

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

© 2019 Д. В. Меняйлов, Д. А. Юдаков

ОАО концерн «Созвездие» (г. Воронеж, Россия)  
Московский гуманитарно-экономический университет (Москва, Россия)

*В статье обсуждаются некоторые возможности проведения оценок электродинамических характеристик в различных технических системах. Отмечается важность применения систем автоматизированного проектирования при решении практических задач.*

*Ключевые слова: электродинамическая характеристика, техническая система, оценка, проектирование.*

Исходя из того, что в настоящее время наблюдается развитие комбинированных систем связи, появляются новые технические устройства для передачи и приема разнотипной информации.

Они могут применяться в больших и малых населенных пунктах. Иногда существуют проблемы передачи информации, связанные с помехами, большим затуханием сигналов и др.

Диапазон ультракоротких волн характерен для большого числа радиоэлектронных средств.

На жизнедеятельность людей, проживающих внутри населенных пунктов, большое влияние оказывают режимы работы радиоэлектронных средств.

Сейчас уже практически все населенные пункты оснащены в определенной мере развернутыми системами радиосвязи.

С тем, чтобы такие системы работали качественным образом, необходимо знать детально особенности распределения полей внутри областей застроек.

Достаточно актуальными являются вопросы, относящиеся к планированию и проектированию, в разных частях населенных пунктов.

Это определяется тем, что есть возможность выделения сложных структурных блоков, имеющих протяжение десятки и сотни метров.

Блоки могут состоять из разных материалов – дерева, бетона, кирпича.

С одной стороны, сложные условия и

пути, по которым идет информация, оказывают влияние на объемы и качество ее передачи. Но при этом появляется все большее число пользователей, проектируются новые каналы связи.

Это ведет к необходимости поддержки требуемого качества передаваемой информации. Поэтому идет поиск новых подходов, идет освоение новых, более высоких областей частот.

Чем больше анализируемые частоты, тем больший будет вклад со стороны окружающих предметов, участвующих в процессах перераспределения волн.

При анализе распространения радиоволн в условиях замкнутых пространств приходится использовать во многих случаях численные методы.

Алгоритмы расчетов усложняются, когда внутри таких пространств будут находиться большое число объектов с разными отражающими и поглощающими способностями.

Это определяет заметные отличия от условий, которые связаны с тем, как распространяются радиоволны по свободному пространству.

За счет множества переотражений происходит формирование довольно сложных интерференционных картин для электромагнитных полей.

Их изменение весьма сильное, когда объекты внутри замкнутых пространств будут перемещаться.

Сейчас уже можно выделить определенные подходы, позволяющие анализировать распространение электромагнитных волн в замкнутых пространствах. Они опираются на:

- статистические способы,

---

Меняйлов Дмитрий Владимирович – специалист, ОАО концерн «Созвездие», klishhhinoouy@yml.com.  
Юдаков Дмитрий Артурович – специалист, Московский гуманитарно-экономический университет, gpyudak391@yml.com.

- эмпирические способы,
- лучевые способы,
- базирующиеся на численных способах.

По изучаемым объектам подробная информация не собирается в статистических подходах.

Необходимы координаты передающих и приемных устройств, а также геометрические размеры анализируемых областей.

Вследствие случайных координат для точек наблюдения, при описании особенностей распределений электромагнитных полей приходится описывать случайные характеристики.

Они случайны вследствие многократных дифракционных эффектов в разных областях замкнутых областей.

Эксперименты не всегда могут помочь в построении полноценной картины электромагнитного поля в анализируемых областях. Чтобы оценить уровень полей в некоторых локальных участках, может потребоваться довольно большое число экспериментов.

Уровень электромагнитных полей в некоторых участках будет весьма малым.

С точки зрения лучевых моделей, на практике может быть полезно применение приближения геометрической оптики.

Можно проводить учет эффектов интерференции электромагнитных волн. Можно указать модели, связанные с трассировкой лучей (ray tracing) и образованием лучей (ray launching).

Производительность компьютеров оказывает влияние на то, какое число итераций можно учитывать в расчетах. Также влияет геометрия объектов.

Формулы Френеля полезны для расчета коэффициентов отражения на основе геометрической теории дифракции.

Экспериментальные данные, если их достаточно, дают возможности для применения эмпирических соотношений. При этом важно учитывать, что важно указывать с высокой точностью координаты объектов, поскольку это связано с фазовыми соотношениями между лучами.

Из уравнений Максвелла, представляемых в дифференциальных или интегральных формах можно получить достаточно точные численные модели.

Например, применяют метод конечных разностей или метод интегральных уравнений.

Часто подобные задачи сводят к двумерным моделям, поскольку трехмерные подходы могут эффективно применяться лишь для небольших пространственных областей.

В случае использования мелкокомпабных моделей есть возможности для учета того, что принимаемые сигналы будут иметь весьма небольшие смещение, или когда рассматриваются очень короткие интервалы времени.

При условиях существования сильной интерференции полей стремятся к тому, чтобы была обеспечена повышенная устойчивость связи.

Исследователи для получения новых результатов, полезных во многих задачах, опираются в ряде случаев на принципы автоматизированного проектирования (САПР).

Весьма интересные результаты получаются с использованием таких программных продуктов, как Microwave Office и CST Microwave Studio. Они могут использоваться на основе существующих персональных компьютеров.

С точки зрения применения Microwave Office, необходимо отметить, что анализируемые объекты представляют как набора планарных компонентов.

Они будут размещаться по разным слоям.

В качестве исходных данных при проведении расчетов можно использовать такие:

- частотные зависимости;
- диаграммы направленности;
- геометрии объектов и характеристики материалов, входящих в их состав.

Таким образом, необходимо при оценке характеристик технических объектов применять комплексные подходы, в том числе, базирующиеся на использовании автоматизированных программных средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Щербатых, С. С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн / С. С. Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 10.
3. Головинов, С. О. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинирован-

ного алгоритма / С. О. Головинов, А. П. Преображенский, И. Я. Львович // Телекоммуникации. – 2010. – № 7. – С. 20-23.

4. Косилов, А. Т. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / А. Т. Косилов, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 8. – С. 68-71.

5. Чопоров, О. Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / О. Н. Чопоров, А. П. Преображенский, А. А. Хромых // Информатика и безопасность. – 2013. – Т. 16. – № 4. – С. 584-587.

6. Львович, Я. Е. Исследование методов оптимизации при проектировании систем радиосвязи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Теория и техника радиосвязи. – 2011. – № 1. – С. 5-9.

7. Преображенский, А. П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / А. П. Преобра-

женский // Телекоммуникации. – 2003. – № 4. – С. 21-24.

8. Казаков, Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.

9. Львович, Я. Е. Разработка системы автоматизированного проектирования беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Телекоммуникации. – 2010. – № 11. – С. 2-6.

10. Львович, Я. Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40-42.

11. Кульнева, Е. Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е. Ю. Кульнева, И. А. Гащенко // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 50.

## PROBLEMS OF EVALUATION OF ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS IN TECHNICAL SYSTEMS

© 2019 D. V. Menyailov, D. A. Yudakov

JSC concern «Sozvezdie» (Voronezh, Russia)  
Moscow University of Humanities and Economics (Moscow, Russia)

*The paper discusses some of the possibilities of assessing the electrodynamic characteristics in various technical systems. The importance of the use of computer-aided design in solving practical problems.*

*Key words: electrodynamic characteristics, technical system, evaluation, design.*