

УДК 621.396

М.Н. Мирошникова

## ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ РАССЕЯННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

*ЗАО "Связной Логистика", г. Воронеж*

*В статье обсуждается задача рассеяния электромагнитных волн на полых структурах. Даются предложения по управлению рассеянным электромагнитным полем за счет подбора размеров исследуемого объекта.*

**Ключевые слова:** полая структура, интегральное уравнение, рассеяние, электромагнитная волна.

Расчет радиолокационных характеристик объектов рассматривается в различных литературных источниках, например в [1-10]. В современных объектах техники можно выделить большое количество полых структур. Среди них отмечают воздухозаборники, выходные сопла в летательных аппаратах, комплексы рупорных и волноводных антенн, различные антенные отсеки, кабины пилотов и т.д. Для мощности вторичного излучения, связанной с такими элементами исследователи в результате расчетов и проведения экспериментов получают весьма большие значения. Исходя из различных данных, некоторые типы объектов характеризуются тем, что для них вклад мощности вторичного электромагнитного излучения полых элементов доходит до 90 % от общей мощности излучения [11-20].

Решение задач, связанных с адекватным распознаванием объектов техники на основе современных средств радиолокации определили интереса к осуществлению теоретических исследований, связанных с изучением сложных физических явлений, они рассматривают явление рассеяния электромагнитных волн (ЭМВ) на полых структурах сложной формы. Среди различных ключевых проблем в теоретических исследованиях, которые проводятся в этих направлениях, можно отметить оценку радиолокационных характеристик полых структур и управление рассеянным электромагнитным полем. Но такую оценку можно проводить лишь на основе моделирования рассеяния ЭМВ на полых структурах со сложной формой.

Целью работы является исследование возможности управления электромагнитным полем, рассеянным от полых структур.

При анализе полей рассеяния в ряде случаев может быть использован модовый метод. Он состоит из нескольких шагов [14].

1. При падении плоской ЭМВ на апертуру проводится ее разложение на тангенциальные и нормальные компоненты. Тангенциальные компоненты как по электрическому, так и магнитному полю для апертуры полой структуры представляются в виде ряда, в котором членами являются

моды волновода, имеющие соответствующие неизвестные модальные коэффициенты. В указанном шаге, применяя теорему взаимности, проводится расчет модальных коэффициентов, связанных с соответствующими модами, входящими в полую структуру.

2. Проводится расчет модальные коэффициенты, которые соответствуют модам, двигающимся в противоположном направлении, то есть, покидающими полую структуру. При этом необходимо прибегать к использованию выражений по обобщенной матрице рассеяния.

3. На основе приближения Стрэттона-Чу проводится расчет вторичного поля рассеяния полой структуры, которое определяется теми модами, которые выходят из полой структуры.

Для волноводов важно то, что электромагнитное поле характеризуется напряжённостью электрического и магнитного полей. В качестве основной характеристики при проведении исследований электромагнитного поля внутри волноводов можно отметить проходящую мощность, связанную с мощностью, поглощаемую нагрузкой. Для многомодовых волноводов поскольку есть явление ортогональности типов волн, происходит распределение проходящей мощности по распространяющимся типам волн. В этой связи интересно проводить исследование для проходящей мощности по многомодовым волноводам как по суммарному электромагнитному полю, так и избирательно для типов волн.

Развитие теоретических и практических положений радиоэлектроники, проведение перехода в диапазон более высоких частот и уровней мощностей определяют возможности разработки радиоэлектронных средств, которые применяют многомодовые волноводы.

Существуют описания многомодовых антенн, которые строятся на базе многомодовых волноводов. В их состав входит отрезок многомодового волновода, а также устройство для возбуждения волн в нем, при этом излучающую часть делают как открытый конец многомодового волновода.

Рассеяние от полых структур может влиять на характеристики современных беспроводных систем связи [21-31].

Среди существующих методов исследования уровней проходящей мощности для многомодового волновода можно выделить зондовые методы и методы применяющие ответвители. Среди недостатков многозондовых методов можно отметить то, что конструктивная реализация громоздкая, а также требуется большое количество зондов. Для методов применяющих ответвители среди недостатков выделяют сложность реализации, а также, небольшое количество тех видов волн, которые можно исследовать.

Мы рассматриваем возможность управления рассеянным полем от полой структуры. Схема рассеяния на полой структуре прямоугольного поперечного сечения приведена на рис.1.

Расчет характеристик рассеяния проводился на основе метода интегральных уравнений. На рис. 2 приведены зависимости вторичной мощности рассеянного поля от угла падения. Размер апертуры фиксирован  $b=3\lambda$ , длина полой структуры выбиралась  $L_1=3\lambda$  (кривая 1),  $L_2=4\lambda$  (кривая 2),  $L_3=5\lambda$  (кривая 3).



Рис.1 Схема рассеяния на полой структуре  
прямоугольного поперечного сечения  
 $L$  – длина структуры,  $b$  – размер апертуры  
 $\varphi$  - значение угла падающей ЭМВ

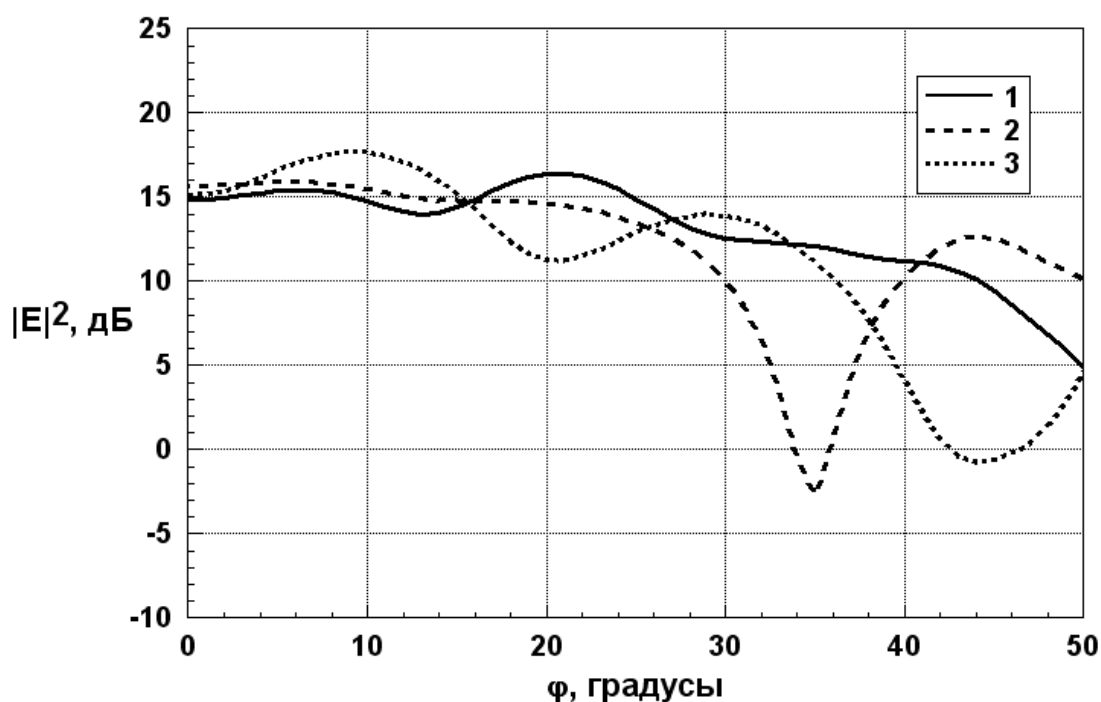


Рис.2 зависимости вторичной мощности рассеянного поля от угла падения.

Подбирая длину полой структуры, в том числе, с применением методов оптимизации, мы имеем возможность достичь требуемых значений для вторичной мощности рассеяния, в том числе и для ее средних значений в определенном секторе углов наблюдения [32-35].

Вследствие того, что полые структуры входят в состав многих электродинамических устройств, мы можем, задавая определенные размеры для объекта, обеспечивать требуемый уровень вторичной мощности рассеяния.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.В. Некоторые особенности лучевых методов расчета характеристик распространения электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 9-13.
2. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
3. Преображенский А.П. Исследование возможности определения формы объекта в окрестности восстановления локальных отражателей на поверхности объектов по их диаграммам обратного рассеяния / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 29-32.
4. Самойлова У.А. Анализ сложных электродинамических объектов на основе параллельных вычислений / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 55-56.
5. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
6. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / Телекоммуникации. 2004. № 5. С. 32-35.
7. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
8. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование методов оптимизации при проектировании систем радиосвязи / Теория и техника радиосвязи. 2011. № 1. С. 5-9.
9. Головинов С.О., Преображенский А.П., Львович И.Я. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской

- застройке на основе комбинированного алгоритма / Телекоммуникации. 2010. № 7. С. 20-23.
10. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. Т. 17. № 1. С. 32-35.
  11. Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн / Воронеж, Научная книга, 2007, 248 с.
  12. Львович И.Я., Преображенский А.П. Расчет характеристик металлodieлектрических антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
  13. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 255-256.
  14. Преображенский А.П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / Телекоммуникации. 2003. № 11. С. 37-40.
  15. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / Системы управления и информационные технологии. 2005. № 4. С. 17-19.
  16. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
  17. Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.
  18. Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О., Юров Р.П. Математическое и программное обеспечение САПР дифракционных структур и антенн / Воронеж, Издательство: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2008, 96 с.
  19. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29-31.
  20. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.

21. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Разработка системы автоматизированного проектирования беспроводных систем связи / Телекоммуникации. 2010. № 11. С. 2-6.
22. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Информационные технологии. 2011. № 8. С. 40-42.23.
23. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
24. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
25. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
26. Ерасов С.В. Проблемы электромагнитной совместимости при построении беспроводных систем связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 137-143.
27. Преображенский А.П., Юров Р.П. САПР современных радиоэлектронных устройств и систем / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 3. С. 35-37.
28. Вострикова О.Ю. Оптимизация радиопокрытия в мобильных системах связи / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 36а.
29. Васильева К.С. О моделировании распространения сигналов в беспроводных системах связи / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 34-35.
30. Рожкова А.А. Формирование оптимальной зоны покрытия в сотовых системах связи / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 54.
31. Горбенко О.Н. О проблемах измерения характеристик рассеяния электромагнитных волн / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 38.
32. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
33. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения - Воронеж, 2006, Издательство "Кварта", 415 с.
34. 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.

35. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / под редакцией Львовича Я.Е.//Воронеж, 2010, Издательство "Научная книга", 139 с.

M.N.Miroshnikova

**THE PROBLEMS OF CONTROL LEVEL OF SCATTERED  
ELECTROMAGNETIC FIELD**

*JSC «Svyaznoy logistics», Voronezh*

*The paper discusses the problem of scattering of electromagnetic waves on a hollow structures. The proposals are given to the management of scattered electromagnetic field due to selection of the size of the object.*

**Keywords:** hollow structure, integral equation, scattering, electromagnetic wave.