

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КОНЦЕРН «СОЗВЕЗДИЕ»

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

Плехановская ул., д. 14, Воронеж, 394018
Тел.: +7(473) 252-10-04
Тел./факс: +7(473) 252-12-13
факс: +7(473) 235-50-88
e-mail: bvi@sozvezdie.su
<http://www.sozvezdie.su>

№ _____ от _____ 2019 г.

На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Научный руководитель
АО «Концерн «Созвездие»
чл.-корр. РАН, д.т.н.,
проф. Борисов В.И.



_____ 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Акционерного общества «Концерн «Созвездие» на диссертацию Зейде Кирилла Михайловича «Дифракция электромагнитных волн на вращающихся осесимметричных телах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - «Радиофизика»

Совершенствование тактико-технических характеристик современных систем радиолокации, радионавигации и телекоммуникационных комплексов является актуальной задачей. Одним из направлений такого совершенствования является повышение точности их работы по целевым параметрам. Учет малых эффектов, связанных с распространением радиоволн в движущихся средах на дальних порядках, что особо значимо для космических систем связи, может значительно повысить точность их работы. Внесение поправок на релятивистские эффекты в подобные комплексы не редкость – ярким примером является уточнение времени прихода радиосигнала спутник - Земля - спутник в глобальных навигационных системах. Повышение чувствительности бортового измерительного оборудования открывает новые возможности для детектирования, а, следовательно, и для учета прочих эффектов релятивистской электродинамики. Среди них особое внимание следует уделять эффектам, возникающим при распространении радиоволн в неинерциальных системах отсчета. Данная работа, рассматривая задачи дифракции электромагнитных волн на вращающихся осесимметричных телах, предоставляет необходимый физико-математический аппарат для этого, что актуально, например, в рамках задач дистанционного зондирования Земли, потому как позволяет получать характерные зависимости рассеянного радиосигнала от динамики сред его распространения. Решение

дифракционной задачи, как таковой, представляет интерес в областях неразрушающего контроля движущихся деталей роторных машин, радиомониторинга и радиорасходомерии движущихся жидкостей и газов в непроводящих трубах, особенно по части восстановления профиля скорости потока. С учетом сказанного, необходимо отметить, что тема диссертационной работы Зейде Кирилла Михайловича является **актуальной**.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, который насчитывает 124 наименования. Текст работы изложен на 153 страницах, включая список рисунков из 50 позиций и список таблиц из 4 позиций. По структуре и объему соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор рассматривает эффекты, возникающие при распространении электромагнитных волн в неинерциальных средах при решении классической дифракционной задачи. Единственным источником различий между решениями, полученными для неподвижных тел и вращающихся, являются релятивистские эффекты электродинамики, описываемые материальными уравнениями Максвелла-Минковского. Решение автора рассматривать именно осесимметричные тела является логичным и закономерным, так как в противном случае задача бы свелась к рассмотрению хорошо изученных эффектов временной области, таких как частотная и амплитудная модуляции. Тем не менее, автор делает определенный акцент на них в третьей главе, в контексте постановки эксперимента, определяя их как паразитные. В результате проведенной работы был разработан, описан и апробирован метод решения задач дифракции на вращающихся телах с учетом эффектов, связанных с неинерциальностью системы отсчета.

Наиболее важными и представляющими **научный и практический интерес** результатами, с нашей точки зрения, являются:

1. Полученная строгая координатная запись для постоянной распространения электромагнитных волн в неинерциальных системах отсчета. Автор продемонстрировал применение данного выражения при проведении полунатурных и вычислительных экспериментов при использовании стандартных численных методов электродинамики, таких как метод моментов и метод конечных элементов.

2. Разработанный автором алгоритм стратификации произвольной геометрии рассеивателя по параметру малости целевого эффекта наблюдения. Автор доказал эффективность предложенного алгоритма на хорошо известном примере излучения диполя на поверхности цилиндрической линзы Люнеберга, что показывает потенциальную применимость данного алгоритма при решении ряда других теоретических и практических задач радиофизики.

3. Описание планирования целевого эксперимента и ряд проведенных

сопутствующих экспериментов. Для реализации основных этапов планирования и оптимизации целевого эксперимента автором был разработан программный продукт, предоставляющий возможность проводить мультифизическое моделирование при использовании систем автоматизированного проектирования электродинамических систем.

Достоверность результатов диссертации обеспечивается корректным применением физических и математических моделей, соответствием теоретических выводов результатам корректно проведенных вычислительных экспериментов. Основные результаты работы были верифицированы стандартизированными методиками, а также сверены на качественное совпадение с имеющимися данными из открытых источников.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 7 статьях, из перечня научных журналов рекомендованного ВАК. Результаты обсуждались на всероссийских и международных конференциях. Содержание автореферата находится в соответствии с основными положениями диссертации.

Результаты представленных в диссертации исследований могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях и организациях: АО «УПП «Вектор» г. Екатеринбург, ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» г. Ростов-на-Дону, ФГУП «НПП Исток» г. Фрязино, Московская область, институтах Российской академии наук: СФИРЭ РАН г. Саратов, Институт электрофизики РАН г. Екатеринбург, в высших учебных заведениях Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: Воронежском государственном университете, Уральском федеральном университете, Южном федеральном университете, Рязанском государственном радиотехническом университете.

Однако в работе обнаружены некоторые **недостатки**:

1. Строгие решения дифракционных задач представлены только для двух геометрий тел: бесконечный круглый цилиндр и сфера. Определенный практический и теоретический интерес усматривается в строгом решении задачи дифракции электромагнитных волн на вращающемся торе, как хорошем приближении замкнутого гидродинамического контура для изучения возможности радиорасходомерии.

2. Из работы не ясно, в чем именно заключается проблема учета малых эффектов в электродинамических задачах при использовании метода конечных элементов (МКЭ). Насколько известно, МКЭ, в отличие от других методов (МКР, Transmission line method) позволяет учитывать в моделировании как очень большие, так и очень маленькие объекты в рамках одной модели.

3. Из текста диссертации не ясно, почему автор ограничивается только разработкой алгоритма оптимизации конечно-элементной сетки для проведения

моделирования с контролируемой точностью. Известно, что корректность решения уравнений МКЭ намного сильнее зависит от алгоритмов предобуславливания и минимизации функции ошибки, чем от алгоритма построения сетки.

Несмотря на указанные недостатки, результаты диссертации являются существенными и новыми. В целом, характеризуя диссертационную работу Зейде Кирилла Михайловича, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, необходимо отметить, что она является законченным научным исследованием и оценивается **положительно**.

В ходе выполнения исследования решена, имеющая существенное значение для современной радиофизики задача дифракции электромагнитных волн на вращающихся осесимметричных телах сложной формы с учетом эффектов неинерциальности системы отсчета.

Можно заключить, что диссертационная работа Зейде Кирилла Михайловича «Дифракция электромагнитных волн на вращающихся осесимметричных телах», отвечает требованиям п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а автор диссертации Зейде Кирилл Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - Радиофизика.

Отзыв ведущей организации на диссертацию обсужден и одобрен на заседании НТС Акционерного общества «Концерн «Созвездие», протокол №11 от 24 мая 2019 г.

Отзыв составили:

Научный референт,
доктор технических наук, профессор

В.И. Николаев

Руководитель проекта,
доктор физико-математических наук

А.Б. Муравник



Почтовый адрес: 394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, 14

Тел.: +7 (473) 252-52-52

E-mail: office@sozvezdie.su