



## О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы Степанова Максима Андреевича:

«Матричные имитаторы угловых шумов радиолокационных объектов», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.12.14 - Радиолокация и радионавигация.

Актуальность решаемой проблемы по моделированию работы радиолокационных станций (РЛС) и созданию имитаторов радиолокационных целей современным и перспективным системам слежения и распознавания объектов связана с тем, что:

- РЛС оперируют не только с традиционными свойствами радиолокационных объектов (РЛО) (дальность, угловые координаты, доплеровские флуктуации, эффективная площадь рассеивания (ЭПР), коэффициенты корреляции и вариации ЭПР), но с флуктуациями углового положения объекта (угловой шум), которые могут быть использованы для распознавания пространственно-протяжённых РЛО;

- известные многоточечные геометрические модели требуют для расчёта большое количество точек и сложны для реализации на практике;

- малоточечные когерентные и некогерентные модели на основе матричных имитаторов имеют существенные ограничения при полунатурной отработке РЛС и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Пути решения проблемы включают: использование геометрических моделей, точки которых излучают взаимно коррелированные сигналы, выбор и обоснование структуры матричного имитатора, конфигурации излучателей, выбор способа формирования сигналов с заданными параметрами, обеспечение точности задания их параметров в точке наблюдения.

Цель работы: обосновать методы имитации отражений от распределённых РЛО, распределённых по двум угловым координатам, на основе матричных имитаторов, антенны которых излучают взаимно коррелированные сигналы.

Поставленная цель определяет необходимость решения следующих научных задач.

1. Теоритически обосновать метод синтеза модели произвольной геометрической конфигурации, точки которой излучают взаимно коррелированные сигналы и обеспечивающую равенство корреляционных функций угловых шумов модели и замещаемого объекта.

2. Синтезировать малоточечные геометрические модели, удовлетворяющие условиям адекватности для одно-и двухмерных замещаемых объектов при подведении к излучателям модели сигналов с заданной величиной коэффициента взаимной корреляции.

3. Разработать методы синтеза матричных имитаторов, излучающих сигналы с заданной величиной коэффициента взаимной корреляции, имитирующие отражения и рассеяние от распределенных радиолокационных объектов.

4. Определить требования к точности задания параметров взаимно коррелированных сигналов, формируемых матричным имитатором в точке наблюдения, при выполнении которых ошибка моделирования угловых шумов не превысит заданную величину.

В первом разделе дан обзор исследований по решаемым вопросам, сформулированы основные задачи работы и намеченные пути их решения.

Во втором разделе получены условия, выполнение которых гарантирует адекватность геометрической модели произвольной конфигурации.

Третий раздел посвящен обоснованию метода синтеза геометрических моделей произвольной конфигурации, излучающих сигналы с заданной величиной коэффициента взаимной корреляции и обеспечивающих равенство корреляционных функций (КФ) угловых шумов модели и объекта.

В четвертом разделе предложены и обоснованы геометрические конфигурации некогерентных моделей, обеспечивающих заданные параметры плотности распределения вероятности (ПРВ) угловых шумов по двум взаимно ортогональным направлениям.

В пятом разделе предложены геометрические модели, излучающие коррелированные сигналы и обеспечивающие заданные параметры ПРВ угловых шумов РЛО, распределённых по двум угловым координатам.

В шестом разделе рассмотрены вопросы, связанные с синтезом матричных имитаторов электромагнитных волн (ЭМВ) на основе геометрических моделей РЛО.

Седьмой раздел посвящён вопросам практического использования полученных теоретических результатов.

В заключение перечислены основные результаты.



Научная новизна, по нашему мнению, состоит в следующем.

1. Разработан метод синтеза геометрической модели произвольной конфигурации, изучающей частично коррелированные сигналы и формирующей угловые шумы распределенных радиолокационных объектов с заданной корреляционной функцией.

2. Предложены конфигурации некогерентных и частично когерентных геометрических моделей, обеспечивающих заданные характеристики угловых шумов по двум взаимно ортогональным направлениям угловых координат.

3. Обосновано минимальное количество неподвижных излучающих точек некогерентных и частично когерентных геометрических моделей, обеспечивающих возможность управления параметрами плотности распределения вероятности угловых шумов как по двум взаимно ортогональным направлениям, так в пределах каждого из этих направлений.

4. Показано, что модель, составленная из виртуальных излучающих точек - кажущихся центров излучения - может адекватно замещать угловые шумы распределенных радиолокационных объектов.

5. Определена взаимосвязь требуемой точности задания параметров взаимно коррелированных сигналов, формируемых матричным имитатором в точке наблюдения, и точности моделирования угловых шумов.

Практическая значимость работы в том, что:

полученные результаты могут найти применение при разработке перспективных РЛС и выстреливаемых средств РЭБ, имитирующих пространственно-протяженные РЛО, на этапах полунатурного моделирования и разработки принципиальных схем устройств;

разработан и внедрён ряд матричных имитаторов, обеспечивающих формирование ЭМВ, отраженных от распределённых РЛО.

Достоверность и обоснованность научных результатов и рекомендаций диссертации обеспечивается сочетанием разных методов исследований: как теоритических, так и методов статистического имитационного моделирования, экспериментальными реализациями матричных имитаторов.

Отличительная особенность данной работы с точки зрения разработчиков выстреливаемых средств РЭБ заключается в том, что разработанный методический аппарат и математические модели имитаторов углового шума позволяют:

- формулировать требования к характеристикам и оценивать эффективность при разработке имитаторов пространственно-протяженных РЛО при отслеживании и распознавании РЛС объектов не только по традиционным характеристикам (ЭПР, коэффициенты корреляции и вариации ЭПР и т.д.), но и по флуктуациям углового шума;

- синтезировать блок-схему и практическую реализацию имитатора, обеспечивающего требуемую корреляционную функцию угловых шумов имитируемого РЛО.

Результаты работы прошли достаточную апробацию на международных и Всероссийских научно-технических конференциях, а также в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Судя по автореферату, диссертация является законченной научной работой, которая вносит большой научный практический вклад в разработку теории моделирования и синтеза имитаторов углового шума протяжённых радиолокационных объектов.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения ВАК, а её автор Степанов Максим Андреевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.12.14 - Радиолокация и радионавигация.

Ведущий научный сотрудник  
лаборатории № 1 АО ИПФ,  
кандидат технических наук



Коблев Владимир Даулетович

Почтовый адрес: ул. Иванова, д. 5 кв. 54,  
г. Новосибирск, 630055

E-mail: [kliuz@ipfn.ru](mailto:kliuz@ipfn.ru)

телефон: 8 (383) 332-46-38