

ОТЗЫВ

на диссертацию Сатарова Равиля Наилевича

«Радиоволновая томография с использованием принципа тактированных решеток»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика

Диссертационная работа Р.Н.Сатарова посвящена разработке и созданию сверхширокополосных (СШП) томографических локационных систем радиовидения, основанных на использовании технологии тактированных антенных решеток.

Актуальность работы определяется всё возрастающей потребностью развития систем безопасности, дистанционного обнаружения и исследования скрытых объектов. Такие системы широко востребованы в геолокации, неразрушающей дефектоскопии, дистанционном зондировании окружающей среды, при проведении антитеррористических мероприятий, в военной области. Существенный прогресс, достигнутый в настоящее время в разработке радиоэлектронных средств генерирования и приема сверхширокополосного радиоизлучения предопределил его использование в системах радиовидения в сочетании с методами томографии и эффективными технологиями синтеза приемной апертуры. Однако существующие методы дифракционной томографии и системы радиовидения не во всех случаях позволяют решать задачи обеспечения безопасности. Требуется дальнейшее развитие и усовершенствование систем СШП радиовидения на основе локационной томографии. Именно на разработку и создание томографических СШП локационных систем радиовидения с более высокими, по сравнению с существующими СШП радарными, точностными характеристиками и возможностью визуализации скрытых объектов направлена диссертационная работа.

Новизна работы. В диссертации впервые предложено использовать и реализован в действующих макетах радара режим тактирования СШП антенной решетки, что позволяет добиться такой же точности визуализации скрытых объектов, что и при использовании эквивалентной антенной решетки с вдвое более плотным заполнением совмещенными приемопередающими элементами.

Разработан метод определения толщины и показателя преломления диэлектрического слоя по запаздыванию СШП импульсов, отраженных от границ слоя при моно- и би-статической схемах локации.

Предложен и реализован в действующем макете СШП радара метод обнаружения перемещения скрытых за преградой объектов, основанный на дифференциально-разностном анализе спектрограмм разностей последовательных зондирующих СШП сигналов.

Разработаны и созданы не имеющие аналогов действующие макеты систем радиовидения на основе тактированных антенных решеток.

Достоверность полученных в диссертации результатов и положений, выносимых на защиту, подтверждается многочисленными замкнутыми численными экспериментами и результатами натурных экспериментов по зондированию диэлектрических и металлических тестовых объектов и визуализации объектов, скрытых за диэлектрическими преградами, выполненных с помощью созданных макетов СШП радара.

Диссертация состоит из 5 глав, введения и заключения. Список цитируемой литературы составляет 93 наименования.

Содержательная часть диссертации представлена в главах со второй по пятую. Вторая и третья главы носят методический характер. Здесь обсуждаются вопросы фокусировки зондирующего излучения, проводится оценка пространственного разрешения получаемых радиоизображений объектов, исследуется искажающее воздействие диэлектрической преграды на радиовидение. Приводятся результаты численных экспериментов по тестированию предлагаемых в диссертации методов и алгоритмов визуализации лоцируемых объектов при круговом сканировании для различных вариантов заполнения апертуры приемопередающими элементами.

В четвертой и пятой главах представлены разработанные автором диссертации макеты систем радиовидения на основе экви- и неэкви-дистантных тактированных антенных решеток с различным числом передающих и приемных каналов. В четвертой главе рассмотрены схемы с линейными антенными решетками, в пятой – с планарными. Для всех четырех рассмотренных макетных вариантов радиотомографа осуществлен выбор оптимального расположения приемопередающих элементов и режимов тактирования на основе численного моделирования. Приводятся результаты экспериментального тестирования созданных макетов.

Сформулированные автором на основе полученных в диссертации результатов защищаемые положения представляются вполне достоверными и значимыми для науки и практических применений. Они обоснованы теоретически, подтверждены замкнутыми численными и натурными экспериментами.

Однако по первому защищаемому положению в диссертации не удалось найти явного подтверждения, что тактированная решетка обеспечивает достаточный набор проекций с плотностью приемопередающих элементов вдвое меньшей, чем плотность заполнения эквивалентной решетки с совмещенными приемопередающими элементами. Так, для рассмотренного, например, на рис. 5.27 варианта заполнения апертуры из 37 элементов эквивалентная апертура на рис. 5.28 состоит из 84 элементов. То есть отношение превышает 2.

Замечания, касающиеся других обсуждаемых в диссертации материалов исследований, сводятся к следующему.

1. Не проводится анализ работоспособности разработанных макетов по критерию «отношение сигнал/шум». Не ясно, при каких минимально допустимых уровнях рассеянного сигнала обнаружение скрытых предметов еще возможно.

2. Не ясно, на основании какой характеристики изображений вводится коэффициент K , характеризующий разрешающую способность системы радиовидения. На стр. 136 он определяется как средняя погрешность, оцениваемая как «сумма квадратов разности истинного и восстановленного изображения», но что понимается под словом «изображение»? И почему коэффициент K безразмерный? Каково разрешение томографа в абсолютных единицах?

3. На стр. 125 дается описание разработанной СШП антенной решетки, где указывается, что взаимная развязка между каналами антенны составляет 60 ДБ. За счет чего это достигается?

Научная значимость работы состоит в обосновании минимально достаточного набора проекций, получаемого при использовании тактированной антенной решетки, в сравнении с решетками с совмещенными приемопередающими элементами. В решении задачи определения показателя преломления и толщины диэлектрического слоя по запаздыванию зондирующих сигналов при моно- и би-статической схемах зондирования. В разработке дифференциально-разностного радарного метода обнаружения перемещающихся за скрывающей преградой объектов.

Практическая значимость работы определяется предложенными и реализованными при выполнении в диссертационной работе техническими решениями задач конструирования и разработки СШП антенн, блока коммутации каналов для управления СШП переключателями, созданными алгоритмами и программами, обеспечивающими возможность оптимизации числа и расположения приемопередающих элементов, а так же режима тактирования СШП антенных решеток. Наконец, созданные действующие макеты радиотомографов вполне пригодны для решения практических задач.

Не смотря на доступность изложенного в диссертации материала даже для не очень подготовленного читателя, чему способствует большое (176!) число иллюстраций, работа изобилует погрешностями в оформлении. Достаточно указать лишь некоторые.

1) Из пяти ВАКовских публикаций соискателя в диссертации и автореферате без библиографических ошибок приводятся лишь две. В других неправильно указаны либо номер журнала, либо страницы публикации в журнале.

2) При описании иллюстраций в диссертации автор основывается на их цветовом исполнении, в то время как иллюстрации выполнены в черно-белых тонах. И это по всему тексту диссертации!

3) Во многих случаях на рисунках не указано, что отложено по осям, в каких единицах. Например, рис.2.1, 2.2, 4.18-4.28, 4.29, 5.22.

В целом диссертационная работа представляет собой целенаправленное, хорошо продуманное и законченное на определенном этапе исследование, выполненное на очень высоком научно-техническом уровне. Диссертация содержит много полезных методических и технических решений, которые находят и найдут применение при создании СШП томографических систем радиовидения. Автор владеет современными компьютерными математическими системами, имеет

навыки разработки компьютерных алгоритмов, имитирующих работу систем радиовидения. Им разработаны и реализованы компьютерные алгоритмы томографического восстановления неоднородностей, что требует очень высокой квалификации в области программирования. Разработаны и созданы макеты систем радиовидения, использующие тактированные СШП антенные решетки. Макеты действующие и вполне пригодны для практических применений. Имеются все основания заключить, что автор диссертации вполне сложившийся ученый-разработчик радиосистем. Результаты работы полно опубликованы в рецензируемых журналах из списка ВАК России и в трудах международных и всероссийских конференций. Автореферат полно отражает основные результаты диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Р.Н. Сатарова **полностью соответствует требованиям ВАК**, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03-радиофизика.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук.
634021, Россия, г. Томск, площадь Академика Зуева 1, (3822) 492738,
<http://www.iao.ru>, e-mail: science@iao.ru


Официальный оппонент,
Зав. лабораторией распространения радиоволн
Института оптики атмосферы СО РАН,
доктор физико-математических наук
04.12.2014



Виктор Арсентьевич Банах

Подпись В.А. Банаха заверяю

Ученый секретарь Института
оптики атмосферы СО РАН, К.Ф.М.Н.



Ольга Владимировна Тихомирова