

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

ООО «АПСТЕК Лабс»

к. ф.-м. н., И.Ю. Горшков

«15» апреля 2019

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общество с ограниченной ответственностью «АПСТЕК Лабс»

Диссертация «Анализ радиоголографических и радиотомографических изображений для дистанционного обнаружения скрытых предметов» выполнена в научной лаборатории общества с ограниченной ответственностью «АПСТЕК Лабс».

В период подготовки диссертации соискатель Семенов Семен Николаевич работал в ООО «АПСТЕК Лабс» в должности инженера. В настоящее время соискатель работает в ООО «АПСТЕК Лабс» в должности старшего инженера.

В 2012 г. Семенов С.Н. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет» по специальности «Физика» (специализация «Физическая оптика и лазеры»).

С 2013 г. по 2017 Семенов С.Н. обучался в аспирантуре очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Семенову С.Н. в 2016 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Научный руководитель Семенова С.Н. – доктор физико-математических наук, профессор Дудкин Валентин Иванович, федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича», профессор кафедры фотоники и линий связи.

На научном семинаре **присутствовали:** к. ф.-м. н. Горшков И.Ю., к. ф.-м. н. Кузнецов А.В., д. ф.-м. н., Дудкин В.И., д. т. н. Манойлов В.В., к. ф.-м. н. Вахтин Д.Н., к. ф.-м. н. Воробьев В.В., к. т. н. Воробьев С.И., к.

ф.-м. н. Зандер Ю.В., магистр электроники Мещеряков В.В., соискатель Семенов С. Н.

Слушали: научный доклад Семенова Семена Николаевича по диссертационной работе на тему «Анализ радиоголографических и радиотомографических изображений для дистанционного обнаружения скрытых предметов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы определяется необходимостью совершенствования существующих методов обнаружения опасных предметов, в частности СВУ (самодельных взрывных устройств) из-за возросшей угрозы совершения террористических актов. Разработка новых физических методов обнаружения опасных предметов, принципиально отличающихся от существующих, и их интеграция в комплекс систем безопасности позволит существенно повысить общественную безопасность. Тематика работы является первой в списке «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации» указа президента РФ от 7.07.2011 № 899 по части «Безопасность и противодействие терроризму».

Личный вклад соискателя в теоретические и практические результаты диссертационной работы. Все научные и практические результаты, включенные в диссертационную работу, получены лично Семеновым С.Н. На использованные в работе заимствованные экспериментальные и теоретические данные имеются необходимые ссылки на публикации.

Соискателем лично проведено моделирование рассеянного электромагнитного излучения в приближении однократного рассеяния от человека в поддиапазоне СВЧ 10-18 ГГц, представленного набором дискретных, изотропных, точечных рассеивателей, проведены эксперименты по измерению диэлектрической проницаемости тестовых диэлектриков на динамических объектах (людях с различным индексом массы тела).

Соискателем лично поставлена задача о построении радиотомографического изображения методом обратных радоновских проекций в поддиапазоне СВЧ 10-18 ГГц, собрана экспериментальная

установка и оптимизировано расположение приемо-передающих элементов для эффективного построения радиотомографического изображения, написаны алгоритмы обнаружения диэлектрического объекта в исследуемой зоне установки и вычисления их ключевых физических параметров. Программная реализация алгоритмов позволила проводить измерения в режиме реального времени. Соискателем лично произведены эксперименты по обнаружению тестовых диэлектриков в багаже, установлены критерии опасности и вычислены вероятности обнаружения и ошибок 1-ого и 2-ого родов.

Достоверность результатов научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертационной работе, подтверждается экспериментальными исследованиями, опубликованными в различных журналах статьями, обсуждениями результатов работы на международных конференциях.

Принятые приближения (однократного изотропного рассеяния, о распространении электромагнитного излучения в среде) физически оправданы и находятся в соответствии с теорией распространения электромагнитного излучения.

В процессе работы были произведены теоретические, численные и экспериментальные исследования. Все разработанные модели в процессе диссертационной работы численно промоделированы, и показана их работоспособность. Результаты численного моделирования согласуются с экспериментальными результатами. Достоверность защищаемых положений и прочих экспериментальных результатов диссертационной работы подтверждается согласованностью теоретических и экспериментальных данных.

Качество изображений, восстановленных в практических экспериментах, определяется разрешающей способностью используемых экспериментальных макетов, не превышает дифракционный предел и согласуется с результатами моделирования. Предельная разрешающая способность составляет порядка длины волны зондируемого излучения.

Научную новизну работы составляет:

1. Предложен и теоретически обоснован поддиапазон СВЧ 10-18 ГГц для метода обнаружения диэлектрика, основанного на синтезе нескольких методов численного решения обратной задачи дифракции. Выбранный поддиапазон дает принципиальную возможность идентификации диэлектрического предмета на динамическом объекте в режиме реального времени.

2. Программная реализация алгоритмов, разработанного метода построения и анализа изображений, впервые позволила производить идентификацию диэлектрических предметов на нескольких динамических объектах (до 5-ти человек со скоростью перемещения до 5-6 км/ч) в режиме реального времени.
3. Впервые реализован радиотомографический метод, основанный на анализе обратных радоновских проекций, позволяющий обнаруживать диэлектрические предметы в режиме реального времени с размерами от 5 см, провозимых в чемодане.
4. Разработан алгоритм классификации предметов по степени опасности в рамках задачи досмотра, основанный на вычисленных ключевых физических параметрах – размер, положение в пространстве и диэлектрическая проницаемость. Программная реализация алгоритма обеспечивает автоматическое обнаружение скрытых предметов.

Практическая значимость.

На основе проведенных исследований разработана методика обнаружения скрытых диэлектрических объектов, проносимых под одеждой, в рюкзаках и чемоданах. Данный комплекс методик был внедрен в ряд многопозиционных СВЧ систем досмотра, отвечающим современным требованиям безопасности – скрытный досмотр, быстроедействие, безопасность для человека, автоматическая работа. Программная реализация комплекса методик была внедрена в программное обеспечение систем класса АМУ256: АМУ256х2х4, АМУ256х2х8, АМУ256х4х8, АМУ256х2х6L, HSR (Human Security Radar).

Апробация работы.

Материалы диссертационной работы неоднократно докладывались на всероссийских и международных научных конференциях:

1. Тринадцатая международная научно-практическая конференция Hi-Tech. Санкт-Петербург, 24 – 26 мая 2012 г. Материалы конференции. Санкт-Петербург.
2. In Proceedings of the Distributed Intelligent Systems and Technologies. St. Petersburg 2 – 4 July 2012. St. Petersburg, Russia, 2012.
3. XLII неделя науки СПбГПУ. Санкт-Петербург 2 – 7 декабря 2013г. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2013.
4. In Proceedings of the Security Research Conference "9th Future Security", Berlin, September 16 – 18, 2014. Fraunhofer Verlag, Berlin, Germany 2014.
5. XLIII неделя науки СПбГПУ. Санкт-Петербург 1 – 6 декабря 2014г. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2014. С. 125 – 127.
6. XVI Международная зимняя школа-Семинар по радиопизике и электронике сверхвысоких частот. Саратов 2 – 7 февраля 2015. Материалы конференции. Саратов, 2015.
7. In Proceedings of the Security Research Conference "10th Future Security", Berlin, September 15 – 17, 2015. Berlin, Germany 2015.
8. XIV неделя науки СПбПУ. Санкт-Петербург 30 – 4 декабря 2015. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2015. С.

Полнота изложения материала и ценность научных работ.

Содержание диссертации в достаточной мере отражено в 4 статьях научных журналов, рекомендованных ВАК, 9 тезисах докладов всероссийских и международных научных конференций и 2 патентах РФ. Вклад автора в публикациях составляет более 80%. В публикациях отражены новые научные результаты, полученные в диссертационной работе. Ценность опубликованных работ заключается прежде всего в том, что представленные методы и их программная реализация были успешно внедрены в досмотровую систему HSR (Human Security Radar). Была проведена довольно масштабная экспериментальная работа по изучению рассеяния и прохождения электромагнитного поля поддиапазона СВЧ 10-18 ГГц. Были созданы оригинальные и впоследствии запатентованные методы обработки и анализа прошедшего электромагнитного поля.

В рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК:

1. Воробьев С.И., Потехин В.В., **Семенов С.Н.** Методика фильтрации анализа изображений микроволнового зондирования // Журнал «НТВ СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление», выпуск 1–2014(188). С. 31 – 36.

Соискателем проведено моделирование процесса рассеивания микроволнового излучения от точечного рассеивателя, а также настроен алгоритм фильтрации гистограммы распределения амплитуд.

2. **Семенов С.Н.**, Воробьев С.И., Дудкин В.И. Методика построения микроволнового изображения объекта с применением решения обратной задачи дифракции // Журнал «НТВ СПбГПУ. Физико-математические науки», выпуск 2-2014(194). С. 69 – 74.

Соискателем производились эксперименты по измерению рассеянного микроволнового излучения от макетов человеческого тела и тела человека на экспериментальной установке АМУ256.

3. **Семенов С.Н.** Построение изображений диэлектрических объектов методом микроволновой томографии // Журнал «НТВ СПбГПУ. Физико-математические науки», выпуск 3-2015(225). С. 150 – 155.

4. Мещеряков В.В., **Семенов С.Н.**, Григорьев А.Д. Исследование эффекта изменения поляризации микроволнового излучения скрытыми объектами на теле человека // Журнал «Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника», выпуск 6-2015. С. 41 – 45.

Соискателем проведена подготовка металлических образцов, для проведения экспериментов для измерения эффекта изменения поляризации микроволнового излучения.

В трудах всероссийских и международных конференций:

1. **Семенов С.Н.**, Воробьев С. И., Аверьянов В.П., Осипов М.Ю. Многопозиционная система построения микроволнового изображения в режиме реального времени // Тринадцатая международная научно-практическая конференция Hi-Tech. Санкт-Петербург, 24 – 26 мая 2012 г. Материалы конференции. Санкт-Петербург. С. 44 – 47.

Соискателем проведено моделирование рассеянного микроволнового излучения от точечного рассеивателя и рассеивающей плоскости, а также сравнение результатов моделирования с данными, измеряемыми на системе «АМУ-256x2»

2. Vorobyev S., **Semenov S.**, Shkodyrev V. Distributed imaging algorithm for multi-position microwave systems // In Proceedings of the Distributed

Intelligent Systems and Technologies. St. Petersburg 2 – 4 July 2012. St. Petersburg, Russia, 2012. P. 121 – 130.

Соискателем произведен численный расчет обратной задачи дифракции для восстановленных амплитуд микроволнового поля в приближении однократного рассеяния в дискретной пространственной сетке.

3. **Семенов С.Н.**, Воробьев С.И., Дудкин В.И. Метод построения изображения дистанционным радиозондированием пространства // XLII неделя науки СПбГПУ. Санкт-Петербург 2 – 7 декабря 2013г. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2013. С. 80 – 83.

Соискателем производились эксперименты по измерению рассеянного микроволнового излучения от макетов человеческого тела и тела человека на экспериментальной установке АМУ256.

4. Kuznetsov A., Vakhtin D., **Semenov S.** and etc. Automatic standoff detection of threats in crowded areas // In Proceedings of the Security Research Conference "9th Future Security", Berlin, September 16 – 18, 2014. Fraunhofer Verlag, Berlin, Germany 2014. P. 319 – 326.

Соискателем производились эксперименты по измерению вероятности детектирования имитаторов самодельных взрывчатых веществ, проводимых в метро Парижа, и эксперименты по измерению вероятности ложного срабатывания на заводе в Эстонии.

5. **Семенов С.Н.**, Воробьев С.И., Дудкин В.И. Построение томографических изображений диэлектрических объектов в микроволновом диапазоне в приближении геометрической оптики // XLIII неделя науки СПбГПУ. Санкт-Петербург 1 – 6 декабря 2014г. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2014. С. 125 – 127.

Соискателем предложена формула расчета для расчета диэлектрической плотности методом обратного дискретного преобразования Радона.

6. Мещеряков В.В., Воробьев С.И., **Семенов С.Н.** Микроволновая система дистанционного досмотра // XVI Международная зимняя школа-Семинар по радиофизике и электронике сверхвысоких частот. Саратов 2 – 7 февраля 2015. Материалы конференции. Саратов, 2015. С. 71.

Соискателем проведены эксперименты с имитаторами самодельных взрывчатых веществ.

7. Kuznetsov A., Vakhtin D., **Semenov S.** and etc. Extending security perimeter and protecting crowded places with Human Security Radar // In Proceedings of the Security Research Conference "10th Future Security", Berlin, September 15 – 17, 2015. Berlin, Germany 2015. P. 371 – 377.

Соискателем произведено длительное непрерывное тестирование (24/7) работоспособности системы HSR (Human Security Radar) на заводе в Эстонии.

8. **Семенов С.Н.**, Мещеряков В.В., Дудкин В.И. Построение томографических изображений диэлектрических объектов в верхнем X и нижним Ku диапазонах СВЧ // XIV неделя науки СПбПУ. Санкт-Петербург 30 – 4 декабря 2015. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2015. С. 122 – 124.

Соискателем предложена формула расчета для расчета распределения плотности удлинения оптического пути на основе методом обратного дискретного преобразования Радона в выбранной области пространства, предложена формула определения диэлектрической проницаемости диэлектрического объекта и его размеров.

Патенты:

1. Патент №2629914, Российская федерация, МПК G01N 22/10. Способ дистанционного досмотра багажа в контролируемой области пространства / **Семенов С.Н.**, Воробьев С.И. и др., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «АПСТЕК Лабс» (Ru). – №2016133685; заявл. 16.08.2016; опубл. 04.09.2017, Бюл № 25. – 2 с.

2. Патент №2629911, Российская федерация, МПК G01R 27/26. Способ дистанционного определения диэлектрической проницаемости диэлектрического объекта / **Семенов С.Н.**, Воробьев С.И. и др., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «АПСТЕК Лабс» (Ru). – №2016133690; заявл. 16.08.2016; опубл. 04.09.2017, Бюл № 25. – 2 с.

Соответствие специальности. Выполненная Семеновым С.Н. диссертационная работа является научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, действующим положением о порядке присуждения ученых степеней, и соответствует следующим пунктам паспорта специальности ВАК «01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики»:

1) п.2. «Разработка новых принципов и методов измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений. Разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики».

2) п.5. «Разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики».

3) п.7. «Разработка и создание средств автоматизации физического эксперимента».

Диссертация соответствует требованиям, установленным пунктом 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842.

Диссертация «Анализ радиоголографических и радиотомографических изображений для дистанционного обнаружения скрытых предметов» Семенова Семена Николаевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

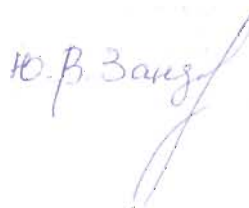
Присутствовало на заседании 10 чел. Результаты голосования: «за» – 9 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №1 от 8 апреля 2019 г. Соискатель Семенов С.Н. участия в голосовании не принимал.

Председатель семинара
к.ф.-м.н.



Кузнецов А.В.

Секретарь заседания
к.ф.-м.н.



Зандер Ю.В.