

Министерство внутренних дел Российской Федерации
Барнаульский юридический институт МВД России

В.В. Тимофеев

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА:
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
И СИСТЕМЫ СВЯЗИ
ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ**

Учебное пособие

Барнаул 2019

ББК 67.401.133с

Т 415

Тимофеев, В.В.

Т 415 Специальная техника: технические средства и системы связи органов внутренних дел : учебное пособие / В.В. Тимофеев. – Барнаул : Барнаульский юридический институт МВД России, 2019. – 36 с.

ISBN 978-5-94552-363-0

Рецензенты:

Корзун Е.М. – заместитель начальника отдела – начальник отделения радиосвязи и частотно-территориального планирования ЦИТСиЗИ ГУ МВД России по Алтайскому краю;

Остапченко М.В. – начальник отделения организации проводной связи отдела организации связи ЦИТСиЗИ ГУ МВД России по Алтайскому краю.

В пособии рассматриваются общие вопросы организации систем связи различного типа и назначения, отражающие современное состояние развития отрасли связи. Особое внимание уделено особенностям организации систем радиосвязи в органах внутренних дел. Освещаются вопросы распространения радиоволн различных диапазонов, а также физические волновые эффекты, возникающие при их распространении.

Настоящее пособие рекомендовано для лиц, обучающихся по очной и заочной формам обучения по дисциплинам «Специальная техника ОВД», «Основы профессиональной деятельности», и слушателей, проходящих профессиональную подготовку в образовательных организациях МВД России.

ББК 67.401.133с

ISBN 978-5-94552-363-0

© Барнаульский юридический институт МВД России, 2019
© Тимофеев В.В., 2019

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для использования в образовательном процессе лиц различных должностных категорий, обучающихся по направлениям подготовки Правоохранительная деятельность и Национальная безопасность по очной и заочной формам обучения по дисциплинам «Специальная техника ОВД», «Начальная профессиональная подготовка и введение в специальность», при изучении отдельных тем по первоначальной профессиональной подготовке лиц младшего и среднего начальствующего состава, впервые принятых на службу в органы внутренних дел.

В пособии рассматриваются общие вопросы организации систем связи различного типа и назначения, отражающие современное состояние развития отрасли связи. Особое внимание уделено изучению особенностей организации систем радиосвязи. Освещены вопросы распространения радиоволн различных диапазонов, а также физические волновые эффекты, возникающие при их распространении.

В целях повышения практической направленности учебного пособия, помимо общетеоретических вопросов, отдельно выделены системы связи различных типов и видов, используемые органами внутренних дел, рассматриваются конкретные варианты распространённых моделей оконечных устройств различных систем связи, основные типы антенно-фидерных устройств, выполнен их краткий сравнительный анализ.

Содержательное наполнение каждого раздела выполнено из соображений комплиментарности с имеющимся лекционным курсом по указанным дисциплинам в целях углубления знаний, полученных обучающимися на аудиторных занятиях.

В целях более качественного восприятия излагаемых вопросов теоретический материал иллюстрирован схемами рассматриваемых систем связи и фотографиями сооружений, устройств и оборудования связи.

Характер изложения материала ориентирован на обучающихся, не имеющих специальных знаний по общей и технической физике, физике поля и другим специальным дисциплинам технических направлений вузовской подготовки, что позволяет рекомендовать данное учебное пособие и для самостоятельной подготовки обучающихся, в т.ч. обучающихся по заочной и дистанционным формам обучения.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ СВЯЗИ

Специфические признаки системного подхода как инструмента научного исследования предопределяются тем, что понимается под понятием самой системы. Рассмотрение систем связи необходимо начать с определения понятия «система».

Различные авторы термин «система» употребляют в различных значениях, кроме того, дополнительный отпечаток накладывают терминологические традиции конкретной предметной области. Неполное понимание этого термина ведёт к опасности упустить основное содержание понятия.

Под системой понимается:

- «комплекс элементов, находящихся во взаимодействии» (Л. Бертаданфи);
- «нечто такое, что может изменяться с течением времени», «любая совокупность переменных..., свойственных реальной логике» (Р. Эшби);
- «множество элементов с соотношением между ними и между их атрибутами (А. Холл, Р. Фейдшин)»;
- «совокупность элементов, организованных таким образом, что изменения, исключения или введение нового элемента закономерно отражаются на остальных элементах» (В.Н. Топоров);
- «взаимосвязь самых различных элементов», «все, состоящее из связанных друг с другом частей» (С. Бир);
- «отображение входов и состояний объекта в выходных объектах» (М. Месарович).

Очевидно, что строгого, единого определения для понятия «система» в настоящее время нет.

В рамках настоящего учебного пособия предлагается придерживаться нормативного понятия системы. Система (от греч. «составленное из частей», «соединение», от «соединяю») – объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе. Система есть совокупность или множество связанных между собой элементов.

При этом элементы системы могут представлять собой понятия, в этом случае мы имеем дело с понятийной системой (инструмент познания).

Элементами системы «Персональный компьютер» могут являться объекты (компоненты персонального компьютера – клавиатура, мышь, монитор и т.д.).

Элементами системы «Учебная группа» могут быть субъекты – студенты в группе и т.д.

Таким образом, системой является совокупность элементов либо компонентов, объединённых функциональными взаимосвязями и образующими единое целое, обладающее заданными свойствами.

Отличительным (характерным) свойством системы является ее целостность. Комплекс объектов и компонентов, рассматриваемых в качестве системы, представляет собой некоторую совокупность, обладающую общими свойствами и поведением.

Очевидно, что, кроме имеющихся внутрисистемных, необходимо рассматривать и внешние связи системы с внешней средой, в т.ч. с другими системами и пользователями.

Система связи с рассмотренной точки зрения не является исключением. Система проявляется как целостный материальный объект, представляющий собой закономерно обусловленную совокупность функционально взаимодействующих элементов: объектов и сооружений связи, дополнительных и вспомогательных устройств и оборудования связи [1].

Основные свойства системы связи, в первую очередь, проявляются путём реализации своего функционального предназначения – обеспечения передачи определённых видов информации по естественным и искусственным средам.

Во вторую очередь, проявляются прочие свойства системы: уровень технического совершенства компонентов системы, определяющий технические характеристики и характеристики надёжности системы, экономические показатели системы, её экономическая эффективность, показатели информационной защищённости, экологические показатели.

Все эти свойства системы проявляются через её целостность, взаимодействие и взаимозависимость составляющих компонентов между

собой, особенности процессов преобразования энергии и информации, через ее функциональность, структуру, связи, внешнюю среду, пользовательский интерфейс.

Наряду с другими фундаментальными понятиями понятие системы связи и её свойства конкретизируются в процессе рассмотрения их в отдельных разделах учебного пособия. В зависимости от содержания конкретного раздела понятие системы может иметь свои нюансы, но общий принцип определения, приведённый выше, остаётся неизменным.

Таким образом, система электросвязи – совокупность объектов, сооружений, технических средств и вспомогательного оборудования, обеспечивающая передачу одного или нескольких видов сообщений: телефонных, телеграфных, факсимильных, данных и других видов документальных сообщений, включая обмен цифровой информацией между персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ), телевизионное, звуковое и иные виды радио- и проводного вещания.

Система связи органов внутренних дел (далее – ОВД) – это совокупность узлов и станций связи, соединенных между собой соответствующими линиями связи в порядке, предусматривающем организацию управления ОВД, и сигналов взаимодействия, принятых в ОВД при охране общественного порядка, поддержании общественной безопасности, в случаях обострения оперативной обстановки, проведения специальных мероприятий или возникновения чрезвычайных ситуаций.

Система связи органов внутренних дел является важнейшим элементом в системе управления Министерства внутренних дел (далее – МВД) и предназначена для обмена всеми видами документальной и речевой информации между подразделениями, учреждениями МВД, а также осуществления взаимодействия со смежными силовыми структурами, государственными органами, общественными организациями и гражданами.

Основными принципами построения системы являются:

- базовым звеном системы связи является узел связи;

– при проектировании и организации системы связи предпочтение отдаётся организации комплексного использования средств и систем связи;

– обеспечение централизованного управления и взаимодействия основной ведомственной системы связи и её подсистем, а также взаимодействие со смежными системами связи (других министерств, общенациональных, международных);

– иерархичность организации системы связи, т.е. подсистема более низкого уровня является составной частью системы более высокого уровня;

– выработка единой технической политики, соответствие проектируемых и модернизация ранее созданных систем связи требованиям единой технической политики министерства в части иерархии, структуры, взаимодействия (ведомственного и межведомственного) сетей связи, частотно-территориального планирования, номенклатуры и модельного ряда используемых средств связи;

– безусловная согласованность и соответствие проектируемых и существующих систем связи с действующими законодательными и нормативными актами в сфере связи, экологии и пр.;

– выполнение требований электромагнитной совместимости всех компонентов системы с учётом перспективных направлений развития ведомственной и общенациональной систем связи.

Построение системы связи ОВД определяется его структурой, местом дислокации и характером выполняемых задач. Система связи ОВД должна быть общей и универсальной по функциональным возможностям для всех служб и подразделений. Она предполагает комплексное использование средств связи, обеспечение централизованного управления и взаимодействия в любых условиях оперативной обстановки. Комплексное использование средств связи достигается одновременным применением на одном направлении различных видов связи:

– радиосвязь (ВЧ-радиосвязь, ОВЧ-радиосвязь, радиорелейная связь и т.д.);

– проводная связь (низкочастотная, высокочастотная и IP-телефония, факсимильная связь, буквопечатающая телеграфия, системы телевизионного наблюдения);

– комбинированные виды связи (транкинговая, сотовая, спутниковая).

В целях обеспечения дежурным частям возможности централизованного управления силами и средствами ОВД, несущих патрульно-постовую службу, выполняющих оперативно-разыскные и иные мероприятия, организуются узлы оперативной связи.

По времени своего действия узлы оперативной связи могут быть постоянно действующими либо временными – организованными на период проведения определённого мероприятия.

По месту дислокации они могут быть стационарными или мобильными – передвижными. Стационарные узлы размещаются в помещениях дежурных частей ОВД по месту их постоянного нахождения, а передвижные – оборудуются в различных временных приспособленных пунктах на время, в течение которого необходимо обеспечивать связь из этого пункта, могут также оборудоваться в специально подготовленном автобусе либо аналогичном транспортном средстве.

Вне зависимости от вида связи, реализуемого конкретной системой связи, к ним предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

- своевременность установления;
- надежность;
- пропускная способность;
- достоверность передаваемой информации;
- скрытность.

Своевременность установления связи – это способность обеспечивать передачу и приём передаваемых сообщений в сроки, обусловленные состоянием оперативной обстановки.

Надежность связи – это способность обеспечивать непрерывное управление деятельностью ОВД в любых условиях оперативной обстановки. Надёжность связи определяется надёжностью компонентов системы связи, качеством каналов связи, степенью подверженности помехам.

Пропускная способность – это возможность системы связи или её подсистемы обеспечивать своевременность передачи заданных потоков информации, достаточная для передачи всего объёма информа-

ции, необходимой для эффективного решения задачи управления силами и средствами ОВД.

Достоверность связи – это степень точности воспроизведения передаваемых сообщений в пункте приема.

Скрытность связи заключается в ее способности ограничения несанкционированного доступа к схемам организации связи, передаваемой информации и аппаратуре связи.

Реализация вышеизложенных требований невозможна без строгого соблюдения сотрудниками ОВД дисциплины связи. Сотрудники ОВД должны хорошо знать систему организации связи и порядок ее применения.

2. КАНАЛЫ СВЯЗИ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Структура канала электросвязи

Из изложенного в предыдущем разделе учебного пособия следует, что обязательными компонентами любой системы электросвязи являются устройства, осуществляющие стандартные преобразования информационной и энергетической составляющих сигнала: на стороне передатчика сигнала – информация → сообщение → сигнал, на стороне приёмника сигнала – сигнал → сообщение → информация [2].

Кроме того, в процессе передачи сигнал подвергается и другим дополнительным преобразованиям, многие из которых являются типовыми и обязательными для определённых схмотехнических решений передатчика и приёмника информации и иной каналообразующей аппаратуры либо являются типичными для совершенно различных систем электросвязи, независимо от их назначения и характера передаваемых сообщений, например усиление передаваемого сигнала.

Рассмотрим обобщённую структурную схему системы электрической связи, приведённую на рисунке 1. В ее состав включен ряд компонентов, рассмотрим кратко их назначение и функциональное взаимодействие.

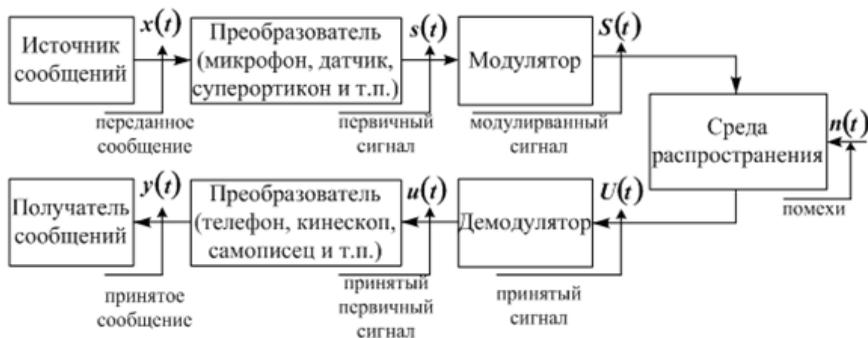


Рисунок 1. Обобщённая структурная схема системы электрической связи

Источник сообщения – это устройство, которое формирует конкретное сообщение $x(t)$ (человек, параметрический или цифровой датчик, электронная вычислительная машина (ЭВМ)).

Примеры источников сообщений и сообщений: человек – голосовое сообщение либо сигнал, сформированный вручную; датчики физического параметра – аналоговое или цифровое представление значения измеряемой физической величины либо сигнал достижения контролируемой величиной порогового значения; текст, фотография, рисунок на бумажном носителе или уже в оцифрованном виде; живая музыка.

Преобразователи сообщения в электрический сигнал, представляющие собой сами датчики (первичные измерительные преобразователи – для физических величин; микрофон – для речи и вокала; сканер – для текста, рисунка, фотографий), превращают сообщение $x(t)$ в первичный сигнал $s(t)$. Например, преобразование знаков алфавита в стандартные электрические сигналы телеграфного кода азбуки Морзе, осуществляемые с помощью телеграфного ключа или специального автоматического устройства – датчика кода Морзе.

Модулятор осуществляет преобразование первичного сигнала $s(t)$ во вторичный сигнал $S(t)$, представляющий собой энергетическую составляющую вторичного сигнала – несущую, обработанную его информационной составляющей – первичным сигналом. Вторичный сигнал формируется в виде, удобном для его передачи в среде распространения в условиях действия помех [6, 7]. В подавляющем большинстве случаев при передаче по беспроводным линиям (радиоканалам), а также при передаче на дальние расстояния по кабельным линиям вторичный сигнал в неизменном виде усиливается по мощности с целью увеличения его амплитудного значения. Этим действием достигается увеличение плотности электромагнитного поля в пункте приёма, позволяющее более надёжно и качественно осуществлять приём передаваемых сообщений, при соблюдении заданного стандартного соотношения полезный сигнал/шум на входе приёмного оборудования.

Искусственная или естественная среда распространения электромагнитных колебаний служит для передачи электрических сигналов от передатчика к приемнику. Это может быть медный или оптоволоконный кабель или волновод в проводных системах связи, в системах радиосвязи – это область пространства, в котором распространяются электромагнитные волны от передающей антенны к приёмной.

Различные по частоте электрические сигналы могут передаваться по различным типам линий связи. Степень эффективности передачи будет определяться взаимным соответствием параметров линии связи и параметров передаваемого сигнала. Для каждого типа сигналов имеются линии связи, по которым эти сигналы могут быть переданы наиболее эффективным образом – с наименьшими потерями и минимальным уменьшением соотношения сигнал/шум. Например, по обычной проводной линии, в которой изолированные проводники расположены близко друг к другу и не экранированы друг от друга и внешней среды, с небольшими потерями могут быть переданы только переменные токи невысоких частот (не более десятков-сотен кГц). По открытой проводной линии связи с нормированным волновым сопротивлением (300-600 Ом), принципиально отличающейся от обычной проводной фиксированным нормированным расстоянием между проводниками, можно весьма эффективно передавать колебания с частотами в пределах от сотен килогерц до десятков мегагерц. По радиолинии, выполненной из коаксиального кабеля, – электромагнитные колебания от высоких до ультравысоких частот (от сотен килогерц до десятков тысяч мегагерц), а в волоконно-оптических линиях для передачи информации используют световые волны с частотами 10¹⁴...10¹⁵ Гц. В среде распространения сигналы обычно значительно ослабляются (затухают) и искажаются под воздействием помех $n(t)$.

Под помехой понимается любое воздействие на сигнал, которое ухудшает достоверность воспроизведения передаваемых сообщений.

2.2. Характеристики каналов связи

Каналом связи называется совокупность аппаратных средств и сооружений связи, обеспечивающих передачу сигнала от некоторой точки А системы связи до точки В. Точки А и В могут быть выбраны произвольным образом в зависимости от решаемой задачи.

В зависимости от формы представления и вида входных и выходных данных канал связи может быть непрерывным или дискретным. В одной и той же схеме можно выделить как дискретный, так и непрерывный канал, в зависимости от выбора рассматриваемых точек и ас-

пекта рассмотрения вопроса: относительно каналообразующей аппаратуры (или несущей) либо относительно передаваемой информационной составляющей сигнала.

Канал связи обеспечивает соединение передатчика и приёмника. Физический канал может быть проводной линией, которая пропускает электрический сигнал, или стекловолокном, которое переносит информацию посредством модулированного светового луча, или подводным каналом океана, в котором информация передаётся акустически, или свободным пространством – естественной средой, по которому несущий информационный сигнал излучается при помощи антенны.

Основными составляющими любой современной комплексной системы связи являются взаимосвязанные:

- магистральные каналы связи;
- периферийные каналы связи;
- стационарные системы связи;
- системы подвижной связи.

Различные системы связи имеют общие принципы построения и направления развития. Вопросы построения магистральных и периферийных каналов связи, а также стационарных систем связи являются неотъемлемой составляющей современных многофункциональных комплексных систем связи.

Поскольку между магистральными и периферийными каналами связи четкую границу провести достаточно трудно и в этом нет острой необходимости, рассмотрим эти две составляющие в одном разделе.

2.2.1. Магистральные и периферийные каналы связи

Основой комплексной системы связи являются магистральные и периферийные каналы связи, позволяющие обеспечить бесперебойное прохождение по ним информационных потоков, необходимых для решения прикладных задач абонентов системы связи.

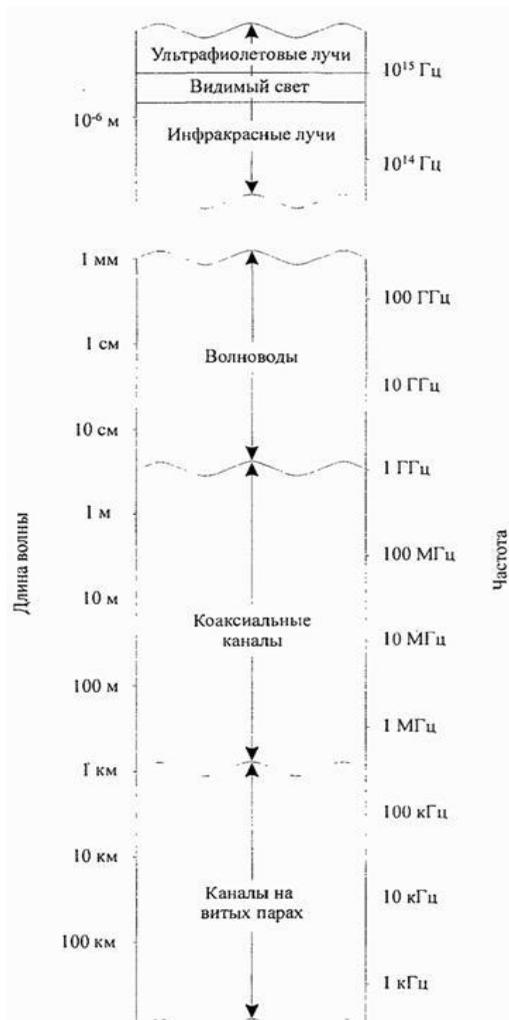


Рисунок 2. Частотные диапазоны для каналов связи

Рисунок 2 поясняет частотный диапазон используемых электромагнитных каналов, которые включают волноводы и оптический кабель.

В качестве магистральных каналов связи используются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) либо радиорелейные линии (РРЛ) производительностью от 34 Мбит/с до 155 Мбит/с, в зависимости от

интенсивности информационных потоков, необходимых потребителям для обеспечения достаточной пропускной способности системы.

Развитие современных цифровых систем связи, которые приходят на смену устаревшим аналоговым системам, построенным на основе использования синхронных каналов связи, ориентировано в направлении систем передачи информации, построенных по принципу коммутации пакетов данных – Ethernet, TCP IP и др., вне зависимости от их содержательного наполнения (голос, текст, компьютерная информация). Указанные системы имеют более развитые возможности для межсистемной интеграции на региональном, национальном и межгосударственном уровнях. Позволяют более гибко адаптировать имеющиеся аппаратные ресурсы системы связи к новым, возрастающим по ассортименту и качеству услуг требованиям потребителей.

Сигналы, передаваемые через такие каналы, искажаются по амплитуде и фазе, и, кроме того, на них накладывается аддитивный шум. Проводная линия связи в виде витой пары также склонна к интерференции переходных помех от рядом расположенных пар. Поскольку проводные каналы составляют большой процент каналов связи по всей стране и миру, широкие исследования были направлены на определение их свойств передачи, на уменьшение амплитудных свойств передачи и на уменьшение амплитудных и фазовых искажений в канале.

2.2.2. Волоконно-оптические каналы

Стекловолокно представляет проектировщику системы связи ширину полосы частот, которая на несколько порядков больше, чем у каналов с коаксиальным кабелем. В течение прошедшего десятилетия были разработаны оптические кабели, которые имеют относительно низкое затухание для сигнала, и высоконадежные оптические устройства для генерирования и детектирования сигнала. Эти технологические достижения привели к быстрому освоению таких каналов как для внутренних систем электросвязи, так и для трансатлантических и мировых систем связи. С учётом большой ширины полос частот, доступной на волоконно-оптических каналах, стало возможно для телефон-

ных компаний предложить абонентам широкий диапазон услуг электросвязи, включая передачу голосовых сообщений, данных, факсимильных и видеосигналов.

Передачик или модулятор в волоконно-оптической системе связи – источник света, светоизлучающий диод (СИД) или лазер. Информация передаётся путем изменения (модуляции) интенсивности источника света посредством сигнала сообщения. Свет распространяется через волокно как световая волна, и она периодически усиливается (в случае цифровой передачи детектируется и восстанавливается ретрансляторами) вдоль тракта передачи, чтобы компенсировать затухания сигнала.

В приемнике интенсивность света детектируется фотодиодом, чей выход является электрическим сигналом, который изменяется пропорционально мощности света на входе фотодиода. Источники шума в волоконно-оптических каналах – это фотодиоды и электронные усилители.

Предполагается, что волоконно-оптические каналы заменят почти все каналы проводной линии связи в телефонной сети на рубеже столетия.

2.2.3. Беспроводные каналы – радиоканалы

В системах беспроводной связи (радиосвязи) электромагнитная энергия передается в среду распространения антенной, которая служит излучателем. Физические размеры и структура антенны зависят прежде всего от рабочей частоты. Чтобы получить эффективное излучение электромагнитной энергии, размеры антенны должны быть больше, чем $1/4$ длины волны.

Рисунок 3 поясняет различные диапазоны частот для радиосвязи. Способы распространения электромагнитных волн в атмосфере и в свободном пространстве можно разделить на три категории, а именно: распространение поверхностной волной, распространение пространственной волной, распространение прямой волной.

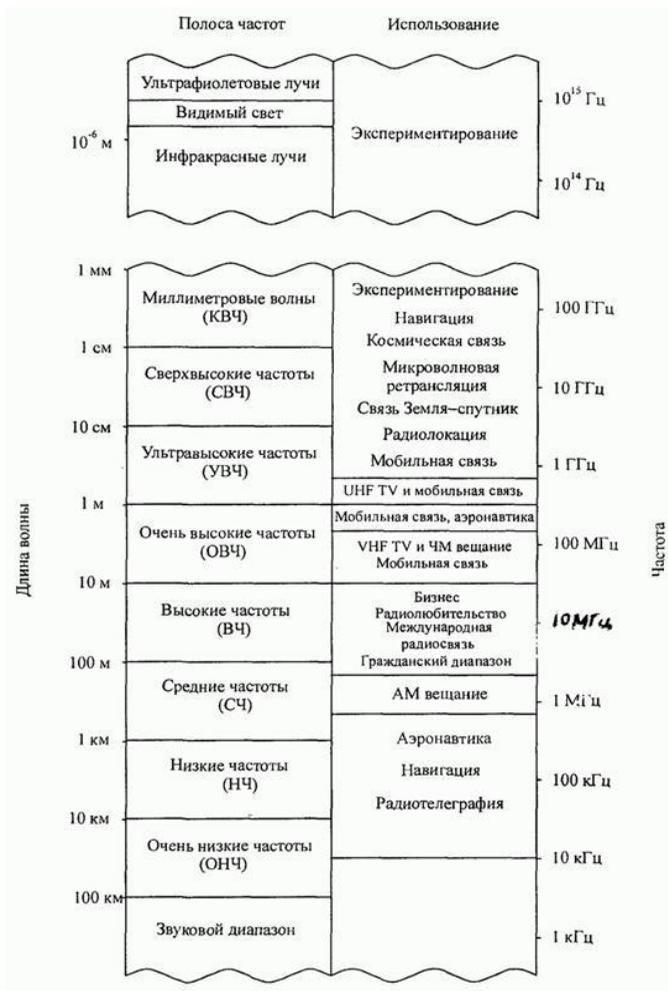


Рисунок 3. Частотные диапазоны для беспроводных каналов связи

3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Рассмотрим процессы распространения электромагнитных волн радиодиапазона в атмосфере, космическом пространстве и толще Земли. Радиоволны, излучаемые передатчиком, прежде чем попасть в приёмник, проходят путь, который может быть сложным. Радиоволны могут достигать пункта приёма, распространяясь по прямолинейным траекториям, огибая выпуклую поверхность Земли, отражаясь от ионосферы и т.д. Способы распространения радиоволн существенно зависят от длины волны λ , от освещённости земной атмосферы Солнцем, фазы цикла солнечной активности и от ряда других факторов.



Рисунок 4. Распространение радиосигнала поверхностной волной

Частным случаем распространения пространственной волны является ионосферное распространение, иллюстрируемое рисунком 5. Оно сводится к отражению (отклонение или рефракция волны) передаваемого сигнала от ионосферы, которая состоит из нескольких слоёв заряженных частиц, расположенных на высоте 50...400 км от поверхности земли.

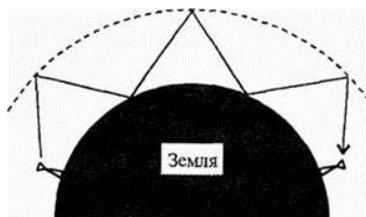


Рисунок 5. Распространение радиосигнала пространственной волной

Частоты, расположенные выше 30 МГц, не отражаются от слоёв, составляющих ионосферу, и проходят через неё с относительно малыми потерями. Это обстоятельство делает возможным спутниковую

и космическую радиосвязь. Из изложенного следует, что на частотах ОВЧ и УВЧ-диапазонов и выше основным способом распространения электромагнитных волн является распространение в пределах прямой видимости (ППВ) – в радиусе радиогоризонта для радиостанций наземного базирования. Для наземных систем связи указанных диапазонов это означает, что передающая и приемная антенны должны находиться в пределах прямой видимости с относительно малой по высоте либо пологой по крутизне преградой между ними или в идеальном варианте без неё [9, 10].

Вообще зона охвата для ППВ распространения ограничена кривизной поверхности земли. Если передающая антенна установлена на высоте h м над поверхностью земли, расстояние до радиогоризонта, не принимая во внимание физические преграды, такие как горы, приблизительно $d = \sqrt{15h}$ км. Например, антенна телевидения, установленная на высоте 300 м, обеспечивает покрытие территории радиусом приблизительно 67 км.

Следует обратить внимание, что в приведённых расчётах имеются в виду не абсолютные высоты места над уровнем моря, а высоты расположения антенн относительно друг друга, обычно относительно антенны телевизионного приёмника, расположенного ниже по высоте.

Построение каналов связи по принципу коммутации пакетов (сетевые решения) многократно повышает коэффициент использования канала по сравнению с синхронными методами передачи информации. Однако самое главное достоинство применения сетевых технологий – это возможность создания единого информационного пространства для всех видов информационных потоков.

Формирование инфраструктуры магистральных и периферийных каналов связи следует проводить с использованием принципов построения корпоративных сетей передачи данных. При этом магистральные и периферийные каналы связи являются взаимоувязанными, а граница между ними размывается.

Построение периферийных каналов связи на сетевых технологиях позволяет объединить уже существующие локальные вычислительные сети в корпоративные, обеспечивающие унифицированный обмен информацией.

Задачи, решаемые при помощи сетевых технологий:

- телеметрия, телеуправление и телемониторинг;
- телефония и аудиоконференцсвязь;
- видеоконференция и видеонаблюдение.

При этом в полной мере могут быть использованы сервисы локальных сетей:

- электронная почта;
- доступ к базам данных и другим информационным ресурсам;
- документооборот по различным аспектам управления (отчеты, бухгалтерские и директивные документы, информация по складам, заявки и т.д.);
- доступ в интернет;

В настоящее время сетевые решения в сфере связи и телекоммуникации в МВД России решены на базе интегрированной мультисервисной телекоммуникационной сети (ИМТС).

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Под стационарными проводными системами связи подразумевается цифровая автоматическая телефонная станция (АТС) или взаимовязанная сеть АТС, обеспечивающая голосовую телефонную связь на всей территории обслуживаемого объекта.

При формировании телефонной сети, построенной на основе одной (центральной) АТС, для подключения абонентов, находящихся на удаленных участках системы, организуются выносы телефонных номеров с использованием как периферийных, так и магистральных каналов связи.

Для организации выносов в АТС устанавливаются IP-платы, с которых выход абонентской линии подается непосредственно в сеть Ethernet. Оконечные абонентские терминалы (телефонные аппараты) подключаются либо напрямую в локальную вычислительную сеть (IP-телефоны), либо через шлюзы FXS (аналоговые телефоны). Если же в АТС установлены только платы с аналоговыми двухпроводными абонентскими выходами, то для ввода их в локальную вычислительную сеть (ЛВС) необходимо использовать шлюзы.

Для организации телефонной связи на объектах, размещенных на большой территории, чаще всего строится система, состоящая из взаимовязанных цифровых АТС, которые расположены в узловых точках сети и связанных между собой по соединительным линиям. В органах внутренних дел таковыми являются места дислокации крупных или нескольких мелких подразделений или территориальных органов. Схема организации проводной связи представлена на рисунке 6.

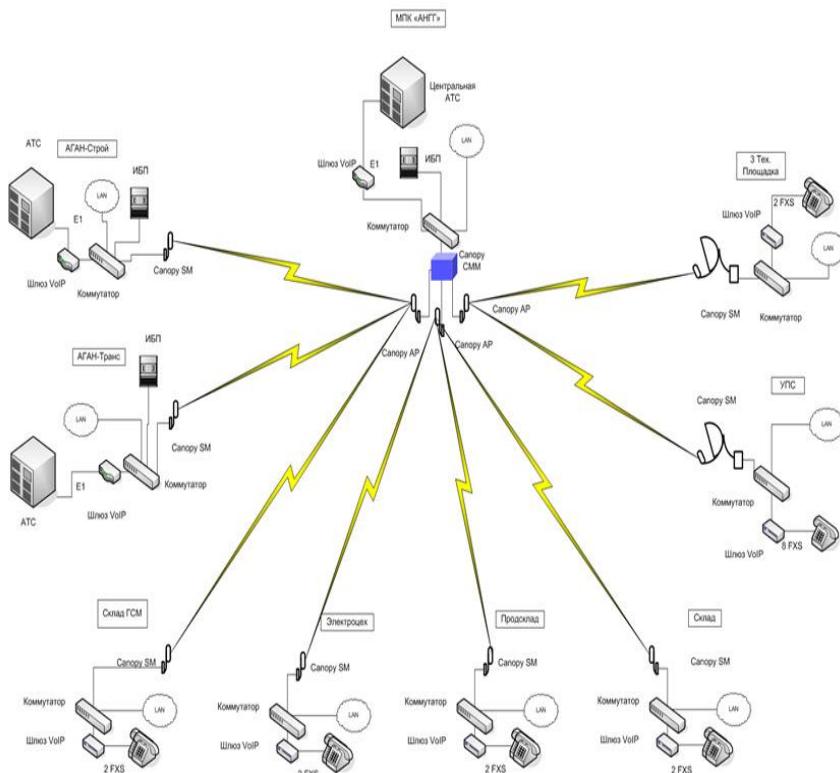


Рисунок 6. Структурная схема виртуальной АТС

4.1. Сети телефонной связи

Связь между абонентскими устройствами осуществляется с помощью узлов коммутации, в которых информация концентрируется и затем направляется по определенным путям. Для этого узлы коммутации соединяются между собой линейными сооружениями (соединительными линиями), в которые входят системы каналообразующего оборудования, организующие необходимые пучки каналов по кабельным, радиорелейным и спутниковым линиям связи. Совокупность узлов коммутации, конечных абонентских устройств и соединяющих их каналов и линий связи называют сетью телефонной связи.

Телефонная связь является одним из видов проводной электрической связи. Для совершенствования системы электрической связи в России ведется большая работа по созданию Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС). Сеть ЕАСС предназначена для передачи различных видов информации: телефонных и телеграфных сообщений программ звукового вещания и телевидения, передачи газет, данных и фототелеграмм.

Сети связи создаются для передачи информации между абонентами и бывают коммутируемыми и некоммутируемыми. Сеть называется коммутируемой, когда тракт передачи информации создается по запросу абонента на время передачи сообщения, и некоммутируемой, когда тракт передачи информации обеспечивается постоянным соединением между определенными абонентами и нет необходимости в коммутации. Телефонные сети являются коммутируемыми. Общесоюзная телефонная сеть состоит из междугородной телефонной сети и зональных телефонных сетей. Междугородная телефонная сеть обеспечивает соединение автоматических междугородных телефонных станций (АМТС) различных зон. Зональная телефонная сеть состоит из местных телефонных сетей, расположенных на территории зоны и внутризоновой телефонной сети. Местные телефонные сети разделяются на городские, обслуживающие город и ближайшие пригороды (ГТС), и сельские (СТС), обеспечивающие связь в пределах сельского административного района. Учрежденческо-производственная телефонная сеть (УПТС) служит для внутренней связи предприятий, учреждений, организаций и может быть соединена с сетью общего пользования либо быть автономной.

5. IP-ТЕЛЕФОНИЯ

До недавнего времени сети с коммутацией каналов (телефонные сети) и сети с коммутацией пакетов (IP-сети) существовали практически независимо друг от друга и использовались для различных целей. Телефонные сети использовались только для передачи голосовой информации, а IP-сети – для передачи данных. IP-телефония – это технология, которая связывает два абсолютно разных мира (мир телефонии и мир интернета) посредством устройства, называемого «шлюз» или gateway. Шлюз представляет собой устройство, в которое с одной стороны включаются телефонные линии, а с другой стороны – IP-сеть (например, интернет).

5.1. Протоколы TCP/IP

Протокол IP осуществляет передачу информации от узла к узлу сети в виде дискретных блоков – пакетов. При этом IP не несет ответственности за надежность доставки информации, целостность или сохранение порядка потока пакетов и, таким образом, не решает с необходимым для приложений качеством задачу передачи информации. Эту задачу решают два других протокола – TCP (Transfer Control Protocol, протокол управления передачей данных) и UDP (User Datagram Protocol, дейтаграммный протокол передачи данных), которые, как говорят, «лежат» над IP (т.е. используют процедуры протокола IP для передачи информации, добавляя к ним свою дополнительную функциональность).

5.2. Варианты построения IP-телефонных систем

Известны и практически реализуются две базовые схемы IP-телефонии.

1. Для пользователей персональных компьютеров: данная схема связана с организацией телефонных переговоров между пользовате-

лями персональных компьютеров, оснащенных мультимедийным оборудованием и (или) специальными программными (программно-аппаратными) средствами, обеспечивающими ведение дуплексных телефонных переговоров, необходимым сервисом и контролем. Пользовательские компьютеры могут входить в состав локальной сети, иметь персональный IP-адрес или подключаться к сети Интернет при помощи модема.

2. Для пользователей телефонной сети: данная схема предусматривает использование специальных многофункциональных устройств – шлюзов. Шлюз предназначен для преобразования аналоговых речевых и служебных сигналов в цифровую последовательность, организации из этой последовательности пакетов глобальной сети Интернет и передачи их в сеть, приема пакетов и восстановления цифровой последовательности – цифровых речевых и служебных сигналов и их преобразования в аналоговую форму, а также решения большого перечня задач, связанных с организацией интерфейсов, генерированием и детектированием сигналов абонентской сигнализации, управлением режимами телефонных переговоров и многое другое. Однако главная задача шлюза – обеспечение качественного дуплексного телефонного общения абонентов в режиме пакетной передачи и коммутации цифровых сигналов.

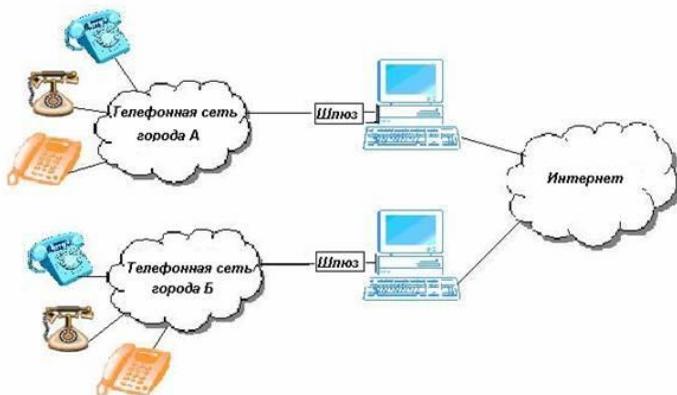


Рисунок 7. Структурная схема организации телефонной связи через сеть Интернет с использованием шлюзов

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАДИОСВЯЗИ

В основе работы беспроводных технических средств связи – средств радиосвязи – лежит использование электромагнитных волн, представляющих собой распространение электромагнитных полей в пространстве и времени.

Рассмотрим основные свойства электромагнитных волн.

Электромагнитные волны излучаются колеблющимися зарядами. Такие волны могут распространяться не только в газах, жидкостях и твердых средах, но и в вакууме.

Электромагнитная волна является поперечной, энергия электромагнитной волны (её фронт) распространяется в направлении, перпендикулярном направлению колебания её составляющих – электрического и магнитного векторов.

Скорость электромагнитных волн в вакууме $c=300000$ км/с. Распространение электромагнитной волны в диэлектрике представляет собой непрерывное поглощение и переизлучение электромагнитной энергии электронами и ионами вещества, совершающими вынужденные колебания в переменном электрическом поле волны. При этом в диэлектрике происходит уменьшение скорости волны.

При переходе из одной среды в другую частота волны не изменяется. Электромагнитные волны могут поглощаться веществом. Это обусловлено резонансным поглощением энергии заряженными частицами вещества. Если собственная частота колебаний частиц диэлектрика сильно отличается от частоты электромагнитной волны, поглощение происходит слабо, и среда становится прозрачной для электромагнитной волны.

Попадая на границу раздела двух сред, часть волны отражается, а часть проходит в другую среду, преломляясь. Если второй средой является металл, то прошедшая во вторую среду волна быстро затухает, а большая часть энергии (особенно у низкочастотных колебаний) отражается в первую среду (металлы являются непрозрачными для электромагнитных волн).

Для электромагнитных волн так же, как и для механических, справедливы свойства дифракции, интерференции, поляризации и др.

6.1. Поляризация

Любая радиоволна имеет такую важную характеристику, как поляризация. Её частными случаями являются вертикальная и горизонтальная поляризации. Например, в сотовой связи и всех мобильных решениях радиосвязи все радиоволны поляризованы вертикально.

Поляризация – это пространственное расположение плоскости, в которой осуществляется изменение направленности вектора электрической составляющей электромагнитной волны в пространстве. В отношении радиоволн различают: вертикальную, горизонтальную и круговую поляризацию. Периодические изменения электрического поля (вектора напряженности E) порождают изменяющееся магнитное поле (вектор индукции B), которое, в свою очередь, порождает изменяющееся электрическое поле. Колебания векторов E и B происходят во взаимно перпендикулярных плоскостях, перпендикулярны линии распространения волны (вектору скорости) и в любой точке совпадают по фазе.

Поляризация зависит от типа антенны и расположения её элементов. Антенны с вертикально расположенными элементами формируют радиоволны вертикальной поляризации. Антенны с горизонтально расположенными элементами формируют радиоволны горизонтальной поляризации.

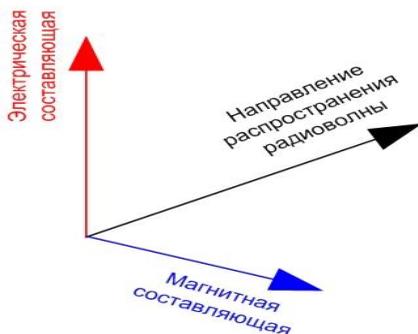


Рисунок 8. Взаимное расположение компонентов электромагнитной волны

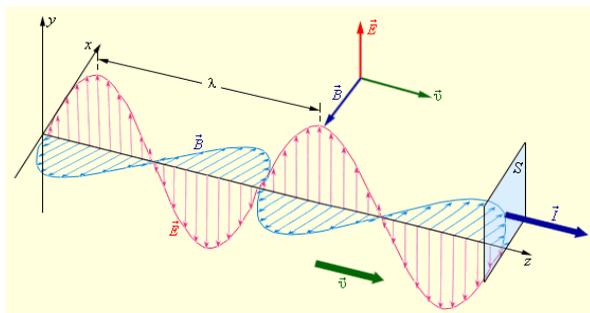


Рисунок 9. Графическое изображение электромагнитной волны

Так, несимметричный вибратор, расположенный вертикально, дает вертикальную, а расположенный горизонтально – горизонтальную поляризацию. Антенны мобильных радиопередающих устройств также имеют вертикальную поляризацию излучаемого сигнала, определяемую конструктивным расположением излучающего элемента антенны.

Поскольку природные и индустриальные помехи имеют преимущественно вертикальную поляризацию, с практической точки зрения при идентичных в конструктивном исполнении габаритных размерах, материале и технических характеристиках антенны горизонтальной поляризации более эффективны при эксплуатации.

При этом следует учитывать проводящие качества поверхности, над которой происходит распространение радиоволны – сухая почва, солончак, поверхность пресного водоёма, морская поверхность. Горизонтально поляризованные волны отражаются от препятствий менее интенсивно, чем поляризованные вертикально. Таким образом, при улучшении соотношения сигнал/шум, достигаемого использованием антенн с горизонтальной поляризацией излучаемого сигнала и уменьшением уровня природных и техногенных помех, возникает повышенное затухание сигнала на длинных трассах его распространения.

При распространении вертикально поляризованных волн земная поверхность поглощает на 25% меньше их энергии, чем в случае использования горизонтальной поляризации передаваемого сигнала.

В сотовой связи, в 3G, 2G, LTE используются радиоволны только с вертикальной поляризацией. В широкоэмитальном телевидении используется в основном горизонтальная поляризация и кое-где, напри-

мер в Липецкой области, применяется вертикальная поляризация. Вертикально расположенные штыревые антенны излучают волны в вертикальной поляризации. К ним относятся антенны Wi-Fi точек доступа, автомобильные антенны и т.д.

В любом случае для успешного установления связи поляризации передающей и принимающей антенн должны совпадать [8].

6.2. Дифракция радиоволн

Дифракция радиоволн – это явление, возникающее при встрече распространяющейся радиоволны с препятствием. В качестве препятствия при распространении радиоволн в реальных условиях может быть рассмотрен объект прозрачный для радиоволн (не вносящий заметного ослабления в мощность сигнала), непрозрачный объект (существенно поглощающий мощность радиосигнала).

В реальных случаях распространения радиоволн препятствия могут иметь произвольную форму и быть как непрозрачными, так и полупрозрачными для радиоволн.

Радиоволна, встречая при распространении в однородной среде препятствие, изменяется по амплитуде и фазе и проникает в область тени, отклоняясь от прямолинейного пути. Это явление аналогично дифракции света. Явление дифракции радиоволн находится в зависимости от частоты волны. Более длинные волны более эффективно огибают большие препятствия, более короткие образуют радиотень за объектами, размеры которых существенно превосходят длину волны.

Дифракция радиоволн на сферической поверхности Земли является одной из причин приёма радиосигналов за пределами прямой видимости, когда передатчик и приёмник разделены выпуклостью земного шара. Эффект дифракционного проникновения радиоволны в область тени, как и в оптическом случае, зависит от соотношения между размером препятствия и длиной волны и выражен тем сильнее, чем больше длина волны. С другой стороны, радиоволны, распространяясь вблизи частично проводящей поверхности Земли, затухают вследствие частичного поглощения энергии волны Землёй тем сильнее, чем короче волна. Поэтому дальность распространения так назы-

ваемой земной волны также существенно зависит от её длины. Достаточно длинные волны могут распространяться за счёт дифракции радиоволн на значительные расстояния, достигающие иногда нескольких тысяч км.

Дифракция радиоволн на отдельно стоящих зданиях и выпуклостях рельефа, расположенных вдоль трассы (горы и др.), также может играть полезную роль. Она вызывает перераспределение энергии волны и может привести к «усилению» радиосигнала за препятствием. Объект выполняет роль пассивного ретранслятора сигнала, переотражая падающую на него радиочастотную волну.

6.3. Интерференция радиоволн

Интерференция радиоволн имеет существенное значение при исследовании процесса излучения, распространения и организации приёма радиочастотных колебаний. Интерференция радиоволн возникает по ряду различных причин. Её характер в существенной степени зависит от длины волны.

В первую очередь причиной возникновения интерференции на этапе передачи радиочастотного сигнала является использование многоэлементных антенн. Первичное поле, формируемое каждым элементом, во-первых, наводит вторичное поле на ближайшем элементе антенны, во-вторых, участвует в формировании общей диаграммы направленности антенны, образуемой путём наложения излучения каждого из элементов. При этом суммарная диаграмма направленности антенны будет определяться составными элементарными излучениями каждого из элементов, включая поглощающие – рефлекторы, просуммированные с соответствующим знаком. Амплитуда суммарной волны в различных направлениях пространства окажется различной, что и сформирует диаграмму направленности антенны – основная мощность будет излучаться в направлении расположения направляющих элементов антенны – директоров.

Например, в результате интерференции радиоволн от двух вибраторов V_1 и V_2 , разнесённых на расстояние, равное нескольким длинам волн (для уменьшения взаимного негативного влияния) и питаемых

токами одинаковой амплитуды, фазы и частоты, получается некоторая многолепестковая диаграмма направленности, представленная на рисунке 10.

В максимумах диаграммы фазы волн от отдельных излучателей совпадают, а амплитуды электрического и магнитного полей E_1 , H_1 складываются: $E = 2E_1$, $H = 2H_1$. Поток энергии в направлении максимумов пропорционален произведению $2E_1 \cdot 2H_1$, т.е. в 4 раза больше, чем для излучения каждого вибратора в отсутствие другого. Зато в направлении минимумов два вибратора вместе вообще не излучают, т.к. в этих направлениях суммарное поле равно нулю: $E = 0$ и $H = 0$. Варьируя число вибраторов и расстояние между ними, можно создавать антенны с заданной диаграммой направленности.

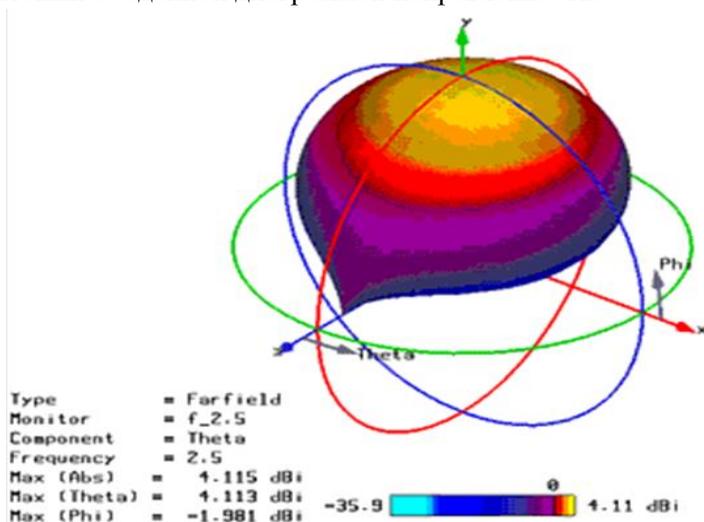


Рисунок 10. Суммарная диаграмма направленности двухэлементной решетки симметричных вибраторов

Следует отметить, что характер интерференционной картины в существенной степени будет определять тип используемых антенн и расстояние между ними по горизонтали и вертикали, а также вид поляризации сигнала. Очевидно, что перемещение одной антенны по отношению к другой в их системе – стеке, запитанной от одного передатчика, приведёт либо к сложению излучаемых сигналов по мощности, либо их вычитанию. Наиболее эффективно в этом отношении ис-

пользование компьютерных моделей антенн, реализованных в среде специального программного обеспечения.

6.4. Влияние поверхности Земли на распространение радиоволн

Влияние поверхности Земли на распространение радиоволн зависит от расположения радиотрассы относительно её поверхности.

Выпуклость Земли является своеобразным «препятствием» на пути радиоволн, которые, дифрагируя, огибают Землю и проникают в «область тени». Так как дифракция волн заметно проявляется тогда, когда размеры препятствия соизмеримы или меньше λ , а размер выпуклости Земли можно охарактеризовать высотой шарового сегмента h , отсекаемого плоскостью, которая проходит через хорду, соединяющую точки расположения приёмника и передатчика, то условие $h \ll \lambda$ выполняется для метровых и более длинных волн.

Земная поверхность неоднородна, наиболее существенное влияние на распространение радиоволн оказывают электрические свойства участков трассы, примыкающих к передатчику и приёмнику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи: учебно-методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория электрической связи». Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. 124 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/72192.html> (дата обращения: 05.04.2018).

2. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 266 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/8660>. ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 05.04.2018).

3. Берлин А.Н. Сотовые системы связи: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. 430 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/52177.html> (дата обращения: 05.04.2018).

4. Маглицкий Б.Н. Космические и наземные системы радиосвязи: учебное пособие. Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. 297 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/74670.html> (дата обращения: 05.04.2018).

5. Антенны спутниковые, КВ, УКВ, Си-Би, ТВ, РВ / В.А. Никитин [и др.]. Саратов: Профобразование, 2017. 319 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/63581.html> (дата обращения: 05.04.2018).

6. Тимофеев В.В., Пронин С.П., Зрюмов Е.А. Экспериментальная установка для исследования качества согласования антенно-фидерного устройства с радиопередающим аппаратом // Измерение, контроль, информатизация: мат-лы девятой международной научно-технической конференции / под ред. Л.И. Сучковой. Барнаул: АлтГТУ, 2008. С. 227-229.

7. Тимофеев В.В. Влияние типичных внешних воздействий на качество согласования антенно-фидерного устройства с радиопередающим аппаратом // Научная сессия ТУСУР-2008: мат-лы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск: В-Спектр, 2008. Ч. 1. С. 128-130.

8. Тимофеев В.В., Имамова В.Р. Психологические аспекты подготовки обучающихся к работе со средствами служебной радиосвязи // Вестник Барнаульского юридического института МВД России. 2015. № 1 (28). С. 144-146.

9. Тимофеев В.В., Пронин С.П. Применение технических средств подавления мобильной связи при проведении экзаменов в вузе // Ползуновский альманах. 2011. № 1. С. 161-164.

10. Тимофеев В.В., Пронин С.П., Зрюмов Е.А. Влияние внешних факторов на качество согласования антенно-фидерного устройства с радиопередающим аппаратом // Измерение, контроль, информатизация: мат-лы девятой международной научно-технической конф-ции / под ред. Л.И. Сучковой. Барнаул: АлтГТУ, 2008. С. 229-233.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Классификация средств и систем связи.....	4
2. Каналы связи и их характеристики	10
2.1. Структура канала электросвязи	10
2.2. Характеристики каналов связи	12
2.2.1. Магистральные и периферийные каналы связи.....	13
2.2.2. Волоконно-оптические каналы	15
2.2.3. Беспроводные каналы – радиоканалы	16
3. Распространение радиоволн	18
4. Технические средства проводной связи	21
4.1. Сети телефонной связи	22
5. IP-телефония.....	24
5.1. Протоколы TCP/IP	24
5.2. Варианты построения IP-телефонных систем.....	24
6. Технические средства радиосвязи.....	26
6.1. Поляризация	27
6.2. Дифракция радиоволн	29
6.3. Интерференция радиоволн	30
6.4. Влияние поверхности Земли на распространение радиоволн	32
Список литературы.....	33

Учебное издание

Тимофеев Виктор Владимирович

**Специальная техника: технические средства
и системы связи органов внутренних дел**

Учебное пособие

Редактура,
компьютерная верстка
Дизайн обложки

О.Н. Татарниковой
Е.О. Ифудиной

Лицензия ЛР № 0221352 от 14.07.1999 г.
Лицензия Плр № 020109 от 15.07.1999 г.

Подписано в печать 04.06.2019 г. Формат 60х90 1/16.
Ризография. Усл.п.л. 2,3. Тираж ___ экз. Заказ № ____.
Барнаульский юридический институт МВД России.
Научно-исследовательский и редакционно-издательский отдел.
656038, г. Барнаул, ул. Чкалова, 49, бюи.мвд.рф.