

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ХОДЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

© 2022 Я. Е. Львович, Т. В. Мельникова, А. П. Преображенский

*Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)
Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

В статье обсуждаются некоторые особенности лучевых электродинамических методов. Проиллюстрированы ключевые характеристики геометрической теории дифракции. Дано сравнение геометрической и физической оптики.

Ключевые слова: связь, электродинамика, лучевой метод, геометрическая оптика, физическая оптика.

В настоящее время можно наблюдать развитие различных систем связи. Для этого требуется применение соответствующих способов и методик, которые направлены на оценку свойств радиоволн.

Целью работы состоит в рассмотрении характеристик применяемых лучевых методов с точки зрения их практического использования для выбираемых вариантов.

Квазиоптические представления используются в ходе реализации лучевых моделей. Для чего они необходимы? Относительно границ препятствий, по которым наблюдается дифракция и процессы отражения можно наблюдать отражения под различными углами [1, 2].

В ходе построения необходимых моделей исследователями применяются приближения геометрической оптики (ГО). При изучении особенностей распространения и отражения радиоволн внутри помещений, у исследователей возникают возможности для того, чтобы обозначить требования по планировке зданий.

В телекоммуникационные системы входят приемные и приемные антенны. Их возможное расположение будет оказывать влияние на то, каким образом будет осу-

ществляться распространение сигналов. Из этого вытекают предпосылки для определения структуры электромагнитных полей [3, 4].

Она будет формироваться из того, что происходят процессы интерференции радиоволн, которые в ходе своего распространения будут складываться в интересующих точках в соответствующих фазах.

Лучевые методы могут комбинироваться разным образом, чтобы обеспечить расчеты по самым разным вариантам размещения приемников и передатчиков, а также путей распространения радиоволн. Геометрическая теория дифракции (ГТД) при решении электродинамических задач позволяет весьма корректным образом осуществлять описание того, как будет происходить дифракция волн на разных объектах.

В ходе анализа формируются соответствующие модели. Они могут базироваться на трассировке лучей, а также формировании лучей.

Производительность вычислительных средств будет оказывать внимание на то, как будет рассматриваться численная реализация. Важно учитывать число объектов, которые рассматриваются внутри заданных объемов, а также число тех переотражений, которые будут испытывать радиоволны.

Исследователями было установлено, что если количество электродинамических объектов не будет превышать 2, то для проведения вычислений оказывается достаточно 6 итераций. При рассмотрении процессов переотражений необходимо опираться на формулы Френеля.

Львович Яков Евсеевич – Воронежский государственный технический университет, доктор техн. н., профессор, e-mail: office@vvt.ru.

Мельникова Томара Вениаминовна – Воронежский институт высоких технологий, студент, meln999_000@yandex.ru.

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. н., профессор, e-mail: app@vvt.ru.

В ряде случаев необходимо осуществлять сбор статистики по исходным данным. Они могут быть или неполными или неточными. Это необходимо учитывать в лучевых моделях, что можно рассматривать в качестве одного из их недостатков.

С другой стороны, зная конфигурацию анализируемой электродинамической области, мы можем опираться на комбинированные расчетно-экспериментальные подходы. Чем больше будет собрано экспериментальных данных, тем большую точность по искомым результатам можно ожидать.

Если существуют возможности для численного решения уравнений Максвелла, тогда создаваемые модели будут характеризоваться весьма высокой точностью. Будут формироваться системы интегральных или дифференциальных уравнений [5, 6].

На современных средствах вычислительной техники могут анализироваться за-

дачи одномерные или двумерные, но и трехмерные. Для них, в том числе и вследствие практических соображений, можно наблюдать достаточно сложную внутреннюю структуру [7, 8].

В ходе разработки алгоритмов по лучевым методам, если конфигурация анализируемых объектов относительно проста, то решение будет получаться аналитическим образом. Тогда методы будут асимптотическими или точными.

Уравнения Максвелла, а также волновые уравнения в ходе развития волновых приближений будут решаться приближенным образом [9]. В ходе проектирования с привлечением таких подходов исследователи привлекают оптимизационные методы.

На рисунке 1 дана иллюстрация ключевых характеристик геометрической теории дифракции.

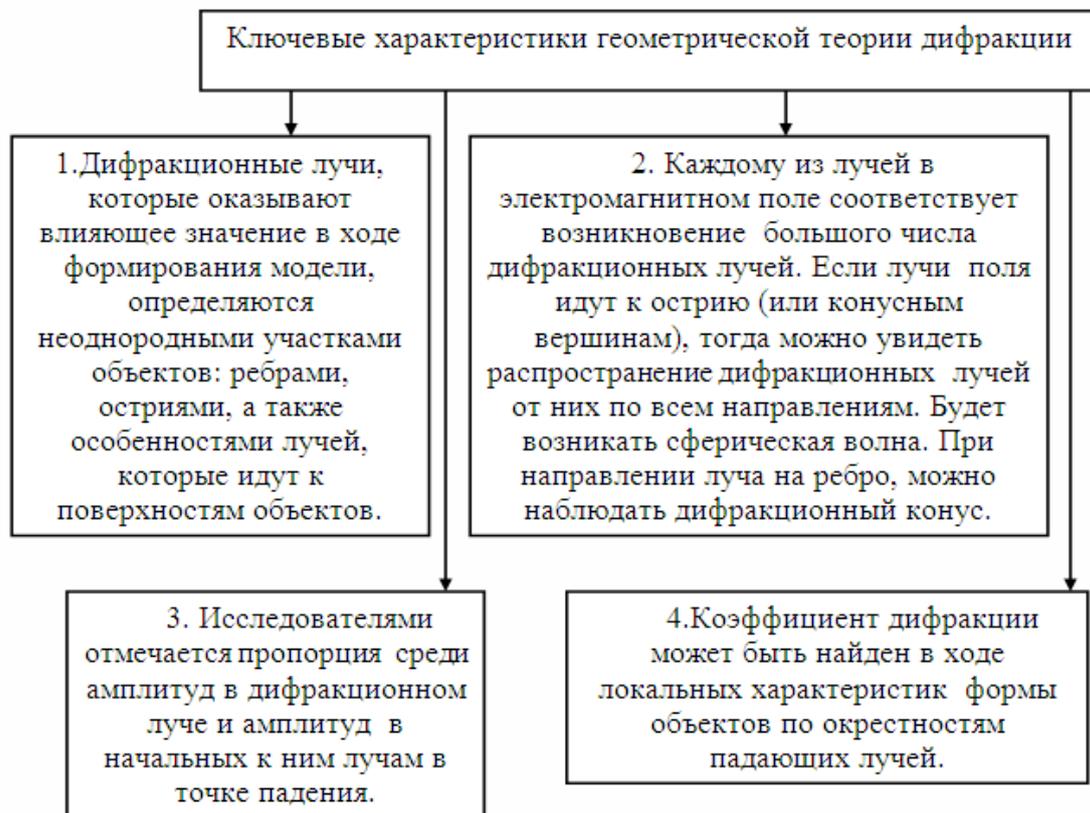


Рисунок 1. Иллюстрация ключевых характеристик геометрической теории дифракции

Лучи в ходе распространения в окрестностях ребер и острий будут подчиняться другим закономерностям, если сравнивать окрестностями теней, соответствующих

гладким выпуклым объектам. Будет наблюдаться ситуация, в которой возникают волны соскальзывания.

Аналитические выражения достаточно часто используются в ходе использования физической оптики (ФО). При этом можно обеспечить приемлемую точность. Для указанного подхода можно учесть влияние длины волны, что не всегда возможно при расчетах в рамках ГО. Это связано с учетом фазовых соотношений.

Принцип Гюйгенса рассматривается как основополагающий в физической дифракционной теории. Кроме того, в ходе решения различных задач на практике учитываются коэффициенты Френеля и приближение Кирхгофа.

Таким образом, в ходе проектирования и оптимизации сложных электродинамических объектов необходимо осуществлять выбор требуемых методов с ориентацией на вычислительные ресурсы и ожидаемую точность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский Ю. П. Распространение радиоволн для объектов с полостями / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 187-190.

2. Болучевская О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3 (3). – С. 4.

3. Коновалова В. С. Разработка выходного усилителя мощности радиолокационной системы / В. С. Коновалова, А. А. Сергеев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 30-31.

4. Новосадов К. С. Анализ спектрально эффективных схем модуляции, применяе-

мых в высокоскоростных системах радиосвязи / К. С. Новосадов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 20-21.

5. Машков В. Г. Оценка точности реконструкции электрофизических и геометрических параметров поляриметрическим методом многослойных диэлектрических сред / В. Г. Машков, В. А. Малышев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 16-17.

6. Коновалова В. С. Разработка выходного усилителя мощности радиолокационной системы / В. С. Коновалова, А. А. Сергеев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 30-31.

7. Преображенский Ю. П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 183-186.

8. Преображенский Ю. П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств / Ю. П. Преображенский // Будущее науки – 2018. Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.

9. Степанчук А. П. Рассеяние радиоволн на структурах с поглощающим слоем / А. П. Степанчук // Молодежь и наука: шаг к успеху. Сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3-х томах. Ответственный редактор Горохов А. А. – 2017. – С. 262-265.

THE ANALYSIS OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF RAY METHODS USED IN SOLVING ELECTRODYNAMIC PROBLEMS

© 2022 Ya. E. Lvovich, T. V. Melnikova, A. P. Preobrazhensky

*Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

The paper discusses some features of ray electrodynamic methods. The key characteristics of the geometric theory of diffraction are illustrated. A comparison of geometric and physical optics is given.

Keywords: communication, electrodynamics, ray method, geometric optics, physical optics.