

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

© 2021 Ю. А. Клименко, Т. В. Мельникова, А. П. Преображенский

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

В статье рассматриваются характеристики распространения электромагнитных волн. Дана классификация применяемых методов анализа. Продемонстрированы элементы, с которыми могут взаимодействовать электромагнитные волны при распространении в городской среде.

Ключевые слова: связь, электромагнитная волна, метод, дифракция, рассеяние.

В течение нескольких последних десятилетий можно наблюдать активное внедрение сотовых систем, обеспечивающих подвижную связь.

Они дают возможности для того, чтобы передавать для подвижных абонентов телефонные сообщения, а также цифровые данные [1].

Происходит деление по большому числу рабочих зон (сот) в территориях обслуживания (городах, регионах) в подобных системах связи. Используется радиоканал для того, чтобы поддерживать связь среди мобильных и базовых станций [2].

Для крупных городов размеры сот бывают порядка 2 км. Происходит уменьшение размеров до 0,5 км, когда происходит рост количества абонентов. Если зоны будут пригородными, тогда по ним радиусы могут возрасти в десятки даже до сотни раз [3, 4].

Расстояние будет соотноситься с тем, какая будет у антенны базовой станции прямая видимость.

Организация сотовой сети оказывается возможной вследствие того, что радиуса действия является ограниченным [5, 6].

Для различных несмежных участков сот может происходить в сети применение одних и тех же частотных каналов.

Системы персональной радиосвязи помимо сотовых систем, также активным образом распространяются. Для них характерна микро- и пикосотовая структура. Отметим особенности ее размеров.

В них значения радиусов, которые соответствуют зонам, могут составлять от десятков до нескольких сотен метров.

Размеры объектов соответствуют зданию или нескольким зданиям.

Диапазон миллиметровых радиоволн относится к подобным системам. Они дают возможности для того, чтобы эффективным образом проходила работа в магазинах, офисах др.

Требуется обеспечить бесперебойную работу создаваемых систем.

Должно быть определено количество базовых станций, а также определено оптимальное место установки, когда ведется процесс организации сетей сотовой связи.

Необходимо обеспечить минимизацию затухания распространяющихся сигналов.

Для этого необходимы характеристики сигналов по любым точкам пространства. Их требуется вычислять по всех зоне, внутри которой обслуживаются абоненты.

С точки зрения того, как распространяются радиоволны, создаются специфические условия внутри городской среды.

Клименко Юрий Алексеевич – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, klm71165@mail.ru.
Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, профессор, apr@vivt.ru.
Мельникова Тамара Вениаминовна – Воронежский институт высоких технологий, студент, tmelnikova910@gmail.com.

Многолучевые поля формируются вследствие того, что рассеиваются электромагнитные волны.

Волны подвергаются многократным отражениям. Также будут появляться теневые зоны. Для многолучевых полей характерна сложная интерференционная структура.

Также исследователи отмечают в ходе наблюдений резкие пространственные изменения по уровням сигналов [7, 8].

Если передаются кодовые последовательности, то можно столкнуться с межсимвольной интерференцией. Почему она возникает?

Разные временные задержки и разные направления соответствуют тем волнам, которые будут приходить к точке приема. То есть для процесса распространения радиоволн характерен многолучевой характер.

В системе могут существенным образом быть ухудшены характеристики. Это происходит вследствие межсимвольной интерференции, которая будет вести к искажениям сигналов.

Также при передаче цифровой информации на высоких скоростях можно столк-

нуться с ухудшением качества. Указанные проблемы могут возникать, если значения длительностей задержки будут больше, чем значение длительности символа.

Особенности характеристик в многолучевых каналах распространения должны быть подробным образом изучены для того, чтобы осуществлять разработку систем связи, которые функционируют в городской среде с высокой эффективностью.

Множество нескольких основных путей может быть выделено для любых из радиотрасс.

В их пределах происходит перемещение сигналов от антенн базовых станций к антеннам, которые расположены в мобильных устройствах [9]. Существует возможность и обратного движения.

Существуют разные объекты по каждому из таких путей.

Они будут оказывать влияние на то, как радиоволны будут распространяться. Основные элементы, которые мы можем встретить в городских условиях, приведены на рисунке 1.

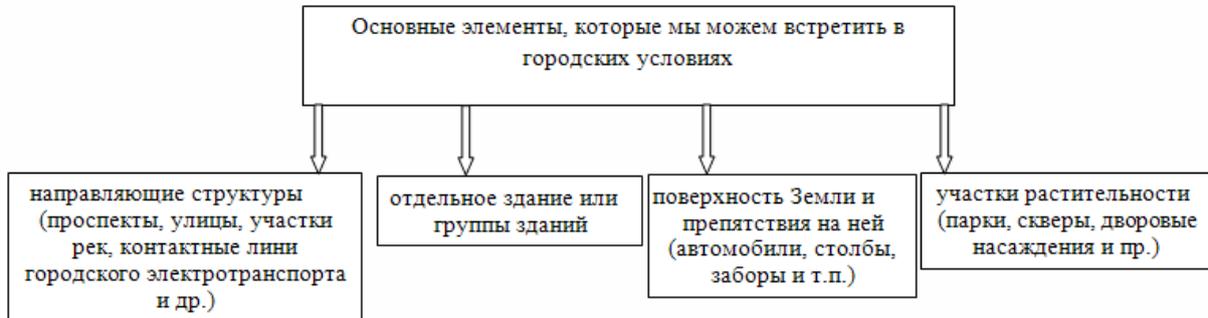


Рисунок 1. Элементы, с которыми могут взаимодействовать электромагнитные волны в городских условиях

Детерминированные, статистические и комбинированные подходы, связанные с тем, как будет влиять на учет особенностей распространения радиоволн процессы моделирования, выбираются, исходя из конкретных условий задач. Первые подходы проиллюстрированы на рисунке 2. Если исследователи их будут использовать, то требуется обладать соответствующей квалификацией, чтобы обеспечить соответствующую точность моделей среды. Но точность достигается весьма высокая, когда

осуществляются расчеты напряженностей полей.

Во-вторых, подходах учитываются особенности того, что распределения неоднородностей сред несут случайный характер. Они будут влиять на процессы распространения электромагнитных волн. В рамках указанных методов есть возможности для того, чтобы осуществлять прогнозирование по некоторым средним характеристикам сигналов.

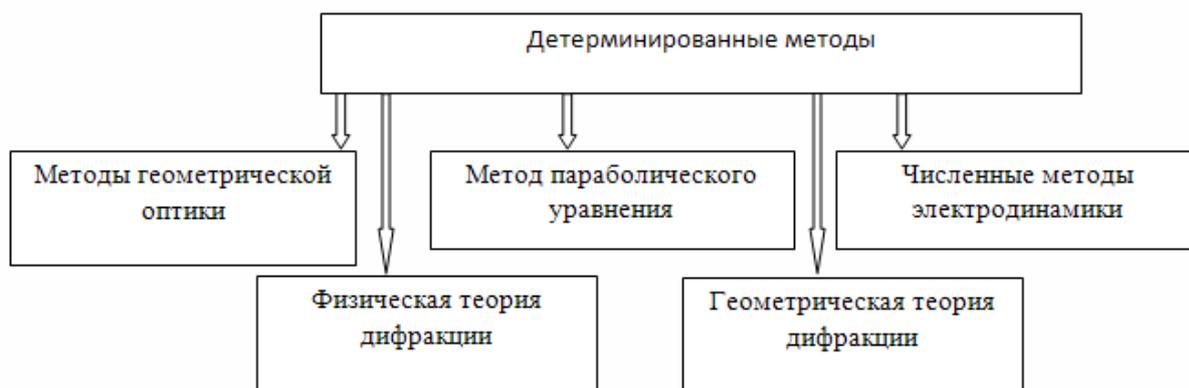


Рисунок 2. Иллюстрация детерминированных методов для моделирования распространения электромагнитных волн

Какие могут быть процессы в ходе распространения сигналов для систем мобильной связи?

Если размеры гладких препятствий $D \gg \lambda$, тогда будет происходить процесс отражения электромагнитных волн. В качестве подобных объектов могут рассматриваться различные объекты внутри помещений, стены сооружений, а также земная поверхность.

Одной из простейших моделей, описывающей отражение от земной поверхности, является двухлучевая модель. Поверхность земли может быть шероховатой. Для того, чтобы в ходе моделирования учесть возможности пренебрежения шероховатостью, можно использовать критерий Рэлея. Эффективный коэффициент отражения должен быть введен, когда не будет выполнение указанного критерия.

Если размеры анализируемых препятствий $D \gg \lambda$, и они для сигнала препятствуют прямолинейному движению, тогда будут наблюдаться дифракционные процессы. Их можно наблюдать для кромок различных технических объектов, зданий и др. Приближение Кирхгофа дает возможности для расчетов дифракционных полей.

Если размеры анализируемых препятствий $D \ll \lambda$, а сама поверхность является шероховатой, тогда наблюдаются процессы рассеяния. Они в городской среде будут происходить на деревьях, столбах и др.

За счет использования сверхширокополосных сигналов (СШП) возникают возможности для увеличения объемов передаваемой информации.

В работе [10] показано, что при распространении через растительный покров будет происходить обогащение спектра дополнительными гармоническими составляющими. Их количество будет больше в тех областях, где расположены резонансные частоты.

На рисунке 3 приведена зависимость потерь при распространении электромагнитных волн в системе связи на основе формулы Введенского [10]. Мы исходим из предположений, что рассматривается город, являющийся квазиплоским. Также считается, что будет равенство нулю дифракционных потерь.

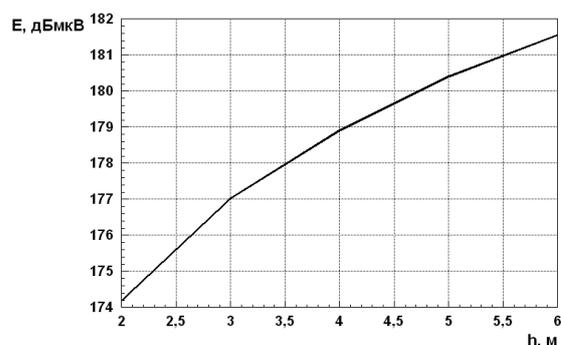


Рисунок 3. Зависимость потерь при распространении электромагнитных волн от высоты приемной антенны

В ходе расчетов считалось, что высота передающей антенны $H = 40$ м, частота сигнала $f = 900$ МГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Отв. редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.

2. Преображенский Ю. П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Отв. редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 191-194.

3. 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.

4. 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.

5. Глотова Т. В. Решение задачи рассеяния электромагнитных волн на магнито-диэлектрическом объекте на основе адаптивного метода / Т. В. Глотова, Т. В. Мельникова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 2 (13). – С. 15.

6. Глотова Т. В. Модификация метода моментов в задачах рассеяния электромаг-

нитных волн / Т. В. Глотова, Т. В. Мельникова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 2 (13). – С. 11.

7. Степанчук А. П. Метод конечных разностей в электродинамических задачах / А. П. Степанчук // Будущее науки-2017. Сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции: в 4-х томах. Отв. редактор А. А. Горохов. 2017. – С. 98-101.

8. 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. Отв. редактор А. А. Горохов. – 2017. – С. 262-265.

9. Степанчук А. П. Характеристики беспроводных ячеистых сетей / А. П. Степанчук // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2017. Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции. В 2-х томах. Отв. редактор А. А. Горохов. – 2017. – С. 276-278.

10. Дворников С. В. Упрощенная модель расчета потерь сигнала в радиолинии, полученная путем сравнения квадратичной формулы Введенского с существующими эмпирическими моделями / С. В. Дворников, А. А. Балыков, А. А. Котов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 2. – С. 87-99.

THE STUDY OF SPECIFICATIONS OF PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES

© 2021 Yu. A. Klimenko, T. V. Melnikova, A. P. Preobrazhenskiy

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

The paper discusses the characteristics of the propagation of electromagnetic waves. The classification of the applied methods of analysis is given. Demonstrated are the elements with which electromagnetic waves can interact when propagating in an urban environment.

Keywords: communication, electromagnetic wave, method, diffraction, scattering.