

чной работе и
Р

С.П. Куксенко

), 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Таюрова Антона Викторовича**
«Имитационное моделирование отражающих объектов, распределенных по угловым координатам, с помощью матричных имитаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы

Современные радиотехнические системы предъявляют повышенные требования к достоверности испытаний и точности оценки характеристик их функционирования. Для этого всё более широко применяются аппаратно-программные комплексы полунатурного моделирования, позволяющие воспроизводить работу сложных систем в лабораторных условиях с контролируемыми параметрами среды и воздействий.

Одним из ключевых элементов таких комплексов являются матричные имитаторы, предназначенные для формирования электромагнитных полей на апертуре приёмной антенны, эквивалентных отражённым от распределённых объектов. При этом реальный объект, имеющий множество отражающих точек на своей поверхности, замещается матрицей, состоящей из ограниченного числа разнесённых излучателей.

Матричные имитаторы обеспечивают возможность проведения экспериментов в условиях лаборатории, сокращая время и стоимость испытаний, и при этом позволяя исследовать пространственные и характеристики сигналов.

Однако при имитации распределённых объектов возникают систематические ошибки, обусловленные замещением объекта матричным имитатором и нелинейностью пеленгационной характеристики приёмной антенны. Это приводит к смещению результатов измерения угловых координат кажущегося центра излучения относительно его истинного положения.

Логично полагать, что эти ошибки приведут к погрешностям имитации угловых шумов распределённых объектов. А именно, их функции распределения и её параметров. В настоящее время этот вопрос в литературе не рассмотрен.

Диссертационная работа Таюрова Антона Викторовича направлена на решение этой задачи — на выявление и количественное описание закономерностей, определяющих точность моделирования распределённых радиотехнических объектов, точнее их угловых шумов.

Актуальность выбранной темы подтверждается необходимостью повышения точности имитации отражений от распределённых объектов, учёта совокупности факторов, определяющих достоверность воспроизводимых эхосигналов от них, и разработки подходов к оценке ошибок моделирования при проектировании матричных имитаторов.

Основные научные результаты и их значимость для науки и практики

В ходе исследования Таюровым А.В. было установлено, что одной из основных причин систематических ошибок является замещение объекта дискретной моделью при нелинейности пеленгационной характеристики приёмной антенны, приводящее к смещению кажущегося центра излучения.

Автором последовательно рассмотрены основные факторы, влияющие на эти ошибки, а также проанализированы наихудшие случаи, при которых ошибки проявляются наиболее существенно.

Автором получены аналитические зависимости, связывающие характеристики диаграмм направленности антенн, угловое расположение излучателей матрицы и параметры моделируемого объекта с величиной ошибок установки углового положения кажущегося центра излучения и вероятностными характеристиками угловых шумов.

Полученные результаты позволили выявить закономерности, определяющие пределы применимости матричных имитаторов и области, в которых обеспечивается заданная достоверность моделирования.

Работа Таюрова А.В. вносит вклад в развитие теоретических основ моделирования радиоэлектронной обстановки и представляет ценность для проектирования и анализа сложных имитационных систем.

Практическая значимость

Результаты исследования имеют практическую направленность и могут быть использованы при проектировании, настройке и оптимизации испытательных стендов радиотехнических систем различного назначения.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные зависимости позволяют не только оценивать точность имитации, но и прогнозировать поведение ошибок при изменении параметров антенны и конфигурации матрицы.

Результаты исследования могут служить основой для анализа точностных характеристик матричных имитаторов, а также для синтеза имитаторов, обеспечивающих заданную точность моделирования распределенных объектов.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью отражает структуру и результаты диссертации.

Все основные положения, выводы и рекомендации, приведённые в автореферате, соответствуют материалам, представленным в диссертации.

Отражение научной новизны, обоснованности и значимости результатов выполнено корректно и полно.

Полнота опубликования научных результатов и их апробация

Основные результаты исследования опубликованы в 12 научных трудах, включая 5 статей в журналах из перечня ВАК и в 1 издании, индексируемом в международных базах данных.

Публикация результатов в рецензируемом зарубежном журнале свидетельствует о признании научной новизны проведённого исследования и его соответствии современным международным требованиям к качеству научных работ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы при разработке матричных имитаторов, а также для анализа ошибок имитации распределённых отражающих или излучающих объектов.

Полученные зависимости могут быть внедрены в инженерные расчёты и программные средства, необходимые для проектирования испытательных стендов.

Работа имеет потенциал дальнейшего развития в направлении моделирования динамических сцен и многопозиционных систем.

Обоснованность и достоверность результатов

Обоснованность научных результатов подтверждается корректным применением математического аппарата, логической последовательностью теоретических рассуждений и согласованием теоретических и экспериментальных результатов.

Результаты моделирования подтверждены экспериментальной проверкой, что свидетельствует о достоверности и надёжности полученных выводов.

Замечания по работе

1) Анализ автором ошибок углового положения кажущегося центра излучения в матричных имитаторах, на котором основано первое защищаемое положение, проведен на основе математических моделей (ММ), описанных во втором разделе диссертации. Описание проверки значимости этих ММ приведено автором далее в третьем разделе диссертации с использованием специально разработанного автором стенда. Стандартная процедура такой проверки, как известно, включает ряд этапов - выбор метрологических характеристик измерительного оборудования стенда, планирование объема измерений (выборок) значимых факторов модели и др., обеспечивающих возможность проверки адекватности предложенных математических моделей. В диссертации отсутствуют сведения о такой проверке значимости ММ. Это снижает убедительность первого защищаемого положения.

2) В формулировке целей и задач диссертации (с.32) автор указывает, что критерии адекватности функций распределения и спектральных плотностей для угловых шумов определяются достоверностью воспроизведения и моделирования. В математической статистике для решения таких задач обычно применяется метод построения гистограмм ПРВ, определенных соответствующими эмпирическими выборками, объем которых определяется требуемой точностью и составляет 50 и более соответствующим образом спланированных экспериментов (см. 1замечание). Затем, при выбранном уровне адекватности, воспользовавшись, например, критерием χ^2 Пирсона проводится проверка указанной выше экспериментальной гистограммы на ее соответствие предлагаемой модели закона распределения. В диссертации отсутствует описание указанных проверок, что делает утверждение, в частности, как второго и третьего защищаемого положения также не вполне убедительным.

3) Отметим также опечатку в автореферате, где разделе «Объект исследования» на странице 4, вместо «матичные имитаторы» должно быть «матричные имитаторы».

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают положительной оценки выполненного исследования.

Заключение

Диссертация А.В. Таюрова представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, в которой содержится анализ ошибок моделирования шумов угловых координат при замещении распределённого объекта матричным имитатором.

Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается внутренней логикой, обоснованностью и практической направленностью.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Доклад Таюрова Антона Викторовича заслушан на заседании кафедры радиоэлектроники и систем связи ФГАОУ ВО «ТУСУР» 30 октября 2025 г.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры радиоэлектроники и систем связи ФГАОУ ВО «ТУСУР», протокол № 3 от 30 октября 2025 г.

Результаты голосования:

- за 11;
- против 0;
- воздержался 0

Заведующий кафедрой радиоэлектроники и систем связи, к.т.н., доцент

Фатеев Алексей Викторович
« 30 » октября 2025 г.

Учёный секретарь кафедры радиоэлектроники и систем связи, д.ф.-м.н., профессор

Задорин Анатолий Семенович
октября 2025 г.

Сведения об организации

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ФГАОУ ВО «ТУСУР»).

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40
(3822)51-32-62
office@tusur.ru

Отзыв получен 17.11.2025
С отзывом ознакомлен 17.11.2025