

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе НГТУ
доктор технических наук, доцент
Сергей Викторович Брезанов

«24»  2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Диссертация «Матричные имитаторы эхосигналов многоантенных радиолокационных систем» выполнена на кафедре Радиоприемных и радиопередающих устройств.

В период подготовки диссертации соискатель Сабитов Тимур Ильясович обучался и по настоящее время обучается в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (профиль: «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»), на кафедре Радиоприемных и радиопередающих устройств, нормативный период обучения с 01.09.2020 г. по 31.08.2024 г.

В 2020 году Сабитов Т.И. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.04.01 – «Радиотехника» (профиль: «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов»), выдан диплом, присуждена степень «Магистр».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов №594 выдана в 2021 году Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением

высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель – Киселев Алексей Васильевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Радиоприемных и радиопередающих устройств, должность профессор кафедры.

По итогам обсуждения принято следующее заключение (выписка из протокола расширенного заседания кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств):

Актуальность темы диссертационного исследования

Для имитации отражений от радиолокационных объектов широкое распространение получили матричные имитаторы. Они являются наиболее перспективными и обладают рядом неоспоримых преимуществ. Матричные имитаторы позволяют моделировать быстрые перемещения цели, перемещения по сложным траекториям, отражения от распределенных объектов.

Несмотря на достаточно полную изученность матричных имитаторов, до сих пор их рассматривали только применительно к системам, использующих одну приемную антенну. Вместе с тем известно достаточно много радиотехнических систем, работа которых основана на использовании нескольких приемных антенн с разнесенными фазовыми центрами и перекрывающимися диаграммами направленности. К таковым относятся, например, корреляционные измерители скорости и сноса, радиолокационные системы с компенсационными каналами приема. Уровень проработки теоретических и прикладных вопросов матричных имитаторов ограничен одноантенными системами. Диссертационная работа Сабитова Т. И. направлена на ликвидацию этого пробела. Поэтому она актуальна, имеет научное и практическое значение.

Цель диссертационной работы – обосновать методы построения когерентных матричных имитаторов, обеспечивающих моделирование

эхосигналов радиолокационной системы, имеющей несколько приемных антенн с разнесенными фазовыми центрами и перекрывающимися диаграммами направленности.

Задачи диссертационной работы:

1. Оценить возможность применения известных МИ эхосигналов ОА к имитации эхосигналов МА.
2. Обосновать пути, обеспечивающие развитие теории МИ до уровня имитации эхосигналов МА.
3. Обосновать требования, которым должна удовлетворять геометрическая модель, лежащая в основе когерентного МИ эхосигналов двух-/трехантенной МА.
4. Обосновать методы синтеза геометрических моделей, лежащих в основе когерентных МИ эхосигналов двух-/трехантенных МА.
5. Исследовать ошибки моделирования МИ эхосигналов двух-/трехантенных МА и разработать пути их уменьшения.
6. Развить полученные теоретические результаты до уровня, позволяющего синтезировать МИ.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Все выносимые на защиту результаты получены автором лично. Автором выполнены: постановка целей и задач исследования, выбор методов исследования, вывод аналитических соотношений, построение математических моделей, апробация результатов исследования, анализ и обобщение результатов, подготовка основных публикаций по выполненной работе.

Достоверность результатов исследований

Обеспечивается корректностью применения математического аппарата, согласованностью с результатами исследований других авторов, подтверждением теоретических выводов результатами моделирования на ЭВМ и положительными результатами внедрения результатов исследования.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Получены условия фокусировки когерентной геометрической модели на две/три точки приема, при выполнении которых обеспечивается имитация КЦИ, имеющего общее положение для всех приемных антенн.

2. Обоснованы методы синтеза геометрической модели, лежащей в основе когерентного МИ, позволяющего имитировать КЦИ независимо для каждой антенны МА.

3. Для матриц излучателей, синтезируемых на основе предложенных подходов, установлены зависимости ошибок моделирования от параметров МА и точности задания параметров сигналов.

Практическая значимость результатов исследований:

1. Получены результаты, позволяющие синтезировать МИ, обеспечивающие имитацию цели, наблюдаемой двумя/тремя антеннами МА в одном и том же положении.

2. Получены результаты, позволяющие синтезировать МИ для имитации отражений от цели независимо для каждой антенны МА, использующего в своей работе две приемные антенны.

3. Получены соотношения для синтеза геометрической модели из 6 излучающих точек. Они позволяют синтезировать МИ для имитации эхосигналов независимо для каждой антенны МА, использующего в своей работе три приемные антенны.

4. Получены соотношения для оценки влияния ошибок фазировки МИ на точность позиционирования моделируемых объектов. Они позволяют определить требования к точности фазировки МИ.

Ценность научных работ соискателя заключается в следующем

Использование результатов диссертационной работы проходило в рамках: хоздоговора РТУ-10-19 между Акционерным обществом «ЗАСЛОН» (г. Санкт-Петербург) и Новосибирским государственным техническим университетом.

Результаты диссертационной работы внедрены на указанном предприятии, что подтверждается соответствующим актом.

Соответствие научной специальности

Диссертационная работа Сабитова Тимура Ильясовича «Матричные имитаторы эхосигналов многоантенных радиолокационных систем» соответствует паспорту научной специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация (по новой номенклатуре 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация):

- формуле паспорта специальности (многоточиями скрыты части, не относящиеся к диссертационной работе):

«Радиолокация и радионавигация – область науки и техники, использующая радиоволны для ... исследования, разработки, проектирования, испытания, ... радиолокационных и радионавигационных систем и устройств.

Специальность включает вопросы ... использования радиотехнических явлений для ... испытаний этих систем»;

- областям исследования паспорта специальности, в частности (многоточиями скрыты части, не относящиеся к диссертационной работе):

- 1) пункту «1. Исследование новых ... процессов в радиоэлектронике, позволяющих повысить эффективность систем и устройств радиолокации и радионавигации»;

- 2) пункту «11. Разработка научных и технических основ ... испытания ... радиолокационных и радионавигационных устройств и систем».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 24 научных работах, из них работ, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) – 9, а также работ в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 6.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в работах, опубликованных в **рецензируемых научных изданиях (из перечня ВАК РФ)**:

1. Сабитов Т. И. Коррекция амплитудной ошибки в матричных имитаторах радиолокационных целей / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // Радиопромышленность. - 2020. - Т. 30, № 4. - С. 106–110

2. Киселев А. В. Двумерная частично когерентная геометрическая модель распределенного радиолокационного объекта / А. В. Киселев, Т. И. Сабитов, М. А. Степанов // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2020. – № 1-2 (46-47). – С. 28–36.

3. Сабитов Т. И. Имитация эхосигналов двухпозиционной системы с использованием матрицы из пяти излучателей / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая. - 2020. – Т. 49, № 5. – С. 6–9

4. Сабитов Т. И. Пространственно-фазовая фокусировка излучателей матричного имитатора на две точки приема / Т. И. Сабитов; [науч. рук. А. В. Киселев] // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2020. – № 1-2 (46-47). – С. 60–67

5. Сабитов Т. И. Имитация эхосигналов двухпозиционных систем с использованием когерентных излучателей / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая. - 2019. – № 4. – С. 42–46.

6. Сабитов Т. И. Матричный имитатор эхосигналов двухпозиционной радиолокационной системы / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая. - 2019. – № 4. – С. 6–10.

7. Сабитов Т. И. Требования к точности задания параметров сигналов, излучаемых матричным имитатором / Т. И. Сабитов, М. А. Степанов, А. В. Киселев // Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая. - 2019. – № 4. – С. 27–31.

8. Сабитов Т. И. Границы области достижимых значений параметров функции распределения шумов координат распределенного

радиолокационного объекта, замещаемого геометрической моделью, составленной из излучателей коррелированных сигналов / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев, М. А. Степанов // *Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая.* – 2017. – № 4. – С. 36–39.

9. Сабитов Т. И. Модель распределенного радиолокационного объекта, составленная из излучателей коррелированных сигналов / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев, М. А. Степанов // *Вопр. радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая.* – 2017. – № 4. – С. 40–43.

Научные результаты диссертации отражены также в следующих **научных изданиях**, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science:

10. Kiselev A. V. Simulating an object's altitude for two-position systems / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov, M. A. Stepanov // *Journal of Computer and Systems Sciences International.* - 2020. – Vol. 59, iss. 2. – P. 217–222.

11. Simulation of reflected signals in dual-position radar systems / T. I. Sabitov, A. V. Kiselev, M. A. Stepanov, M. V. Oreshkina // *Remote Sensing Letters.* - 2021. - Vol. 12, iss. 11. - P. 1082-1089.

12. Kiselev A. V. Simulation of Objects for a Three-position Radar System / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov // *Inter Conf. Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering, Novosibirsk, 10-11 Dec. 2020: IEEE, 2020.* - P. 28-31

13. Sabitov T. I. A matrix simulator of echo signals of twoposition radar station / T. I. Sabitov, A. V. Kiselev, M. A. Stepanov // *International multi-conference on engineering, computer and information sciences: conf. proc., Novosibirsk, 21 Oct 2019.* – IEEE, 2019. - P. 588–590.

14. Kiselev A. V. Possibilities of a two-point model, radiating correlated signals / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov, M. A. Stepanov // *The 18 international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM 2017 : proc., Altai, Erlagol.* – Novosibirsk : NSTU, 2017. – P. 91–93.

15. Kiselev A. V. Two-point model composed of radiators of correlated signals / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov, M. A. Stepanov // *The 18 international*

conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, EDM 2017 : proc., Altai, Erlagol. – Novosibirsk : NSTU, 2017. – P. 131–134.

Результаты диссертационных исследований докладывались на научных конференциях:

1. Сабитов Т. И. Матрица излучателей, имитирующая эхосигналы трехпозиционной системы произвольной конфигурации // XXI Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона», посвященная 75-летию победы в Великой Отечественной войне, 2020 г., Новосибирск;

2. Сабитов Т. И. Двухточечная конфигурация когерентной модели, синфазной в двух точках приема // 27-я Региональная научная студенческая конференция «Интеллектуальный потенциал Сибири», 2019 г., Новосибирск;

3. Сабитов Т. И. Математическое моделирование параметров совместной функции распределения угловых шумов координат // XX Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона», посвященная 150-летию со дня рождения С. А. Чаплыгина, 2019 г., Новосибирск;

4. Сабитов Т. И. Оценка стабильности параметров функции распределения шумов координат, моделируемых двухточечной моделью распределенного объекта на коррелированных излучателях // XIX Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона», 2018 г., Новосибирск;

5. Сабитов Т. И. Устойчивость двухточечной квазикогерентной модели распределенного объекта по параметрам функции распределения шумов координат // 26-я Региональная научная студенческая конференция «Интеллектуальный потенциал Сибири», 2018 г., Новосибирск;

6. Сабитов Т. И. Влияние неточности задания параметров сигналов двухточечной квазикогерентной модели на характеристики моделируемых шумов координат // XIV Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления», 2018 г., Томск;

7. Сабитов Т. И. Двухточечная геометрическая модель распределенного радиолокационного объекта, составленная из излучателей случайных сигналов с заданным коэффициентом взаимной корреляции // XVIII Всероссийская научно-техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона», 2017 г., Новосибирск;

8. Сабитов Т. И. Модель распределенного радиолокационного объекта на основе коррелированных излучателей // XIII Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления», 2017 г., Томск;

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 70% (указывается совокупный процент вклада соискателя в работах).

Общее заключение

Диссертация соответствует требованиям установленным в пп. 9 - 14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским (докторским) диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения в области имитационного моделирования радиолокационных отражений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, а так же изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация «Матричные имитаторы эхосигналов многоантенных радиолокационных систем» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств Федерального

