

НАХОДКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА!

Данилин А. А.



Спутниковое телевидение

Установка, подключение, ремонт

Как все это работает?

Выбор оборудования

**Установка спутниковой
антенны**

Ресиверы

**Поиск спутника
и настройка**

**Прием нескольких
спутников**

Спутниковый Интернет

**Просмотр телевидения
высокой четкости на ПК**

**Устранение
неисправностей**

Замена ПО ресиверов



Отборное спутниковое
телевидение

ISBN 5-91359-058-9



Издательство



УДК 621.397
ББК 32.94-5

Приложение к журналу «Ремонт & Сервис», выпуск 115

Данилин А. А.

Спутниковое телевидение. Установка, подключение, ремонт. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2010. — 224 с.: ил.

ISBN 978-5-91359-058-9

Данная книга представляет собой практическое руководство и рассчитана на читателя, желающего самостоятельно выбрать и установить спутниковую антенну. Материал излагается доступным языком по принципу «от простого — к сложному».

В качестве примера выбраны популярные российские вещатели: «ТриколорТВ», «Орион Экспресс»/«ВиваТВ» и «Радуга-ТВ». Не забыт популярный у жителей Европы спутник «Hotbird», вещающий сотни каналов на различных языках мира.

Впервые в одной книге дана вся необходимая теоретическая и практическая информация по установке и настройке оборудования для приема спутникового телевидения и спутникового Интернета. Отдельная глава посвящена выбору и настройке «DVB-S/S2» приемников, позволяющих просматривать спутниковое ТВ на компьютере.

Приведены советы по выбору телевизора, рассказано о принципах работы кинескопа, ЖК матрицы и плазменной панели. В приложении приведены данные, необходимые для правильной установки и настройки антенны на выбранный спутник. В книге имеется подробный глоссарий используемых в книге терминов. Особо необходимо отметить наличие форума Читателей, где можно задать вопрос автору этой книги: www.kniga.mybb.ru.

Книга рассчитана на широкий круг читателей. Она будет полезна всем, кто интересуется вопросами спутникового телевидения, владельцам спутникового комплекта для приема телепередач, радиолюбителям и студентам технических ВУЗов, эксплуатирующим организациям.

Сайт издательства «Ремонт и Сервис 21»: www.remserv.ru
Сайт издательства «СОЛОН-ПРЕСС»: www.solon-press.ru

По вопросам приобретения обращаться:
ООО «АЛЬЯНС-КНИГА КТК»
Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95, www.aliants-kniga.ru

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из трех способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».
3. Заказать по тел. (495) 254-44-10, (499) 752-73-26.

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru.

ISBN 978-5-91359-058-9

© Макет, обложка «СОЛОН-ПРЕСС», 2010
© «Ремонт и Сервис 21», 2010

Оглавление

Введение	3
Глава 1. История спутникового телевизионного вещания.	5
1.1. Достоинства спутниковых систем связи	5
1.2. История развития спутникового вещания в СССР	6
1.3. Первые шаги спутникового телевидения	9
1.4. Новая эра. «НТВ Плюс»	10
Глава 2. Как это работает?	11
2.1. Доставка сигнала к зрителю	11
2.2. Типы орбит движения спутников	12
2.3. Диапазоны вещания спутникового ТВ	14
2.4. Параметры сигнала. Поляризация	15
2.5. Транспондер. Параметры вещания: SR, FEC, PID	15
2.6. Зона обслуживания	16
2.7. А почему «тарелка»? Типы спутниковых антенн	17
2.8. Прием и преобразование принятого сигнала. Конверторы	20
2.9. Устройство конверторов	21
2.10. Преобразование принятого сигнала. Гетеродин	22
2.11. Сигналы управления режимами работы конвертора	23
2.12. Аналоговые и цифровые системы вещания. Сжатие информации	24
Глава 3. Устройства приема спутникового сигнала	27
3.1. Устройство и работа современного ресивера	27
3.2. Важные параметры ресиверов	29
3.3. Поиск каналов: ручной, автоматический и «слепой» способы	29
3.4. Пульт управления ресивером	30
3.5. Ограничение просмотра каналов. Кодирование сигнала. Карты и модули	31
3.6. Типы ресиверов: «FTA», «CR» и «CI»	33
3.7. Ресиверы «DreamBox»	34
3.8. Подделки	34
Глава 4. Выбор оборудования	35
4.1. Выбор антенны	35
4.2. Выбор ресивера	36

Глава 5. Установка и настройка антенны	39
5.1. Первичные расчеты положения спутниковой антенны	39
5.2. Расчет положения спутниковой антенны с использованием программы «Satellite Antenna Alignment»	42
5.3. Приборы и приспособления для настройки спутниковой антенны	46
5.4. Сборка спутниковой антенны «Супрал СТВ-0.6»	49
5.5. Установка спутниковой антенны. Выбор места установки и методы крепления	50
5.6. Поиск спутника и настройка спутниковой антенны	52
5.7. Кабель. Основные параметры	53
5.8. Разделка кабеля. «F» разъемы	54
5.9. Монтаж кабеля	55
5.10. Настройка антенны на спутник «HotBird» (13°E)	56
5.11. Настройка антенны на спутник «Eutelsat W4» (36°E)	57
5.12. Настройка антенны на спутник «Express AM2» (80°E)	57
Глава 6. Прием нескольких спутников на одну спутниковую антенну	58
6.1. Моторизированные подвесы спутниковых антенн	58
6.2. Мультифид	59
6.3. Тороидальная спутниковая антенна — «T-90»	62
Глава 7. Подключение нескольких конверторов к ресиверу	66
7.1. DISEqC-коммутаторы	66
7.2. Подключение к ресиверу более четырех конверторов	69
Глава 8. Независимый просмотр каналов на разных телевизорах	73
Глава 9. Популярные модели ресиверов	76
9.1. Ресиверы «Globo-4100C» и «Globo-7010C-1CI»	76
9.2. Ресивер «Globo-4010C». Поиск каналов со спутника «HotBird» (13°E)	76
9.3. Ресивер «Globo-7010C-CI». Поиск каналов «ТриколорТВ»	81
9.4. Ресиверы «DRE». Поиск каналов «ТриколорТВ»	85
9.5. Ресиверы «OpenBox X810/X820». Поиск каналов «НТВ ПЛЮС» и «ТриколорТВ»	92
9.6. Ресивер «Numax ACE plus». Поиск каналов «НТВ плюс»	99
9.7. Ресивер «Globo-5100IR». Поиск каналов «Орион Экспресс»	104
9.8. Ресивер «Globo 5100IR». Поиск каналов «РадугаТВ»	112
9.9. Активация карты доступа «РадугаТВ»	114
Глава 10. Регистрация ресивера «DRE» или «CI-модуля»	117
10.1. Регистрация оборудования на сайте компании «НСК»	117
Глава 11. Активация карты оплаты дополнительных каналов	121
11.1. Карты оплаты пакетов каналов «ТриколорТВ»	121
Глава 12. Активация договора между компанией «НТВ+» и зрителем	123
12.1. Способы активации договора	123

Глава 13. Подключение ресивера к телевизору и акустической системе	125
13.1. Методы подключения ресивера к телевизору и акустической системе	125
Глава 14. Замена ПО ресивера	128
14.1. Обновление ПО ресивера «GLOBO 7010C-1CI»	129
14.2. Обновление ПО ресивера «GLOBO 4010C» и «GLOBO 7010A»	131
14.3. Обновление ПО ресивера «Openbox 300/800/810/820»	132
Глава 15. Проблемы при «прошивке» ресиверов	134
15.1. Отсутствие COM порта. Использование ноутбука	134
Глава 16. Устранение неисправностей в работе оборудования	137
Глава 17. Грозозащита спутникового оборудования	138
Глава 18. Основы телевидения	139
18.1. Системы телевидения: SECAM, PAL, NTSC	139
18.2. Методы формирования изображения	140
18.3. Соотношение сторон: «4:3» и «16:9»	140
18.4. Рождение цвета: ЭЛТ, ЖК и «плазма»	141
18.5. Плюсы и минусы ЭЛТ, ЖК и «плазмы»	143
Глава 19. Телевидение высокой четкости	146
19.1. История телевидения высокой четкости	147
19.2. Проблемы ТВЧ	148
19.3. Стандарт сжатия видеoinформации «MPEG-4»	148
19.4. Новый стандарт вещания «DVB-S2»	149
Глава 20. Просмотр спутникового ТВ на компьютере	151
20.1. Выбор оборудования для приема спутникового ТВ на компьютере	152
20.2. Установка приемника «Prof 7300 DVB-S/S2». Настройка драйвера	154
20.3. Установка приемника «Prof 6200 DVB-S2». Настройка драйвера	156
20.4. Установка внешнего приемника «Tevii S650 USB». Настройка драйвера	157
20.5. Установка приемника «TT-budget S-1401». Настройка драйвера	159
20.6. Установка программы «Digital TV (TT-budget)»	160
20.7. Настройка программы «Digital TV (TT-budget)». Поиск каналов	161
20.8. Редактор каналов	164
20.9. Запись ТВ программ на диск компьютера	165
20.10. Установка программы «ProgDVB»	166
20.11. Настройка программы «ProgDVB». Поиск каналов	167
20.12. Редактор каналов	171
20.13. Запись ТВ программы на диск компьютера	171
20.14. Установка программы «MyTevii»	172
20.15. Настройка программы «MyTevii». Поиск каналов	173

20.16. Редактор каналов	176
20.17. Запись ТВ программ на диск компьютера	177
20.18. Установка программы «DVD Dream»	178
20.19. Настройка программы «DVD Dream». Поиск каналов	179
20.20. Запись ТВ программы на диск компьютера	182
Глава 21. Интернет. Интернет через спутниковую антенну.	184
21.1. История развития мировой информационной сети — Интернета	184
21.2. Как это работает? IP адрес компьютера. «Белый» и «серый» IP адрес	185
21.3. Доступ в Интернет. Способы соединения	187
21.4. Спутниковое соединение с Интернетом. MAC адрес DVB-S приемника	188
21.5. Настройка спутникового соединения с Интернетом на примере «ТТ-budget S-1401». . .	191
21.6. Настройка спутникового соединения с Интернетом на примере «Tevii S650 USB» . . .	193
21.7. Настройка спутникового соединения с Интернетом на примере «Prof-7300» и «Prof-6200».	195
Вместо заключения	200
Благодарности.	200
Приложения	210
«А» Таблица расчета размера рефлектора приемной антенны по значению dBW	201
«В» Виды кодировок спутниковых каналов	201
«С» Список терминов и сокращений, применяемых в спутниковом вещании	202
«D» Координаты городов России и географическое положение	206
«Е» Список активных транспондеров на спутниках, имеющих русскоязычные каналы	208
«G» Таблица значений углов азимута, углов подъема и углов поворота поляризации конвертера.	209
«Н» Карты покрытия спутников «HotBird 13*E», «Eutelsat W4 36*E» и «Express AM2 80*E» . .	211
Список литературы	213
Где искать информацию о спутниках и спутниковых каналах?	213
Форумы и сайты поддержки спутниковых ресиверов.	214
Вопросы и ответы	214
Ресиверы МЕТАВОХ	217

Глава 1. История спутникового телевизионного вещания

1.1. Достоинства спутниковых систем связи

Идея вещания через спутники разработана задолго до первого запуска спутника-ретранслятора. Причина использования спутников как ретрансляторов сигнала банальна: так дешевле! Поясню на простом примере. Обычная эфирная антенна принимает сигнал с телестанции, сигнал на которую передан другой станцией. Возникает цепь телестанций, их называют наземными радиорелейными постами или ретрансляторами.

Но расстояние между этими ретрансляторами не может быть большим: сигналы затухают в атмосфере. Распространению сигналов также мешают всевозможные преграды: деревья, высотные строения... При проектировании ретрансляционных сетей необходимо учитывать множество требований. Например, нельзя использовать одинаковые частоты между тремя ближайшими станциями, иначе это приведет к взаимным помехам, и жители, проживающие на границе нескольких станций, не смогут устойчиво принимать сигналы. Наша страна занимает огромную территорию. Соответствен-

но, для покрытия больших расстояний нужно множество таких ретрансляторов, что требует немалых экономических затрат. Спутниковые системы связи не имеют таких ограничений, они могут ретранслировать сигнал на огромные территории.

Интересная справка: расстояние от спутника до Земли весьма велико, до 40000 км. Поэтому при передаче появляются заметные задержки сигнала. Например, электромагнитная волна от Земли до спутника и обратно, с учетом задержки сигнала в аппаратуре, «путешествует» 2...5 секунд. Это делает бессмысленным передачу сигналов точного времени обычными методами.

Впервые вывести летательные аппараты в верхние слои атмосферы попытались инженеры фашистской Германии, создав управляемое ракетное «оружие возмездия». В 1944 года немецкими ракетами «Фау-1» был обстрелян Лондон с целью деморализации боевого духа защитников города и выведения Великобритании из войны. В сентябре того же года немцы применили усовершенствованные «Фау-2», достигавшие таких высот, что система противовоздушной обороны английской столицы

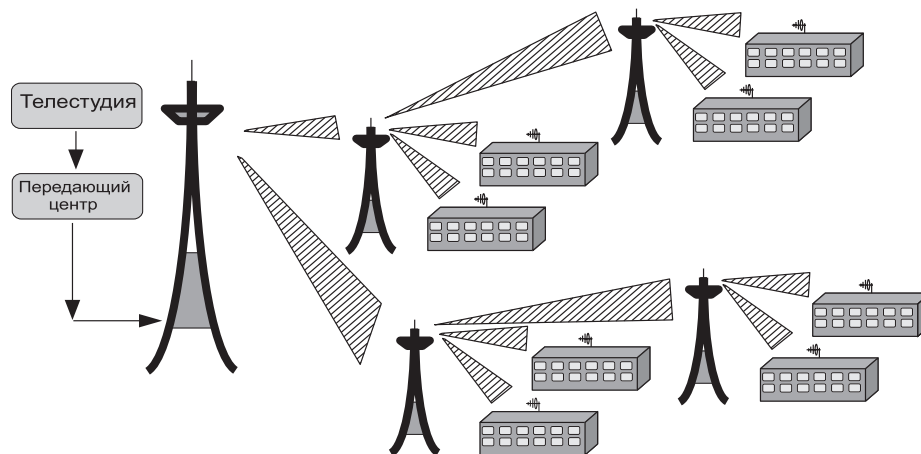


Рис. 1.1.1. Релейный метод передачи сигнала на большие расстояния

оказалась бессильной. Своих целей гитлеровцы не добились, но привлекли внимание множества специалистов к разработкам ракетного оружия.

Кстати! Двигатели этих ракет работали на чистом спирте...

Один из офицеров британской армии, будущий писатель-фантаст Артур Кларк (род. в 1917 г, умер 19 марта 2008 года), в 1945 году опубликовал статью в журнале «Wireless World», где предложил принцип спутниковой связи и возможности превращения подобных ракет в «неземные ретрансляторы».



Рис. 1.1.2. Артур Кларк

Он предложил идею создания системы спутников связи на геостационарной орбите, что позволило бы организовать глобальную систему связи. Электроэнергию для радиопередатчика автор статьи предлагал извлекать из света при помощи солнечных батарей. Практики рассматривали статью как научно-фантастическую, думается, и сам автор не осознавал, что его предложения очень скоро изменят мир.

Впоследствии идея спутникового теле- и радиовещания принесла автору множество наград, в том числе международную премию имени Маркони, золотую медаль Института Франклина, премию Линдберга и другие. Международный астрономический союз «International Astronomical Union» официально присвоил геостационарной орбите наименование «Орбита Кларка» («The Clarke Orbit»).

В 1954 году Джон Пирс (директор по исследованиям Лабораторий Белла), ничего не подозревая о проекте Кларка, предложил похожую концепцию в разговоре с группой инженеров Принстонского университета.

1.2. История развития спутникового вещания в СССР

Поднять ретранслятор на возможно высокую точку при помощи самолета предлагал еще П. В. Шмаков 1937 году. Но только спустя 20 лет, в 1957 году, во время VI Всемирного фестиваля молодежи и студентов в Москве, идею осуществили. На высоту четырех километров поднялись самолеты «ЛИ-2» с активными передатчиками на бортах, что дало возможность экспериментально транслировать фестиваль в Смоленск, Киев и Минск.

13 мая 1946 года Совет министров СССР принял развернутое Постановление по вопросам реактивного вооружения, создание которого объявлялось важнейшей государственной задачей. Документ предписывал организацию специального комитета по реактивной технике и десятков новых предприятий: научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро; заводы перепрофилировались на производство новой техники, создавались полигоны для испытаний. На базе артиллерийского завода № 88 был развернут Государственный союзный научно-исследовательский институт (НИИ-88), ставший впоследствии головной организацией по всему комплексу работ в данной области. 9 августа того же года приказом министра обороны Королев был назначен главным конструктором баллистических ракет дальнего действия, а 30 августа он стал начальником отдела баллистических ракет СКБ НИИ-88. 17 сентября начались летно-конструкторские испытания «изделия № 1» — ракеты «Р-1».

На первом этапе (до 1954 года) разработка идеи запуска спутника велась в условиях непонимания и противодействия. В нашей стране главным идеологом и руководителем практической работы по осуществлению выхода в космическое пространство был Сергей Павлович Королев (1907—1966).

26 июня 1954 года Королев представил министру оборонной промышленности Дмитрию Устинову докладную записку «Об искусственном спутнике Земли». В записке говорилось: «В настоящее время имеются реальные технические возможности достижения с помощью ракет скорости, достаточной для создания искусственного спутника Земли. Наиболее реальным и осуществимым в кратчайший срок является создание искусственного спутника Земли в виде автоматического прибора, который был бы снабжен научной аппаратурой, имел радиосвязь с Землей и обращался вокруг Земли».



Рис. 1.2.1. Сергей Павлович Королёв

на расстоянии порядка 170...1100 км от ее поверхности. Такой прибор будем называть простейшим спутником».

1955 год. СССР активно работает над созданием ИСЗ. 30 января 1956 года Совет министров СССР принимает постановление о разработке объекта «Д» (ИСЗ весом 1000...1400 кг и с научной аппаратурой на 200...300 кг). Срок запуска — 1957 год. Эскизный проект готов уже к июню. Ведется разработка наземного командно-измерительного комплекса (КИК) для обеспечения полета спутника. Постановлением Совета Министров СССР от 3 сентября 1956 года на территории нашей страны вдоль трассы полета было предписано организовать семь наземных измерительных пунктов (НИП). Задача возлагалась на Министерство обороны, головной организацией определен НИИ-4. К концу 1956 года выяснилось, что к назначенному сроку подготовить объект «Д» не удастся, и было принято решение срочно разработать небольшой простой спутник.

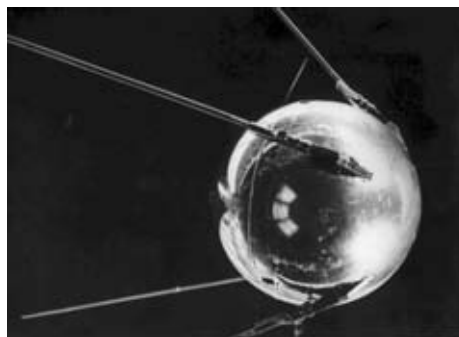


Рис. 1.2.2. Первый искусственный спутник Земли

7 февраля 1957 года вышло постановление Совета министров СССР о запуске «Первого ИСЗ».

4 октября 1957 года в 22 ч 28 мин. по московскому времени «Спутник-1» был выведен на орбиту. Первые сигналы из космоса он начал подавать сразу после отделения от последней ступени ракеты.

По заводской документации спутник назывался «ПС-1», то есть простейший спутник. Он был устроен довольно просто. На борту спутника была установлена система терморегулирования, источники электропитания, два радиопередатчика, работавших на разных частотах и подающих сигналы в виде телеграфных посылок (знаменитое «бип-бип-бип»).

В готовом виде «Спутник-1» (такое название он получил) весил всего 83,6 кг; его диаметр составил 58 см. Для лучшего отражения солнечного света и создания необходимого теплового режима корпус выполнили из алюминиевого сплава. Электропитание аппарата обеспечивали серебряно-цинковые аккумуляторы, способные работать в течение 2...3 недель. Внутри аппарата размещались два радиопередатчика, передающие информацию о давлении и температуре внутри спутника. С помощью полученных данных ученые изу-

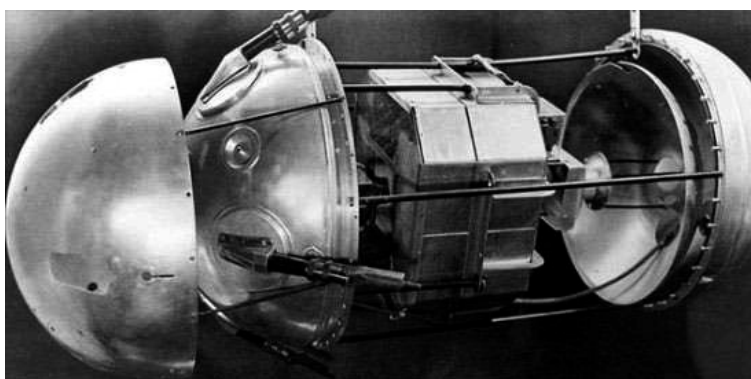


Рис. 1.2.3. Устройство первого ИСЗ

чали условия прохождения радиоволн из космоса на Землю. Передатчики работали поочередно, сменяясь после непрерывной работы, в течение 14 сек. На внешней поверхности аппарата установили четыре стержневидные антенны длиной 2,9 м, занимающие рабочее положение после выхода на орбиту. Такая четырех антенная система снижала влияние вращения «Спутника-1» на качество принимаемых на Земле сигналов. Во внутреннем пространстве сферы, заполненной азотом, постоянная температура поддерживалась с помощью вентиляции, регулируемой специальными температурными датчиками.

Спутник находился на орбите 92 дня (до 4 января 1958 г.), совершив 1440 оборотов, затрачивая на каждый виток 96 мин. 10,2 сек. После чего сгорел в плотных слоях атмосферы. Максимальная его удаленность от поверхности Земли составила 947 км. Аппарат был выведен на орбиту с перигеем 228 и апогеем 947 км. Но этот день стал началом новой, космической эры человечества, а русское слово «спутник» вошло во многие языки мира.

Первая официальная фотография советского спутника была сделана 17 октября телескопом обсерватории Южной Калифорнии. То, что это именно спутник, можно было понять по его перемещению относительно двух звезд в созвездии «Возничего». Международные договоры предусматривали, что космический аппарат называется спутником, если он совершит не менее одного оборота вокруг Земли, в противном случае его считают ракетным зондом. Спутник с установленными радиопередатчиками считается активным. *Примером пассивного спутника стал знаменитый американский шар «Эхо-1» (12 августа 1960 года) с алюминиевым покрытием для отражения радиосигнала.*

Реакция мировой общественности на это событие оказалась весьма бурной. Равнодушных не было. Миллионы и миллионы «простых людей» планеты восприняли это событие как величайшее достижение человеческой мысли и духа. Время прохождения спутника над теми или иными населенными пунктами заранее объявлялось в печати, и люди на разных континентах выходили ночью из своих домов, смотрели на небо и видели: среди привычных неподвижных звезд одна — движется! А русское слово «спутник» превратилось из слова технического в общеупотребительное.

В США запуск первого спутника произвел настоящий шок. Оказалось вдруг, что СССР, страна, не успевшая еще толком оправиться от войны, имеет мощный научный, промышленный и военный потенциал и что с ней надо считаться. Престиж США как мирового лидера

в научно-технической и военной области пошатнулся. Это вызвало недоумение и страх: в небе над головой беспрепятственно и безнаказанно летает чужой аппарат! И нет уже чувства защищенности и сознания собственного превосходства. Это было событием не только для руководящей верхушки США, но и для миллионов простых американцев. О глубине потрясения свидетельствуют слова одного из высокопоставленных политических деятелей: «Я не верю, что это поколение американцев желает примириться с мыслью, что каждую ночь приходится засыпать при свете коммунистической луны».

Исторический факт: Американские ученые смогли осуществить запуск первого спутника лишь 1 февраля 1958 года.

3 ноября того же 1957 года запущен второй спутник весом 508,3 кг. Это была уже настоящая научная лаборатория. Впервые в космическое пространство отправилось высокоорганизованное живое существо — собака Лайка.

В ноябре 1957 года к Первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущеву обратилась группа специалистов (С. В. Новаковский, С. И. Катаев, Л. А. Дружкин) с предложением начать работы по реализации космического вещания. Ученым было ясно, что выбор спутника в качестве высокой «точки подвеса» идеален: в безвоздушном пространстве радиоволны распространяются почти без затухания, чего нельзя сказать об атмосфере Земли.

В 1965 году в СССР уже эксплуатировался искусственный спутник Земли — ИЗС «Молния-1» с орбитой в виде эллипса. Спутник при движении по эллиптической орбите вокруг Земли в некоторые периоды времени находился вне видимости земного пункта приема, что вело к перерывам космической связи. Для ликвидации этого нежелательного явления требовалось несколько спутников (система спутников).

Сам спутник имел две параболические антенны: одну рабочую и одну резервную. 23 апреля 1965 г была осуществлена первая трансляция ТВ сигнала из Владивостока в Москву при помощи советского спутника связи «Молния» в СССР. В 1966 г. провели несколько опытных передач «Москва—Париж».

В 1967 года начала действовать система Российского спутникового ТВ «ОРБИТА». Она позволяла через искусственный спутник Земли передавать одну программу Центрального телевидения: «Первый канал». Для нее использовали параболические антенны диаметром 12 метров и фокусным расстоянием 3 м, усилители работали в жидком азоте. Алюминиевая «та-

релка» весила почти 30 тонн. На территории страны было установлено несколько приемных станций. Из-за сложной орбиты движения спутника постоянно осуществлялась подстройка приемной антенны под спутник.

В 1975 году был запущен спутник «Радуга» с периодом 23 ч 54 мин и наклоном орбиты 0,3 градуса для расширения возможности «ОРБИТЫ». Приемные станции «Орбита» были построены практически во всех крупных городах отдаленных районов Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока. В то же время строительство таких станций в малых населенных пунктах оказалось невыгодно. Поэтому дальнейшее развитие системы «Орбита» было прекращено.

В 1976 году ввели в эксплуатацию спутник «Экран». Он предназначался для обеспечения ТВ вещанием районов Сибири и Дальнего. Вещание производилось на частоте 700 МГц с мощностью передатчика 200 Вт. При этом земные приемные станции были простоты по конструкции.

В 1979 году в действие вступила новая распределительная спутниковая система «Москва» в диапазонах 6/4 ГГц.

В 1980 году начал эксплуатироваться спутник «Горизонт», имеющий мощный 40-ваттный передатчик диапазона 4 ГГц («С» диапазон) для передачи ТВ сигналов на относительно простые земные приемные станции системы «Москва». На ИСЗ «Горизонт» имелся также один передатчик диапазона 11 ГГц («Ку» диапазон), применяемый для передачи ТВ программ. Использование систем «Экран» и «Москва» (9 спутников) позволило организовать распределение двух ТВ программ, формируемых в Москве по всей территории СССР с учетом временного сдвига для вещания в удобное для зрителей время.

1.3. Первые шаги спутникового телевидения

Первым спутником, при помощи которого осуществили передачу телевизионного сигнала, был американский спутник «Telstar-I», выведенный на эллиптическую орбиту 10 июля 1962 г. Но это была не геостационарная орбита. До «пояса Кларка» США удалось добраться лишь 26 июля 1963 года со спутником связи «Syncom 2» (Synchronous Communications Satellite).

Строительство спутника «Tel star-1» обошлось стране в 6 млн. долларов. По тем временам это были довольно приличные деньги.



Рис. 1.3.1. Американский ИСЗ «Telstar-1»

Проектирование и производство спутника были выполнены в очень сжатые сроки: конструкторы взялись за проект осенью 1960 года, а летом 1962 года он уже работал на орбите.

Шарообразный спутник имел диаметр 88 см и питался от 3600 солнечных элементов. Он был вполне универсальным: передавал телевизионный сигнал, телефонные, телеграфные и радиосообщения по всей территории земного шара.

11 июля 1962 года, на следующий день после того, как ракета-носитель «Delta», стартовавшая с мыса Канаверал во Флориде, вывела этот спутник на орбиту, специалисты компании «АТ&Т» («American Telephone and Telegraph») провели экспериментальный сеанс спутниковой связи между США, Англией и Францией. Впервые был осуществлен трансатлантический видеоперелет при помощи спутника. Зрители американского кабельного телевидения увидели изображение национального флага, развевающегося над американской наземной станцией в Андовере. А затем на их экранах появились аналогичные изображения с наземных станций во Франции и Англии. Новый спутник связи разжег воображение людей во всем мире. Суммарная телевизионная аудитория, наблюдавшая дебют «Telstar-1», исчислялась сотнями миллионов.

А 16 июля 1962 года эта же компания провела первый пробный телесеанс передачи цветного телевизионного сигнала между Америкой и Европой с помощью этого же спутника.

Данный спутник стал технологическим прорывом для своего времени. В нем были реализованы десятки оригинальных инноваций «Лабораторий Белла». Например, его питание обеспечивалось 3,600 солнечными батареями, изобретенными в «Лабораториях Белла» в 1954 году, а для микроволнового передатчика в спутнике использовались лампы бегущей волны, придуманные в Европе во время Второй мировой войны и усовершенствованные Пирсом в 50-х годах. «Лаборатории Белла» разработали систему управления для ракеты-носителя, которая выводила «Telstar-1» на орбиту, а

также наземные станции и антенны, позволявшие вести спутник.

Оборудование этого спутника позволяло одновременно передавать либо один телевизионный канал, либо около 500 телефонных звонков (современные телекоммуникационные спутники могут передавать уже более 500 телевизионных каналов и несколько тысяч телефонных звонков). Первый телефонный разговор через спутник состоялся между председателем совета директоров компании AT&T Фредом Каппелем и вице-президентом США Линдоном.

На орбите «Telstar-1» проработал по сегодняшним меркам совсем недолго — всего 7 месяцев — и прекратил работу в феврале 1963 года. За это время он успел поучаствовать в прямых трансляциях бейсбольных матчей, концертов, репортажей с Всемирной выставки в Сиэтле и с пресс-конференций президента США. Через «Telstar-1» шел обмен видеотрансляциями между США и 16 европейскими странами.

Одна из основных заслуг первого «Telstar-1» в том, что с его помощью удалось наглядно продемонстрировать возможность использования спутников для передачи голоса, данных и видеоинформации между континентами. И это стало гигантским скачком вперед в создании глобальных коммуникаций, которыми мы пользуемся сегодня. «Telstar-1» уничтожил различия между телефонным звонком к себе домой из ближайшего телефона-автомата и звонком на другой континент. Более того, с момента вывода первого активного спутника на орбиту начался отсчет эры трансконтинентального телевидения.

1.4. Новая эра. «НТВ Плюс»

Эра подлинно спутникового телевидения непосредственного приема в России была открыта компанией «НТВ Плюс». Непосредственным приемом называют метод приема сигнала от спутника индивидуальной приемной спутниковой антенной, которая установлена непосредственно у потребителя, т. е. абонент принимает сигнал со спутника индивидуальной антенной, без использования наземного ретранслятора.

В январе 1994 и ноябре 1995 года на геостационарную орбиту были выведены спутники телевизионной ретрансляции типа «Галс-1» и «Галс-2». Спутник «Галс-1» был выведен на геостационарную орбиту с координатой 36° восточной долготы в январе 1994 года, масса спутника составляет 2,5 тонны, мощность системы электропитания 2,4 кВт. Спутник «Галс-2» был выведен на орбиту с той же координатой, что и первый, в ноябре 1995 года. Мощность передатчиков, установленных на этих спутниках, составляла соответственно 85 и 45 Вт.

В 1999 году «НТВ-Плюс» взяла в аренду французский спутник «TDF-2». После этого его перевели с прежней позиции 19° западной долготы на новую позицию 36° восточной долготы, где находились спутники «Галс».

25 мая 2000 года на орбиту в позицию 36° восточной долготы был выведен еще один спутник «Eutelsat W4», позволивший расширить зону действия: обслуживает европейскую часть России, Белоруссии и части Украины. Спутник сможет вещать в этой позиции около 8—10 лет и будет заменен новым в конце 2009 года.

Глава 2. Как это работает?

2.1. Доставка сигнала к зрителю

Приемная спутниковая антенна принимает сигнал со спутника. Но сигнал на спутнике сам не появится: спутник ретранслирует сигнал с земли. В упрощенном виде это можно описать так:

- передающая антенна телецентра с Земли передает сигнал на спутник;
- приемные антенны спутника принимают этот сигнал;
- передающие антенны спутника передают этот сигнал на Землю.

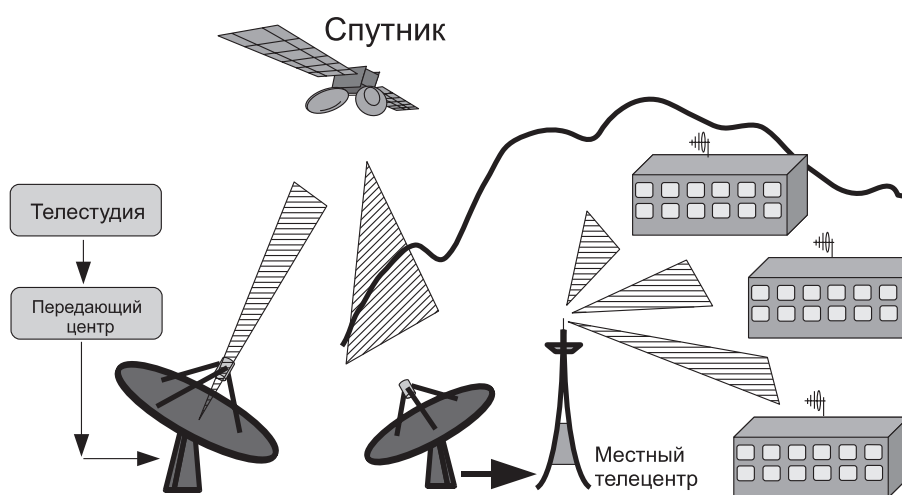


Рис. 2.1.1. Методы доставки сигнала

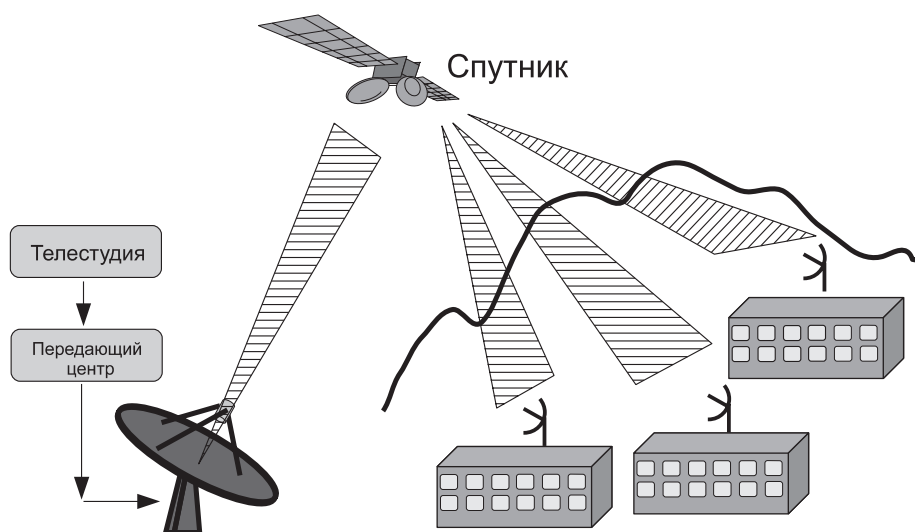


Рис. 2.1.2. Методы доставки сигнала

Ретрансляцию сигнала через спутник и доставку сигнала потребителям выполняют двумя способами:

- наземный центр — спутник — приемная спутниковая антенна местного телецентра — преобразователь — эфирная передающая антенна местного телецентра — приемная эфирная антенна потребителя;
- наземный центр — спутник — приемная спутниковая антенна потребителя. Этот метод называют непосредственным телевизионным вещанием.

Каждый из этих способов имеет положительные и отрицательные стороны. Например, в первом случае затраты по организации сети телестанций ложатся на государство, во втором случае затраты на приобретение и установку оборудования для приема сигнала со спутника несет сам зритель.

2.2. Типы орбит движения спутников

Многие представляют спутник как постоянно вращающийся вокруг Земли объект. Поэтому возникает вопрос: почему же спутниковая приемная антенна не движется, отслеживая сигнал со спутника? Ответ прост: все зависит от орбит, по которым движутся спутники. В зависимости от угла между плоскостями орбиты и экватора Земли их называют полярными, наклонными и экваториальными.

Если спутник движется по полярной или наклонной орбитам, то требуется отслеживать его положение и антенну необходимо подстраивать для получения сигнала со спутника. Для этого требуется специальное дорогостоя-

щее оборудование, которое сложно установить и обслуживать.

Если же спутник использует так называемую экваториальную геостационарную («Гео» — Земля, «стато» — неподвижный) орбиту (ГСО), то для наземного наблюдателя этот спутник кажется неподвижным и находящимся постоянно в одной точке.

Геостационарная орбита находится в плоскости экватора Земли и имеет нулевое отклонение. Высота над поверхностью Земли 35876 км, радиус геостационарной орбиты 42241 км, а длина — 265409 км. Только при полном соблюдении этих параметров можно достичь «неподвижности» спутника относительно наблюдателя с Земли. В настоящее время почти все спутники коммерческого назначения используют именно геостационарную орбиту.

Орбитальная скорость спутника, находящегося на ГСО, в среднем 3075 м/с!

Количество спутников, с которых возможен прием сигнала в определенном месте, напрямую зависит от удаленности экватора. Для наблюдателя с Земли видна только часть геостационарной орбиты в виде дуги над горизонтом. На рис. 2.2.2 показана иллюстрация из популярного журнала «Телеспутник».

Чем севернее широта, тем меньше видимая в данном месте «дуга». Это определяет количество видимых физически спутников. Уже на широте 75° прием затруднителен, а выше 80° почти невозможен, так как угол, под которым сигнал со спутника проходит над поверхностью Земли (угол местности) очень мал. Вследствие этого возникают проблемы из-за затенения спутника местными предметами и увеличения уровня помех от наземных радиотехнических средств

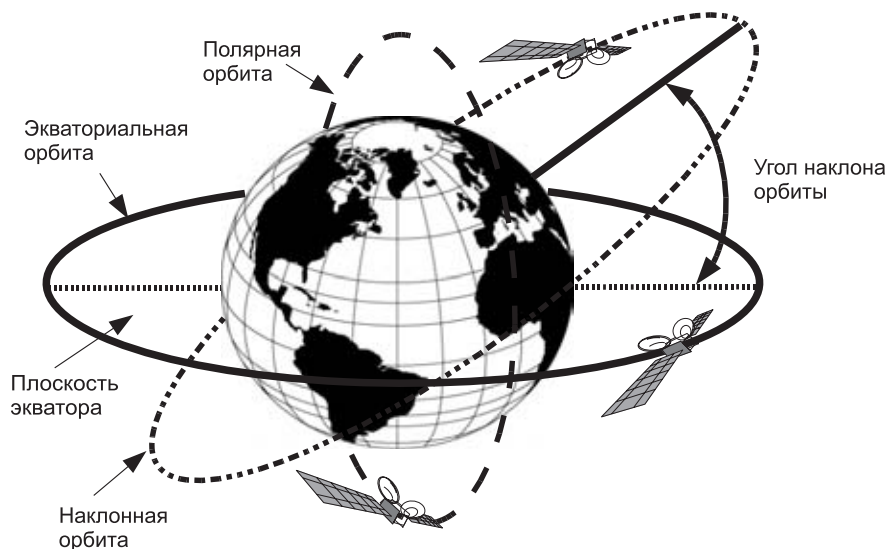


Рис. 2.2.1. Типы орбит движения спутников

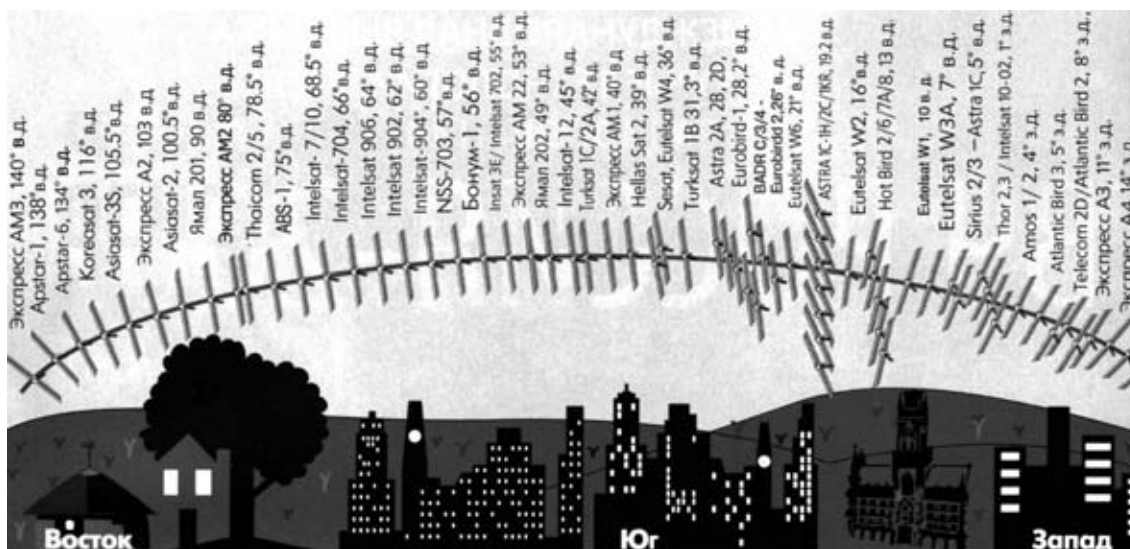


Рис. 2.2.2. Положение спутников на орбите

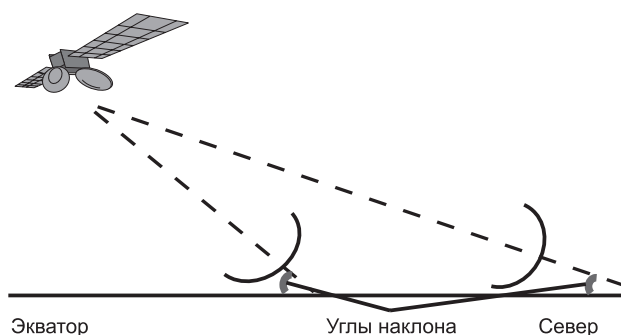


Рис. 2.2.3. Ограничения при приеме сигнала со спутника

Немного информации из курса географии. Для описания положения объекта используются условное деление земного шара на линии широты и долготы.

Широта бывает северная — «N» и южная — «S», а долгота западная — «W» и восточная — «E». Так как геостационарные спутники расположены на экваториальной орбите и для наблюдателя с Земли кажутся неподвижными — «висят» в одном месте, то положение спутника описывают только одним параметром — долготой.

Обращаю ваше внимание на следующий факт: в целях упрощения, значения углов азимута приводятся относительно южного, а не северного полюса. Это общепринятая система, учитывайте это, пожалуйста.

Вот пример расшифровки следующей записи: «HotBird» (13°E) — название спутника «HotBird», расположение — 13° восточной долготы. Аналогично расшифровывается следующая запись: «Amos» (4°W) — название спутника «Amos», расположение — 4° западной долготы.

При всех положительных качествах спутников, находящихся на геостационарной орбите, имеются и отрицательные:

- в одной позиции могут находиться несколько спутников на небольшом расстоянии друг от друга. По этой причине возникает перенасыщение геостационарной орбиты на многих участках большим количеством спутников
- невозможность передачи сигнала на приполярные районы — Земли угол местности очень мал.

Антенна должна быть точно настроена на необходимый спутник по двум координатам: азимуту и углу места. Угол места — это угол между направлением на спутник и плоскостью горизонта. Азимут — отклонение спутника от

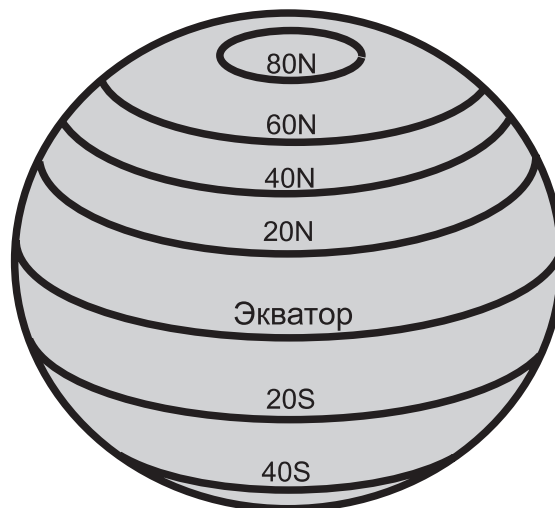


Рис. 2.2.4. Линии широты и долготы

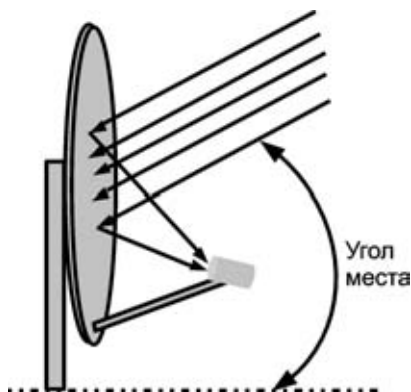


Рис. 2.2.5. Азимут и угол места

направления на Север и плоскостью горизонта (по часовой стрелке).

Вывод: для спутникового телевидения используются неподвижные относительно наблюдателя с Земли спутники, расположенные на геостационарной орбите (ГСО). Поэтому приемная спутниковая антенна неподвижна. Чем севернее широта, тем меньше спутников можно принять.

Интересная справка: Только теоретически спутник, находящийся на геостационарной орбите, кажется наблюдателю с Земли неподвижным. В действительности возникает неизбежное отклонение реальных параметров орбиты от идеальных под воздействием внешних и внутренних дестабилизирующих факторов. В первую очередь к ним относятся тяготения Луны и Солнца, аналогичные приливам и отливам морей и океанов на Земле. Другими факторами являются: неровности формы и неравномерности поля сил тяжести Земли; магнитное поле Земли; давление солнечного излучения; не компенсируемые движения внутренних двигателей. В результате перечисленных дестабилизирующих факторов спутник не может лететь по математической орбите. Геостационарный спутник постоянно уходит с идеальной орбиты, совершает колебательные движения в виде «восьмерки», т. е. отклоняется по широте и долготе от точки стационарного положения. Геометрическое расстояние спутника от центра Земли колеблется в течение суток — он приближается и удаляется. При необходимости с помощью двигателей-толкачей спутник изменяет свое положение на орбите в направлениях «север — юг» и «запад — восток».

Регламент радиосвязи рекомендует, чтобы нестабильность положения современ-

ных геостационарных спутников по долготы и широте не превышала $\pm 0,1^\circ$. Углы $0,1^\circ$ соответствует расстояние около 74 км.

2.3. Диапазоны вещания спутникового ТВ

Атмосфера Земли имеет несколько «слоев». Некоторые из них являются своеобразным щитами, защищающими Землю от потоков радиации и микроволнового излучения космоса и Солнца. Поэтому сквозь такие природные щиты могут проникнуть сигналы только определенных частот. Эти ограничения и определяют выбор частот, необходимых для спутникового вещания.

При организации спутниковой связи возникла проблема совместного использования частотного спектра системой спутникового вещания и наземными передающими средствами. Это обусловлено сложностью концентрации излучения спутника в пределах планируемой зоны обслуживания (территории государства). Данное явление получило название «естественного перелива». Облучая территорию той или иной страны, спутниковая система вещания создает в соседних государствах значительный уровень сигнала, в данном случае представляющего собой помеху. Во избежание эфирной каши Международный союз электросвязи разработал план спутникового ТВ вещания, распределив позиции спутников на геостационарной орбите, каналы, уровни сигналов и т. п.

Для спутникового телевидения в данное время массово используют два диапазона: «С» (читается «Си») и «Ки» (читается «Ку»). «С» диапазон использует частоты: 3,40...5,25 ГГц. «Ки» диапазон использует частоты: 10,70...12,75 ГГц. Имеются и другие диапазоны вещания, но они используются реже и считаются экспериментальными.

Чем выше частота сигнала, тем большую информативную емкость он имеет, т. е., большее количество информации может передать. Также высокая частота сигнала позволит уменьшить размеры приемных спутниковых антенн в несколько раз. Поэтому «Ки» диапазон более приемлем в экономическом плане.

Вывод: для спутникового телевидения используются несколько диапазонов частот. Чем выше частота, тем больше информации можно передать. С увеличением частоты размер приемной антенны уменьшается. В данное время самым распространенным является «Ки» диапазон.

2.4. Параметры сигнала. Поляризация

Для увеличения объема передаваемой информации и уменьшения частотного диапазона, занимаемого передатчиками спутника, используют разную поляризацию: линейную и круговую. Рассмотрим это подробнее.

Электромагнитная волна характеризуется векторами электрической — «Е» и магнитной — «Н» напряженностей электромагнитного поля. Особую роль при распространении волны играет пространственное расположение этих векторов.

При линейной поляризации вектор напряженности электрического поля «Е» колеблется в вертикальной или горизонтальной плоскости. Соответственно различают вертикальную и горизонтальную линейные поляризации. Если же вектор напряженности электрического поля «Е» непрерывно меняет свою ориентацию и имеет угол вращения, то такой способ называют вращающейся или круговой поляризацией. В зависимости от направления вращения вектора «Е» различают поля правого и левого вращения. Это очень важные параметры! Незнание этих параметров может полностью лишить вас возможности установки приемной спутниковой антенны!

Вывод: сигнал со спутника может иметь разные поляризации: вертикальную (V) или горизонтальную (H). Так же имеется

левая (L) и правая (R) круговая поляризация. Благодаря использованию поляризации сигналов увеличивается количество вещаемых на одной частоте каналов.

2.5. Транспондер. Параметры вещания: SR, FEC, PID

На спутнике имеется несколько приемо-передающих комплектов оборудования и несколько передающих антенн. Такой комплект приемо-передающего оборудования называют «транспондером». До появления цифровых методов сжатия изображения один канал занимал один транспондер, что очень сдерживало увеличение передаваемых каналов со спутника. При появлении новых цифровых методов сжатия с одного транспондера могут транслироваться большое количество каналов. Количество каналов зависит от скорости потока вещания транспондера (SR — «Symbol Rate», измеряется в МГц) и степени сжатия изображения и звука в транслируемых каналах. Чем выше сжатие (и хуже качество изображения и звука), тем большее количество каналов можно передать в одном транспондере. На большинстве европейских спутников скорость потока транспондера равна 27500 МГц, на иных спутниках она может изменяться от 1000 МГц до 45000 МГц.

Небольшое уточнение: информация о транспондере максимально упрощена для

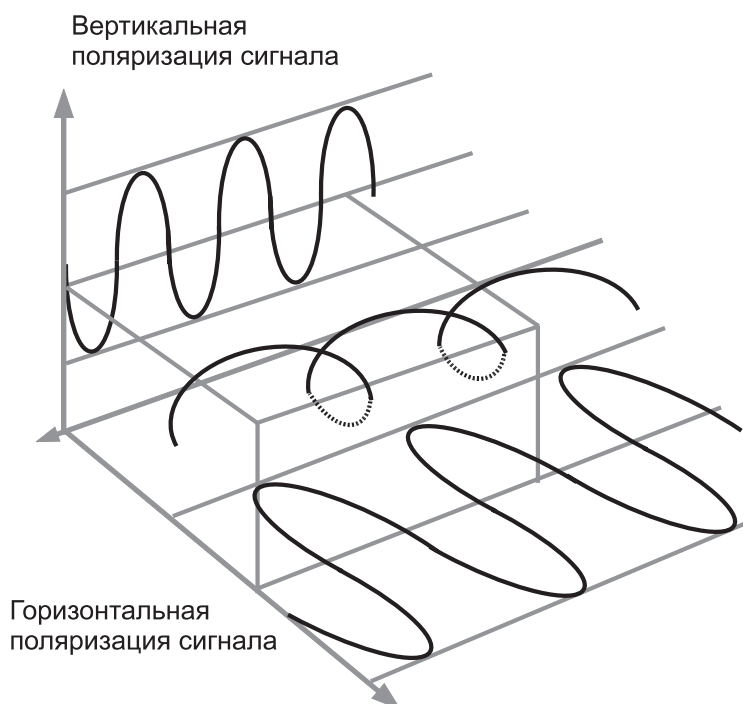


Рис. 2.4.1. Поляризационные характеристики сигнала

лучшего понимания и немного неточна с технической точки зрения.

При передаче информации возможны различные проблемы при приеме сигнала: помехи в виде сильного дождя и других атмосферных осадков — из-за этого часть информации будет потеряна. Для уменьшения вероятности потери информации в полезный сигнал вводят дополнительную служебную информацию, благодаря которой можно восстановить потерянные фрагменты.

Эти операции не входят в стандарт сжатия «MPEG» (см. соответствующую главу) и в разных спутниковых системах вещания могут выполняться различными способами, что лишает данные системы аппаратурной совместимости. Европейским странам удалось решить эту проблему, разработав на базе «MPEG-2» стандарт многопрограммного цифрового ТВ вещания «DVB».

В стандарте «DVB» применяется каскадное помехоустойчивое кодирование. Степень избыточной информации обозначают термином «FEC» (Forward Error Correction). Имеются следующие значения этого параметра: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 и 7/8. Чем меньше соотношение, тем больше вероятность потери информации. Например, одинаковый по мощности сигнал с разными значениями «FEC» по-разному принимается при неблагоприятных погодных условиях. Сигнал со значением 7/8 будет частично или полностью потерян, а сигнал со значением 1/2 — 3/4 имеет достаточный уровень для успешного приема.

Передаваемую в транспондере информацию можно представить в виде длинного железнодорожного состава с множеством вагонов, где состав — это поток передаваемой транспондером информации, а вагоны — это порции информации (пакеты), на который поделен этот поток. Для исключения путаницы каждый из пакетов имеет свой номер (PID — идентификационный номер пакета). Эти пакеты несут различную информацию, имеются служебные пакеты (системные PID), видео и аудио PID. В системных PID записана техническая информация: кому предназначен каждый из пакетов, порядок расположения этих пакетов и прочая дополнительная информация.

Иногда вещатель случайно или специально указывает неполные или неточные данные в системных PID или эти данные имеют грубую ошибку. В этом случае ресивер не понимает принятой информации, и телевизионный канал может быть помещен в список радиоканалов или будет определен как служебный поток и проигнорирован. Для успешного приема та-

ких нестандартных сигналов в настройке спутникового приемника необходимо вручную ввести значения PID в соответствующем меню вашего приемника. Хотя такие случаи встречаются все реже, но про PID не стоит забывать.

Параметры вещания со спутника указываются следующим образом: 12226 Н 27500 3/4

Где:

12226 — частота, на которой передается сигнал со спутника,

«Н» — поляризация сигнала,

27500 — Symbol Rate, скорость потока данных, передаваемых со спутника. Для стандарта сжатия информации «MPEG-2» один символ занимает два бита. Таким образом, скорость 27500 эквивалентна 55 Мбит/с.

3/4 — значение FEC. Этот параметр означает избыточность для возможного контроля ошибок. FEC имеет значения: 0, 1/2, 3/4, 5/6, 7/8. При FEC = 5/6 5 бит несут информацию о ТВ сигнале, 6-ой бит является защитным.

Так же вам могут встретиться такие обозначения: «L» — Левая круговая поляризация, «R» — правая круговая поляризация. Напоминаю, что для приема сигнала с круговой поляризацией требуется специальный конвертор!

Вывод: для настройки ресивера нужно иметь данные о частоте и параметрах вещания: частоту, поляризацию сигнала, скорость потока и значение «FEC». Эти данные можно найти в Интернете www.sat-digest.com.ua и специализированных журналах, например, «Телеспутник» www.telesputnik.ru/forum

Интересная справка: В 1939 году, на «Всемирной ярмарке» в Нью-Йорке, Сарнов презентует телевещание, а в 1941-м в Нью-Йорке стартует первый в истории человечества телеканал «WNBT». Именно этим каналом была получена первая коммерческая лицензия на вещание в Нью-Йорке. Реклама на телевидении началась с фразы «America runs on Bulova time!» и показа часов фирмы «Bulova» на фоне карты Америки в перерыве бейсбольного матча. К сентябрю «WNBT» уже продавала до 15 часов рекламного времени в неделю.

2.6. Зона обслуживания

Еще одним из важных моментов является зона обслуживания спутника, т. е. на какой территории будет принят его сигнал. Современные передающие антенны спутника позволяют сконцентрировать сигнал в узкий пучок волн, что позволяет охватить определенную заранее

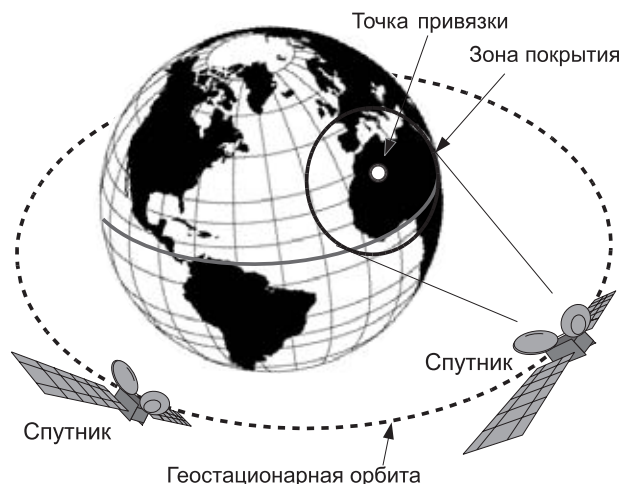


Рис. 2.6.1. Зоны покрытия

территорию (так называемые контурные антенны).

Спутник может иметь несколько лучей, направленных в разные места планеты. Каждый из таких лучей имеет свое название, например «северный луч», «южный луч», «европейский луч», «скандинавский луч» и так далее.

Для увеличения пропускной способности канала связи спутники могут группироваться на небольшом участке орбиты, облучая определенный район Земли, или в различных орбитальных точках, направляя передающие антенны на обслуживаемую территорию.

В спутниковом вещании уровень излучаемого со спутника сигнала измеряют в специальных единицах: «децибел на ватт» — «dBW». Именно эти цифры и указаны на картах зон покрытия. Существует методика перерасчета «dBW» в примерный размер рефлектора, необходимого для устойчивого приема сигналов со спутника. (См. Приложение)

Вывод: сигнал со спутника имеет определенную зону покрытия. Поэтому прием сигнала возможен только в пределах этой зоны. Сигнал в центре максимален, при удалении от центра зоны обслуживания уровень сигнала уменьшается и для уверенного приема слабого сигнала требуется антенна с большим размером. За границами зоны покрытия прием сигнала не возможен.

Интересная справка: На высотах ГСО на поверхности спутника накапливается электрический заряд, создающий разность потенциалов до 20.000 Вольт, что может вызвать пробой или образование электрической дуги в вакууме, так как многие материалы не выдерживают такие большие напряжения. Эти явления приводят к воз-

никновению электромагнитных помех в различных электрических цепях спутника, которые воздействуют как на входное приемное оборудование, так и непосредственно на цепи коммутации и управления. Наблюдались случаи полного выхода из строя полупроводниковых элементов.

Кроме того, электрическая дуга между отдельными частями спутника приводит к термическому разложению теплозащитного покрытия, т. е. испарению или выгоранию алюминия, входящего в состав покрытия, к загрязнению поверхности спутника продуктами испарения. Все это дополнительно нарушает нормальное функционирование светочувствительных приборов ориентации и датчиков давления.

2.7. А почему «тарелка»? Типы спутниковых антенн

Когда говорим о спутниковом вещании, то сразу вспоминается «тарелка» — параболический рефлектор. Что такое антенна с точки зрения радиовещания? Это приемный элемент. Сигнал со спутника очень высокой частоты и очень слабый, намного слабее сигнала обычной УКВ радиостанции. Поэтому сигнал необходимо усилить.

«Тарелка» — не единственный тип приемной антенны для спутникового приема. Существуют множество разных типов антенн: зеркальные, плоские, шаровидные, рупорные и другие.



Рис. 2.7.1. Шаровая спутниковая антенна

Но, несмотря на ряд ценных качеств этих антенн, из-за высокой стоимости и сложности при массовом производстве они применяются очень ограничено. Поэтому в дальнейшем мы



Рис. 2.7.2. Плоская спутниковая антенна

будем говорить только о параболических зеркальных антеннах.

Сигнал спутникового вещания очень высокой частоты и по своим физическим свойствам близок к свойствам света: отражается от зеркальной поверхности и расщепляется на границе разных физических сред. Поэтому для усиления сигнала его фокусируют в одной точке с помощью большой линзы — зеркальной параболической антенны. Усиленного таким образом сигнала достаточно для дальнейшего преобразования.

Форму рефлектора — «тарелки» описывают терминами: «мелкая» — длиннофокусная, или «глубокая» — короткофокусная.

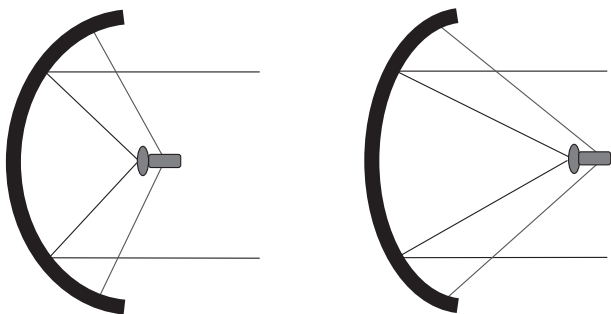


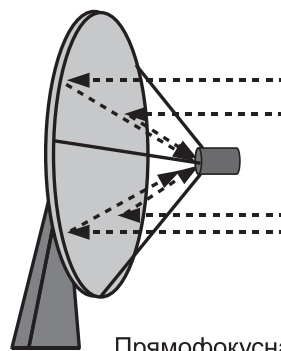
Рис. 2.7.3. Длиннофокусная и короткофокусная антенны

В системах спутникового приема чаще всего используют именно длиннофокусные рефлекторы.

Параболические зеркальные антенны подразделяются на два типа: прямофокусные (осе-



Офсетная антенна



Прямофокусная антенна

Рис. 2.7.4. Принцип работы прямофокусной и офсетной антенн

симметричные) и офсетные (с вынесенным из фокуса облучателем). Прямофокусные антенны фокусируют весь сигнал в центре рефлектора, офсетные антенны фокусируют принятый сигнал в стороне от центра рефлектора.

Обратите внимание на следующий факт: «тарелка» — это зеркало, на котором происходит отражение на определенный изготовителем угол, т. е. офсетная антенна имеет определен-

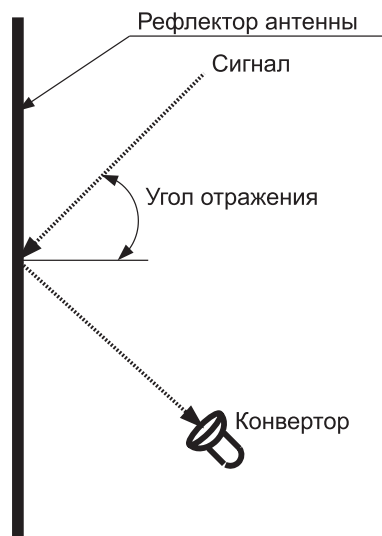


Рис. 2.7.5. Отражение принимаемого сигнала от рефлектора антенны