

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 25 декабря 2014 года публичной защиты диссертации Завьяловой Ксении Владимировны «Трёхмерное радиовидение на основе измерения амплитуды поля интерференции» по специальности 01.04.03 – Радиофизика на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Время начала заседания: 16-30.

Время окончания заседания: 18-30.

На заседании присутствуют 19 из 24 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика:

1. доктор физико-математических наук Майер Георгий Владимирович – председатель диссертационного совета (01.04.05)
2. доктор физико-математических наук Войцеховский Александр Васильевич – заместитель председателя диссертационного совета (01.04.05)
3. кандидат физико-математических наук Пойзнер Борис Николаевич – ученый секретарь диссертационного совета (01.04.03)
4. доктор физико-математических наук Артюхов Виктор Яковлевич (01.04.21)
5. доктор физико-математических наук Беличенко Виктор Петрович (01.04.03)
6. доктор физико-математических наук Дмитренко Анатолий Григорьевич (01.04.03)
7. доктор физико-математических наук Донченко Валерий Алексеевич (01.04.21)
8. доктор технических наук Дунаевский Григорий Ефимович (01.04.03)

9. доктор физико-математических наук Козырев Андрей Владимирович
(01.04.03)

10. доктор физико-математических наук Лукин Владимир Петрович
(01.04.05)

11. доктор физико-математических наук Самохвалов Игнатий
Викторович (01.04.05)

12. доктор физико-математических наук Солдатов Анатолий Николаевич
(01.04.21)

13. доктор физико-математических наук Соснин Эдуард Анатольевич
(01.04.05)

14 доктор физико-математических наук Тарасенко Виктор Федотович
(01.04.21)

15. доктор физико-математических наук Фисанов Василий Васильевич
(01.04.03)

16. доктор физико-математических наук Черепанов Виктор Николаевич
(01.04.05)

17. доктор физико-математических наук Шандаров Станислав
Михайлович (01.04.03)

18. доктор технических наук Юдин Николай Александрович (01.04.21)

19. доктор физико-математических наук Якубов Владимир Петрович
(01.04.03)

**Заседание ведет председатель диссертационного совета, доктор
физико-математических наук, профессор Майер Георгий Владимирович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты
голосования: за присуждение учёной степени – 18, против – нет,
недействительных бюллетеней – 1) диссертационный совет принял решение
присудить К.В. Завьяловой учёную степень кандидата физико-
математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.04
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 кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.12.2014 г., № 104

О присуждении **Завьяловой Ксении Владимировне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Трёхмерное радиовидение на основе измерения амплитуды поля интерференции**» по специальности **01.04.03** – Радиофизика принята к защите 21 октября 2014 г., протокол № 96, диссертационным советом Д 212.267.04 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 № 937-671 от 23 мая 2008 г.).

Соискатель **Завьялова Ксения Владимировна**, 1988 года рождения.

В 2011 году соискатель окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет».

В 2014 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности инженера лаборатории радиофизических и оптических методов изучения окружающей среды 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 руководитель – доктор физико-математических наук, **Якубов Владимир Петрович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра радиофизики, заведующий кафедрой.

Научный консультант – кандидат физико-математических наук, **Суханов Дмитрий Яковлевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория «Методы, системы и технологии безопасности» Сибирского физико-технического института им. акад. В.Д. Кузнецова, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Аксенов Валерий Петрович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория оптической локации, ведущий научный сотрудник

Юрченко Алексей Васильевич, доктор технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», научно-исследовательская лаборатория физики солнечных элементов кафедры информационно-измерительной техники, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук**, г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном **Зуевым Владимиром Владимировичем** (член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора института), **Веретенниковой Еленой Эдуардовной** (кандидат биологических наук, лаборатория физики климатических систем, научный сотрудник), **Нагорским Петром Михайловичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория физики климатических

систем, ведущий научный сотрудник), **Шелеховым Александром Петровичем** (кандидат физико-математических наук, лаборатория геосферно-биосферных взаимодействий, старший научный сотрудник) указала, что доказательство принципиальной и технической возможности восстановления изображений объектов без измерения фазы путем разработки методов обработки многомерных распределений амплитуды радиоволнового поля интерференции актуально и своевременно, в том числе для усиления мер безопасности в транспортных системах, других местах массового скопления людей и применения на практике систем контроля, безопасных для здоровья человека. Предложенные автором методы технически значительно проще и существенно экономичнее существующих аналогов, получаемое при этом разрешение изображений сопоставимо с теоретическим пределом для радиолокаторов с синтезированной апертурой, использующих информацию о фазе, а использование матриц измерений амплитуды поля совместно с разработанными алгоритмами обработки данных позволяет осуществлять измерения интенсивности в реальном масштабе времени. Полученные результаты представляют собой решение важной научной проблемы в области трёхмерного радиовидения, основанного на измерениях амплитуды радиоволнового поля, и имеют как фундаментальное, так и прикладное значение.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации – 21 работа, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 7 (из них 2 статьи в российских журналах, переводные версии которых включены в Web of Science), патент Российской Федерации – 1, публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций – 13 (из них 1 зарубежная конференция, 1 статья в сборнике материалов конференции, включенном в Scopus); общий объём публикаций – 7.18 п.л., авторский вклад – 5 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Суханов Д.Я., Барышева (Завьялова) К.В. Трансмиссионное некогерентное ультразвуковое видение плоских объектов // Акустический журнал. – 2010. – Т. 56, № 4. – С. 491-496. – 0.38 /0.25 п.л. (в переводной версии журнала: Sukhanov D.Ya., Barysheva (Zavyalova) K.V. Transmission incoherent ultrasonic imaging of planar objects // Acoustical Physics. – 2010. – Т. 56, № 4. – С. 501-505. – DOI: 10.1134/S1063771010040159)

2. Суханов Д.Я., Завьялова К.В. Трёхмерное широкополосное радиовидение на основе измерения амплитудного распределения интерференционной картины за дифракционной решёткой // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – Т. 53, № 9/2. – С. 98-102. – 0.31/0.25 п.л.

3. Суханов Д.Я., Завьялова К.В. Восстановление трёхмерных радиоизображений по результатам многочастотных голографических измерений // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82, № 6. – С. 85-89. – 0.35 /0.25 п.л. (в переводной версии журнала: Sukhanov D.Ya., Zavyalova K.V. Reconstruction of 3D radio images from multifrequency holographic measurements // Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics. – 2012. – Т. 57, № 6. – С. 819-823. – DOI: 10.1134/S1063784212060229).

4. Пат. 144400 Российская Федерация, МПК G01S 13/89. Радиоголографический сверхширокополосный томограф / Суханов Д. Я., Завьялова К. В., заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (RU). – № 2014108126/07; заявл. 03.03.2014; опубл. 20.08.2014, Бюл № 23. – 2 с.

На автореферат поступило 7 положительных отзывов. Отзывы представили:

- 1) **В.И. Зоркальцев**, д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией математического моделирования и оптимизации в энергетике Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г.Иркутск, *с замечаниями*: недостаточно отражены используемые математические методы восстановления изображений по данным радиометрии, в частности, не представлены используемые алгоритмы частотно-амплитудной фильтрации сигналов при применении спектрального анализа (разложение в ряды Фурье).
- 2) **А.Л. Чиж**, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Института физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, *без замечаний*.
- 3) **А.В. Касаткин**, бакалавр радиофизики, инженер-конструктор 1 категории Барнаульского специального конструкторского бюро «Восток», *с замечаниями*: при обосновании достоверности 3 положения (стр. 8) допущена неточность при

указании частоты ультразвуковых волн; в качестве тестовых объектов; при проведении экспериментальных исследований были выбраны плоские объекты, не позволяющие в полной мере оценить возможность восстановления объёмных изображений. 4) **А.Ю. Ветлужский**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории радиозондирования природных сред Института физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, и **Т.Н. Чимитдоржиев**, д-р техн. наук, заместитель директора Института физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, *с замечаниями*: вынесенное в название работы трёхмерное радиовидение иллюстрируется только плоскими изображениями объектов; понятие «приближение однократного рассеяния» применительно к задаче дифракции на одиночном объекте и «восстановление фазы с точностью до $\pm\pi/2$ » требует более развёрнутых комментариев; способ получения изображений, изложенный в пятой главе и предполагающий изначальное знание фазы волн в плоскости размещения облучаемого объекта, находится в некотором противоречии с формулировкой целью работы. 5) **А.В. Уваров**, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор ООО «НТМР», г. Москва, *с замечаниями* о неточности указания стоимости существующих систем радиоволнового досмотра и стоимости антенной решетки к одному из предполагаемых методов. 6) **В.А. Хлусов**, д-р техн. наук, начальник отдела НИР ЗАО «Научно-производственная фирма «МИКРАН», г. Томск, *с замечаниями*: не разъяснены детали процесса калибровки систем регистрации пространственного распределения интенсивности поля излучения; нет четко разграниченных новых результатов и полученных ранее, в оптической голографии, где также используют только амплитудные измерения. 7) **И.Ю. Горшков**, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор ООО «АПСТЕК Лабс», г. Санкт-Петербург, *с замечаниями*: следует правильно оценивать рыночную стоимость систем досмотра тела человека и более корректно использовать неустоявшиеся в традиционной физике термины («точность»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что В.П. Аксёнов является крупнейшим специалистом в области распространения волн, голографии, адаптивной оптики, дифракции волн в неоднородной среде; А.В. Юрченко внес значительный вклад в развитие методов дистанционного

радиоволнового контроля, а также методов сверхвысокочастотного зондирования; Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН является одним из ведущих институтов в области разработки методов и приборов на основе оптических, радиоволновых и акустических эффектов для контроля природных и техногенных систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая концепция радиотомографии, позволяющая восстанавливать трёхмерные изображения скрытых объектов по результатам амплитудных измерений интерференционной картины;

предложены оригинальные способы осуществления радиотомографии на основе измерения интенсивности поля интерференции;

доказана возможность восстановления трёхмерных радиотомографических изображений по измерениям интенсивности поля интерференции на различных частотах и перспективность использования предложенных методов в радиофизике и дефектоскопии;

введено понятие радиоголографии со сверхширокополосным частотным сканированием.

В работе *продемонстрирована* принципиальная возможность получения разрешения по дальности при измерениях лишь амплитуды поля на различных частотах.

Вопреки сложившимся представлениям о разрежённых фазированных антенных решётках *показана* возможность восстановления изображения объекта при разрежённых измерениях, причём, при измерении интенсивности.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказана возможность восстановления изображений объектов в радиотомографии без измерения фазы с помощью методов обработки распределения амплитуды поля интерференции. Данные методы, несомненно, вносят вклад в расширение представлений о методах зондирования в радиотомографии;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в частности:

математический формализм физики распространения радиоволн, в том числе численные методы моделирования радиоволновых процессов в среде Mathcad, Visual C++ и CST Microwave Studio и экспериментальных методик;

изложены методы решения обратных задач радиотомографии на основе измерения амплитуды поля интерференции, численные и экспериментальные доказательства их применимости;

исследованы особенности и закономерности формирования полей дифракции и интерференции в радиотомографических системах, основанных на амплитудных измерениях, а также их разрешающая способность;

проведена модернизация методов восстановления амплитудно-фазового распределения поля по амплитудным измерениям.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены методы трёхмерной томографии по данным моностатического зондирования с частотным сканированием в широкой полосе частот; радиотомографии с применением множества опорных источников и разреженной решётки датчиков амплитуды поля; пассивной радиотомографии по измерениям амплитуды поля за дифракционным экраном.

Все разработанные методы технически проще и значительно дешевле существующих аналогов, при этом разрешение получаемых изображений сравнимо с теоретическим пределом для широкополосных радиолокаторов с синтезированной апертурой, использующих информацию о фазе. Пространственное разрешение полученных разработанных методов в плоскости, параллельной плоскости сканирования, определяется размерами апертуры (области сканирования) и составляет около 15-20 мм. Разрешение по дальности определяется шириной полосы используемых частот и составляет порядка 3 см.

Все предложенные схемы измерений с заданными параметрами системы реализуемы на недорогой радиоэлектронной элементной базе, так как отсутствует измерение фазы и, следовательно, не требуется использование дорогостоящих высокочастотных СВЧ устройств (смесителей, волноводных трактов, антенных решёток).

Результаты работы использованы при выполнении ряда грантов и проектов: АВЦП, 2 гранта ФЦП, 2 гранта РФФИ, У.М.Н.И.К (в том числе АВЦП «Физико-математическая модель радиолокационного томографа» № 2.1.2/12874 и № 2.1.2/3339, 2010-2012 гг., ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009-2013 гг., мероприятие 1.3, ГК от 03.09.2009 г. № П1468 «Разработка методов радиовидения скрытых объектов» и др.), и тематических планов НИР Национального исследовательского Томского государственного университета.

Рекомендации об использовании результатов исследования. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для создания коммерчески доступных, эффективных и быстродействующих систем радиофотографии для осуществления дефектоскопии, контроля качества диэлектрических материалов (в том числе в системах обеспечения безопасности для визуализации скрытых объектов) и в образовательном процессе для проведения лабораторных практикумов по радиоволновой томографии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты работы получены на сертифицированном оборудовании;

теория физически и математически обоснована и находится в полном согласии с известными положениями теории распространения радиоволн в неоднородных средах;

установлено совпадение разрешающей способности разработанных амплитудных методов получения изображения объектов с существующими методами на основе измерения фазы волнового поля.

Научная новизна результатов исследования заключается в осуществлении трёхмерной радиотомографии по измерениям только амплитуды поля интерференции на различных частотах в широкой полосе путём предложенной обработки сигналов, в возможности восстановления плоских радиоизображений разрежённой матрицей приёмников и измерении только амплитуды поля с помощью применения множества опорных источников, также в создании макета дифракционной решётки с особым центральным отверстием, внесение которой в радиотомографическую схему измерений позволяет при

отсутствии собственного источника излучения искусственно формировать опорную волну и восстанавливать изображения объектов только по амплитуде поля дифракции, сформированной этой решёткой.

Личный вклад соискателя состоит в: построении математических моделей, разработке алгоритмов решения обратных задач, получении теоритических, численных и экспериментальных данных, участии в апробации результатов исследования, разработке экспериментальных стендов и установок, выполнении обработки и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи трёхмерной радиотомографии на основе измерения амплитуд поля, имеющей значение для развития радиофизики, в частности, для развития методов дистанционного радиозондирования.

На заседании 25.12.2014 г. диссертационный совет принял решение присудить **Завьяловой К.В.** ученую степень кандидата 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 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18 , против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Учёный секретарь
диссертационного совета

25 декабря 2014 г.



Майер
Георгий Владимирович
Пойзнер
Борис Николаевич