

УДК 621.396

А.В. Данилова, А.Г.Юрочкин
**АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ЧЕРЕЗ
РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ**

*ОАО «Концерн «Созвездие»,
Воронежский филиал Российской Академии
государственной службы при Президенте Российской Федерации*

В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с распространением радиоволн через растительный покров.

Ключевые слова: распространение радиоволн, дифракция, связь.

Задачи, связанные с распространением электромагнитных волн вдоль земной поверхности решаются многими исследователями в течение уже многих лет. основополагающими трудами можно считать публикации Зоммерфельда [1] и Вейля [2], в которых рассматривалось решение проблем, связанных с распространением электромагнитных волн вдоль плоских и сферических однородных подстилающих поверхностей. В дальнейшем происходило развитие разрабатываемых теорий для случаев плоских и сферических кусочно-однородных пространств. Также исследовались возможности распространения электромагнитных волн, когда пространства имеют помимо неоднородной, еще и слоистую структуру, что определяло возникновение новых видов волн [3, 4]

На настоящий момент важными и еще не решенными вопросами можно назвать возможности учета того, какое влияние оказывает растительный покров на характеристики распространения электромагнитных волн.

Леса, в которых есть лиственные, хвойные, смешанные составляющие, покрывают немногим менее, чем половину суши земли. Кроме того, растительность на оставшейся части суши весьма разнородная - начиная от полей со злаковыми культурами и заканчивая фруктовыми садами и тропическими лесами. Это значительным образом усложняет картину электромагнитных волн для волноводного канала Земля-ионосфера.

Одни из первых экспериментальных исследований по тому, каким образом идет влияние растительного на возможности передачи электромагнитных волн были проведены в первой половине 20 в. [5].

Исследователями было показано, что дерево можно представлять как модель вертикально расположенного электрического излучателя.

Через несколько десятилетий установили, что существуют искажения от отдельного дерева в фазовой структуре электрического поля.

Лесной покров можно рассматривать как многокомпонентную неоднородную среду, в которой нет заметного влияния на процессы

распространения электромагнитных волн, у которых длины волн на порядок превышает характерные размеры объектов, составляющих растительность.

Но если мы рассматриваем распространение УКВ через лесные покровы, то процессы затухания и переизлучения становятся довольно заметными.

Трудно говорить о том, какая существует связь между полосой частот и уровнем ослабления возникающих боковых волн.

Когда электромагнитные волны распространяются через лес, то происходит индуцирование для элементов лесной растительности токов, которые произвольно ориентированы. То рассеяние волн, которое вызывается такими токами, определяет эффекты деполяризации в падающей волне. Следует отметить, что можно предсказать эффекты деполяризации для моделей, относящихся к боковой волне [3]. При этом необходимо понимать, что для боковой волны наблюдаются особенности, связанные с вкладом в дифракционное поле и поэтому не происходит сохранение поляризации для излучения.

Лес представляется как система сплошных слоев, поэтому это наиболее заметно для длинноволновой составляющей в УКВ диапазоне (частоты составляют до 200 МГц), в этом случае лесной слой оказывает влияние, что определяет внесение некоторых поправок к ослаблению, которое вызывается со стороны земной поверхности; если лес плотный и характерные размеры неоднородностей превышают длину волны, то при этом величина флуктуирующей части диэлектрической проницаемости небольшая в сравнении с регулярной составляющей, тогда используется геометрическое приближение.

При передаче радиоволн от одного населенного пункта к другому, требуется использовать комплекс методов.

Если радиоволны распространяются в городских условиях, то удобно использовать лучевые методы [6-13]. Если проводить анализ распространения радиоволн в помещениях, то требуется учитывать рассеяние радиоволн на объектах, имеющих сложную форму [14-31].

Для случаев, когда можно сопоставить длину волны с расстояниями, которые будут между рассеивающими элементами, тогда нельзя рассматривать лесную среду как сплошную. Во втором типе теоретических моделей учитываются такие свойства как дискретность и неоднородность, образующаяся вследствие стволов, ветвей, расположение которых и ориентация являются случайными величинами, как по пространству, так и по времени. Кроме того есть влияние на ослабление волн для растительности в лесу со стороны подстилающей поверхности. Большей частью, такая поверхность является шероховатой и многослойной, в нее

входит подлесок, валежник, листва, корневая система деревьев и сама почва.

Среди способов, позволяющих проводить описание процессов взаимодействия электромагнитных волн с нижним слоем в лесу, представленного в виде набора случайных по координатам рассеивающих элементов можно отметить метод передаточных матриц [32].

В качестве классического подхода при описании случайных дискретных сред (СДС) следует выделить проведение решений волнового уравнения с точки зрения приближения ряда многократного рассеяния. Так как электромагнитные поля представляют собой случайные величины, то исследователи проводят расчет их различных статистических характеристик. Подобные модели могут быть использованы для любых соотношений среди длинами волн и плотностями структур. Также, в них можно провести снятие ограничений по величине флуктуирующей компоненты диэлектрической проницаемости. Но при этом вследствие того, что отсутствуют замкнутые аналитические представления полей в рамках таких моделей: 1. проведение анализа по механизмам распространения электромагнитных волн весьма затруднительный; 2. проведение изучения особенностей, связанных с распространением волн может быть ограничено достаточно близкими расстояниями среди исследуемых передатчиков и приемников вследствие того, что возникают громоздкие численные расчеты.

Когда делают рассмотрение кросс поляризационной компоненты, то это дает возможности для более надежного различения поверхностей различных видов: в лесу, в городской застройке, в сельскохозяйственных угодьях. Могут быть восстановлены отдельные детали элементов, например, в деревьях - листья, стебли и ветки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sommerfeld A. "Über die Ausbreitung electromagnetischer Wellen in der drahtlosen Télégraphié?" // Ann. Phys., Bd. 28, 1909. S. 665-736.
2. Weyl H. " Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über einem ebenen Leiter " // Ann.Phys. Bd. 60, 1919, S. 481-500.
3. Макаров Г.И., Новиков В.В., Рыбачек С.Т. Распространение радиоволн в волноводном канале земля-ионосфера и в ионосфере. М., Изд. "Наука", 1993, С. 147.
4. Zennek J. " Über die Fortflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leitlläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Télégraphié?" // Ann.Phys., Bd.23, 1907, S. 846-866.
5. Barfield R.H. " The atténuation on wireless waves over land " Journal I.E.E., vol. 66, 1926, p. 204-218.

6. Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн / Воронеж, 2007. Издательство Научная книга. - 248 с.
7. 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.
8. 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.
9. Львович И.Я., Преображенский А.П., Родионова К.Ю. Разработка подсистемы САПР для проектирования средних характеристик рассеяния объектов / Фундаментальные исследования. - 2013. № 4-4. С. 823-826.
10. 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. № 2 (24). С. 96-98.
11. Преображенский А.П. О возможностях ускорения вычислений при решении задач / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 67-68.
12. Преображенский А.П. О применении комбинированных подходов для оценки характеристик рассеяния объектов / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 69-70.
13. Преображенский А. П. Об оценке характеристик беспроводной связи в помещении / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 40-41
14. Жулябин Д.Ю. Оценка и подавление импульсного шума в OFDM / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 73-80.
15. Сапрыкин А.А. Характеристики высокочастотных MESH-сетей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 116-118.
16. Моргунов В.С. Современные методы расчета распространения радиосигналов в помещениях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 136-139.
17. Данилова А. В., Юрочкин А. Г. Характеристики методов трассировки лучей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 27-29.

18. Данилова А. В., Юрочкин А. Г. Возможности использования импедансных структур для управления излучением антенн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 30-33.
19. Преображенский А. П. О возможности построения объектов с заданными требованиями на характеристики рассеяния / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 38-39
20. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
21. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / Вестник воронежского института высоких технологий, 2013, №10, с.20-26.
22. Милошенко О. В., Головин А. А. О проектировании антенн на основе планарных диэлектрических волноводов / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 42-44
23. Секушина С. А., Сапрыкин А. А. Характеристики способов проектирования радиоэлектронных устройств / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 96-98
24. Секушина С. А., Сапрыкин А. А., Аббас Джасем Хуссей. Возможности исследования характеристик рассеяния объектов на основе метода конечных разностей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 99-101
25. Данилова А. В., Юрочкин А. Г. Характеристики методов трассировки лучей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 13. С. 113-115.
26. Блохина Т.В., Аббас Д.Х. Возможности определения параметров объектов на основе расчетно-экспериментального подхода / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 39-42.
27. Блохина Т.В., Андерсон Д. Прогнозирование характеристик рассеяния электромагнитных волн для тетраэдра / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 43-46.
28. Блохина Т.В., Ружицки Е. Исследование рассеяния электромагнитных волн на объекте при условии помех / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 47-50.
29. Пронских Н.И. Применение эвристических методов при решении задач рассеяния электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 51-53.
30. Преображенский А.П. О применении расчетно-экспериментального подхода при исследовании распространения волн WI-FI внутри помещения / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 71-72.

31. Рючин А.С. О применении радиопоглощающих материалов // Вестник Воронежского института высоких технологий, 2013. - № 10. - С. 185-188.
32. Луценко Е. В. Применение СК-анализа и системы "ЭЙДОС" для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Научный журнал КубГАУ, №75(01), 2012.

A.V. Danilova, A.G.Yurochkin
**THE ANALYSIS OF RADIO WAVE PROPAGATION THROUGH
VEGETATION COVER**

*JSC "Concern "Sozvezdie",
The Voronezh branch of the Russian Academy
state service under the President of the Russian Federation*

In this paper we considered the questions associated with the spreading of radio waves through the vegetation cover.

Keywords: propagation, diffraction, communication.