

УДК 621.396

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН**Эльмузова Р.М.***Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: elmusovaroxana@yandex.ru*

Отмечаются некоторые критерии для определения применимости существующих методов решения задач рассеяния электромагнитных волн на объектах со сложной формой: эффективность метода для объекта произвольной формы; существование метода вычисления распределения электромагнитных полей в ближней зоне; точность метода; существование работающей компьютерной программы. Проведена оценка возможностей метода интегральных уравнений для расчета характеристик рассеяния металлических объектов, которые могут быть представлены в виде совокупности элементарных отражателей. Была построена методика расчета характеристик рассеяния объекта сложной формы, которая основана на комбинации аналитических методов и метода физической оптики+метод краевых волн. Установлено, что данная методика будет эффективно работать для объектов с большими размерами ($a, L > 10\lambda$). Было проведено сравнение результатов расчетов вторичной мощности рассеяния рассматриваемой структуры на основании этой методики и метода интегральных уравнений.

Ключевые слова: распространение радиоволн, интегральное уравнение, краевые волны, физическая оптика**ABOUT THE INVESTIGATION OF PROPERTIES OF RADIO WAVE PROPAGATION****Elmusova R.M.***Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: elmusovaroxana@yandex.ru*

There are some criteria for determining the applicability of existing methods for solving problems of scattering of electromagnetic waves on objects with a complex shape: the effectiveness of the method for an object of arbitrary shape; the existence method for calculating the distribution of electromagnetic fields in the near zone; the accuracy of the method; the existence of working computer programs. An assessment of the capacity of the method of integral equations to calculate the scattering characteristics of metal objects, which can be represented as a set of elementary reflectors. Was built the method of calculation of scattering characteristics of object of complex shape, which is based on a combination of analytical methods and the method of physical optics+method of edge waves. It was found that this method is effective for objects with large dimensions ($a, L > 10\lambda$). There was comparison of results of calculations of the secondary power dissipation of the considered structure on the basis of this technique and the method of integral equations.

Keywords: wave propagation, integral equation, boundary waves, physical optics

Процессы, связанные с многолучевым распространением, основываются на распространении сигналов, и как результат могут быть две или более траектории, которые соответствуют прибытию сигналов на приемные антенны для одного и того же времени или при минимальном временном отличии (несколько наносекунд).

Для многолучевого распространения мы можем столкнуться с негативным эффектом по параметрам, связанным с общей производительностью, пропускной способностью и увеличением задержек в сетевой структуре поскольку требуется, чтобы отправлялись фреймы от 2 уровня, в этой связи существует межсимвольная интерференция.

В случаях, если расстояние между передатчиками и приемниками уменьшаем в два раза, тогда изменения в степени затухания будет около 5-6 дБ.

Необходимость в том, чтобы компенсировать потери качества связи, вследствие интерференции для многолучевых сред ведет к тому, что разработчики узкополосных

передающих систем доводят мощностные характеристики передатчиков до уровней, в которых они не менее 10 дБ и используют приемные схемы, ведущие к компенсации больших динамических диапазонов сигналов [2]. Особенности передачи сверхширокополосных хаотических сигналов в помещениях будут другие. При росте значения расстояний между передатчиками и приемниками, возникает затухание для сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов.

При переходе от сред, которые близки к сфере «свободного пространства», к областям многолучевого распространения, идет существенный рост мощностей хаотических радиоимпульсов для входов приемных устройств, что ведет к тому, что увеличивается выходной сигнал приемника. Это ведет к доказательству того, что существуют эффекты, связанные с многолучевым усилением.

Есть отличие статистических подходов, которые соответствуют конкретным участкам расположения передатчиков и прием-

ников, от подходов, соответствуют больших помещениям, при этом требуется использование большего числа деталей, чтобы получить точный прогноз для распространения сигналов в помещениях. Если говорить о теоретических основах, то характеристики распространения радиоволн мы можем точным образом определить, исходя из того, как решаются уравнения Максвелла для геометрий зданий с учетом граничных условий [3]. Однако, указанные подходы ведут к весьма большому количеству математических операций, ведущих к необходимости использования существенных вычислительных мощностей, объединения компьютеров. В этой связи нельзя говорить об экономных способах оценок характеристик распространения волн в помещениях. Способ трассировки лучей является привлекательным методом, позволяющим рассчитывать уровни времен инвариантных импульсных откликов, соответствующим разбросу по задержкам и сопутствующим характеристикам окружающей среды в помещениях [5].

Можно отметить, что есть требования к вычислениям, отличающиеся от методиках, базирующихся на Максвелловских уравнениях. Различные модели, связанные с прогнозированием и распространением трассировок лучей, в каждом из помещений на базе их подробных геометрий и конструкций, можно рассматривать как достаточно эффективное средство в проектировании систем связи [6]. Если говорить о практическом приложении, то интерес представляет не точная интенсивность сигнала, а определения некоторой его оценки.

При решении практических задач, связанных с рассеянием электромагнитных волн во многих случаях используют метод интегральных уравнений.

Можно выделить несколько критериев для определения применимости существующих методов решения задач рассеяния электромагнитных волн на объектах со сложной формой:

1. Эффективность метода для объекта произвольной формы;
2. Существование метода вычисления распределения электромагнитных полей в ближней зоне;
3. Точность метода;
4. Существование работающей компьютерной программы.

На основании анализа существующей отечественной и зарубежной литературы [7, 4] можно сделать вывод, что метод инте-

гральных уравнений в подавляющем большинстве случаев удовлетворяет вышеперечисленным критериям, что и объясняет его широкое применение при моделировании различных антенно-фидерных устройств.

Интегральные уравнения для одного тела могут быть обобщены на систему тел [1]. Под областью интегрирования и областью изменения точки наблюдения в этом случае следует понимать поверхность не одного, а совокупности тел и эти тела могут содержать магнито-диэлектрические материалы на своей поверхности. При анализе дифракции на многих объектах особым случаем является задача дифракции на периодических структурах. При этом существует возможность уменьшения размерности задачи.

Комбинация метода интегральных уравнений с теорией периодических структур позволяет проводить расчет характеристик двумерно-периодических объектов. Возможен расчет подобных структур на основе приближенных или эвристических подходов.

Проведем оценку возможностей метода интегральных уравнений для расчета характеристик рассеяния металлических объектов, которые могут быть представлены в виде совокупности элементарных отражателей. Особенно представляет интерес ситуация, когда такие объекты представляются в виде совокупности пластин, то есть может рассматриваться, так называемая «фасеточная» модель.

В результате, была построена методика расчета характеристик рассеяния объекта сложной формы, которая основана на комбинации аналитических методов и метода физической оптики+метод краевых волн.

Проводилась оценка вклада краевых волн. В процессе исследований было установлено, что вклад от краевых волн в широком секторе углов наблюдения, на несколько десятков дБ меньше по сравнению с вкладом, обусловленным отражением от других элементарных отражателей, входящих в состав объекта сложной формы.

Следует отметить, что данная методика будет эффективно работать для объектов с большими размерами ($a, L > 10\lambda$). Было проведено сравнение результатов расчетов вторичной мощности рассеяния рассматриваемой структуры на основании этой методики и метода интегральных уравнений [8, 9].

С использованием указанного алгоритма в рамках определенных ограничений можно проводить расчеты характеристик

рассеяния электромагнитных волн с точки зрения двумерной модели для оценки характеристик трехмерных объектов.

Список литературы

1. Кисель В.Н. Электродинамические модели сложных электрофизических объектов и эффективные методы расчета их полей рассеяния / В.Н. Кисель – Дисс. : д-ра физ.-мат. наук. – Москва, 2004. – 339 с.
2. Львович И.Я. Разработка принципов построения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 125-127.
3. Львович И.Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
4. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / В.В. Никольский – М.: Наука, 1978. – 543 с.
5. Преображенский А.П. Моделирование характеристик рассеяния объектов, в состав которых входят кромки / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2(13). С. 7.
6. Преображенский А.П. Методы прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 1 (4). С. 3.
7. Самохин А.Б. Интегральные уравнения электродинамики трехмерных структур и итерационные методы их решения. / А.Б. Самохин // Радиотехника и электроника. – 1993. – Т. 38. – № 8. – с. 1345-1369.
8. Вычислительные методы в электродинамике. / Под ред. Митры Р. – М.: Мир, 1977, 487 с.
9. Шутов Г.В. Характеристики методов трассировки лучей / Г.В. Шутов // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 238-239.