

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Степанова Максима Андреевича «Матричные имитаторы угловых шумов радиолокационных объектов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация

Актуальность исследования

Исследования, выполненные в рамках данной диссертационной работы, лежат в области полунатурного моделирования электромагнитных волн, отраженных от распределенных радиолокационных объектов. Современные системы радиолокационного определения координат имеют высокие показатели. На их точность существенное влияние оказывают ошибки измерения, вызванные протяженностью объекта. В свою очередь достоверность моделирования электромагнитных волн, отраженных от распределенных радиолокационных объектов, определяет точность прогнозирования характеристик разрабатываемых и проектируемых радиолокационных устройств. В представленной диссертации разработаны теоретические положения, позволяющие осуществлять имитационное моделирование электромагнитных волн, отраженных от распределенных радиолокационных объектов с учетом угловых шумов.

Тема исследования является актуальной.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи разделов, заключения, списка литературы и одного приложения.

Во введении содержится обоснование актуальности работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость.

Первый раздел. «Свойства электромагнитных волн, рассеянных радиолокационными объектами и способы их моделирования». Содержит обзор основных свойств электромагнитных волн, рассеянных распределенными радиолокационными объектами и способов их моделирования. Определены ограничения возможностей достоверного моделирования с применением современных способов. Сформулированы цель и задачи исследования.

Второй раздел. «Условия адекватного моделирования». В виде систем уравнений записаны условия адекватного моделирования угловых шумов. Эти условия должны дополнять традиционные критерии адекватного моделирования.

Произведено преобразование записанных систем уравнений к форме, удобной для дальнейшего использования.

Третий раздел. «Модели, обеспечивающие заданные спектрально-корреляционные характеристики угловых шумов распределенных объектов». Обоснованы методы синтеза моделей, обеспечивающих заданные спектрально-корреляционные характеристики угловых шумов распределенных объектов. Для синтеза модели свойства эхосигналов от точек объекта могут задаваться как в терминах корреляционных функций квадратурных составляющих, так и в виде распределения спектральной плотности мощности эхосигнала по объекту.

Показано, что для любого радиолокационного объекта может быть синтезировано бесконечное множество адекватных геометрических моделей. Эти модели будут различаться между собой положением и количеством точек, а также параметрами подводимых к ним сигналов.

Показана эквивалентность виртуальных точек модели, формируемых кажущихся центров излучения, и реальных излучателей.

Четвертый раздел. «Модели, обеспечивающие излучение некоррелированных сигналы с заданными параметрами ПРВ угловых шумов». Обосновано минимальное количество точек двумерной геометрической модели, излучающей некоррелированные сигналы и позволяющей отдельно управлять параметрами плотности распределения вероятности угловых шумов как по двум взаимно ортогональным направлениям, так и в пределах каждого из направлений. Показано, что для таких моделей минимальное количество точек равно девяти.

Пятый раздел. «Модели, обеспечивающие излучение коррелированных сигналов с заданными параметрами ПРВ угловых шумов». Рассмотрены частично когерентные геометрические модели. Получены аналитические соотношения для двухточечной частично когерентной модели. Проанализированы ее возможности по замещению угловых шумов. Обосновано минимальное количество точек двумерной геометрической модели, излучающей коррелированные сигналы и позволяющей отдельно управлять параметрами плотности распределения вероятности угловых шумов как по двум взаимно ортогональным направлениям, так и в пределах каждого из направлений. Показано, что для таких моделей минимальное количество точек равно четырем – они располагаются в вершинах четырехугольника.

Показана эквивалентность частично когерентных и некогерентных геометрических моделей.

Шестой раздел. «Погрешности, обусловленные переходом от малоточечных моделей к матричным имитаторам и пути их снижения». Рассмотрены возможности построения матричных имитаторов на основе разработанных малоточечных геометрических моделей. Показано, что переход к матричным имитаторам приводит к возникновению погрешностей в задании параметров сигналов в точке наблюдения и снижает достоверность моделирования. Определена взаимосвязь точности задания параметров сигналов и точности моделирования угловых шумов. Предложены технические решения позволяющие оценить погрешности и компенсировать их.

Седьмой раздел. «Практическое использование полученных результатов». Представлен алгоритм синтеза малоточечной геометрической модели произвольного радиолокационного объекта. Приведены результаты апробации алгоритма на примере фрагмента земной поверхности и самолета. Приведено описание разработанных матричных имитаторов.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Ценность работы

Результаты, полученные в диссертации, имеют теоретическую и практическую ценность. Теоретическая ценность заключается в обосновании способа синтеза геометрической модели произвольной конфигурации, достоверно формирующей электромагнитные волны, отраженные от замещаемого распределенного радиолокационного объекта. Практическая ценность состоит в предложенном алгоритме синтеза малоточечной геометрической модели произвольного радиолокационного объекта, а также обобщенной модели матричного имитатора.

Апробация

Результаты диссертации полно отражены в публикациях автора и прошли апробацию на конференциях международного и всероссийского уровней. Основные результаты работы опубликованы в 44 научных работах, в том числе: 21 в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 9 публикаций, входящих в международные библиографические системы Scopus или Web of Science, 14 публикаций в других изданиях.

Достоверность полученных результатов

Подтверждается результатами моделирования, положительными результатами апробации и внедрения, корректным применением математического аппарата.

Автореферат диссертации вполне позволяет оценить содержание диссертации, ее оценить основные результаты, их новизну и практическую значимость.

Замечания по работе

1. В диссертации приведено доказательство эквивалентности трехточечной некогерентной и двухточечной частично когерентной геометрических моделей. На основании этого делается вывод об эквивалентности пятиточечной некогерентной и четырехточечной частично когерентной. Однако доказательство этого не приводится, соотношения, определяющие взаимосвязь между этими моделями, отсутствуют.

2. В разделе 1 указывается, что при проведении полунатурного моделирования, сформированный имитатором эхосигнал может вводиться в РЛС через антенну, либо непосредственно в тракт. Во втором случае, при использовании метода моноимпульсной пеленгации, достаточно формировать сигналы суммарного и разностного каналов. Результаты, полученные в диссертационной работе, применимы для ввода сигнала с использованием антенны РЛС и требуют формирования минимум четырех сигналов, подводимых к матричному имитатору. Сравнение получаемой точности моделирования, сложности реализации для этих методов не приводится.

3. В разделе 7 автор приводит корреляционные функции угловых шумов самолета В-52 для плоскостей азимута и угла места только для малоточечной модели. Было бы полезно представить аналогичные результаты для многоточечной модели. Кроме того, на оси абсцисс тех же графиков отложен номер отсчета корреляционной функции. Полезнее было бы представить зависимость от времени.

Заключение

Указанные замечания не снижают значимость диссертации Степанова М.А. Данная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне в которой на основании выполненных лично автором исследований приведены новые результаты, созданы и теоретически обоснованы новые модели, обеспечивающие требуемые характеристики

излучаемых некоррелированных и коррелированных сигналов с заданными параметрами ПРВ угловых шумов. Выводы по работе и научные положения сформулированы четко и обосновано. Материал изложен последовательно, работа логично структурирована. Выполненные в диссертации теоретические исследования актуальны, обладают новизной, научной и практической значимостью. Результаты исследования в достаточной степени опубликованы и апробированы на конференциях международного и всероссийского уровней.

Считаю, что диссертация Степанова М.А. «Матричные имитаторы угловых шумов радиолокационных объектов» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, изложенных в Положении о присуждении ученых степеней, а ее автор достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности Радиолокация и радионавигация (05.12.14).

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
государственный университет»

21.09.2019




С.Э. Шипилов

Личную подпись оппонента – д.ф.-м.н. заверяю


Н.А. САЗОНОВА

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УЧЁНОГО СОВЕТА ТГУ

Сведения об организации:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего

образования «Национальный исследовательский

Томский государственный университет»

8(3822)529852, 8(3822)529585,

<http://www.tsu.ru/>,

s.shipilov@gmail.com