

УДК 621.396.96

С 794

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А.И. Фалько*,
канд. техн. наук, начальник Н-100, гл. конструктор
АО «НПО НИИИП-НЗиК» *Д.С. Вильмицкий*

Степанов М.А.

С 794 Моделирование угловых шумов радиолокационных объектов : монография / М.А. Степанов, А.В. Киселев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – 246 с. («Монографии НГТУ).

ISBN 978-5-7782-4265-4

Рассмотрены новые методы синтеза некогерентных и частично когерентных малоточечных геометрических моделей распределенных радиолокационных объектов. Разработан математический аппарат, позволяющий синтезировать некогерентную или частично когерентную двумерную геометрическую модель распределенного объекта. Получены условия физической реализуемости замещающей геометрической модели для произвольного объекта. Представлен обобщенный алгоритм синтеза геометрических моделей произвольных радиолокационных объектов, а также алгоритм имитации эхосигналов на его основе. Рассмотрены вопросы синтеза матричных имитаторов электромагнитных волн, отраженных от распределенных объектов, на основе малоточечных геометрических моделей. Оценены ошибки моделирования, возникающие при этом, и предложены пути, позволяющие снизить их до заданной величины. Корректность полученных результатов подтверждена цифровым моделированием. Результаты исследований внедрены при разработке программного обеспечения имитаторов эхосигналов. Монография содержит обширную библиографию.

УДК 621.396.96

ISBN 978-5-7782-4265-4

© Степанов М.А., Киселев А.В., 2020

© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	7
Введение	8
1. Свойства электромагнитных волн, рассеянных радиолокационными объектами, и способы их моделирования.....	13
1.1. Распределенные радиолокационные объекты и их математические модели.....	13
1.2. Геометрические модели РЛО и их использование для синтеза матричных имитаторов	21
1.2.1. Когерентные малоточечные геометрические модели	22
1.2.2. Некогерентные малоточечные геометрические модели	27
1.3. Цель и задачи исследования.....	30
Выводы к разделу 1.....	34
2. Условия адекватного моделирования.....	35
2.1. Условия, определяющие равенство корреляционных функций угловых шумов модели и замещаемого объекта	37
2.2. Условия, определяющие равенство параметров ПРВ угловых шумов модели и замещаемого объекта	46
2.2.1. Некогерентные геометрические модели.....	48
2.2.2. Частично когерентные геометрические модели	53
Выводы к разделу 2.....	55
3. Модели, обеспечивающие заданные спектрально-корреляционные характеристики угловых шумов распределенных объектов.....	57
3.1. Синтез геометрических моделей распределенных объектов, излучающих некоррелированные сигналы	59
3.1.1. Корреляционный подход к синтезу некогерентных геометрических моделей.....	59



3.1.2. Спектральный подход к синтезу некогерентных моделей распределенных объектов.....	66
3.1.3. Моделирование отражений от распределенных объектов.....	73
3.2. Синтез геометрических моделей распределенных объектов, из- лучающих коррелированные сигналы.....	82
3.2.1. Корреляционный подход к синтезу частично когерентных моделей.....	82
3.2.2. Спектральный подход к синтезу частично когерентных моделей.....	86
3.2.3. Моделирование отражений от распределенных объектов.....	87
3.3. Эквивалентность параметров угловых шумов, формируемых реальными и виртуальными излучателями.....	89
Выводы к разделу 3.....	100
4. Модели, излучающие некоррелированные сигналы и обеспечи- вающие заданные параметры ПРВ угловых шумов	103
4.1. Двухточечная геометрическая модель	104
4.2. Трехточечная геометрическая модель.....	110
4.3. Четырехточечная геометрическая модель	117
4.4. Пятиточечная геометрическая модель	123
4.5. Девятиточечная геометрическая модель.....	132
Выводы к разделу 4.....	137
5. Модели, излучающие коррелированные сигналы и обеспечива- ющие заданные параметры ПРВ угловых шумов.....	139
5.1. Двухточечная модель, излучающая коррелированные сигналы.....	140
5.2. Пределы изменения параметров ПРВ угловых шумов для моде- лей со статистической связью между излучаемыми сигналами	144
5.3. Двумерная геометрическая модель, излучающая коррелирован- ные сигналы	150
5.4. Эквивалентность семейств некогерентных и частично когерент- ных геометрических моделей.....	161
Выводы к разделу 5.....	169
6. Погрешности, обусловленные переходом от малоточечных моделей к матричным имитаторам, и пути их снижения.....	171
6.1. Обобщенная структура матричного имитатора.....	172
6.2. Взаимосвязь неточности задания параметров излучаемых сигналов и ошибок моделирования	181



6.3. Алгоритмы калибровки матричного имитатора.....	188
6.3.1. Алгоритмы калибровки.....	189
6.3.2. Вынос антенны измерительного приемника из фазового центра антенны РЛС	194
Выводы к разделу 6.....	201
7. Практическое использование полученных результатов	202
7.1. Алгоритм синтеза малоточечной геометрической модели произ- вольного радиолокационного объекта	202
7.2. Моделирование отражений от поверхностно распределенных объектов на примере фрагмента подстилающей поверхности.....	207
7.3. Моделирование отражений от воздушных целей на примере самолета В-52	212
Выводы к разделу 7.....	219
Заключение.....	220
Библиографический список	223