

**Кафедра систем и сетей радиосвязи и телерадиовещания  
(СИСРТ) МГУСИ**

**Тематика практических занятий** (профиль “ Системы радиосвязи и радиодоступа”). Пособие для преподавателей и студентов.

**Введение в профессию**  
( наименование учебной дисциплины)

11.03.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Практические занятия по данному профилю проводятся на кафедре СиСРТ.

Среди систем радиосвязи, прежде всего, следует выделить системы космической (спутниковой) и радиорелейной связи, обеспечивающие надёжную передачу огромных потоков информации в любой район Земного шара. Среди систем радиодоступа следует выделить широкополосные системы последних поколений, которые позволяют потребителям подключаться к услугам связи и информации через локальные и глобальные (интернет) беспроводные сети. Все упомянутые системы радиосвязи и радиодоступа работают на ультракоротких волнах (УКВ).

**1. Диапазоны УКВ**

Наименование волн	Диапазон радиоволн	Диапазон частот
Метровые	1-10 м	30- 300 МГц
Дециметровые	10- 100 см	300МГц – 3000 МГц
Сантиметровые	1- 10 см	3ГГц – 30 ГГц
Миллиметровые	1- 10 мм	30 ГГц – 300 ГГц

**Достоинства УКВ. Первое.** Из данной таблицы видно, что УКВ имеет уникальное свойство широкополосности. Чем выше диапазон

частот, тем больше информации можно разместить в данном диапазоне. Существуют системы, в которых скорость передачи в мегабитах в секунду равна занимаемой полосе частот в мегагерцах. Представим себе, что радиосигнал используется для передачи телефонных сообщений с классической ИКМ, где на один тлф. канал выделяется 64 кбит/с. Тогда в метровом диапазоне в данном направлении можно передать 4200 тлф. каналов, а в сантиметровом - 420000 тлф. каналов.

**Вторым достоинством УКВ является большая направленность антенн.** Коэффициент усиления антенны обратно пропорционален квадрату длины волны при постоянной площади антенны. В сантиметровом диапазоне легко создаются антенны с усилением 40 дБ или 10 000 раз по мощности. Передатчик мощностью 1 Вт, работающий на эту антенну, создает в месте приема такой же уровень сигнала, что и передатчик мощностью 10 кВт, работающий на ненаправленную антенну.

**Третьим достоинством УКВ является отсутствие промышленных и атмосферных помех.**

**Недостатки УКВ. Первое.** Радиосвязь на УКВ имеет специфическую особенность – ограниченную дальность. УКВ, особенно дециметровых и сантиметровых диапазонов не отражаются от ионосферы и очень слабо огибают препятствия, поэтому дальность радиосвязи ограничена и происходит в пределах прямой видимости (**Line-of-sight**). Дальняя связь на УКВ возможна только с помощью спутниковых ретрансляторов или радиорелейных линий связи. **Второе.** Ультракороткие волны, особенно в верхних диапазонах, подвержены замираниям в дождях. Поэтому при проектировании линий приходится учитывать необходимость энергетического запаса.

## **2. Системы спутниковой (космической) связи (ССС)**

Несмотря на отставание техники связи в России в настоящее время, первый искусственный спутник Земли был запущен именно в СССР 4

октября 1957 года. Первый спутник связи в СССР - Молния 1- был запущен 23 апреля 1965 года. Первый американский спутник связи был введен в действие консорциумом Intelsat всего на 18 дней раньше. В те времена космическая техника передовых стран двигалась одинаковыми темпами.

### **Орбиты спутников связи**

Важнейшие свойства ССС зависят от высоты и типа орбит космических аппаратов (КА). Первое ограничение при выборе орбит связано с тем, что Земля окружена тремя облаками ионизированных частиц – поясами Ван-Аллена. Эти частицы удерживаются благодаря магнитному поясу Земли. Пояса находятся в экваториальной области - первый пояс на высоте от 1,5 до 4 тыс. км, второй - 13-19 тыс., третий самый слабый 55тыс.-75 тыс. Уровень ионизирующего излучения выводит из строя электронную аппаратуру.

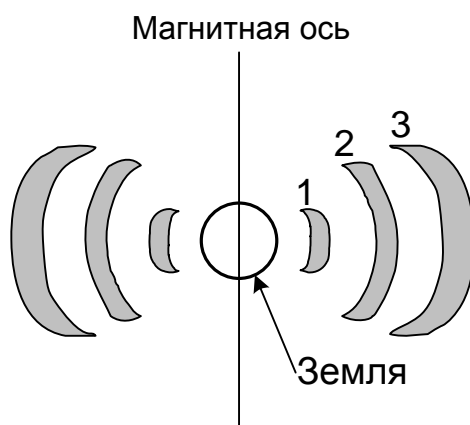


Рис.1. Пояса Ван-Аллена

Орбиты спутников связи выбираются между поясами Ван-Аллена, чтобы меньше подвергаться облучению.

*Геостационарная орбита (ГЕО).* Главным достоинством ГЕО орбит является то, что спутник, находящийся на экваториальной орбите, на высоте 36000 километров, неподвижен относительно земного наблюдателя. Связь через такой ретранслятор не имеет перерывов. Система из трёх ГЕО спутников может обеспечить потребителю связь практически со всей земной поверхностью. Кроме того, для этих спутников отсутствует эффект Доплера. Эти спутники обслуживают также, так называемые, станции VSAT –малые земные спутниковые станции. Диаметр антенн здесь 1-3 метра. Однако при

этом осуществляется качественный приём программ телевидения и данных интернета. Главные недостатки ГЕО орбит – большая стоимость запуска ракеты и запаздывание радиосигнала, которое составляет 0,24 с.

Всего на ГЕО орбите сейчас находится около 360 спутников - ретрансляторов разных стран. В России имеются отечественные спутниковые группировки из ретрансляторов Экспресс и Ямал. Учёные стремятся снизить взаимные помехи и увеличить число спутников на орбите. В частности, в МТУСИ, над подобной тематикой успешно работает профессор М.А. Быховский.

Применяются также *низкие круговые, средневысотные и высоковытянутые эллиптические орбиты*. Первые из этих двух типов используются для создания спутниковых сотовых сетей, а высокоэллиптическая орбита (типа Молнии) удобна для обслуживания полярных областей России. На кафедре СиСРТ разрабатываются курсовые и дипломные проекты по реальной спутниковой тематике.

### **3.Основные принципы построения РРЛ**

Термин РРЛ произошел от английского слова relay, что в главном своем значении означает смену лошадей или эстафету. Термин РРЛ отражает замену на каждой промежуточной станции слабого сигнала сильным. В теперешнем своем виде этот термин означает, что на каждой станции происходит прием, демодуляция, регенерация, модуляция и передача, то есть ретрансляция сигнала.

Земные волны распространяются только в пределах прямой видимости. Поэтому, в соответствии с рис.2, чтобы построить линию связи, нужна цепочка переприёмных станций. Расстояние между станциями, с учетом высоты башен должно быть таким, чтобы кривизна земной поверхности, неравномерность и различные препятствия не закрывали радиолуч. Это РРЛ прямой видимости. Длина пролёта 30-50 км.

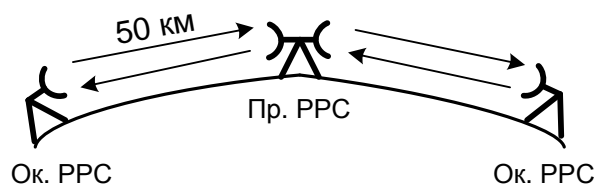


Рис.2. Пролёты РРЛ прямой видимости

Другой тип РРЛ – это тропосферные РРЛ. Энергия тропосферной волны распространяется в нижних слоях атмосферы – тропосфере. Происходит рассеяние волны на неоднородностях тропосферы и часть энергии переизлучается на антенну удаленной станции. Максимальные расстояния 250 – 300 км.

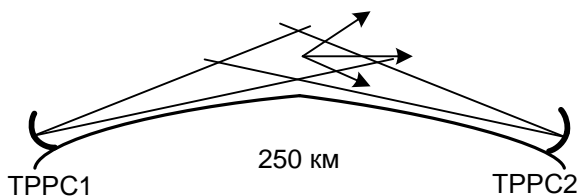


Рис.3. Пролёт тропосферной РРЛ

### Классификация РРЛ

По пропускной способности РРЛ делятся на малой емкости, средней емкости и высокоскоростные РРЛ.

Скорости передачи европейской цифровой иерархии PDH:

Пропускная способность (потоков)	Скорость (Мбит/с)
1x2,048	2,048 E1 (малая)
4x2,048	8,448 E2
16x2,048	34,468 E3 (средняя)

Простейшие высокоскоростные цифровые РРЛ, так называемые, синхронные цифровые РРЛ (SDH), имеют скорость передачи 155,52 Мбит/с.

В нашей стране сейчас, как и много лет назад, РРЛ вновь получают быстрое развитие в следующих регионах: 1) в районах Сибири и Крайнего Севера с интенсивной добычей углеводородов. Здесь затруднена прокладка

волоконной оптики из-за вечной мерзлоты, а строительство ССС для технологических целей невыгодно. Средняя длина пролёта линий на Севере равна 30-50 км. 2) Также бурно строятся РРЛ в крупных городах для организации соединительных линий с базовыми станциями мобильной связи. Это экономически разумно. И базовые станции и РРЛ установлены на тех же башнях. Среднее значение величины пролётов, например, в Москве, 5-10 км.

Перечислим все достоинства сетей РРЛ для подачи сигналов на мобильные сети:

- быстрое развертывание (не зависит от дорожной сети);
- гибкость (легко увеличивается пропускная способность);
- РРЛ легко вписываются в существующие сети;
- линии легко пересекают городские пространства;
- малый стартовый капитал, не зависящий от пролетов;
- минимальные затраты на эксплуатацию;
- легкое развертывание на городских крышах;
- отсутствуют обрывы кабеля;
- лучшая устойчивость к природным катаклизмам, таким, как наводнения и землетрясения;
- быстрый ремонт при повреждениях.

#### **4. Системы радиодоступа**

Системы широкополосного беспроводного радиодоступа (ШБД), по-английски - broadband wireless access (BWA) позволяют осуществлять доступ к информации различного вида и интернету. В Москве можно привести примеры сайтов, которые позволяют оплатить коммунальные услуги и записаться к врачу. Современные системы организуются с помощью сотовой радиосвязи. Вся территория покрывается сотами, в центре которых стоят базовые станции (БС). К БС по радио подключаются абонентские (АС) станции. Достоинством сотовой сети является повторное использование радиочастот. В соседних сотах используются разные частоты, а через

несколько сот эти частоты могут повторяться. Автоматическое переключение абонента из соты в соту называется *хэндовером*. Передача абонента другому оператору связи, например за границу, называется *роумингом*. Несколько лет назад сотовые сети GSM (Global System for Mobile communication) предназначались, в основном, для передачи мобильной телефонии. Сейчас сотовые сети строятся для подключения к цифровым услугам и интернету на основе широкополосного радиодоступа. Началась “гонка” технологий для достижения высоких скоростей передачи. Эта технология называется LTE (Long Term Evolution) – система длительной эволюции. Для достижения рекордных скоростей применяются множественные антенны и современные типы модуляции. На пути от базовой станции к абоненту скорость передачи цифрового потока может достигать 300 Мбит/с. Надо помнить, что реальный трафик базовой станции и, следовательно, общая скорость делятся между всеми работающими клиентами.

За время учёбы студенты осваивают престижную специальность по радиосвязи и радиодоступу, получают места для работы на предприятиях с достойной зарплатой, например, у крупных мобильных операторов связи, таких, как МТС и Билайн.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите, в чём состоит положительное свойство широкополосности УКВ.
2. Что означает выражение “Line-of-sight.”
3. Каковы недостатки УКВ?
4. Что такое пояса Ван-Аллена?
5. Каково значение высоты геостационарной спутниковой орбиты?
6. Какое минимальное количество геостационарных спутников связи необходимо, чтобы обеспечить связью экваториальную область Земли?
7. Каково среднее значение длины пролёта РРЛ в Москве?

8. В каких регионах России в настоящее время происходит энергичное строительство РРЛ?
9. Что означает повторное использование радиочастот в сотовой связи?
10. Какую систему означает английская аббревиатура LTE? Какие максимальные скорости передачи информации обещают здесь передавать с развитием техники?

#### **Литература:**

1. М.А. Быховский, Ю.М. Кирик, В.И.Носов О.Ю.Сахаров, А.С. Сорокин, Н.Б. Сорокин. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи. Москва, Горячая линия – Телеком. 2014
2. А.С. Сорокин. Сотовые системы радиосвязи. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. Москва, 2006
3. И. Шахнович. Современные технологии беспроводной связи. Техносфера. Москва. 2006

13.01.2017

Кирик Ю.М., к.т.н, доцент кафедры СИСРТ МТУСИ