

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
ациям ТУСУР,
к.т.н., доцент,

А. Г. Лоцилов

«30» 09 2022 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Орешкиной Маргариты Валерьевны
«Имитация радиосигналов, отраженных от поверхности земли, на основе
цифровых карт местности», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том
числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы исследования

Имитаторы эхосигналов широко используются на различных этапах
разработки радиолокационных станций. Эти устройства предназначены для
моделирования сигнально-помеховой обстановки, характерной для работы
радиотехнических систем (РТС).

Для точного воссоздания окружающей обстановки необходимо
моделировать не только целевые сигналы, но и помеховые отражения, часть
из которых приходится на отражения от земли. Земная поверхность является
распределенным объектом с неоднородными отражающими свойствами.
Имитация отражений от нее зачастую связана с большим объемом
вычислений, определяемым подробностью модели моделируемой
поверхности. Эта подробность напрямую определяется шагом дискретизации
цифровых карт местности, используемых для имитации.

В диссертационной работе Орешкиной М.В. исследовано влияние
дискретности цифровой модели поверхности земли на характеристики и
параметры имитируемых эхосигналов от нее. Обоснованы методы задания
максимального значения шага дискретизации распределения отражающих

свойств по поверхности земли, при котором обеспечивается заданный уровень ошибок моделирования экосигналов. А также обоснованы методы расчета отсчетов сигналов, отраженных от поверхности земли, по цифровой модели земной поверхности, обеспечивающие заданную точность при минимальных требованиях к вычислительным ресурсам средств имитации.

Таким образом, представленные в диссертационной работе исследования являются актуальными.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация Орешкиной М.В. состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы и трех приложений.

Во *введении* приведен обзор степени разработанности темы исследования и обоснована ее актуальность. Кратко изложено содержание диссертации, её научная и практическая новизна и значимость, а также основные результаты.

В первом разделе рассмотрены математические модели и характеристики экосигналов от поверхности земли.

Показано, что неоднородность и дискретность модели распределения отражающих свойств и высот по поверхности земли не могут игнорироваться при имитации, так как оказывают сильное влияние на характеристики имитируемых сигналов и погрешности их задания.

Сформулированы цель и основные задачи исследования.

Во втором разделе получены результаты, которые позволяют задавать шаг дискретизации распределения удельной эффективной поверхности рассеяния (УЭПР) по поверхности земли, при котором имеют место ошибки, не превышающие заданный уровень. Рассмотрен подход, основанный на использовании спектральных плотностей распределений УЭПР, позволяющий оценить уровень ошибок, обусловленных дискретизацией, а также оценить шаг дискретизации для заданного уровня ошибки. Рассмотрен подход к выбору шага дискретизации на основе заданного относительного

уровня ошибок задания математического ожидания распределения УЭПР. В целом в разделе обоснованы методы расчёта шага дискретизации цифровых моделей земной поверхности.

В третьем разделе обоснованы методы расчета отсчетов сигналов, отраженных от поверхности земли, по цифровой модели земной поверхности, обеспечивающие заданную точность при минимальных требованиях к вычислительным ресурсам средств имитации. Получены соотношения, позволяющие оценить возможность игнорирования флуктуирующей компоненты распределения УЭПР. Рассмотрен способ увеличения шага дискретизации за счет использования низкочастотной фильтрации с последующей децимацией оцифрованной карты местности. Рассмотрено замещение поверхности земли моделью, составленной из точек, формирующих взаимозависимые сигналы. Показано, что это позволяет добиться замещения разрешаемых по азимуту и наклонной дальности участков поверхности малоточечными (вплоть до 4 точек) моделями.

В четвертом разделе полученные теоретические результаты развиты до уровня практического применения. Представлен обобщенный алгоритм синтеза модели отражений от поверхности земли, позволяющий для имитируемой сцены определить необходимый шаг дискретизации и получить набор отсчетов УЭПР моделируемой местности. Рассмотрено разработанное программное обеспечение, включенное в пакет программ аппаратно-программного комплекса имитации экосигналов и помех наземной РЛС обзора воздушного пространства и обнаружения воздушных целей.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационной работы.

Научная новизна работы

Новизна результатов диссертационной работы Орешкиной М.В. заключается в следующем.

Получены зависимости, определяющие связь шага дискретизации распределения отражающих свойств по земной поверхности с погрешностями моделирования энергетических и корреляционных характеристиках имитируемых эхосигналов от нее.

Предложен спектральный подход к выбору шага дискретизации модели распределения отражающей способности земной поверхности. Он позволяет рассчитать шаг дискретизации на основе учёта как распределения УЭПР, так и свойств антенны и приемного тракта РЛС, что позволяет гарантировать требуемую точность имитации эхосигналов при максимальном шаге дискретизации.

Обоснованы методы уменьшения частоты дискретизации за счет предварительной обработки исходного распределения УЭПР и использования моделей поверхности с зависимыми сигналами, которые позволяют снизить требования к необходимым вычислительным ресурсам имитатора в сотни - тысячи раз.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Полученные в работе результаты целесообразно применять при создании комплексов имитации входных сигналов и помех наземных РТС.

При этом предложенные подходы к выбору шага дискретизации распределения УЭПР по поверхности земли, а также обоснованные методы формирования имитирующих сигналов позволяют в сотни - тысячи раз снизить требования к ресурсам вычислительных средств аппаратно-программного имитирующего комплекса при гарантированном уровне ошибок моделирования.

Полнота опубликования научных результатов и апробация

Представленные результаты диссертационного исследования отражены в публикациях автора. По материалам диссертации опубликовано 17 работ,

среди них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и 7 работ в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science или Scopus.

Замечания

1. Из работы не ясно каким образом формируется массив УЭПР при предварительной фильтрации цифровой карты местности. Используется ли при этом двумерная фильтрация?

2. В диссертации слабо освещены вопросы, связанные с требованиями к аппаратуре, необходимой для имитации сигнала по разработанным моделям в реальном масштабе времени.

3. Отсутствует количественный показатель адекватности предлагаемой модели переотраженного от земли эхо-сигнала.

4. Предлагаемая модель УЭПР зависит от азимута и наклонной дальности, но не зависит от угла места. Это снижает область адекватности предлагаемой модели.

Заключение

Отмеченные выше недостатки не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация Орешкиной М.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, имеющую научную и практическую ценность.

Полученные автором результаты вносят существенный вклад в развитие теории и практики имитационного моделирования радиотехнических устройств, сигналов и помех.

Результаты и выводы диссертации целесообразно использовать при разработке аппаратно-программных комплексов имитации сигналов и помех, а также при их численном моделировании.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты исследований.

Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, а сами результаты достаточно полно опубликованы.

Таким образом, диссертация Орешкиной М.В. имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой обоснованы модели и методы имитации экосигналов статистически неоднородной подстилающей поверхности, обеспечивающие заданную точность моделирования экосигналов наземных РТС.

Работа соответствует требованиям положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Маргарита Валерьевна Орешкина достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв обсужден и утвержден на Научном семинаре кафедры РСС. Протокол № 3 от 29.09.2022 г.

Присутствовало на семинаре 13 человек.

Результаты голосования:

"За" - 13 человек,

"Против" - 0 человек,

"Воздержалось" - 0 человек.

Отзыв составили:

Доцент каф. РСС, к.т.н.

Д.В. Дубинин

Заведующий каф. РСС, к.т.н.

А.В. Фатеев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

(3822)51-32-62

office@tusur.ru

Отзыв принят 06.10.2022 *А. Степанов М.А.*
С отзывом ознакомлена 06.10.2022 *Орешкина М.В.*