4. Беличенко В. П., доктор физико-математических наук, доцент,                                                         | 01.04.03 |
| 5. Дмитренко А. Г., доктор физико-математических наук, профессор,                                                      | 01.04.03 |
| 6. Донченко В. А., доктор физико-математических наук, профессор,                                                       | 01.04.21 |
| 7. Дунаевский Г. Е., доктор технических наук, профессор,                                                               | 01.04.03 |
| 8. Кабанов М. В., член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор,                                | 01.04.05 |
| 9. Козырев А. В., доктор физико-математических наук, профессор,                                                        | 01.04.03 |
| 10. Копылова Т. Н., доктор физико-математических наук, профессор,                                                      | 01.04.21 |
| 11. Лосев В. Ф., доктор физико-математических наук, профессор,                                                         | 01.04.21 |
| 12. Самохвалов И. В., доктор физико-математических наук, профессор,                                                    | 01.04.05 |
| 13. Соколова И. В., доктор физико-математических наук, профессор,                                                      | 01.04.21 |
| 14. Улеников О. Н., доктор физико-математических наук, профессор,                                                      | 01.04.05 |
| 15. Фисанов В. В., доктор физико-математических наук, профессор,                                                       | 01.04.03 |
| 16. Черепанов В. Н., доктор физико-математических наук, доцент,                                                        | 01.04.05 |
| 17. Шандаров С. М., доктор физико-математических наук, профессор,                                                      | 01.04.03 |
| 18. Юдин Н. А., доктор технических наук, старший научный сотрудник,                                                    | 01.04.21 |
| 19. Якубов В. П., доктор физико-математических наук, профессор,                                                        | 01.04.03 |

**В связи с невозможностью присутствия на заседании председателя диссертационного совета доктора физико-математических наук, профессора Майера Георгия Владимировича по его письменному поручению заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Войцеховский Александр Васильевич.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1) диссертационный совет принял решение присудить С. Э. Шипилову ученую степень доктора физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.04,  
созданного на базе федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
Министерства образования и науки Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_**

решение диссертационного совета от 20.09.2018, № 145

О присуждении **Шипилову Сергею Эдуардовичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Сверхширокополосное локационное радиовидение скрытых объектов»** по специальности **01.04.03** – Радиофизика, принята к защите 08.03.2018, протокол № 145, диссертационным советом Д 212.267.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012).

Соискатель **Шипилов Сергей Эдуардович**, 1974 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени физико-математических наук «Восстановление импульсных характеристик и формы радиолокационных объектов при сверхширокополосном импульсном зондировании» по специальности 01.04.03 – Радиофизика защитил в 2003 г. в диссертационном совете Томского государственного университета.

Работает в должности доцента на кафедре радиофизики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре радиофизики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, **Якубов Владимир Петрович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра радиофизики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Банах Виктор Арсентьевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск), лаборатория распространения волн, заведующий лабораторией

**Кашкин Валентин Борисович**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра радиотехники, профессор

**Яковлев Олег Изосимович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, Фрязинский филиал, лаборатория распространения радиоволн в космосе, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Новосибирский государственный технический университет**», г. Новосибирск, в своём положительном отзыве, подписанном **Спектром Александром Аншелевичем** (доктор технических наук, кафедра теоретических основ радиотехники, заведующий кафедрой, профессор), указала, что в настоящее время имеется большая потребность в решении задач неразрушающего контроля инженерных конструкций, различных дорожных покрытий, поиска неоднородностей, в частности, содержащих нелинейные радиоэлектронные элементы, археологии, в

задачах поиска пластиковых противопехотных мин, для геологоразведки, в коммунальном хозяйстве для обнаружения подземных коммуникаций. Наилучшим образом для решения подобных задач подходят методы радиоволновой томографии. С. Э. Шпиловым определены необходимые и достаточные условия для однозначного восстановления 3D томограммы произвольных неоднородностей в фоновой среде по данным волнового локационного зондирования. Предложен новый метод радиоволнового томосинтеза, на основе которого реализован способ восстановления 3D томограммы произвольных неоднородностей в многослойной фоновой среде. Предложено решение задачи томографии на основе быстрых алгоритмов на случай неэквилидистантного расположения передающих и приемных СШП антенных элементов. Разработан метод трёхмерной СШП томографии НРЭ, повышающий степень локализации скрытых радиоэлектронных систем. Диссертационная работа вносит значительный вклад в направление сверхширокополосной радиоволновой томографии.

Соискатель имеет 51 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 33 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 25 работ (из них 1 статья опубликована в зарубежном научном журнале, входящем в Web of Science, 7 статей опубликовано в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Web of Science), получено 3 патента Российской Федерации (1 патент на изобретение, 2 патента на полезную модель), 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, опубликованы 1 коллективная монография (на русском и английском языках), 1 учебное пособие. Общий объем работ – 18,21 а.л., личный вклад автора – 7,67 а.л.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук:

1. **Shipilov S. E.** Ultra-wideband radio tomographic imaging with resolution near the diffraction limit / S. E. Shipilov, R. N. Satarov, V. P. Yakubov, A. V. Yurchenko, O. V. Minin, I. V. Minin // *Optical and quantum electronics*. – 2017. – Vol. 49, is. 10. – Article number 339. – 12 p. – DOI: 10.1007/s11082-017-1172-7. – 0,74 / 0,41 а.л. (*Web of Science*).

2. Якубов В. П. Дистанционная сверхширокополосная томография нелинейных радиоэлектронных элементов / В. П. Якубов, **С. Э. Шипилов**, Р. Н. Сатаров, А. В. Юрченко // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85, вып. 2. – С. 122–125. – 0,31 / 0,15 а.л.

*в переводной версии журнала:*

Yakubov V. P. Remote ultra-wideband tomography of nonlinear electronic components / V. P. Yakubov, **S. E. Shipilov**, R. N. Satarov, A. V. Yurchenko // *Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics*. – 2015. – Vol. 60, is. 2. – P. 279–282. – DOI: 10.1134/S1063784215020267. (*Web of Science*).

3. **Шипилов С. Э.** Когерентный джиттер в импульсной радиотомографии / С. Э. Шипилов, В. П. Якубов, Р. Н. Сатаров // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2015. – Т. 58, № 9. – С. 22–27. – 0,36 / 0,2 а.л.

*в переводной версии журнала:*

**Shipilov S. E.** Coherent Jitter in Impulse Radio Tomography / S. E. Shipilov, V. P. Yakubov, R. N. Satarov // *Russian Physics Journal*. – 2016. – Vol. 58, is. 9. – P. 1226–1232. – DOI: 10.1007/s11182-016-0636-8. (*Web of Science*).

4. **Шипилов С. Э.** Метод синтезирования апертуры в 3D-радиотомографии / С. Э. Шипилов // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2013. – Т. 56, № 9. – С. 80–85. – 0,37 а.л.

*в переводной версии журнала:*

**Shipilov S. E.** Aperture Synthesis Method in 3d Radio Tomography / S. E. Shipilov // *Russian Physics Journal*. – Vol. 56, is. 9. – P. 1062–1068. – DOI: 10.1007/s11182-014-0140-y. (*Web of Science*)

5. Сатаров Р. Н. Коммутируемая сверхширокополосная антенная решетка для радиотомографии / Р. Н. Сатаров, И. Ю. Кузьменко, Т. Р. Муксунов, А. В. Клоков,

Е. В. Балзовский, Ю. И. Буянов, **С. Э. Шипилов**, В. П. Якубов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55, № 8. – С. 26–30. – 0,26 / 0,1 а.л.

*в переводной версии журнала:*

Satarov R. N. Switched ultrawideband antenna array for radio tomography / R. N. Satarov, I. Yu. Kuz'menko, T. R. Muksunov // Russian Physics Journal. – 2013. – Vol. 55, is. 8. – P. 884–889. – DOI: 10.1007/s11182-013-9896-8. (*Web of Science*)

6. Якубов В. П. Сверхширокополосная томография движущихся объектов за диэлектрическими преградами / В. П. Якубов, **С. Э. Шипилов**, Р. Н. Сатаров // Контроль. Диагностика. – 2011. – Спецвыпуск. – С. 87–91. – 0,26 / 0,2 а.л.

На автореферат поступило 10 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А. Е. Гольдштейн**, д-р техн. наук, проф., профессор отделения контроля и диагностики Национального исследовательского Томского политехнического университета, *с замечаниями*: не исследовано влияние фоновых структур, имеющих цилиндрическую или сферическую геометрию. 2. **Т. Н. Чимитдоржиев**, д-р техн. наук, доц., профессор РАН, заведующий сектором оптико-микроволновой диагностики и обработки космической информации. Института физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, *без замечаний*. 3. **А. В. Киселев**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой радиоприемных и радиопередающих устройств Новосибирского государственного технического университета, *с замечаниями*: не исследовались ограничения на параметры движения объектов при их радиотомографии; не использовалась устойчивость методов радиотомографии при переходе к сложным моделям препятствий. 4. **Н. Ш. Блаунштейн**, д-р физ.-мат. наук, действующий профессор факультета инженерных и коммуникационных систем Университета Бен-Гурион, Израиль, *без замечаний*. 5. **П. Н. Александров**, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Центра геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли РАН, г. Москва, *без замечаний*. 6. **М. Ю. Нестеров**, д-р техн. наук, начальник отдела 130, ученый секретарь НТС АО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь», г. Каменск-Уральский, *с замечаниями*: недостаточно подробно исследован вопрос оптимизации расположения элементов при проектировании полотна планарной сверхширокополосной антенной решетки;

отсутствует анализ алгоритмов интерполяции с точки зрения вычислительной сложности; неточности в оформлении. 7. **М. А. Степанов**, канд. техн. наук, доц., старший научный сотрудник Научно-тематического отдела АО «НИИ измерительных приборов – Новосибирский завод им. Коминтерна», *с замечаниями*: в диссертации не рассматриваются вопросы использования сложных зондирующих сигналов; не приводятся сведения о влиянии свойств джиттера (величина и скорость флуктуаций) на качество получаемого изображения. 8. **Э. Сименс**, д-р инженерных наук, профессор Университета прикладных проблем, г. Анхальт, Германия, *без замечаний*. 9. **Ю. П. Акулиничев**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры радиотехнических систем Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, *с замечаниями*: не учтено влияние аддитивных и мультипликативных помех на качество радиоизображений. 10. **А. А. Елизаров**, д-р техн. наук, проф., профессор Департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики, г. Москва, *с замечаниями*: отсутствует сравнение разработанного автором программного обеспечения для метода РВТ, с существующими пакетами программ для электромагнитного моделирования; нет информации об используемых для РВТ сверхширокополосных антенн и антенных решеток, требованиях к ним, их конфигурациях и диаграммах направленности; остается неясным возможность и перспективы применения предложенного автором метода РВТ в диапазоне миллиметровых волн.

В отзывах указано, что актуальность темы диссертационной работы обусловлена большим интересом, направленным на разработку методов, обладающих возможностью получать дистанционно и быстро информацию об объектах скрытых за оптически непрозрачными преградами. Решение подобных задач вызывает большой интерес у научного сообщества, работающего в направлении неразрушающего контроля на производстве, геолокации и геофизики. С. Э. Шипиловым получен ряд новых и интересных результатов: проведен анализ и реализован на принципах пространственно временной фокусировки обобщенный подход для радиоволновой односторонней томографии диэлектрических сред, в

котором, в том числе, учитывается их слоистая структура; разработан не имеющий аналогов метод радиотомографии объектов, содержащих радиоэлектронные элементы; интересной находкой в данном подходе является изменение формы СШП сигналов, отраженных от такого объекта при включенной и выключенной подсветке; изложена как математическая трактовка данного метода, так и способ его аппаратной реализации, что подтверждено патентом на изобретение «Способ обнаружения скрытых нелинейных радиоэлектронных элементов»; предложен новый конструктивный подход к созданию систем радиовидения реального времени, основанный на принципе тактированных антенных решеток; предложен способ коррекции сигнала, позволяющий перейти от бистатического случая расположения антенн к моностатическому, при этом стало возможным использование быстрых алгоритмов получения трехмерных томограмм. Диссертация отличается практической направленностью. Исследование, проведенное в работе, открывает новые возможности использования сверхширокополосных импульсов в системах неразрушающего контроля инженерных конструкций, картографирования подземных коммуникаций, поиска людей под завалами, геолокации, геофизики и других актуальных для современного общества приложений.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В. А. Банах** обладает большим опытом в области решения обратных задач; **В. Б. Кашкин** является высококвалифицированным специалистом в области решения задач распространения и рассеяния волновых полей в сложно построенных неоднородных средах естественного и искусственного происхождения; **О. И. Яковлев** является известным специалистом в области космической радиоголографии, распространения радиоволн и геолокации; **Новосибирский государственный технический университет** – ведущий исследовательский центр в области импульсной локации и обработки сигналов, в котором работает научная школа «Статистические методы цифровой обработки сигналов и изображений» (Код ВАК: 05.13.17, код ГРНТИ: 28.23.15), по направлению, близкому к диссертации С. Э. Шпилова.



**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработана* теоретическая модель радиоволновой томографии сред и объектов, получившая название метод радиоволнового томосинтеза (РВТ);

*показана* возможность модификации предложенного метода РВТ на случай многослойных сред;

*предложена* модификация метода РВТ для случая неэквилидистантного расположения передающих и приемных антенных элементов сверхширокополосной (СШП) системы зондирования;

*разработан* новый метод повышения разрешения радиоизображений за счет нелинейной обработки данных при СШП зондировании без какой-либо модификации используемых аппаратных средств;

*разработан* новый метод СШП радиотомографии нелинейных включений искусственного происхождения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

*доказано*, что максимально возможное разрешение при локационном зондировании скрытых неоднородностей обеспечивается сформулированными в работе необходимыми и достаточными условиями для получения трехмерной радиотомограммы;

*показана* применимость метода РВТ при локационном зондировании многослойной фоновой среды;

*показана* применимость метода РВТ при использовании в сверхширокополосной (СШП) зондирующей системе решетки с неэквилидистантным расположением передающих и приемных антенных элементов. Это, в свою очередь, позволяет использовать более производительные алгоритмы БПФ;

*показана* применимость метода РВТ для трёхмерной томографии скрытых неоднородностей, содержащих нелинейные радиоэлектронные элементы.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

*разработан и внедрен* в ряде макетов радиотомографов алгоритм на основе метода РВТ, позволяющий получать трёхмерные томограммы неоднородностей

в многослойных фоновых средах, что обеспечивает ускорение обработки данных в несколько раз по сравнению с методами миграции во временной области и методами, основанными на численном моделировании распространения волн;

*разработано и внедрено* программное обеспечение для расчёта в сверхширокой полосе частот радиотомограмм, полученных с использованием линейных и двумерных антенных решеток, а также программное обеспечение для обработки полученных данных. Разработанное программное обеспечение используется при выполнении НИР в Национальном исследовательском Томском государственном университете: на кафедре радиофизики и в Сибирском физико-техническом институте имени академика В. Д. Кузнецова, и в ООО «Радиовидение» (г. Москва) (получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ);

*созданы* подходы, ориентированные на повышение пространственного разрешения систем радиовидения (без какого-либо существенного изменения их аппаратной части) и основанные на учете эффекта джиттера при стробоскопическом приёме сигналов.

*разработан* алгоритм пересчёта волновых проекций, позволивший распространить метод РВТ на случай решёток с неэквидистантным расположением передающих и приемных антенных элементов СШП систем зондирования. Этим обеспечена возможность использования для расчета радиотомограммы алгоритмов БПФ и, тем самым, указана реальная перспектива создания 3D радиотомографов, работающих в режиме реального времени;

*разработан* действующий образец локационного томографа «РАДИОДОЗОР», позволяющий методом РВТ визуализировать в режиме реального времени пространственное расположение и особенности движения людей, скрытых за диэлектрическими преградами;

*разработан* метод трёхмерной СШП томографии скрытых нелинейных радиоэлектронных элементов, характеризующийся повышенной в несколько раз степенью их локализации по сравнению с существующими традиционными средствами поиска, использующими при поиске узкополосное излучение.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Полученные результаты могут быть использованы в научно-образовательных учреждениях, институтах, научно-производственных предприятиях, в которых решаются фундаментальные и прикладные задачи по созданию систем радиовидения: Московском физико-техническом институте, Московском авиационном институте (национальный исследовательский университет), Институте физики им. Л.В. Киренского СО РАН (г. Красноярск), Новосибирском государственном техническом университете, Сибирском федеральном университете (г. Красноярск), Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, Научно-производственной фирме «Микран» (г. Томск), ООО «Радиовидение» (г. Москва) и других.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*достоверность идеи базируется* на корректности постановки задач, использовании апробированных теоретических методов решения и физически обоснованных приближений. В работе теоретически и экспериментально показано, что 3D томограммы восстанавливаются однозначно в зоне дифракции Френеля при наличии полной системы многокурсных волновых проекций с точностью, близкой к предельно достижимой при использовании СШП данных и предложенного метода радиоволнового томосинтеза. Так, например, на основе имитационного моделирования и экспериментальных исследований показано, что при зондировании СШП импульсами длительностью 0,2 нс разрешающая способность томограммы тестового объекта в воздухе была не хуже 1 см;

*использовано* сопоставление экспериментальных и теоретических результатов по рассматриваемой тематике. Сопоставление проводилось в условиях нахождения зондируемых объектов в воздухе, многослойных средах и сложных инженерных конструкциях;

*установлено* качественное согласие заданных и восстановленных в ходе экспериментов радиоизображений тестовых объектов, скрытых внутри различных многослойных диэлектрических преград;

*подтверждено* совпадение заданных и восстановленных радиоизображений тестовых объектов, скрытых внутри трех различных двухслойных диэлектрических преград: воздух – газобетон, воздух – кирпичная стена, воздух – песок. В ходе

имитационного моделирования прямой и обратной задач, а также экспериментально показано, что при зондировании СШП импульсами длительностью 0,2 нс обеспечивается разрешающая способность томограммы не хуже 2 см. Сравнение разрешающей способности восстановленных радиоизображений тестовых объектов без использования и с использованием обработки джиттера показало, что при зондировании СШП импульсами 0,2 нс использование когерентной составляющей джиттера улучшает разрешающую способность томограммы в 1,5 раза;

*подтверждено* совпадение на радиоизображении местоположения заданных и восстановленных сосредоточенных тестовых нелинейных радиоэлектронных объектов, находящихся в окружении ряда маскирующих диэлектрических неоднородностей, при использовании комбинации зондирующего СШП импульса длительностью 0,2 нс мощностью 2 мВт и неперекрывающейся с ним по спектру периодически включаемой монохроматической подсветки на частоте 10 ГГц мощностью 20 Вт. Погрешность определения местоположения нелинейных радиоэлектронных объектов не превышала 2 см.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в том, что:

*впервые определены* необходимые и достаточные условия для однозначного восстановления 3D томограммы произвольных неоднородностей в фоновой среде по данным радиоволнового локационного зондирования;

*однозначно определён* способ восстановления 3D томограммы произвольных неоднородностей в многослойной фоновой среде;

*предложено* оригинальное обобщение метода РВТ на случай неэквилистантного расположения в СШП системе зондирования передающих и приемных антенных элементов. Тем самым обеспечены условия перехода от бистатической системы зондирования к более простой для обработки результатов измерений эквидистантной моностатической;

*впервые использован*, для повышения разрешения восстанавливаемых радиоизображений, джиттер, который создает мешающий эффект при стробоскопической регистрации коротких СШП сигналов;

*предложен* способ 3D томографии методом РВТ неоднородностей, содержащих радиоэлектронные компоненты.

**Личный вклад автора** состоит в том, что все основные теоретические и практические результаты диссертационной работы получены лично автором: им определены направления и методы исследований; сформулированы постановки подлежащих решению задач; построены и реализованы алгоритмы численного решения прямых и обратных задач радиотомографии; разработаны схемные решения лабораторных макетов, опытных образцов и их ключевых элементов; проведен комплекс экспериментальных исследований и последующая обработка их результатов, подтверждающих научную новизну, теоретическую и практическую значимость представленных в диссертации результатов, анализ полученных результатов диссертации и формулировка выводов и положений.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема сверширокополосной радиоволновой томографии, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

На заседании 20.09.2018 диссертационный совет принял решение присудить **Шипилову С. Э.** ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя  
диссертационного совета

А. В. Войцеховский

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Б. Н. Пойзнер

20.09.2018

