



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»
(ННГУ)

Гагарина пр., 23, г. Нижний Новгород,
Россия, ГСП-20, 603950
Тел. (831)462-30-90 Факс (831)462-30-85
e-mail: unn@unn.ru

№ _____
на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной работе
Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского,
доктор физико-математических наук

« ____ »

В.В. Казанцев
2019 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Лысенко Николая Александровича «Пространственно-временной метод расчёта импульсной характеристики для анализа электромагнитного поля апертуры при излучении сверхширокополосных импульсных сигналов», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика»

Актуальность темы

Исследования процессов излучения, распространения и приёма сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов апертурными антеннами начали активно проводиться с конца 1960-х годов. С тех пор были предложены и разработаны различные методы для анализа электромагнитных полей, создаваемых такими излучателями. Ряд методов основаны на апертурной теории, в рамках которой антenna аппроксимируется апертурой с заданным распределением эквивалентных поверхностных электрических и магнитных токов, элементов Гюйгенса. Для подобного подхода используется также термин «приближение физической оптики». Расчёт поля в произвольной точке наблюдения перед апертурой выполняется непосредственно по заданному распределению эквивалентных источников.

Методы расчета гармонических полей, применяемые для исследования узкополосных антенн, оказались трудно применимыми для анализа полей, создаваемых антеннами, возбуждаемыми сверхширокополосными (СШП) импульсными сигналами. В связи с этим в конце 1980-х годов В.И. Турчиным с соавторами был предложен

основанный на апертурной теории метод расчета полей СШП антенн с использованием их импульсных характеристик (ИХ). При этом поля, излучаемые антенной, вычислялись через свертку её ИХ и возбуждающего антенну импульса. В последствие данный способ стал применяться как у нас в стране, так и за рубежом для разработки новых типов импульсных излучателей с различной формой апертуры, исследования возможностей измерения характеристик антенн зондами конечных размеров, решения других задач. Были опубликованы работы, в которых исследовалась особенности применения данного метода, в частности, анализировались ограничения на минимальный размер апертурного СШП излучателя, обсуждался т.н. «критерий дальней зоны». В последующих работах было введено понятие освещённости апертуры или распределения мгновенных значений напряжённости поля и получены импульсные характеристики в ближней и дальней зонах для различных распределений.

Для использования рассматриваемого метода при создании новых приемо-передающих СШП систем радиолокации и радиосвязи требуется дополнительное исследование его возможностей и экспериментальная проверка получаемых результатов.

В связи с вышеизложенным, диссертация Лысенко Н.А., посвященная развитию и применению методов исследования электромагнитных полей апертурных сверхширокополосных излучателей является актуальной.

Научная новизна полученных результатов

Исследован метод расчёта электромагнитных полей сверхширокополосных апертурных антенн во временной области. Показано, что данный метод позволяет снизить размерность задачи и во многих случаях получать более простые аналитические выражения для пространственного распределения первообразных импульсных переходных характеристик антенн. С использованием метода расчёта импульсных характеристик были исследованы поля круглой и прямоугольной апертур с различными распределениями поля.

Разработана модель плоской круглой апертуры для численного анализа напряжённости электромагнитного поля. На основе сравнения с результатами численных расчетов предложен критерий применимости аналитического метода, использующего

ИХ, для анализа полей апертурных излучателей, возбуждённых СШП импульсными сигналами.

Получены аналитические выражения для поляризационного множителя линейно поляризованного излучателя с учётом диаграммы направленности элемента апертуры, а также для распределения мгновенных значений напряжённости поля в прямоугольном раскрыве ТЕМ-рупора с неоднородным диэлектрическим заполнением. Полученные соотношения использованы для модификации уточнения расчёта импульсного поля методом ИХ.

Разработана модель СШП канала связи на основе двух ТЕМ-рупоров, позволяющая рассчитывать сигнал на выходе приёмного рупора по сигналу на входе передающего с использованием ИХ обоих рупоров и ИХ прямоугольной апертуры.

С использованием экспериментальной установки СШП канала связи показано соответствие сигнала, регистрируемого на выходе приёмной антенны, с результатами моделирования, выполненного методом с использованием ИХ.

Практическая значимость

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы для теоретических и экспериментальных исследований электромагнитных импульсных полей в ближней и дальней зонах антенн, разработки апертурных излучателей с заданными характеристиками, проведения измерений характеристик антенн, а также для моделирования приёмопередающих систем радиолокации и связи. Полученные аналитические выражения и их сравнение с результатами эксперимента, а также с результатами численного моделирования представляют практическую значимость с точки зрения их использования при расчёте и оптимизации характеристик излучения реальных радиоустройств.

Теоретическая значимость заключается в развитии аналитических методов радиофизики применительно к задачам излучения, распространения и приема СШП импульсных сигналов, в том числе в модификации метода расчёта пространственно-временных зависимостей таких сигналов. Полученные в работе результаты позволяют повысить точность расчёта полей апертурных излучателей при их

возбуждении СШП импульсными сигналами, а также упростить решение некоторых задач теории апертурных антенн и методов их измерений.

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов и **выводов** определяется корректным применением математического аппарата, обоснованных физических моделей и методов при решении поставленных задач, соответственно теоретически полученных результатов анализа электромагнитного поля СШП излучателей с результатами численного моделирования и эксперимента, сравнением полученных новых результатов с ранее опубликованными, использованием классических методов обработки сигналов.

Рекомендации по использованию полученных в работе результатов

Модифицированный метод расчёта пространственно-временных импульсных характеристик апертурных излучателей может в дальнейшем применяться при разработке сверхширокополосных антенн, применяемых в системах радиолокации и связи.

Предложенный в диссертации способ оценки выходного сигнала сверхширокополосного канала связи по временной зависимости напряжения во входном излучателе может быть использован при измерениях и разработке систем связи без использования длительного и ресурсозатратного численного моделирования.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы для последующих научных разработок, а также на предприятиях объединённого холдинга «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех», АО «Концерн «Созвездие», ВНИИ «Вега», ВЦКБ «Полюс», АО «Электросигнал», КБОР, НПП «Волна», Корпорация космических систем специального назначения «Комета», ОАО «ОКБ МЭИ», ФГУП ВНИИФТРИ и других организаций радиоэлектронной промышленности.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне. Автором проведён анализ аналитического метода расчёта полей апертурных излучателей во временной области на основе импульсных характеристик этих излучателей. Сискателем выявлены и модифицированы две существенные зависимости – поляризационный

множитель и распределение напряжённости поля по апертуре, позволившие уточнить результаты расчетов. Экспериментальная часть, выполненная с соблюдением основ радиофизических измерений, существенно дополняет работу. Выносимые на защиту результаты и положения, составляющие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в трёх статьях в рекомендованных ВАК РФ рецензируемых научных изданиях, включая одну публикацию, индексируемую базами Scopus и Web of Science. Также зарегистрированы два патента РФ на полезную модель. Всего по теме диссертации опубликовано 19 работ. Высокий уровень результатов работы подтверждается значительным количеством докладов на научных конференциях, а также поддержкой исследований несколькими грантовыми программами.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе Лысенко Н.А.

1. Неудачным представляется название диссертации, поскольку в работе исследуется не какой-то новый оригинальный метод, а метод, предложенный более 30 лет назад и развитый в последующие годы. Автором в соответствии с заявленной целью (стр. 10) выполнено исследование и развитие данного способа (или «исследование и совершенствование», как сформулировано в заключении). Кроме того, предметом исследований являются на сами импульсные характеристики, а поля апертурных антенн, что подтверждают и заглавия основных публикаций. Это и следовало отразить в названии диссертации.

2. В пункте 5 раздела «научная новизна» (стр. 9) заявляется, что в диссертации экспериментально показано, что поле в точке приема импульсного СШП сигнала представляет собой суперпозицию основной волны, излученной апертурой, и волны, обусловленной рассеянием на краях апертуры. В действительности данный эффект отмечался ранее в работах группы В.И.Турчина, опубликованных в 80-х годах, а также в ряде работ того же периода по экспериментальному исследованию поля в ближней зоне зеркальной антенны т.н. многочастотным способом, в котором синтез импульса осуществляется по результатам измерения поля на ряде фиксированных частот.

3. Первое предложение первого результата Заключения (стр. 130) сформулировано крайне неудачно, поскольку, как уже отмечалось, такой подход был

предложен и опубликован гораздо ранее. В самой диссертации соответствующее соотношение приводится со ссылкой на работы предшественников (формула (1.6) на стр. 23). При этом в автореферате эта же формула (под номером (1) на стр. 8) приведена без каких-либо ссылок.

4. Первый параграф первой главы вместо обзора литературы по рассматриваемому методу исследований, необходимого для понимания новизны полученных автором результатов, представляет собой «литературный обзор» с перечислением большого количества публикаций по очень широкому кругу вопросов, связанных с СШП технологиями, включая радиолокацию и медицину. В результате при чтении следующего параграфа не всегда понятно, какие формулы получены соискателем и являются новыми.

5. В диссертации имеются многочисленные стилистические неточности, существенно затрудняющие восприятие материала.

Отмеченные недостатки не влияют на положительную оценку всей работы.

Заключение

Диссертация Лысенко Н.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой автором исследован и модифицирован пространственно-временной метод расчёта электромагнитных полей апертурных излучателей при их возбуждении сверхширокополосными импульсными сигналами. Проведены экспериментальные исследования и численное моделирование, подтвердившие корректность применения рассматриваемого метода.

Совокупность полученных в диссертации результатов можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей значение для теоретического анализа и разработки сверхширокополосных приемо-передающих апертурных антенн.

По актуальности выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости полученных результатов работа удовлетворяет **требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по постановлению Правительства РФ № 842 от 24.09.13**, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Лысенко Николай

Александрович, заслуживает присуждение ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Диссертация Лысенко Н.А. и отзыв рассмотрены на совместном заседании кафедры радиотехники и кафедры распространения радиоволн и радиоастрономии радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» 05 декабря 2019 года протокол № 19-7.

Отзыв составили:

Доктор технических наук,
профессор кафедры
радиотехники Нижегородского
государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
профессор

Орлов Игорь Яковлевич

Доктор технических наук, доцент
кафедры распространения радиоволн
и радиоастрономии Нижегородского
государственного университета
им. Н.И. Лобачевского, старший
научный сотрудник

Калинин Андрей Владимирович

Сведения об организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23.

Телефон: 8 (831) 462-30-85, e-mail: unn@unn.ru



Орлова И.Я.
Лысенко А.В.
Калинин А.В.
Заместитель Ученого секретаря ННГУ

Л.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21