

УДК 621.396

А.Г.Скляр, А.В.Данилова
**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛУЧЕВЫХ
МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕЛ**

*Российский новый университет
ОАО «Концерн «Созвездие»*

Статья посвящена обсуждению возможностей использования лучевых методов для оценки характеристик рассеяния металлических тел. Приведен пример расчета рассеянного поля для металлического тела.

Ключевые слова: лучевой метод, рассеянное поле, теория дифракции.

При совершенствовании современных систем связи, могут быть достигнуты условия, при которых обеспечивается совершенствование и развитие различных активно используемых способов и методик, направленных на оценку характеристик распространения и дифракции электромагнитных волн [1, 2].

Целью настоящей работы является анализ характеристик некоторых применяемых лучевых методов, а также обсуждение полученных результатов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн.

При процессах создания электродинамических моделей, которые базируются на лучах, применяют квазиоптическое приближение для характеристик распространения волн и осуществляют учет процессов отражения от внутренних областей помещений и процессов дифракции для различных границ препятствий [3, 4].

Такие модели определяют необходимость применения приближений геометрической оптики (ГО), то есть, другими словами рассматривают лучевые приближения.

Базируясь на подобных подходах, можно говорить о возможностях максимально детального изучения информации о том, какие характеристики планировки зданий должны быть.

С использованием таких подходов появляются возможности для определения разных возможных путей, которые относятся к распространению сигналов от передающих антенн к приемным.

При процессах моделирования, базирующихся на многолучевых способах в случае распространения электромагнитных волн, появляются возможности для того, чтобы получать информацию о структуре электромагнитных полей. Такая структура определяется процессами интерференции волн, которые достигли интересующей точки разными путями [5, 6].

В существующих условиях проведено формирование различных модификаций лучевых методов, они активным образом применяются и

дают возможности для осуществления расчетов не только процессов отражений, но и помимо этого, для случаев распространения электромагнитных волн сквозь различные преграды, которыми могут быть стены, и различные тела, которые находятся во внутренних областях помещений [7, 8].

Постепенно идет развитие работ направленных на формирование моделей, которые позволяют учитывать дифракцию волн на различных объектах, основываясь на подходах, соответствующих геометрической теории дифракции (ГТД). Исследователи выделяют классификацию относительно двух видов реализации таких моделей, в которые входит трассировка лучей (ray tracing) и проведение формирования лучей (ray launching).

При осуществлении численной реализации, число переотражений, а также число тех препятствий, которое возможно, могут быть определены исходя из производительности компьютеров.

В весьма большом числе моделей происходит анализ не более, чем для 7 итераций, а число объектов, являющимися препятствиями не более, чем 2. Особенности характеристик потерь сигналов, при распространении по соответствующим путям, могут быть рассчитаны, исходя из ГТД [9], оценка величин коэффициентов отражения ведется на базе формул Френеля.

Помимо указанных подходов, существуют возможности для использования экспериментальных данных, дающих возможности для вывода соответствующих зависимостей. Относительно недостатков моделей, которые привлекают понятие лучей необходимо отметить то, что они чувствительны к тому, какие показатели точности для исходных данных. В подобных случаях, когда экспериментаторы обладают небольшим числом данных по тому, какие характеристики у материалов, входящих в состав объектов [10-12] или тому координатам тел, по результатам численных расчетов можно увидеть значительные ухудшения.

Весьма точными могут считаться модели, которые основываются на том, что при осуществлении численных расчетов применяются разные подходы для того, чтобы решать уравнения Максвелла как в дифференциальном, так и интегральном представлении [13]. В случаях анализа и практической реализации особенностей дифракции электромагнитных волн могут быть рекомендованы способы, которые нацелены на то, чтобы численным образом решать уравнения Максвелла (FDTD, FEM, FIT и др.). В связи с тем, что наблюдаются довольно высокие требования к характеристикам объектов вычислительной техники, отмеченные подходы в строгом виде для проведения решения

задач, связанных с практическим применением до недавнего времени использовались не очень часто.

Те подходы, которые были указаны в основном использовались при проведении моделирования процессов в относительно небольших пространственных областях. В таких случаях существуют возможности для определения коэффициентов прохождения, а также отражения для тел, имеющих сложные внутренние структуры.

При улучшении вычислительных возможностей вычислительных средств, а также процессов, направленных на оптимизацию методик, которые предназначены для осуществления расчетов, при проведении решения соответствующих электродинамических задач, для заданных условий есть возможности обеспечения численного решения по трехмерным случаям в уравнениях Максвелла.

Требуется понимать, что для лучевого метода есть достаточно понятная и простая структура, это определяет возможности по многим случаям в применении аналитического решения для таких задач, для которых применение других подходов затруднено (тогда приходится использовать точные или асимптотические методы).

При проведении более тщательного изучения вопросов, найденные решения можно считать как формальные, поскольку при достижении разных результатов необходимо использовать численные методы расчета.

При расчетах на основе лучевого приближения далеко не всегда можно прийти к окончательному решению уравнений Максвелла или волновых уравнений.

При подобных вариантах мы можем увидеть переход от волновых задач к тому, что происходит решение других. Ученые показали способы достижения того, что в уравнении не наблюдаются особые точки (для подобных случаев говорят о том, что применяется уравнение эйконала).

Когда выводятся аналитические выражения по полям при использовании лучевых приближений, в основном необходимо использовать предположения, касающиеся возможностей вывода аналитических решений по уравнению эйконала.

Аналитические решения по таким уравнениям, вывод для траекторий лучей можно рассчитать, но необходимо понимать, что такое возможно лишь для весьма небольшого круга задач на практике. Довольно интересным является тот факт, что в подобных задачах решения помимо лучевых, могут быть найдены, основываясь на том, что существуют точные решения, а также исходя из применения алгоритмов оптимизации.

Для тех случаев, когда имеются зависимости параметров в среде, в которой содержится более чем одна координата, не всегда просто найти решение. Решение может быть определено для случаев разделения переменных.

Среди возможностей ГТД можно отметить такие [9].

1. Множество дифракционных лучей определяются той совокупностью лучей, которая направлена по неоднородным участкам тел: ребра, острие, а также множество лучей, которые направлены на поверхности тел.
2. По каждому из лучей в поле происходит формирование большого количества дифракционных лучей. Для тех случаев, когда происходит падение лучей полей на острия (или конусные вершины), то тогда происходит распространение дифракционных лучей от них для различных направлений. Возникает сферическая волна. При направлении луча на ребро, возникает дифракционный конус.

По углу раствора конуса происходит выполнение условия по равенству углу падения лучей.

Есть отличие закономерностей возникновения дифракционных лучей по областям теней для гладкого выпуклого объекта оттого, какие закономерности распространения лучей относительно ребер и острия. В подобных случаях лучи распространяются с поверхностей теневых областей объектов. Подобные волны называются волны соскальзывания.

3. Существует пропорция среди амплитуд в дифракционных лучах и амплитуд в начальных лучах для точек падения.
4. Появляются возможности по определению коэффициентов дифракции исходя из рассмотрения локальных характеристик форм тел по окрестностям падающего луча (в тех случаях, когда проводится анализ острия) или форм тела по окрестности точек, где дифракционные лучи покидают тело (если оно гладкое).

Проведение расчета коэффициентов дифракции идет на основе анализа особенностей соответствующих ключевых задач.

Достаточно простую форму в дифракционном коэффициенте можно увидеть для частного случая клина – это полуплоскость.

При использовании методов ФО, существуют возможности получения решений для условий высокой точности при простых аналитических выражениях. Когда их используют, то рассматривают значения по фазовым соотношениям, что дает возможности определять зависимости по тому, какая длина волны, что не всегда можно делать, исходя из результатов ГО.

Физическую дифракционную теории используют исходя из принципа Гюйгенса. Ориентируясь на него, существуют возможности для проведения весьма точных расчетов рассеяния для объектов сложной формы. В рамках данного принципа, для падающей волны можно отметить сферическую форму. В каждой точке сферической поверхности,

к которой ко времени наблюдения прошло распространение волны первичного источника, можно увидеть вторичный источник по новой сферической волне. Фазу электромагнитного поля определяют, ориентируясь на множество тех волн, которые идут от поверхности в последующие моменты времени. Основываясь на такой интерпретации, не всегда у исследователей были возможности для того, чтобы дать количественные оценки, а также не дать объяснения по отсутствию волн, которые двигались в обратных направлениях.

Дальнейшее развитие для принципа Гюйгенса было в трудах Френеля и Кирхгофа. В уравнениях, которые были записаны с участием отмеченных авторов, рассматриваются скалярные поля, что конечно является весьма неудобным при проведении изучения процессов рассеяния для радиоволн разной поляризации.

На основе разработанного П.Я. Уфимцевым метода краевых волн [14] в различных трудах были получены результаты по точным расчетам рассеяния для бесконечного клина.

Базируясь на теории П.Я. Уфимцева, можно говорить о том, что появляется разница в механизмах рассеянии на гранях и ребрах. При распространении по поверхности клина токи могут быть представлены в виде суммы "равномерного" и "неравномерного" токов.

Есть соответствие равномерного тока тому току, который появляется в точке поверхности, в тех случаях, когда она является плоской, и имеет совпадение тем, который принят в ФО. Неравномерной частью тока определяется отличие полного тока от того, которое принято в приближении ФО.

На рис. 1 приведен пример тела, на котором происходит рассеяние электромагнитных волн, здесь размеры относятся следующим образом: $L1/L2=5$.

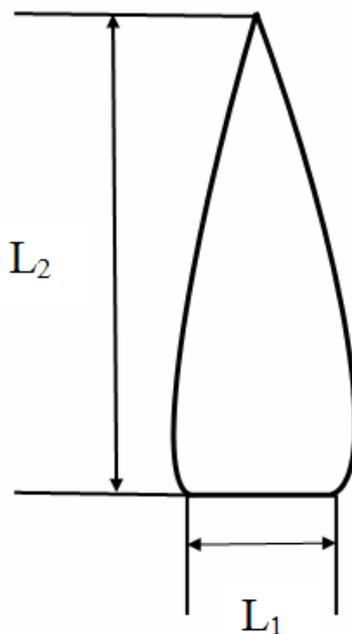


Рис. 1. Схема тела, на котором происходит рассеяние электромагнитных волн

На рис.2 Приведены результаты по уровню нормированного рассеянного поля в зависимости от угла наблюдения.

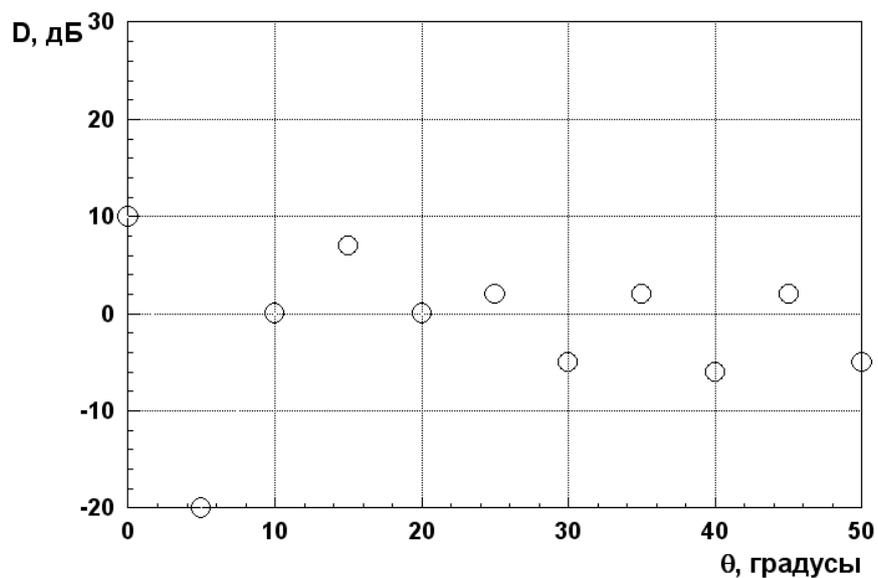


Рис. 2. Схема тела, на котором происходит рассеяние электромагнитных волн

Вывод. В работе были обсуждены возможности использования лучевых методов для определения характеристик рассеяния металлических тел. Приведен пример расчета характеристик нормированного рассеянного поля металлическим телом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андросик А.Б., Башкатов А.В., Бистерфельд О.А., Лохманова О.И., Львович И.Я., Мировицкая С.Д., Преображенский А.П., Саушев А.В., Спиринов Д.В., Удодов В.Н., Чернов С.С., Шабунина Е.В., Язовцев И.А. Информационные технологии: приоритетные направления развития / монография, Под общей редакцией С.С. Чернова. Новосибирск, Издательство Сибпринт, 2012. Том Книга 8, 227 с.
2. Чопоров О.Н., Преображенский А.П., Хромых А.А. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 584-587.
3. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
4. Львович И.Я., Преображенский А.П. Расчет характеристик металлодиэлектрических антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
5. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
6. Пермяков В. А., Солодухов В. В., Бодров В. В., Исаков М. В. Распространение радиоволн: учеб. Пособие. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.- 192 с.
7. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
8. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
9. Боровиков В.А., Кинбер Б.Е., Геометрическая теория дифракции / Москва, Изд. Связь, 1978, 247 с.
10. Преображенский А.П., Хухрянский Ю.П. Аппроксимация характеристик рассеяния электромагнитных волн элементов, входящих в состав объектов сложной формы / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 15-16.
11. Львович И.Я., Преображенский А.П. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и

- радиолокационных антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
12. Львович И.Я., Преображенский А.П., Юров Р.П., Чопоров О.Н. Программный комплекс для автоматизированного анализа характеристик рассеяния объектов с применением математических моделей / Системы управления и информационные технологии. 2006. Т. 24. № 2. С. 96-98.
 13. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
 14. Уфимцев П. Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. Введение в физическую теорию дифракции / М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.—372 с.

A.G.Sklyar, A.V.Danilova

**THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING RAY METHODS
FOR THE EVALUATION OF THE SCATTERING CHARACTERISTICS
OF METAL BODIES**

*Russian new university
JSC Sozvezdiye Concern*

The paper is devoted to the discussion of the use of ray methods for evaluating the scattering characteristics of metallic bodies. The example of calculation of the scattered field for a metal body is given.

Keywords: ray method, the scattered field, the theory of diffraction.