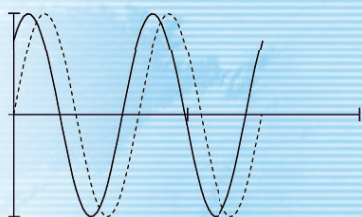
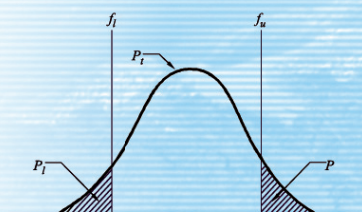
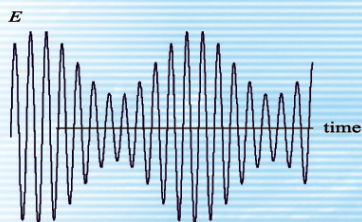


Справочник

Контроль использования спектра – Добавление



СЕКТОР РАДИОСВЯЗИ МСЭ

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Справки по вопросам радиосвязи

Обращайтесь по адресу:

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Тел.:	+41 22 730 5800
Факс:	+41 22 730 5785
Эл. почта:	brmail@itu.int
Веб-сайт:	www.itu.int/itu-r

Размещение заказов на публикации МСЭ

Обращаем внимание, что заказы не принимаются по телефону. Их следует направлять по факсу или электронной почте.

ITU
Sales and Marketing Division
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Факс:	+41 22 730 5194
Эл. почта:	sales@itu.int

Электронный магазин МСЭ:	www.itu.int/publications
---------------------------------	---

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью настоящего Добавления к Справочнику МСЭ-R по контролю использования спектра (издание 2002 г.) является своевременное предоставление обновленной информации по некоторым вопросам, до того как будет опубликовано следующее полное издание Справочника. В частности, в нем содержится полный законченный пересмотренный вариант Главы 3 "Оборудование для контроля использования спектра и автоматизация операций по контролю", параграфа 5.1 Главы 5 "Контроль излучений космических аппаратов" и Приложения 1 Справочника "Планирование системы контроля и тендеры".

Это Добавление было подготовлено Группой докладчика, созданной для этих целей 1-й Исследовательской комиссией по радиосвязи. Я выражаю мою глубокую признательность Докладчику, Докладчикам по главам и содокладчикам, авторам вкладов, участникам и всем, кто оказал всемерную поддержку и помощь в работе Группы докладчика для успешного завершения работы над данным Добавлением.

Валерий Тимофеев

Директор Бюро радиосвязи

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	iii
ГЛАВА 3 – ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО КОНТРОЛЮ	1
ГЛАВА 5 – СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ	87
5.1 – Контроль излучений космических аппаратов	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ПЛАНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ТЕНДЕРЫ	159

ГЛАВА 3

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО КОНТРОЛЮ

Стр.

3.1	Введение	3
3.1.1	Общие положения	3
3.1.2	Влияние помеховой обстановки	4
3.1.3	Интерфейс человек-машина	5
3.1.3.1	Основные принципы	5
3.1.3.2	Действия и результаты	6
3.1.3.3	Опознавание исполнительного механизма и требования к обратной связи.....	6
3.1.3.4	Компьютерный интерфейс	7
3.2	Контрольные и измерительные антенны	7
3.2.1	Общие положения	7
3.2.2	Подходящие конфигурации антенн.....	7
3.2.2.1	Задачи контроля использования спектра, связанные с ненаправленными антеннами.	8
3.2.2.2	Задачи контроля использования спектра, связанные с направленными антеннами.....	10
3.2.2.3	Обзор выбора антенн	12
3.2.3	Антенны для ОНЧ, НЧ, СЧ и ВЧ.....	13
3.2.3.1	Типы всенаправленных ОНЧ/НЧ/СЧ антенн	13
3.2.3.2	Общие соображения по ВЧ антеннам	15
3.2.3.3	Типы ВЧ антенн.	16
3.2.4	Антенны для ОВЧ, УВЧ и СВЧ.....	20
3.2.4.1	Типы ОВЧ и УВЧ всенаправленных антенн	20
3.2.4.2	Типы направленных ОВЧ и УВЧ антенн.....	24
3.2.4.3	Антенны для частот выше 3000 МГц.....	24
3.2.5	Расположение антенн	28
3.2.6	Антенны для подвижных станций контроля	31
3.2.7	Антенны для транспортируемых и переносных станций.....	34
3.2.8	Линии передачи и распределительные системы.....	36
3.2.8.1	Линии передачи	36
3.2.8.2	Распределительные системы.....	36
3.3	Приемники контроля использования спектра	42
3.3.1	Общие положения	42
3.3.2	Аналоговые приемники.....	42

3.3.3	Цифровые приемники	43
3.3.4	Синтезаторы частот для приемников	45
3.3.5	Типовые спецификации для приемников контроля использования спектра	45
3.4	Радиопеленгация	49
3.4.1	Общие положения	49
3.4.2	Антенны	49
3.4.3	Оборудование	50
3.4.4	Количество приемников	50
3.4.4.1	Одноканальные системы	50
3.4.4.2	Многоканальные системы (один эталонный канал и один или несколько коммутируемых каналов дискретизации)	52
3.4.4.3	N -канальные системы (N = число каналов приема = число антенн)	52
3.4.5	Обработка сигналов	53
3.5	Дополнительное и специальное оборудование	53
3.5.1	Оборудование для измерения частоты	53
3.5.2	Оборудование для измерения напряженности поля	54
3.5.3	Оборудование для анализа спектра и измерения ширины полосы	54
3.5.4	Оборудование для автоматического контроля занятости радиочастотного спектра ...	55
3.5.5	Записывающее оборудование	56
3.5.5.1	Средства записи	56
3.5.5.2	Широкополосная записывающая аппаратура	58
3.5.6	Оборудование для измерения модуляции	59
3.5.7	Оборудование идентификации	60
3.6	Автоматизация контроля	61
3.6.1	Введение	61
3.6.2	Автоматизация работ по контролю	62
3.6.2.1	Уровни автоматизации	63
3.6.2.2	Автоматизация станций	63
3.6.3	Компьютеризованные сети контроля	78
3.6.3.1	Введение	78
3.6.3.2	Интегрированные компьютеризованные национальные системы	79
3.6.3.3	Пример автоматизированной системы ВЧ/ОВЧ/УВЧ	82
3.6.4	Аппаратура и программное обеспечение для отчетов в автоматизированных системах	83

3.1 Введение

3.1.1 Общие положения

Аппаратура, имеющаяся на станции контроля использования спектра, должна соответствовать измерениям, для которых эта станция предназначена. Характер измерений вытекает из задач, возложенных на станцию. Эти задачи, в свою очередь, зависят от назначения и целей контроля использования спектра в стране, рассматриваемых в пп. 1.3 и 2.3. Характер и качество измерений определяют необходимые типы аппаратуры.

Станция контроля, которая будет принимать участие в международной системе контроля, должна иметь возможность проводить измерения с точностью, соответствующей техническим стандартам на эти станции, содержащимся в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R. Когда это применимо, эти Рекомендации упоминаются в пп. 3.3–3.5. Другие характеристики аппаратуры должны удовлетворять минимальным критериям, установленным в соответствующих частях пп. 3.3–3.5. Особое внимание необходимо обращать на обеспечение рекомендуемой линейности измерительных приемников и активных антенн, как говорится в п. 3.1.2, и учитывать влияние окружающей обстановки, например, близко расположенных металлических структур.

Минимальный набор аппаратуры станции контроля состоит из приемника и антенной системы в интересующем диапазоне частот. Примерную информацию о пеленге может предоставить поворотная направленная антенна. Также необходима и может быть обеспечена возможность измерения основной частоты и напряженности поля, которая может быть обеспечена за счет использования калиброванного приемника и антенны.

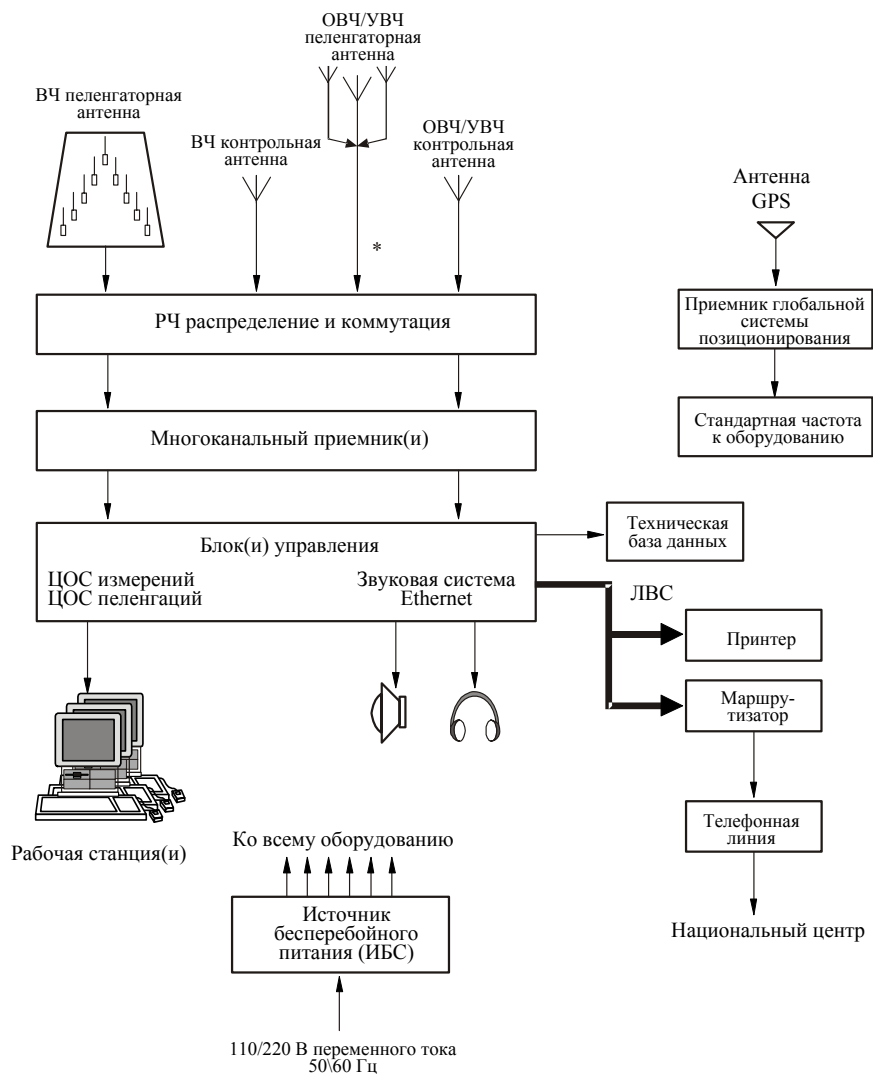
В дальнейшем эту систему можно было бы дополнить процессорным контроллером для автоматизации некоторых основных задач измерения и радиопеленгаторным оборудованием для получения информации о пеленге. В настоящее время на большинстве станций контроля используются автоматизированные средства, освобождающие операторов от выполнения отнимающих много времени рутинных измерений, например, проведения измерений занятости спектра.

Наиболее сложные системы контроля представляют собой иерархию национальных, региональных, удаленных и подвижных станций контроля, объединенных в единую сеть в реальном масштабе времени для обеспечения общего контроля многочисленных станций с одного пульта управления. Система этого типа основана на использовании компьютеров и сети с применением сложного программного обеспечения для освобождения операторов от однообразных, монотонных работ и значительного повышения скорости измерений. Она также повышает эффективность использования оборудования, так как решает прочие задачи, такие как поиск передатчиков, работающих без лицензии, в автоматическом режиме, когда оборудование не используется в других целях.

Блок-схема современной комплексной станции контроля использования спектра с минимальным комплектом аппаратуры приводится на Рисунке 3-1. На этой станции используются приемники в диапазоне 9 кГц – 3000 МГц для выполнения основных функций измерения частоты, напряженности поля, анализа модуляции и радиопеленгации. Блок управления позволяет проводить такие измерения, как занятость спектра, в течение определенного промежутка времени. Предусматривается соответствующая база данных, содержащая лицензионную и техническую информацию или обеспечивающая прямой интерфейс с базой данных системы управления использованием спектра. Эта техническая база данных содержит техническую информацию о лицензированных станциях и их параметрах, что позволяет комплексной станции определять частоты, на которых работают передатчики, не включенные в базу данных, и поэтому предположительно не имеющие лицензии, а также определять передатчики, работающие вне пределов их лицензированных параметров.

Следует отметить, что суммарная точность систем контроля зависит не только от спецификаций отдельных компонентов, например, приемников и антенн. На соответствующие параметры, например, линейность, чувствительность, точность измерения азимута и точность измерения напряженности поля также могут влиять тип и длина кабелей между системными компонентами, а также условия окружающей среды.

РИСУНОК 3-1

Блок-схема комплексной станции контроля использования спектра

Spec-3-01

3.1.2 Влияние помеховой обстановки

В идеальном случае станции контроля должны размещаться на таких площадках, где проведению контроля не мешают помехи от ближайших радиопередатчиков, или от линий передачи высокого напряжения, или от радиорелейных линий, проходящих через площадку. Кроме того, когда площадка выбрана или, что еще более важно, когда начались операции по контролю, площадка должна быть защищена посредством, например, частотного планирования.

Поскольку вышеупомянутые принципы не всегда могут соблюдаться, антенны и приемники станций контроля использования спектра в основном работают в условиях помех, как правило, намного более сильных по сравнению с условиями, испытываемыми обычными связными приемными антеннами и приемниками. Рабочая частота, местоположение, высота антенны, азимут и т. д. приемника фиксированной службы специально выбираются на этапе присвоения частот таким образом, чтобы

рассматриваемый приемник был в достаточной степени защищен (за счет обеспечения соответствующего частотного и территориального разнеса между радиостанциями, основанного, в частности, на заданных параметрах антенны и приемника) от воздействия помех, создаваемых передатчиками других радиолиний. После этого предпринимаются все меры по поддержанию такого уровня защиты в отношении всех новых частотных присвоений.

Напротив, антенны станций контроля использования спектра должны в идеальном случае устанавливаться на возвышенном месте, окруженном открытым пространством, для обеспечения приема сигналов от максимально возможного количества контролируемых передатчиков в пределах большой зоны обслуживания и на всех азимутах. Часто случается, что станции контроля размещаются в городах вблизи мощных передатчиков – включая и те, которые используются для звукового и телевизионного радиовещания – с высокими антеннами, или что такие мощные передатчики устанавливаются вблизи от существующих станций контроля. В таких случаях вопросу соблюдения требований частотного и территориального разнеса, являющемуся основной особенностью частотного планирования для средств радиосвязи, уделяется мало или вообще не уделяется внимание. В результате антеннам и приемникам станции контроля приходится, как правило, работать в условиях, намного более сильных помех по сравнению с другими средствами радиосвязи. Этот фактор налагает особые требования в отношении параметров, характеризующих фактическую защиту приемников и активных антенн от воздействия потенциальных помех.

Прежде всего, это касается таких параметров, как чувствительность и линейность приемника (точки пересечения второго и третьего порядка), ПЧ и подавление помех от зеркального канала, динамический диапазон приемника и линейность (точки пересечения второго и третьего порядка) активных антенн, а также их защита от помех (предел прочности). Эти параметры в значительной степени определяют в целом способность оборудования станции контроля проводить измерения и радиопеленгацию в условиях значительных и неуправляемых помех. Если в результате недостаточной защиты, обусловленной несоблюдением требований, указанных в пп. 3.2 и 3.3, антенна и/или приемник испытывают помехи, то в таком случае в результаты и измерения определенных (или всех) параметров излучения, и пеленгации могут быть внесены значительные ошибки; другими словами, данные будут недостоверны или могут быть просто недоступны. Поэтому, при применении антенн и приемников с неудовлетворительными характеристиками крупные суммы, израсходованные на установку станций и сетей контроля использования спектра, возможно, были растрочены попусту. Влияние мешающих сигналов, как правило, проявляется в виде интермодуляции и/или блокирования. Механизмы этих явлений рассматриваются в п. 3.3.2.

С учетом вышесказанного рекомендуется избегать применения для целей контроля использования спектра стандартных связных приемников, не удовлетворяющих полному набору требований, изложенных в пп. 3.2 и 3.3.

На результаты измерений и радиопеленгации, проведенных на площадке, большое влияние оказывают также другие антенны и окружающие металлические структуры, эта тема рассматривается в п. 3.2.5.

3.1.3 Интерфейс человек-машина

Для проведения работ на станциях контроля часто требуется ручное управление аппаратурой, включая приемники и обслуживающую их аппаратуру, а также интерактивное управление системами. Кроме того, при эксплуатации автоматизированных систем контроля использования спектра, описанных в п. 3.6, следует соблюдать определенные правила, касающиеся интерфейса человек-машина. Общее руководство содержится в IEC 447/4.93: Интерфейс человек-машина (MMI) – Принципы приведения в действие.

3.1.3.1 Основные принципы

Применение принципов приведения в действие, расположение и последовательность исполнительных механизмов должны быть однозначными, особенно на станциях контроля, персонал которых выполняет разнообразные задачи на аппаратуре различного происхождения. Должны приниматься во внимание необходимая скорость работы, аспекты эргономики и требуемый уровень защиты от непреднамеренных действий.

Исполнительные механизмы должны быть такими, чтобы их было легко опознать, они должны исполнять команду только при преднамеренном управлении механизмами (это ограничивает применение исполнительных механизмов с двойными функциями), в применяемом диалоговом методе должны учитываться аспекты эргономики в соответствии с поставленной задачей.

Во избежание ошибок оператора рекомендуется обеспечить:

- определенный приоритет команд и
- упрощение последовательности действий исполнительного механизма (например, путем автоматизации).

Исполнительные механизмы необходимо группировать логически в соответствии с их рабочей или функциональной связью. Можно использовать один или несколько следующих принципов группирования:

- группировка по функции или взаимосвязи;
- группировка по последовательности использования;
- группировка по частоте использования;
- группировка по приоритету.

3.1.3.2 Действия и результаты

Насколько возможно, необходимое действие исполнительного механизма должно соответствовать требуемым конечным результатам по направлению работы или относительному положению исполнительного механизма. Конечные результаты можно подразделить по эффекту увеличения или уменьшения.

В принципе существуют два различных метода выполнения противоположных действий:

- использование одного исполнительного механизма для работы в двух направлениях, например, маховика или ручки настройки;
- использование нескольких, например двух, исполнительных механизмов, скажем, нажимных кнопок, каждый из которых имеет только одно направление работы.

Некоторые операторы предпочитают пользоваться ручками настройки, особенно для установки частоты приемника и регулировки громкости. Таким образом, можно легко корректировать частоту во время прослушивания звукового сигнала с одновременной регулировкой усиления. Для работы двумя руками необходим достаточный разнос двух ручек.

3.1.3.3 Опознавание исполнительного механизма и требования к обратной связи

Визуальная, звуковая или тактильная информация/обратная связь будут способствовать улучшению интерфейса человек-машина. Реакция/результат действия исполнительного механизма должны быть немедленными, любая задержка может вызвать ошибочные действия пользователя. Примеры включают в себя:

- Светодиод (LED) может использоваться для индикации включенного состояния переключателя (предпочтителен светодиод янтарного или зеленого цвета).
- Каждое изменение установки (например, частоты, полосы частот, ослабления) должно немедленно отображаться на дисплее.
- Должна гарантироваться удобочитаемость информации на экране дисплеев как в освещенной солнцем, так и в затемненной комнате.
- В большинстве случаев звуковая обратная связь, поступающая помимо громкоговорителя, непригодна, так как может создавать помехи звуковому сигналу.
- Громкоговоритель предпочтительнее устанавливать на передней панели приемника, поскольку он может быть отключен телефонным штепселем.
- Панорамный спектральный дисплей помогает установить частоту и ориентацию антенны, когда приему мешают помехи. В идеале, дисплей должен работать в режиме реального времени и обладать возможностью цифровой памяти в режиме удержания максимумов. Добавление режима удержания минимумов позволяет легко выделить перемежающиеся сигналы на фоне непрерывных излучений.

- Доказано, что при ступенчатой настройке частоты с помощью ручки весьма полезно оснастить эту ручку магнитной фиксацией, которая обеспечивает тактильный контроль каждого шага и в то же время предотвращает непреднамеренную расстройку, вызванную, например, вибрациями. С другой стороны, магнитная фиксация в сочетании с маховиком позволяет осуществить быструю настройку.
Цифровая обработка шаговой информации должна обеспечить ускорение при возрастающей скорости настройки. Сочетание с клавиатурой допускает квазинепрерывную настройку ручкой и перестройку с канала на канал с использованием комбинации двух исполнительных механизмов, как описано выше.
- Полезно иметь аналоговую индикацию ручной настройки, например, в виде измерителя уровня и настройки, особенно при отсутствии панорамного спектрального дисплея. Аналоговый прибор помогает, например, ориентировать антенну по направлению максимального приема.

3.1.3.4 Компьютерный интерфейс

Вместо того чтобы оснащать каждый прибор различными интерфейсами пользователя, можно создать интерфейс пользователя на основе компьютеров, программного обеспечения и аппаратуры с дистанционным управлением, о чем говорится далее в п. 3.6. Такой интерфейс пользователя мог бы обеспечить единообразный доступ к управлению каждым прибором, ускоряя подготовку оператора. В качестве примеров, данные интерфейсы пользователя могут использовать окна меню и диалога либо графическое представление, например, в виде пиктограмм и символов. Эта техника особенно эффективна, когда она может быть приспособлена оператором для выполнения практических задач, допуская гибкость в подходе к выполнению задачи и методах обработки.

3.2 Контрольные и измерительные антенны

3.2.1 Общие положения

Приемные антенны предназначены для извлечения из окружающей среды максимально возможного уровня сигнала и передачи его на вход приемника при одновременном уменьшении шума и помех. Конкретные характеристики антенн станции контроля будут определяться, главным образом, их непосредственным применением. При выборе контрольной антенны необходимо рассмотреть такие факторы, как характеристики полезного сигнала, параметры, подлежащие наблюдению, характеристики места установки и возможное наличие любых помех.

Для лучшего приема антенны должны иметь поляризацию, соответствующую поляризации фронта волны приходящего сигнала, а для обеспечения передачи максимальной мощности – быть согласованными с полным сопротивлением линии передачи и входных цепей приемника. Всенаправленные диаграммы направленности приема полезны для общего контроля или для оценки использования радиочастотного спектра. Для контроля конкретного сигнала на частотах, совместно используемых несколькими передатчиками, может оказаться желательным иметь направленную антенну, которая либо подавляет один или несколько мешающих сигналов, либо усиливает полезный сигнал. Для некоторых видов наблюдений, например изучения напряженности поля, желательно, чтобы характеристики применяемой антенны были строго предсказуемы по частоте и не изменялись во времени. Подвижная станция с калиброванными антеннами может провести измерение средней напряженности поля в заданной зоне. Так как ни один тип антенн не обладает всеми свойствами, необходимыми для эффективного приема всего разнообразия сигналов, на станциях контроля требуется, как правило, иметь несколько различных антенн.

Описание различных типов антенн для конкретных видов применения с подразделением по диапазонам частот приводится в следующих пунктах.

3.2.2 Подходящие конфигурации антенн

Свойства электромагнитных волн, включая длину волны, резонанс, а также распространение сигнала и шума помогают выбирать антенны в отношении:

- Направленности и усиления, которые являются основными техническими параметрами антенн. Антенны можно разделить на две группы: всенаправленные антенны, у которых диаграмма направленности в азимутальной плоскости, в основном, круговая, и направленные антенны. Всенаправленные антенны могут использоваться для общих задач контроля использования спектра, когда положение передатчика неизвестно (степень занятости спектра, сканирование), а направленные антенны могут применяться для специальных задач (технические измерения), где нужна лучшая чувствительность.

- Диапазон частот ОНЧ, НЧ, ВЧ, ОВЧ, УВЧ или СВЧ.
- Размер и вес могут приниматься во внимание при выборе антенны, в зависимости от типа станции контроля: фиксированная, подвижная, транспортируемая или переносная.

3.2.2.1 Задачи контроля использования спектра, связанные с всенаправленными антеннами

Всенаправленные антенны подходят для выполнения следующих задач контроля использования спектра:

- поиск неизвестного передатчика,
- загруженность спектра,
- сканирование частот и диапазона,
- радиопеленгация,
- автоматические задачи.

Всенаправленные антенны также хорошо подходят для:

- технических измерений (измерения напряженности поля, ширины полосы и частоты), если известен коэффициент усиления антенны,
- отслеживания движущегося передатчика,
- идентификации и анализа услуг сетей мобильной или сотовой связи.

3.2.2.1.1 Полосы частот ОНЧ/НЧ/СЧ/ВЧ

В этих диапазонах частот длина волны очень велика, и непрактично использовать антенны размером порядка в четверть длины волны, при котором получается максимальная чувствительность антенны. Могут применяться активные антенны, но у них более низкая линейность из-за интермодуляции.

Фиксированные станции:

Стационарное оборудование контроля имеет меньшие ограничения по размеру и весу и потому может оснащаться более высококачественными антеннами. Стационарные станции контроля использования спектра должны создаваться вдали от крупных городов в сельских районах, где имеются достаточно большие земельные участки, на которых можно разместить все необходимые антенны.

Стационарные станции контроля использования спектра в полосах частот ОНЧ/НЧ/СЧ/ВЧ очень важны для анализа сигналов, передаваемых на большие расстояния и анализа передатчиков высокой мощности, включая контроль использования спектра вблизи границ или в больших странах, радиопеленгацию и однопозиционное пеленгование (SSL), при котором одна станция может измерять углы места и азимута и использовать информацию ионосферы для обнаружения передатчика.

Соответствующие всенаправленные антенны на таких станциях включают в себя:

- Антенную систему, которая обеспечит всенаправленный прием вертикально поляризованных сигналов в диапазоне коротких волн (2–30 МГц). Эта система может состоять из одной большой антенны, например, широкополосной обращенной конической антенны, нескольких перекрывающихся по частоте конических антенн монопольного типа или активной антенны.
- Как минимум одну всенаправленную активную антенную систему, поддерживающую и вертикальную и горизонтальную поляризацию или возможность приема сигнала с поляризационным разнесением, и охватывающую диапазон частот от 9 кГц до 30 МГц, в особенности, если имеются ограничения по пространству или экономике.
- Одну антенную широкоапертурную решетку радиопеленгации дальнего действия, которая может иметь размеры от 50 до 300 м для получения пеленгационных меток. Антенны могут быть и всенаправленными, и направленными. Другие станции контроля могут предоставлять дополнительные данные пеленга, и местоположение передатчика может быть определено при помощи триангуляции. Диапазон частот от нескольких 100 кГц до примерно 30 МГц.

Подвижные станции:

Размер антенны является важным ограничительным фактором для подвижных станций контроля использования спектра в диапазонах ОНЧ/НЧ/СЧ/ВЧ. Эти станции позволяют получать:

- Результаты измерения при движении вблизи передатчика. Например, если стационарная станция контроля не имеет возможности выполнить точные измерения, так как значение S/N слишком мало, то подвижная станция контроля использования спектра может приблизиться к передатчику для повышения значения S/N .
- Дополнительные линии пеленга (LoB), совместно со стационарной станцией контроля использования спектра, для увеличения точности определения местоположения.

Ограничения размеров в основном относятся к следующим антеннам:

- Короткий монополь (гибкие штыревые антенны),
- Диполь (с питанием из центра),
- Магнитные петли,
- Активные антенны.

3.2.2.1.2 Полосы частот ОВЧ/УВЧ

В этих диапазонах размер антенны менее важен, за исключением нижней части диапазона ОВЧ, где размеры антенны напрямую влияют на чувствительность. Фиксированные и подвижные антенны имеют похожие характеристики, основное отличие заключается в положении антенны и возможности поместить ее наверху мачты.

Типы всенаправленных антенн, встречающихся в этих диапазонах, включают в себя дипольные, конические и биконические антенны. Могут также использоваться направленные антенны, например, в системах радиопеленгации.

Стационарные станции:

Главным преимуществом стационарных станций контроля использования спектра является возможность поместить антенну наверху высокой стационарной мачты с целью увеличения зоны прямой видимости (LoS) для приема сигналов более удаленных передатчиков, чем это было бы возможно сделать на подвижных станциях. При использовании таких антенн в крупных городах важно попытаться уменьшить многолучевое распространение из-за отражений от зданий.

Всенаправленные антенны полезны для общего контроля вблизи стационарных станций и для охвата больших площадей, особенно в автоматическом режиме. Для достижения лучшей чувствительности в нижней части диапазона ОВЧ также нужны всенаправленные антенны большего размера.

Если стационарная станция расположена в пределах крупного города или рядом с ним, можно использовать две всенаправленные антенны контроля общего применения со средним усилением – одну с вертикальной и одну с горизонтальной поляризацией. Небольшое повышение чувствительности можно получить, используя систему вращающихся кроссполяризованных (вертикально и горизонтально) логопериодических антенн, имеющих в пределах необходимого частотного диапазона высокое усиление. Как правило, более экономически эффективным решением является увеличение высоты всенаправленной антенны, так как распространение ОВЧ/УВЧ волн происходит по линии видимости.

Подвижные станции:

В полосах частот ОВЧ/УВЧ для мобильного использования хорошо пригодны ненаправленные конические или биконические антенны:

- Их малые размеры и вес в сочетании с хорошими качественными показателями делают их хорошим компромиссным решением для установки на автомобилях.
- Эти антенны позволяют вести контроль и приведение радиопеленга во время движения.
- Их малый вес позволяет устанавливать их наверху выдвижных мачт, увеличивая область покрытия и уменьшая воздействие низких препятствий.
- Они могут осуществлять наблюдение совместно со стационарными станциями контроля. Например, когда стационарные станции контроля использования спектра перехватывают сигнал с низким отношением S/N , подвижная станция контроля может показать лучшие результаты, перемещаясь ближе к передатчику.
- Они позволяют осуществлять контроль там, где невозможно развернуть стационарные станции контроля использования спектра. Так как распространения в УВЧ-диапазоне осуществляется, по большей части, в зоне прямой видимости, очень часто оказывается невозможным охватить всю площадь при помощи стационарных станций контроля.

Эти станции полезны для контроля использования спектра в сотовых сетях:

- малые размеры сот благоприятствуют применению подвижных станций контроля,
- уровень принимаемого сигнала не требует антенн с высокой чувствительностью.

Переносимые/транспортируемые станции:

Преимущества у этих станций контроля использования спектра такие же, как и у подвижных станций контроля. Переносимые и транспортируемые антенны могут также использоваться для решения следующих задач:

- осуществление контроля с крыши зданий. Подвижные станции контроля использования спектра часто испытывают помехи от многолучевого распространения, и переносимые станции контроля могут быть решением по снижению воздействия многолучевого распространения;
- для осуществления контроля в сельской местности, станцию контроля использования спектра можно расположить на верхнем этаже или на удаленной точке, куда не может доехать автомобиль;
- для измерения в определенной точке или из здания (школа, больница).

3.2.2.1.3 Полосы СВЧ

В СВЧ диапазоне некоторые всенаправленные антенны имеют очень слабое усиление, а потери при распространении требуют антенн с высоким усилением; так что в этом диапазоне антенны контроля использования спектра обычно являются узконаправленными; всенаправленные антенны и фиксированные антенны для получения полезных результатов должны находиться в главном луче сигнала.

Подвижные всенаправленные антенны обычно используются только для нижней части диапазона СВЧ (частотах до 6 ГГц). Однако они часто используются для решения следующих задач:

- перехват, анализ и выполнение измерений потока прямого луча радиорелейной линии, когда антенна контроля использования спектра размещается около передатчика;
- анализ сотовых сетей.

3.2.2.2 Задачи контроля использования спектра, связанные с направленными антеннами

Направленные антенны полезно применять для решения следующих задач:

- для измерений известного передатчика с целью получения лучшего усиления в направлении сигнала, а затем улучшения контроля сигнала низкого уровня или получения лучшего S/N ;
- для технических измерений, где требуется хорошая направленность, для получения лучших результатов измерений путем увеличения значений S/N и уменьшения многолучевого распространения или помех;
- для контроля использования спектра диапазона СВЧ, где условия распространения требуют применения антенн с высоким усилением.

Поворотные устройства для СВЧ антенны должны быть очень точными. При повороте антенны требуется время на ее юстировку в направлении прихода сигнала. Поэтому направленные антенны не приспособлены для быстрого сканирования и для вычисления скорости.

3.2.2.2.1 Диапазоны ОНЧ/НЧ/ВЧ

В этих диапазонах требуются направленные антенны большого размера, и они применимы только на стационарных станциях, где имеются большие площади для их установки.

Стационарные станции:

Главной задачей направленной антенны в этих диапазонах является усиление либо чувствительности, либо полученного S/N . Главное применение состоит в том, чтобы контролировать международные или национальные сигналы.

В число соответствующих направленных антенн на таких станциях входят:

- Антенная система, которая обеспечит высоконаправленный прием вертикально поляризованных сигналов во всех секторах по направлениям азимута вокруг станции в диапазоне коротких волн. Другие варианты содержат отдельную логопериодическую звездообразную многовибраторную антенную решетку с шестью полотнами, или радиально-кольцевую схему двусторонних проволочных рамок.

- Антенная система, которая обеспечит высоконаправленный прием горизонтально поляризованных сигналов во всех секторах по направлениям азимута вокруг станции в диапазоне коротких волн. Другими вариантами могут быть большая вращаемая, подвешенная на проводах, горизонтально поляризованная, логопериодическая антенная решетка, недостаток которой состоит в том, что ей требуется до 60 или более секунд для полного оборота в азимутальной плоскости, или решетка из шести горизонтальных полотен, обеспечивающих покрытие 360° азимутальной плоскости шестью лучами по 60°.
- Одна широкоапертурная радиопеленгационная решетка дальнего действия, которая может иметь размеры от 50 до 300 м, для получения направлений пеленга. Антенны могут быть либо всенаправленными, либо направленными.

3.2.2.2.2 Диапазоны ОВЧ/УВЧ

Направленные антенны могут улучшить технику измерения путем уменьшения шума и помех и могут расширить зону покрытия и повысить S/N для решения общих задач контроля использования спектра и радиопеленгации. Отдельные направленные антенны могут быть с поворотным механизмом или могут использовать фиксированные массивы направленных антенн, покрывая все направления, например, круг из направленных наружу антенных решеток. Фиксированные решетки с направленными и всенаправленными элементами подходят для ОВЧ/УВЧ систем радиопеленгации.

Стационарные станции:

Для стационарной станции контроля использования спектра размер и вес менее важны, чем для подвижной станции, а направленные антенны являются хорошим дополнением к всенаправленным антеннам.

Подвижные станции:

Направленные антенны на подвижных станциях контроля использования спектра имеют преимущества, аналогичные преимуществам антенн на стационарных станциях, но их недостаток заключается в том, что вращающуюся антенну требуется устанавливать и обслуживать в условиях транспортного средства. Всенаправленная антенна на мачте, которую для улучшения приема можно поднять повыше, представляет собой отличную альтернативу вращающейся антенне. Также на автомобилях не требуется более высокая чувствительность, поскольку они могут передвигаться для увеличения S/N и улучшения приема.

3.2.2.2.3 Диапазон СВЧ

Из-за потерь при распространении на этих частотах для работы в СВЧ диапазоне хорошо приспособлены направленные антенны, так как они имеют высокий коэффициент усиления. Их главный недостаток состоит в направленности приходящего сигнала, то есть измерения должны проводиться в главном луче сигналов.

Стационарные станции:

Стационарные станции контроля имеют определенную задачу только при контроле СВЧ сигналов. Они бесполезны при работе с радиорелейными линиями, линией вверх спутниковой связи и сотовыми сетями. Стационарные станции контроля использования спектра требуются только для контроля работы линии вниз спутниковой связи. Применение больших направленных антенн на стационарных станциях контроля требуется при наблюдении сигналов линии вниз спутниковой связи. Эти параболические антенны могут иметь диаметр 10 м, что позволяет получить высокий уровень чувствительности.

Подвижные, транспортируемые и переносимые станции:

Для измерений в диапазонах выше 3 ГГц обычно требуется подвижная станция, для того чтобы поместить антенну в луч антенны или около него. Подвижные, транспортируемые и переносимые станции контроля позволяют использовать маленькие антенны, с диаметром до 1 м.

Их целью является:

- Перехват и анализ сигналов радиорелейных линий на трассе или в боковых лепестках излучения антенн,
- Анализ линий вверх спутниковой связи путем перемещения станции контроля использования спектра ближе к передающей антенне,
- Сигналы радиопеленгации с направленностью антенны. В диапазоне СВЧ точные результаты могут давать измерения с параболической антенной.

В этих диапазонах подвижные станции контроля использования спектра используют два главных типа антенн, рупорную или параболическую:

- Рупорные антенны имеют меньшее усиление и в результате меньшую чувствительность. Однако рупорные антенны имеют меньшую направленность, что может больше подходить для неизвестных сигналов.
- Параболические антенны имеют самое лучшее усиление и потому обеспечивают лучшую чувствительность. Однако высокая направленность таких антенн требует, чтобы направление к передатчику или источнику сигнала было точно известно или чтобы для определения источника проводилось автоматическое сканирование. В заключение можно отметить, что рупорные антенны хорошо приспособлены для общего контроля использования спектра на низких частотах СВЧ диапазона ($f < 18$ ГГц). На верхних частотах, где коэффициент потерь в тракте передачи высок, могут работать только параболические антенны.

3.2.2.3 Обзор выбора антенн

Выбор антенн должен помочь новым развивающимся технологиям цифровой обработки данных, например, интеллектуальным антеннам, которые позволяют всенаправленным антеннам приобретать направленные свойства. В Таблице 3-1 приведены общие указания по выбору антенн для различных задач контроля использования спектра.

ТАБЛИЦА 3-1

Выбор антенны в зависимости от задач контроля использования спектра и диапазона частот

	ОНЧ/СЧ/ВЧ					
	Применения контроля использования спектра				Применения радиопеленга	
	Всенаправленные антенны		Направленные антенны			
	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная
Петля	X	X	X ⁽¹⁾		X	X
Монополь	X	X	X ⁽¹⁾		X	X ⁽²⁾
Диполь	X	X	X ⁽¹⁾		X	X
Коническая/биконическая	X					
Логопериодическая по секторам	X					
Логопериодическая			X			
	ОВЧ/УВЧ					
	Применения контроля использования спектра				Применения радиопеленга	
	Всенаправленные антенны		Направленные антенны			
	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная
Монополь	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X
Диполь	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X
Коническая/биконическая	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X
Веерная антенна			X	X	X	X
Логопериодическая			X	X ⁽³⁾		

ТАБЛИЦА 3-1 (окончание)

	СВЧ					
	Применения контроля использования спектра				Применения радиопеленга	
	Всенаправленные антенны		Направленные антенны			
	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная	Стационарная	Подвижная/транспортная
Парабола			X	X		
Рупорная			X	X		
Логопериодическая			X	X	X	X
Наклонная	X ⁽⁴⁾	X				
Диполь					X	X

X⁽¹⁾: Используется как решетка с аналоговым и цифровым преобразованием.

X⁽²⁾: Только в диапазоне СЧ/ВЧ.

X⁽³⁾: Высота антенны важнее направленности; легче поднять меньшую всенаправленную антенну, чем направленную антенну, поэтому возимое логопериодическое приложение более практично, чем подвижное.

X⁽⁴⁾: С ограниченным покрытием, так как это – стационарная станция

3.2.3 Антенны для ОНЧ, НЧ, СЧ и ВЧ

3.2.3.1 Типы всенаправленных ОНЧ/НЧ/СЧ антенн

Ввиду очень больших длин волн в диапазонах ОНЧ, НЧ и СЧ (например, 10 000 м на частоте 30 кГц) размеры антенн на этих частотах неизбежно малы по сравнению с длиной волны. Поскольку сигналы в этих диапазонах поляризованы преимущественно вертикально, то для их приема обычно применяются вертикальные антенны. Простая вертикальная антенна, которая представляет собой только небольшой процент четверти длины волны, имеет преимущественно реактивное и большое полное сопротивление (импеданс). Обычно такую антенну можно сделать достаточно высокой, для того чтобы обеспечить требуемую величину чувствительности выше уровней атмосферных шумов.

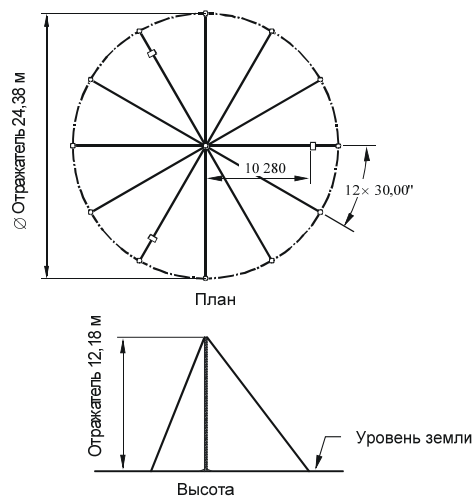
Когда размер антенного элемента физически ограничивается малой частью длины волны, что случается на ОНЧ и НЧ, активная антенна, как правило, обеспечит намного большее отношение сигнал/шум, чем при соединении антенны непосредственно с приемником без использования активного устройства для согласования сопротивлений. Чтобы избежать интермодуляции и перекрестной модуляции в активных цепях, следует обратить внимание на следующие технические данные:

Коэффициент усиления антенны $20 \log(E/U)$ должен быть в пределах	15–25 дБ
Уровень точки пересечения второго порядка (на выходе антенны) должен быть не менее	50 дБм
Уровень точки пересечения третьего порядка (на выходе антенны) должен быть не менее	25 дБм
Допустимая величина напряженности поля при уровне кросс модуляции 10 дБ должна быть не менее	10 В/м
Максимально допустимая среднеквадратичная величина напряженности поля помехи (порог повреждения в защите от грозных разрядов) должна быть не менее	20 кВ/м на 100 кГц и 200 кВ/м на 10 кГц

Современные активные антенны, удовлетворяющие приведенным выше требованиям, предлагаются несколькими изготовителями. В условиях высоких уровней местной напряженности поля, что представляет собой обычное явление на средних волнах, а также в диапазонах ЧМ радиовещания и телевидения, даже вышеуказанные требования для активной антенны недостаточны и необходимо использовать пассивные антенны, такие как высокий монополюс, высотой 12 м, показанный на Рисунке 3-2.

РИСУНОК 3-2

Типичная пассивная приемная антенна для диапазонов ОНЧ/НЧ/СЧ/ВЧ на частотах 9 кГц – 30 МГц

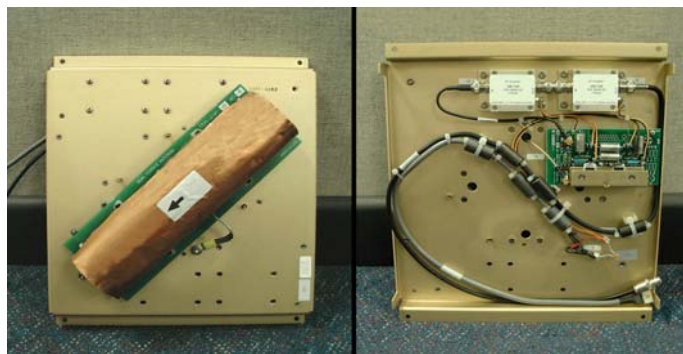


Spec-3-02

Одним из примеров компактной активной антенны, применяемой для целей как контроля использования спектра, так и пеленгации, является пара небольших активных магнитных рамок; вид сверху и снизу на одну из пар этих рамок показан на Рисунке 3-3. Такая антенна для охвата диапазона частот от 300 кГц до 30 МГц может иметь весьма небольшие размеры (коробка со сторонами примерно $0,3 \times 0,3$ м и высотой 0,1 м), но при этом ее чувствительность и точность азимутальной радиопеленгации не хуже, чем у антенн с гораздо большими габаритами (таких как антенная решетка из гибких штыревых антенн высотой 3 м).

РИСУНОК 3-3

Компактная активная антенна



Каждая рамка состоит из многовитковой катушки, намотанной на ферритовый стержень с высокой магнитной проницаемостью. Эта катушка защищена с помощью электростатического экрана, а ее выход подключен к трансформатору, все это снижает чувствительность антенны к местным возмущениям электромагнитного поля и, следовательно, улучшает точность радиопеленгации. Трансформатор обеспечивает согласование полных сопротивлений, ослабление синфазного сигнала и согласование с симметричным входом и несимметричным выходом.

Активные антенны, покрывающие частоты диапазонов ОНЧ/НЧ/СЧ/ВЧ (от 9 кГц до 30 МГц), могут быть также созданы как для горизонтальной, так и для вертикальной поляризации, как показано на Рисунке 3-4. Такая антенна имеет два выходных разъема, один для вертикальной поляризации, другой – для горизонтальной. Такая антенна при вертикальной поляризации охватывает частоты от 9 кГц до 80 МГц, а при горизонтальной поляризации – от 600 кГц до 40 МГц.

РИСУНОК 3-4

Активная антенна для вертикальной и горизонтальной поляризации

Spec-3-04

3.2.3.2 Общие соображения по ВЧ антеннам

Радиоволны диапазона ВЧ отражаются от слоев ионосферы, расположенных над землей на высотах от 100 до 300 км. Антенна должна направлять максимум излучения в сторону отражающих слоев ионосферы под желаемыми углами места и азимута, которые обеспечат охват требуемых мест.

Например, если передатчик находится на расстоянии 350 км от станции контроля, то максимум излучения от антенны должен быть под углом места почти 60° для отражения от слоя ионосферы высотой 300 км. В этом случае траектория луча от станции контроля до ионосферы и далее к передатчику образует примерно равносторонний треугольник с учетом прямой линии между станцией контроля и передатчиком; эта простая траектория с одним отражением называется односкачковой трассой. По мере увеличения расстояния, угол места или угол закрытия горизонта для односкачковой трассы уменьшается; угол закрытия горизонта односкачковой траектории может уменьшаться до 3° для самых протяженных трасс. Три градуса – это, как правило, минимальный угол закрытия горизонта, причем данное ограничение обусловлено наличием близлежащих холмов, других препятствий, а также завалом диаграммы направленного действия антенны при очень малых углах места. Вообще говоря, трасса в направлении приемника может состоять из нескольких скачков; например, двухскачковая трасса наблюдается в случаях, когда посередине между местом расположения передатчика и станцией контроля имеется отражение от земли, а также происходят два отражения от слоя ионосферы. Один или два скачка могут существовать по отдельности или одновременно. Когда две или несколько трасс наблюдаются в одно и то же время, это явление называется многолучевым распространением.

Вследствие довольно значительных уровней промышленных и атмосферных радиошумов на ВЧ обычно нет необходимости применения высокоэффективных приемных антенн. Например, кто-то возможно захочет использовать вертикально-поляризованную антенну по причинам зоны покрытия, обеспечиваемой ее диаграммой направленности, и согласиться с несколькими децибелами потерь антенны, поскольку потери этой антенны обычно не оказывают существенного влияния на чувствительность приемной системы.

Для целей приема гораздо важнее использовать антенны с высоким коэффициентом направленного действия, так чтобы увеличился уровень принимаемого антенной сигнала по отношению к шуму. Допуская, что со всех направлений принимается одинаковый уровень плотности мощности шума, что, как правило, и имеет место, общая мощность шума, принимаемая антенной, независима от коэффициента направленного действия антенны. Таким образом, отношение принимаемого сигнала к шуму возрастает за счет увеличения направленности приемной антенны.

Для обеспечения требуемого диапазона покрытия от коротких расстояний до длинных данная станция контроля может использовать несколько антенн. Выбор антенн может включать в себя всенаправленную антенну ближнего действия с высоким углом закрытия горизонта в сочетании с

несколькими направленными антеннами для работы на средние и дальние расстояниях. Кроме того, станция контроля может иметь ограниченный участок земли и может быть вынуждена использовать небольшое количество антенн одного типа, обеспечивающих наилучшее обслуживание для любой дальности. В данном разделе представлено несколько типов антенн наземных станций, которые могут быть выбраны для использования на площадках контроля. Для обеспечения высокой степени развязки между ВЧ передатчиками и ВЧ приемниками и для достижения условий с низким уровнем радишумов на приемной площадке, любой мощный ВЧ передатчик (>1 кВт) должен отстоять от станции контроля на расстояние, по меньшей мере, 5–10 км. Антенны для ВЧ диапазона должны охватывать полосу частот от 2 до 30 МГц.

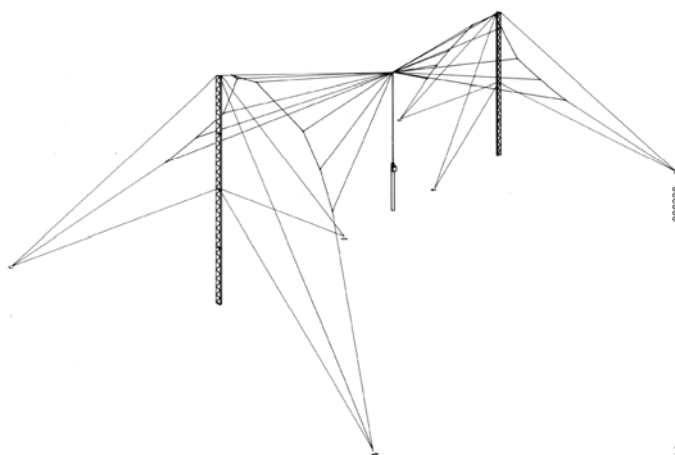
3.2.3.3 Типы ВЧ антенн

Горизонтальный широкополосный диполь (см. Рисунок 3-5)

Наилучшие типы антенн для ВЧ связи на малые и средние расстояния – это антенны с горизонтальной или круговой поляризацией, имеющие максимум излучения вблизи зенита. Земная волна, излучаемая ВЧ антенной с вертикальной поляризацией, ослабляется из-за потерь в земле и обычно не принимается на расстояниях более чем около 100 км над поверхностью земли и около 300 км над поверхностью океана. Все антенны с вертикальной поляризацией имеют наверху нулевой уровень диаграммы направленности и не подходят для проведения контроля пространственных волн в диапазоне ВЧ на очень коротких расстояниях. Горизонтальная широкополосная дипольная антенна служит примером антенны, которая может обеспечить охват на коротких расстояниях в полосе частот от 3 до 12 МГц при почти всенаправленной диаграмме излучения. Эти антенны имеют сравнительно небольшие размеры; примером такого горизонтально-поляризованного диполя является антенна, смонтированная на двух мачтах высотой 22 м и требующая участка земли примерно 66×38 м; эта антенна хорошо подходит для использования на приемной или передающей площадке, ограниченной существующими земельными владениями. Усиление этой антенны обычно составляет 5 дБи и более. Для получения намного больших значений усиления могут быть разработаны логопериодические антенны с горизонтальной поляризацией с целью обеспечения покрытия на малых расстояниях с практически всенаправленной диаграммой направленности на низких частотах, изменяющейся для связи на средние и дальние расстояния, и имеющие направленные свойства на более высоких частотах.

РИСУНОК 3-5

Горизонтальный широкополосный диполь для малых и средних расстояний



Spec-3-05

Вращающаяся логопериодическая антенна с горизонтальной поляризацией

При помощи логопериодических горизонтальных диполей, установленных на мачтах, можно получить более высокие значения усиления (до 12 дБи – в зависимости от высоты мачты). Эти направленные антенны имеют ширину луча по уровню половинной мощности обычно от 60° до 70° . При помощи механизма вращения антенну можно поворачивать для охвата всех углов азимута (см. Рисунок 3-6).

РИСУНОК 3-6

Пример горизонтально поляризованной антенны с приводом вращения для контроля диапазона 2–30 МГц

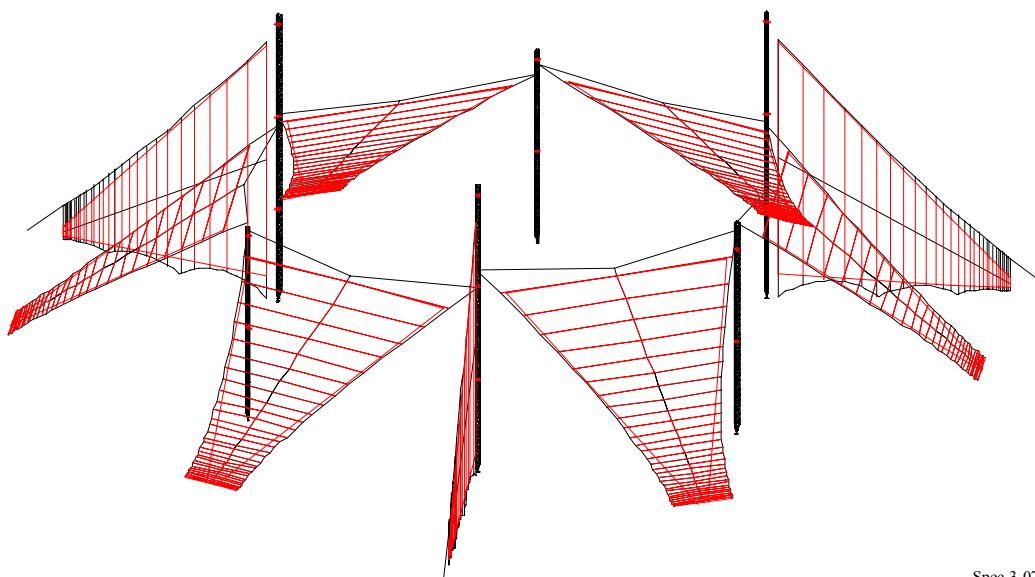


Логопериодическая звездообразная многовибраторная синфазная антенная решетка

Логопериодическая звездообразная многовибраторная синфазная антенна может формировать направленные лучи вертикальной, горизонтальной поляризации, или обеих поляризаций. Вертикально поляризованная решетка может состоять из шести полотен, каждое из которых формирует луч с шириной примерно 60° по уровню половинной мощности, и расположенных с интервалом 60° вокруг центральной несущей мачты (до 60 м высотой). Горизонтально поляризованная решетка может состоять из шести горизонтальных полотен, расположенных на шести несущих мачтах, что также даст покрытие азимута в 360° шестью лучами шириной по 60° . Решетка, поддерживающая оба вида поляризации, показана на Рисунке 3-7; этот конкретный пример содержит шесть горизонтально поляризованных антенн и три вертикально поляризованные антенны.

РИСУНОК 3-7

Пример логопериодической звездообразной многовибраторной синфазной антенны

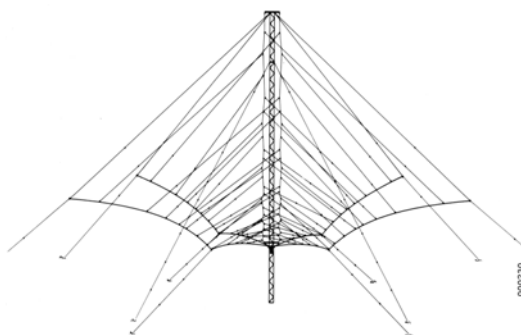


Всенаправленная логопериодическая антенна с круговой поляризацией (см. Рисунок 3-8)

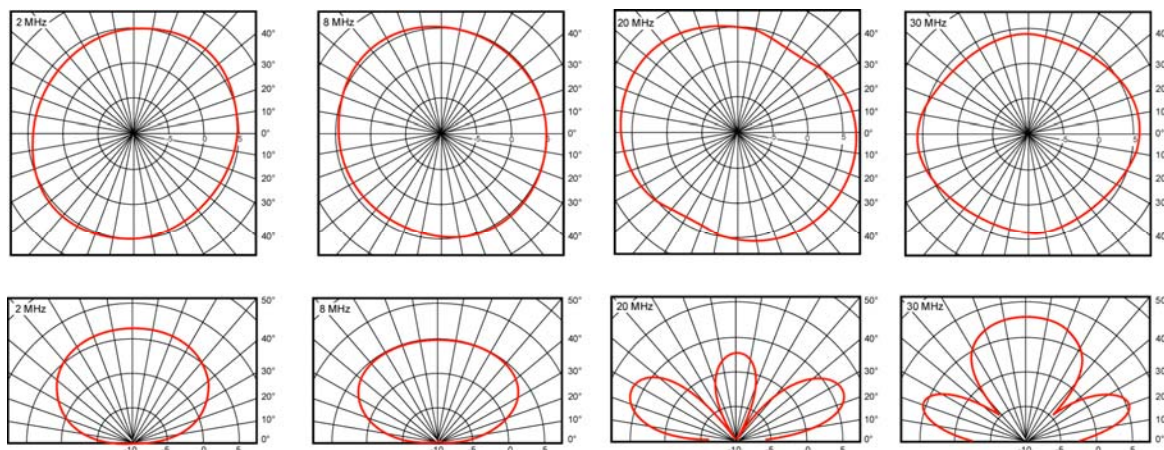
Типом антенны, обеспечивающим всенаправленное покрытие во всем диапазоне ВЧ, является логопериодическая антенна с круговой поляризацией (CPLPA). Эта антенна имеет преимущество, заключающееся в том, что одна и та же структура антенны позволяет обеспечить связь на расстояниях от коротких до средних. На более низких частотах антенна излучает при более высоких углах места для покрытия на коротких расстояниях, а на более высоких частотах угол закрытия горизонта снижается для приема с дальних расстояний. Данная антенна имеет одномачтовую опору и два ряда ортогональных логопериодических дипольных решеток, причем каждый диполь является инвертированным V-образным диполем с центральным возбуждением, соединенным с фидерами, поддерживаемыми по сторонам мачты. Мачта имеет высоту 28 м и требует квадратного участка земли со стороной в 94 м. Усиление этой антенны составляет 5 дБи.

РИСУНОК 3-8

**Логопериодическая всенаправленная антенна с круговой поляризацией
(дальность действия от коротких до средних расстояний)**



Азимутальные диаграммы направленности при угле места максимума луча (усиление в дБи)



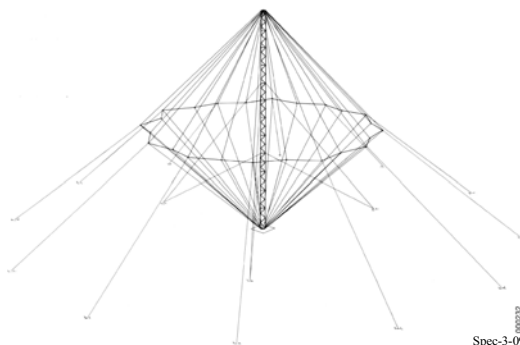
Спец-3-08

Широкополосная всенаправленная монополярная антенна с вертикальной поляризацией

Эта антенна является широкополосной всенаправленной антенной, которая может использоваться для приема земной волны на коротких расстояниях и пространственной волны на расстояниях от средних до дальних. Типичная вертикально-поляризованная широкополосная несимметричная вибраторная антенна показана на Рисунке 3-9. Размеры данной антенны для полосы 3–30 МГц составляют 25 м по высоте и 52 м в диаметре. Вертикально-поляризованная широкополосная несимметричная вибраторная антенна и антенна CPLPA имеют на низких частотах и при небольших углах закрытия горизонта почти равное усиление; однако, у CPLPA лучшие показатели на более высоких частотах.

РИСУНОК 3-9

Широкополосная вертикальная всенаправленная антенна – расстояния от средних до дальних



Рамочные антенные решетки

Неэффективные антенны с размерами, малыми по сравнению с длиной волны, такие как рамочные антенны, могут успешно использоваться в самых разнообразных применениях, связанных с приемом в диапазоне ВЧ. Шум, создаваемый из-за неэффективности работы антенны, оказывает на отношение сигнал/шум (S/N) то же влияние, что и другие источники шума. Когда внешний шум превосходит по уровню шум из-за неэффективности антенны (и внутренней электронной схемы, если имеется), то говорят, что антенна "ограничена внешним шумом". Внутренний шум антенны, "ограниченной внешним шумом", имеет в относительном плане несущественное значение, поскольку отношение сигнал/шум определяется источником более сильного внешнего шума. Когда внешний шум сравнительно велик, небольшие приемные антенны работают так же, как и полноразмерные эффективные антенны.

Базовая рамка представляет собой большую алюминиевую трубку с малой индуктивностью. Питание на нее подается в верхней средней точке через широкополосную пассивную согласующую схему. Одним из преимуществ рамок по сравнению с диполями является их более низкое входное полное сопротивление. Находящиеся поблизости проводящие объекты, такие как деревья, здания, а также снежный покров, оказывают на характеристики рамки относительно слабое влияние. Кроме того, поскольку сопротивление излучения антенн с размерами, малыми по сравнению с длиной волны, имеет небольшую величину, их взаимное влияние обычно незначительно, что позволяет строить из них конфигурации в виде различных антенных решеток, характеристики которых можно приспособить к конкретным требованиям приема.

Диаграмма направленности одиночной рамки в азимутальной плоскости, представляющая собой в горизонтальной плоскости фигуру в виде "восьмерки", становится еще более всенаправленной при более высоких углах прихода и практически не зависит от азимута при углах прихода более 50° . Сигналы от множества рамок могут складываться по фазе или "формировать лучи". Результирующая диаграмма антенны – направленная, пеленг которой соответствует одному из направлений антенной решетки. Диаграмма направленности антенны имеет максимум усиления при определенном угле ниже зенита. Увеличение количества рамочных элементов приводит к повышению коэффициента усиления и направленных свойств антенны. Хотя такая диаграмма направленности антенны полезна для целей контроля, если решетка из рамочных элементов используется при проведении радиопеленгации, эти рамочные элементы не должны объединяться, для того чтобы можно было по отдельности измерить характеристики каждого элемента.

Формирование луча осуществляется посредством подведения питающих кабелей от каждого элемента в решетке к блоку задержки/суммирования или устройству формирования луча, расположенному в физическом центре антенной решетки. В случае формирования ненаправленной диаграммы сигналы от каждого элемента задерживаются при помощи коаксиальных кабелей соответствующей длины или линий задержки, а затем складываются в сумматоре. При формировании двухлучевой диаграммы направленности сигналы разделяются и подаются в два отдельных ряда линий задержки, а затем складываются в двух отдельных сумматорах.

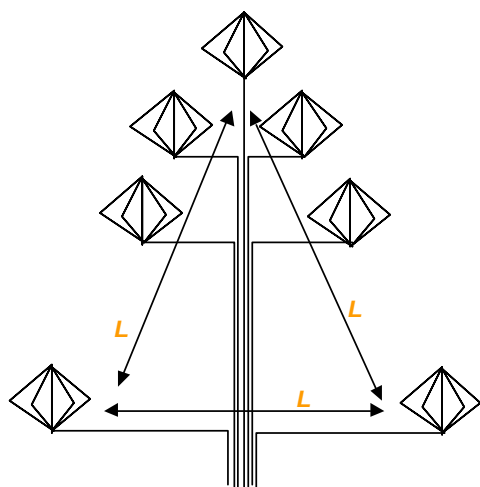
Несколько небольших антенных решеток часто объединяются в конфигурацию, имеющую форму розетки. Одна из широко распространенных розеток состоит из трех двухлучевых ветвей, расположенных с равными промежутками по азимуту, с общим центром. Каждая ветвь состоит из восьми рамок. Такая конфигурация рамок из трех ветвей и 24 элементов может создавать шесть лучей, отстоящих друг от друга по азимуту на 60° .

Крестовидная рамочная антенна

Другой тип рамочной антенны состоит из двух перпендикулярных активных рамок высотой примерно 2 м. Эта крестообразная рамочная антенна может использоваться как отдельно, так и в составе антенной решетки с коммутационным устройством связи и радиопеленгацией на основе принципа интерферометрии. Решетка состоит из семи или девяти элементов, включая эталонную антенну, установленную на двух краях равностороннего треугольника в круговой компоновке с апертурой примерно 200 м. Уменьшение апертуры уменьшит точность радиопеленга. Антенная решетка показана на Рисунке 3-10.

РИСУНОК 3-10

Крестовидная рамочная антенная решетка диапазона 1–30 МГц



Spec-3-10

В отличие от монопольной антенны эта антенна может принимать сигналы любых поляризаций. Переключатель внутри антенны позволяет выбирать один из двух портов крестообразных рамок, в зависимости от выбранной поляризации. Эти антенны наряду с принципом интерферометрической радиопеленгации могут осуществлять радиопеленгацию по ионосферным волнам и по линии прямой видимости, и превосходят антенны типа U-Adcock, которые способны работать только с вертикальной поляризацией и скользящим лучом прихода, главный недостаток ВЧ заключается в том, что в этом диапазоне частот присутствуют все виды поляризации. Принцип интерферометрической радиопеленгации позволяет проводить измерения по определению местоположения одной станцией (SSL), хотя в соответствии с принципом Уотсона-Уотта угол места не может быть измерен, и потому определить местоположение одной станцией SSL невозможно.

3.2.4 Антенны для ОВЧ, УВЧ и СВЧ

Условия распространения радиоволн ОВЧ и УВЧ диапазонов обычно ограничивают прием расстояниями, близкими к прямой видимости. Для увеличения зоны покрытия при приеме ОВЧ и УВЧ антенны обычно размещаются на вершине мачты, расположенной вблизи здания станции контроля. Таким способом сводятся к минимуму потери в коаксиальной линии, которые на этих частотах могут оказаться высокими.

3.2.4.1 Типы всенаправленных антенн для ОВЧ и УВЧ

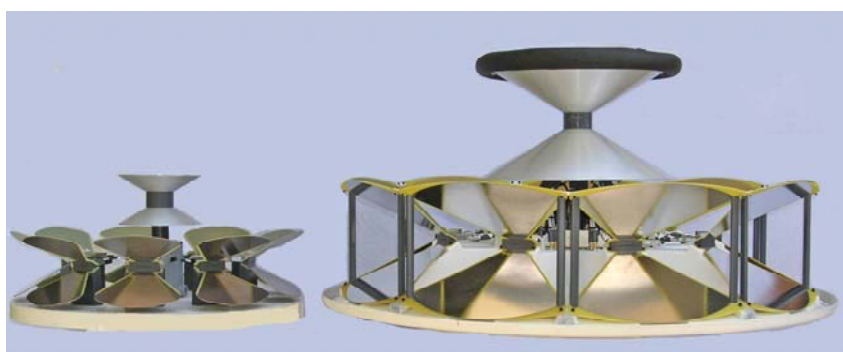
Одной из антенн, хорошо подходящих для использования в диапазоне ОВЧ/УВЧ, является широкополосная биконическая антенна, показанная в верхней части Рисунка 3-11а). Эта антенна может комплектоваться веерной решеткой из девяти элементов, также показанной на Рисунке, для обеспечения радиопеленгационного покрытия. Показаны два части конфигурации антенны. Малая конфигурация слева достаточно компактна и мало весит, так что она может использоваться как

переносимая или ее можно поместить на крышу стандартного пассажирского автомобиля как часть багажа для работы в роли незаметной подвижной станции радионаблюдения. Большая конфигурация справа имеется либо в версии вертикальной поляризации, либо в версии двойной поляризации (на Рисунке вертикальная версия); версия с двойной поляризацией имеет отдельные выходы для вертикальной и горизонтальной поляризации. Обе конфигурации обеспечивают очень хорошее покрытие в 150:1 частотном диапазоне от 20 до 3000 МГц, меньшая имеет ограничение чувствительности на частотах ниже 100 МГц.

Комбинация биконической антенны и девятиэлементного веера может использоваться для целей контроля и радиопеленгации по всему диапазону ОВЧ/УВЧ для применений как в фиксированной, так и подвижной связи; однако, на стационарных станциях для повышения чувствительности и точности измерений может использоваться другая, более крупная антенна (Рисунок 3.11a)), состоящая из пятиэлементной ОВЧ вертикальной дипольной решетки, показанной на Рисунке 3-12a).

РИСУНОК 3-11

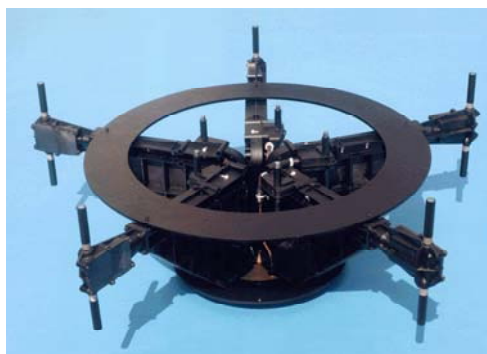
Примеры элементов ОВЧ/УВЧ антенны (обтекатель снят)



($D = 0,8 \text{ м} \times 0,4 \text{ м}$)

($D = 1,3 \text{ м} \times 0,7 \text{ м}$)

a)



($D = 1,1 \text{ м} \times 0,44 \text{ м}$)

b)



(Высота: примерно 0,8 м)

c)

Spec-3-11

На Рисунках 3-11b), 3-11c), 3-12b) и 3-12c) показаны другие антенны, применяемые для контроля использования спектра и радиопеленгации в диапазоне ОВЧ/УВЧ. На Рисунке 3-12c) показана вертикальная дипольная ОВЧ решетка из девяти элементов.

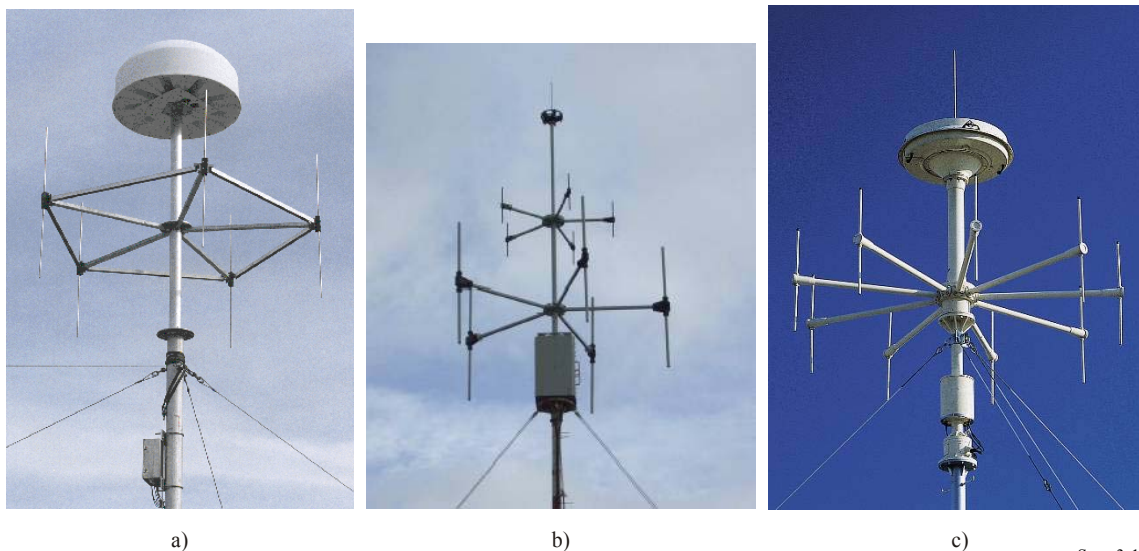
Для получения оптимальных характеристик в применениях, требующих большого динамического диапазона (хорошей чувствительности и малых искажений), эта антенна должна использовать пассивные антенные элементы, за которыми размещаются активные РЧ переключатели и предварительные усилители. Использование пассивных антенных элементов гарантирует, что в антенне не будет паразитных помех, а будут хорошо работающие диаграммы и характеристики усиления/фазы для точности радиопеленгации, и она не будет создавать искажений (интермодуляционных или гармонических), которые являются общей проблемой в активных элементах антенн. Пример такой антенны приведен на Рисунке 3-12b); три независимых комплекта диполей объединены в пятиугольную структуру и позволяют покрывать частотный диапазон 20–3000 МГц при вертикальной поляризации.

Этот тип антенн предназначен для обеспечения наилучшей устойчивости плохой погоде и молниям. Защита от молний имеет наивысшую важность для радиопеленгационных антенн ОВЧ/УВЧ, которые по своей природе должны устанавливаться в самой высокой доступной точке области, подлежащей контролю, тем самым подвергая себя риску поражения молниями. Антенна на Рисунке 3-12b) имеет один защищенный металлический ящик, в котором находится оборудование для контроля использования спектра и радиопеленгации, таким образом, оно защищено от молний. Конструктивная система труб этой антенны обеспечивает заземление электрических разрядов, принимаемых молниеотводом, установленным наверху антенны.

Следует учитывать, что активные антенны могут иметь паразитные помехи, создающие искажения, как интермодуляционные, так и гармонические, у них меньше среднее время безотказной работы (MTBF), а со временем их качественные показатели меняются, хотя они также имеют и преимущества, например, больший диапазон и больший коэффициент усиления антенны при меньших размерах и весе. Также следует учитывать использование по назначению и место установки так, чтобы преимущества и недостатки каждой технологии были правильно учтены.

РИСУНОК 3-12

Примеры антенных решеток для ОВЧ/УВЧ (20–3000 МГц)



Spec-3-12

Например, можно рассмотреть создание станции контроля использования спектра в городских районах с интенсивным использованием спектра. Такая установка может быть необходима для контроля низкоуровневых передач, которые невозможно обнаружить даже очень чувствительными станциями и теоретически идеальными станциями, расположенными вне центра города. Из-за высоких радиочастотных уровней в центрах городов антенны и работа и эффективность широкополосных коммутационных устройств, используемые на станциях контроля использования спектра, будут подвергаться сильному воздействию в этих районах, вынуждая пассивно использовать

пассивные антенны и/или даже фильтры и более селективные в отношении диапазона системы чтобы, например, избежать помех.

Однако антенны с пассивными элементами обладают низкой чувствительностью, если только это не антенны с большими размерами и не построены для работы в нескольких диапазонах, что позволяет оптимизировать характеристики антенны в сравнительно узких полосах частот. Это может привести к усложнению структуры антенны и к трудностям ее установки и обслуживания. Предпочтительнее, если за пассивными элементами следуют РЧ предусилители с очень большим динамическим диапазоном и схема РЧ коммутации, в этом случае антенна может охватывать широкий диапазон частот и иметь хорошую чувствительность. Такой вариант возможен, если и пассивные элементы антенны и активные РЧ усилители работают при одном и том же полном сопротивлении; при этом возможно создавать предусилители и коммутаторы с очень большим динамическим диапазоном и широкополосными характеристиками.

Схемы РЧ коммутации и предусиления с очень большим динамическим диапазоном должны физически размещаться в антенне, в целях исключения необходимости прокладки согласованного по фазе РЧ кабеля между антенной и остальной системой при использовании для радиопеленгации, а также в целях обеспечения линейного усиления вблизи источника сигнала для преодоления помех в кабеле, которые иначе приведут к увеличению коэффициента шума системы и в связи с этим снизят чувствительность. Используемый в антенне РЧ предусилитель должен иметь РЧ рабочие характеристики, существенно превышающие характеристики приемника, к которому подключается антенна, поскольку РЧ предусилитель должен работать во всем спектре ОВЧ/УВЧ, хотя в приемнике обычно имеются фильтры преселектора, ограничивающие количество РЧ энергии сигнала, которую должны обрабатывать РЧ входные каскады приемника.

Другая полезная антенна показана на Рисунке 3-13, где изображен широкополосный коаксиальный диполь ОВЧ/УВЧ с оптимальной производительностью в частотном диапазоне от 80 до 2000 МГц. В нижнем частотном диапазоне вертикально поляризованная антенна работает в коаксиальном режиме, а в верхнем диапазоне – во всенаправленном волноводном режиме.

Как указывалось выше, активные антенные системы могут уменьшить размер антенн для ОВЧ/УВЧ. На Рисунке 3-14 показана система активных широкополосных антенн, использующая активные диполи в качестве основного элемента с широким динамическим диапазоном и высокой чувствительностью. Вертикальная антенна является активным диполем с центральным возбуждением для диапазона частот от 20 до 1300 МГц. Горизонтальная антенна охватывает частотный диапазон от 20 до 500 МГц и создана как турникетный тип, состоящий из двух активных широкополосных диполей, объединенных при помощи гибрида для создания практически всенаправленной ДНА. Эти маленькие активные антенны очень хорошо подходят для широкополосных систем контроля использования спектра, включающих распределение сигнала на множество приемников, так как система распределения будет более простой, имея только одну антенну для всего диапазона частот.

РИСУНОК 3-13

ОВЧ/УВЧ широкополосный диполь

РИСУНОК 3-14

Активная антенная система ОВЧ/УВЧ

Другим эффективным техническим решением для улучшения характеристик всенаправленных ОВЧ/УВЧ антенн контроля использования спектра являются скорее монтажные преобразователи радиосигналов на промежуточных частотах в антеннах (преобразователи промежуточных частот (ПЧ)), чем усилители [Ashikhmin *et al.*, 2006], [Rembovsky *et al.*, 2006].

Улучшение характеристик антенны в таком случае достигается за счет уменьшения длины высокочастотного кабеля до минимального значения, учитывая, что этот кабель является главным источником шума при передаче принятых сигналов от элементов антенны радиоприемнику. Расположение преобразователей ПЧ в непосредственной близости от элементов антенны позволяет убрать воздействие кабеля на антенну (которая, в этом случае, передает сигнал ПЧ), а также передать сигнал ПЧ на расстояние до нескольких сотен метров. В результате увеличивается чувствительность и динамический диапазон системы.

3.2.4.2 Типы направленных ОВЧ и УВЧ антенн

В диапазонах ОВЧ и УВЧ потребность в антеннах, имеющих низкий коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) и равномерные диаграммы направленности, привела к разработке антенных решеток, состоящих из ряда элементов, характеристики которых следуют логарифму частоты (логопериодических). Эти антенны можно выполнить таким образом, чтобы получить умеренное усиление (обычно 10 дБи) при хорошей направленности (типичный коэффициент направленности 14 дБ) и диаграмму, которая остается постоянной в диапазоне частот до примерно 10:1. Диаграмма излучения обычно широкая, приближающаяся на большинстве частот к аналогичной диаграмме дипольной антенны с рефлектором и директором. Постоянные усиление, диаграмма и характеристики импеданса подходят для объединения антенн в широкополосную решетку в целях использования в тех случаях, когда требуются остронаправленные антенны. В частности, логопериодическая антенна служит хорошим облучателем для параболических рефлекторов на УВЧ, где желательно иметь очень узкие лучи.

Эта антенна обычно сооружается из ряда излучающих элементов, устанавливаемых вдоль центральной линии передачи, через которую к ним подводится питание. Отдельные элементы в виде дипольной пары проектируются так, чтобы они имели необходимые для антенны характеристики в узкой части рабочей полосы частот и, по возможности, сохраняли эти характеристики постоянными в своей активной полосе частот. Интервалы между отдельными элементами постоянны в соответствии с логарифмом частоты. Число интервалов зависит от требуемого усиления и КСВН всего антенного устройства.

Перекрывание характеристик отдельных элементов антенны образует активную зону, состоящую из нескольких соседних элементов, которая при изменении частоты плавно перемещается вдоль структуры. Коэффициент стоячей волны по напряжению антенны имеет прямую зависимость от числа элементов в ее активной зоне на конкретной частоте и от к.п.д. энергии взаимодействия электромагнитной волны и линии передачи.

Ряд изготовителей предлагает полные логопериодические антенны как для широкополосного применения, так и для узкополосных специальных служб. Подробная информация о конструкциях антенн содержится в публикациях, перечисленных в разделе "Библиография" и в других источниках.

3.2.4.3 Антенны для частот выше 3000 МГц

При контроле на больших расстояниях для достижения необходимого высокого усиления применяются, главным образом, параболические антенны с облучателем. Усиление зависит от соотношения диаметра параболической антенны и длины волны, а также от коэффициента использования площади раскрыва антенны.

Для оптимизированной антенной системы в СВЧ диапазоне необходимо учитывать несколько параметров: применение в узкой или широкой полосе частот, общий контроль или наблюдение за сигналами.

Для применения в узкой полосе частот рупорный или волноводный облучатели, диполь или скрещенные диполи можно размещать непосредственно в фокусе параболического отражателя. Отношение фокусного расстояния к диаметру можно оптимизировать в направлении высокого к.п.д., достигаемого уменьшением потерь, вызванных либо недостаточным облучением, либо боковым излучением. В результате будет получено максимально возможное усиление антенны.

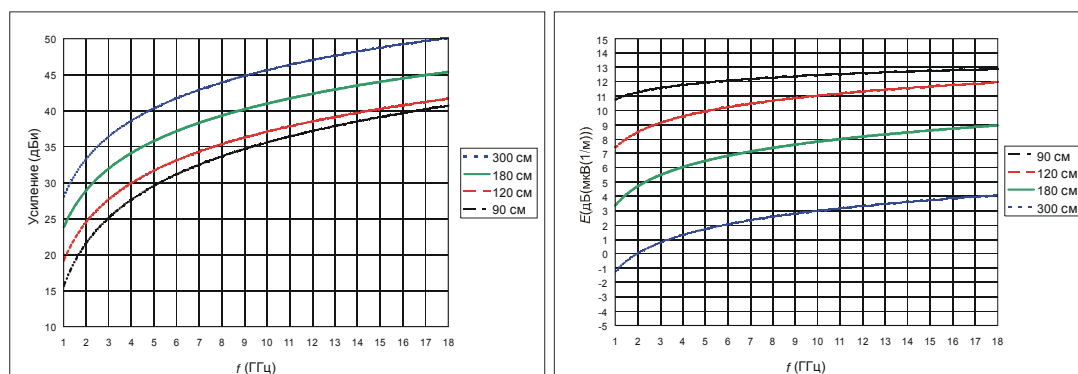
В целях контроля и наблюдения для обнаружения сигналов требуются высокое усиление и значительная ширина луча. В этом случае общепринятый метод состоит в фокусировке и расфокусировке облучателя антенны с помощью механического устройства с приводом от электродвигателя. Возможно изменение ширины луча в пределах от 1:4 до 1:10.

Для широкополосных применений можно использовать логопериодические антенны линейной или двойной линейной поляризации, конические спиральные антенны или резонаторно-щелевые антенны, причем последние – преимущественно для круговой поляризации. Широкополосные облучатели, основанные на логопериодическом принципе, не имеют постоянного фазового центра. В зависимости от частоты фазовый центр перемещается от самых коротких к самым длинным излучателям устройства. Если устройство размещается в рефлекторе и рассчитано на определенную частоту, то на других частотах оно будет расфокусировано. Потери, вызванные расфокусировкой, можно снизить оптимизацией, основанной на расчете других параметров (например, соотношения длины и диаметра). Для исключения этих потерь можно использовать механическую фокусировку, описанную выше.

Еще одно решение состоит в применении отражателя специальной формы, которая не является строго параболической. В этом случае усиление антенны возрастает, а ширина луча уменьшается до определенной частоты, а далее эти параметры остаются примерно постоянными (см. Рисунок 3-15).

РИСУНОК 3-15

Усиление и наименьший измеряемый уровень напряженности поля для отражателей разного диаметра с линейным облучателем



Микроволновые антенны для контроля сигналов, приходящих с определенного направления, устанавливаются стационарно на треноге или на мачте. В этом случае для наведения антенны точно в желаемом направлении предусматриваются средства ручной регулировки. В зависимости от отношения диаметра к длине волны ширина луча антенны может составлять от 20° до $0,05^\circ$.

Антенная система для общего контроля устанавливается на одно- или двухосных платформах высокой точности позиционирования. Ее размеры и стоимость зависят от диаметра отражателя антенны и могут быть самыми разными, если требуется обеспечить их эксплуатацию и устойчивость при высоких скоростях ветра. Для наземного контроля используются одноосные платформы с вращающимися соединениями или со скручивающимся кабелем. Последний имеет ограниченный диапазон угла поворота по азимуту (например, 360°). Угол места может регулироваться вручную или дистанционно в пределах $\pm 10^\circ$.

Для спутникового контроля двухосные платформы допускают добавочное перемещение от -10° до более чем $+90^\circ$.

Платформы с приводом от электродвигателя управляются дистанционно посредством блоков управления с различными возможными режимами работы, такими как изменение скорости, предварительная установка положения, сканирование и выбор антенны. Для интеграции системы предусмотрены параллельные и последовательные компьютерные интерфейсы. Типичная блок-схема представлена на Рисунке 3-16. Эти комбинированные устройства известны как "активные облучатели" либо с широкополосными предусилителями (например, от 1 до 18 ГГц), либо с переключаемыми усилителями, имеющими полосы частот шириной в 1 октаву. Пример такого облучателя приведен на Рисунке 3-17.

РИСУНОК 3-16

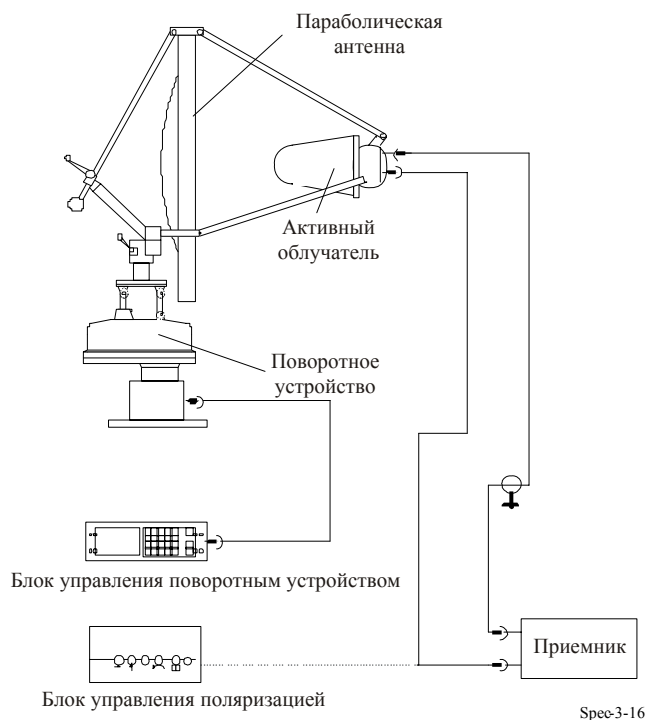
Блок-схема микроволновой антенны 1–18 ГГц с управляемой диаграммой направленности

РИСУНОК 3-17

**Пример облучателя для антенной системы с отражателем диапазона 1–18 ГГц
(поперечный разрез обтекателя антенны)**

Spec-3-17

Поэтому также поставляются блоки управления для дистанционной регулировки поляризации и частотного диапазона. Дополнительные функции включают в себя: переключаемое обходное устройство, аттенюаторы и встроенные ограничители. Также рекомендуется установить преобразователи принимающей системы поблизости от антенны для получения лучшей производительности системы.

В отражателях больших антенн фидер находится не в фокусе параболы, а наверху. Гиперболический субрефлектор отражает излучение. Кроме того, отражатель также может запитываться в "режиме смещения", при котором отражатель антенны находится в наклонном положении вне зоны вторичного излучения отражателя.

Для особых применений могут использоваться рефлекторы двух форм, например, цилиндрический параболический или косекансный. В таком случае ширина диаграммы направленности антенны по азимуту и наклону отличаются в зависимости от применения.

Для подвижных применений, когда площадь крыши ограничена, могут применяться всенаправленные антенны. Наклонные всенаправленные антенны с линейной поляризацией получают все поляризации, включая вертикальную, горизонтальную, круговую левого вращения и круговую правого вращения и охватывают множество частотных диапазонов. Обычно покрытие диапазонов включает в себя: 1–4 ГГц, 4–18 ГГц, 1–18 ГГц и 12–40 ГГц.

Таким образом, имея три относительно небольшие антенны (максимальный диаметр – 300 мм), можно охватить весь диапазон. Очень важно, чтобы эти антенны были установлены как можно ближе к приемнику (в пределах примерно 3 м), чтобы в коаксиальных кабелях соединения были небольшие потери при ослаблении.

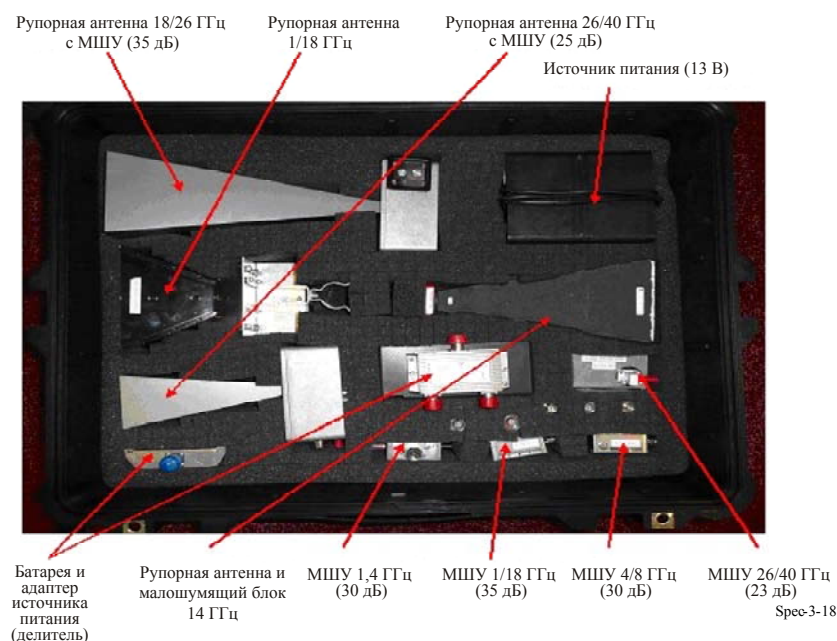
Можно рассмотреть компактное решение для измерения СВЧ-диапазона от 1 до 40 ГГц и выше, состоящее из нескольких рупорных антенн и одной треноги.

В диапазоне от 1 до 18 ГГц во избежание внесения значительного шума, должны использоваться избирательные фильтры, а усиление антенны LNA должно быть ограничено (менее 20 дБ). В диапазоне от 18 до 40 ГГц и выше результаты измерения можно улучшить при помощи волноводов. Так как волноводы по определению представляют собой полосовые фильтры, могут быть использованы усилители большего усиления.

С учетом этих соображений на Рисунке 3-18 приведен обычный пример миниатюрной системы. Она находится в переносном чемоданчике, содержащем набор рупорных антенн с усилителями, фильтрами, электропитанием, батареями и кабелями для проведения вычислений в диапазоне 1–40 ГГц.

РИСУНОК 3-18

Типовое компактное решение для проведения измерений в СВЧ диапазоне



Дополнительно в чемоданчик можно добавить несколько кабелей и адаптеров. Габариты чемоданчика составляют $600 \times 500 \times 230$ мм, а его вес в полной загрузке равен 16 кг.

3.2.5 Расположение антенн

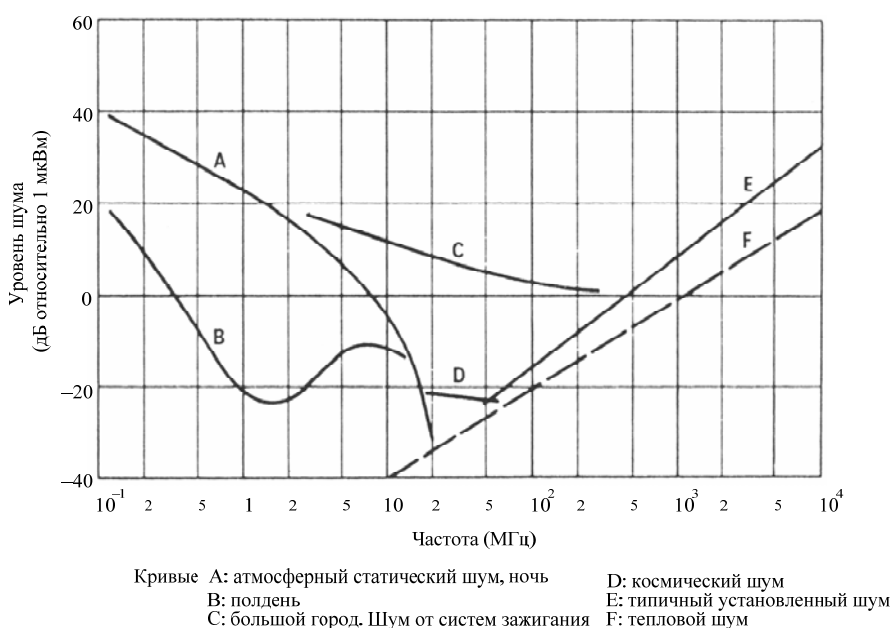
При выборе местоположения антенн станции контроля необходимо руководствоваться тремя основными соображениями: уровнем шумов, вызывающих помехи, влиянием местности на характеристики антенн и помехами, создаваемыми одной антенной другим, расположенным поблизости. Все эти факторы должны быть рассмотрены перед утверждением приемлемого места для антенн и их расположения. Влияние близлежащих металлических структур, таких как антенные мачты и мачтовые растяжки, должно рассматриваться во время проектирования антенной структуры. На выбор места и планировку самой станции контроля влияют и другие факторы, например экономические и политические.

Шум, создающий помехи радиоприему, можно подразделить на две основные категории: естественный и промышленный.

К естественному относится шум, источниками которого служат различные природные явления как на самой Земле, так и в окружающей ее небесных системах. Главным компонентом естественного шума, генерируемого на Земле, являются статические разряды, исходящие из многочисленных грозных центров, активность которых на земном шаре проявляется почти непрерывно. Активность гроз наиболее высока в экваториальных районах, а возбуждаемый ими шум излучается по направлению к полюсам, проявляясь в компонентах атмосферного шума, которые имеют наибольшую величину вблизи экватора и наименьшую – вблизи полюсов. Вне Земли имеются мощные источники космического шума (в частности, в созвездиях Стрельца и Кассиопеи). Их вклад может составлять значительную часть шума, принимаемого антеннами, расположенными в районах с низкими уровнями атмосферного шума, например в высоких широтах. Как видно из Рисунка 3-19, на большинстве частот космический шум обычно маскируется другими источниками, но в некоторых случаях он может стать существенным, особенно если лепесток приемной антенны ориентирован в направлении источника сильного шума.

РИСУНОК 3-19

Типичный средний уровень шума в полосе шириной 6 кГц (диапазон частот от 100 кГц до 10 ГГц)



Помехи приему со стороны источников промышленного шума могут быть многообразными (см. также пп. 2.6 и 4.3). Одним из наиболее существенных источников шума, которого следует избегать при выборе места для антенны, является близко расположенная радиовещательная станция. Даже если рабочая частота станции будет значительно отличаться от предполагаемых частот контроля, может возникнуть существенная помеха вследствие излучения побочных составляющих и гармоник основной частоты, а также из-за интермодуляции или других явлений, вызванных перегрузкой цепей приемника на высокой, промежуточной и звуковой частотах. Чувствительность приемника может также уменьшиться, даже если не отмечаются побочные эффекты.

Другие источники промышленных шумов, например, рентгеновские и диатермические установки, средства производства и распределения высоковольтной энергии, процессы сварки и интенсивного промышленного производства, уличное освещение, значительная концентрация движения автотранспорта и даже обширные зоны жилых строений, могут создавать значительные уровни помех, способные подавить полезные радиосигналы. Кроме непосредственного излучения, шум от этих источников может распространяться по линиям электропередач и вызывать помехи в зонах, расположенных на значительно больших расстояниях, чем зоны, затронутые прямым излучением.

После того, как подходящее местоположение выбрано, исходя из критерия помех, создаваемых шумами, необходимо изучить влияние местности на прием. Это особенно важно ввиду того, что антенны контроля обычно размещаются в одном месте с антеннами пеленгации. Для последних важно, чтобы местность была плоской, не имела резких перепадов и была свободной от препятствий во всех направлениях для исключения ошибок в азимутах прихода радиоволн. Расположение станций контроля и радиопеленгаторов рассматривается в пп. 2.6 и 4.7. Однако очевидно, что за исключением ограниченных специальных задач контроля, хорошее место расположения пеленгатора является также хорошим местом для расположения антенн контроля.

Одним из эффектов, который необходимо учитывать при выборе места, где должны быть одновременно установлены несколько различных антенн, является взаимное влияние, которое будет происходить между ними и с другими близлежащими металлическими структурами, такими как антенные мачты, мачтовые оттяжки, заборы, металлические трубы, лестницы и другие металлические предметы.

Взаимное влияние между несколькими антеннами будет наиболее существенным для антенн похожих типов, либо предназначенных для одного и того же диапазона частот, либо достигающих состояния, близкого к резонансу, на одной и той же частоте. Например, рекомендуется располагать две ромбические антенны на расстоянии не ближе 10 длин волны, когда одна из них оказывается в лепестке другой на используемых частотах приема. Для сведения к минимуму помех между антеннами разных типов рекомендуется обеспечить максимальные различия, по крайней мере, в двух из общих категорий: пространства, частоты и поляризации.

Не только другие антенны, но и окружающие металлические структуры, расположенные на расстояниях менее нескольких длин волн от антенны, могут недопустимым образом деформировать такие характеристики антенны, как угломестные и азимутальные диаграммы направленности антенны, а также согласование с фидерами, по сравнению с условиями отдельно стоящей антенны. Ошибки в измерении параметров излучения, которые возникают в результате такого влияния, могут значительно превышать указанные в главе 4 допуски на величину ошибок.

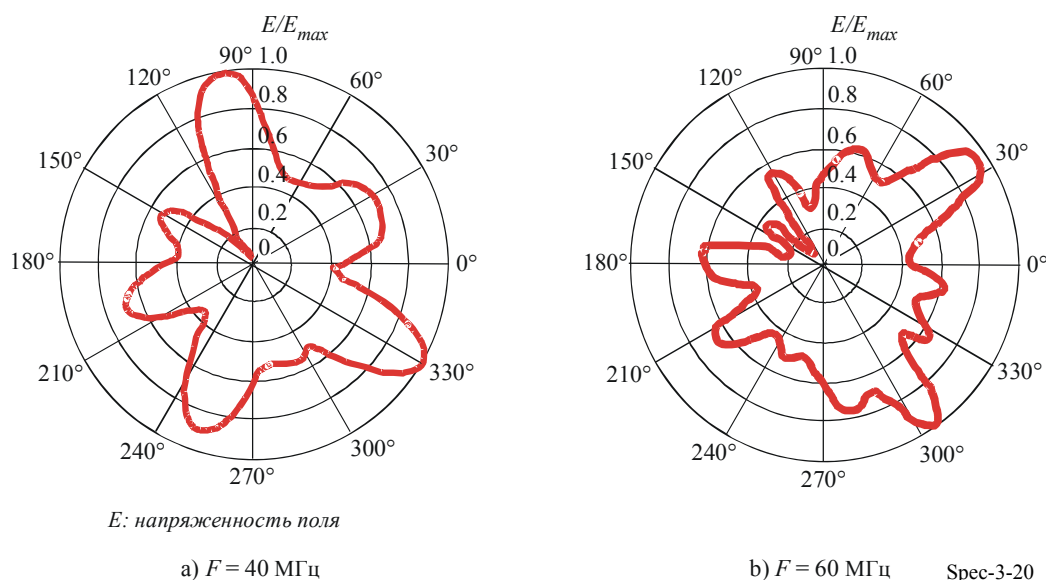
В количественном отношении влияние других антенн и металлических структур можно рассчитать с помощью компьютерной программы [Харченко и Фоминцев, 2001], [Tanner and Andreasen, 1967], [Harrington, 1968] и [Thiele, 1973]. Металлические структуры и другие антенны, расположенные на расстоянии нескольких длин волн (обычно 4–8 длин волн) от рассматриваемой антенны, моделируются с помощью проволочных структур, сохраняющих геометрические пропорции исходных объектов. Затем с помощью компьютерной программы метода моментов производится расчет распределения токов во всех элементах проволочных структур; эта электродинамическая модель антенны и окружающих ее структур позволяет определить истинные характеристики антенны при наличии эффектов рассеяния, переизлучения и резонансов, создаваемых близлежащими металлическими структурами.

В качестве примера [Харченко и Фоминцев, 2001] использования данного метода на Рисунке 3-20 показана расчетная азимутальная диаграмма направленности всенаправленной диск-конической антенны зонтичного типа для диапазона 30–80 МГц при наличии крупных окружающих металлических структур. Эти структуры включают другие схожие антенны для того же диапазона частот и две диск-конических антенны зонтичного типа для диапазона 80–100 МГц. Имеются также несколько стержневых связанных антенн, металлический забор и несколько других металлических объектов.

Как ясно видно из Рисунка 3-20, окружающие антенны и другие металлические структуры преобразуют всенаправленную диаграмму направленности, такую как показана на Рисунке 3-8, в направленную. Кроме того, изменения в диаграммах направленности в значительной степени зависят от частоты, причем различия могут достигать 20 дБ. Такие изменения сильно усложняют возможность корректировать результаты измерений с использованием антенны.

РИСУНОК 3-20

Реальная азимутальная диаграмма направленности всенаправленной антенны диапазона 30–80 МГц



Некоторые конкретные рекомендации по размещению антенн относительно зданий службы контроля и по отношению друг к другу:

ВЧ рамочные антенные решетки. Чтобы воспрепятствовать искажениям диаграмм направленности зданием приемной станции, эти антенны должны размещаться, по крайней мере, на расстоянии 100 м от антенной решетки приемной станции.

Широкополосные СЧ/ВЧ решетки. Не следует размещать их слишком далеко от здания. Необходимо предусмотреть разнос, достаточный для предотвращения затенения антенны зданиями, но не настолько большой, чтобы привести к значительным потерям в фидерной линии. Рекомендуется коаксиальная линия, поскольку эти антенны являются широкополосными устройствами с тщательно регулируемыми характеристиками импеданса и несколько меньшим усилением по сравнению с антеннами резонансного типа.

Передающие и приемные антенны. Необходим максимальный разнос между антеннами, используемыми для передачи и приема, в целях сведения к минимуму перегрузки приемников сигналами, генерируемыми местными передатчиками. Следует принять меры по размещению передающих антенн таким образом, чтобы их излучение по основному и боковым лепесткам не было направлено непосредственно на антенны, используемые только в целях приема.

Пеленгаторные антенны. Если аппаратура пеленгации предназначена для установки на станции контроля, необходимо рассмотреть возможное влияние компонентов, переизлученных приемными антеннами, в отношении внесения ошибок в работу аппаратуры пеленгации (см. пп. 2.7 и 4.7).

Активные антенны. Поскольку взаимное влияние между активными антеннами, а также взаимное влияние между ними и другими структурами минимально, то активные антенны можно устанавливать ближе друг к другу, чем пассивные антенны. Активные антенны могут испытывать помехи от мощных радиопередатчиков, и это следует принимать во внимание при размещении этих антенн.

ОВЧ/УВЧ антенны (выше 30 МГц). Они должны располагаться высоко на мачтах вблизи здания с аппаратурой приема для снижения потерь в коаксиальном кабеле, увеличения зоны прямой видимости. Для получения радиуса прямой видимости (LoS) 20 км требуется мачта высотой 24 м. Мачта высотой 48 м обеспечит зону покрытия радиусом примерно до 30 км.

Антенны для частот выше 1000 МГц. Они должны размещаться там, где гарантирована прямая оптическая видимость (например, на здании, мачте, вершине горы), особенно для наземного контроля. Приемные системы должны устанавливаться вблизи антенны во избежание высоких потерь в коаксиальном кабеле.

3.2.6 Антенны для подвижных станций контроля

Подвижная станция контроля предлагает те же функции, что и стационарная станция, причем она размещается в подвижном транспортном средстве, которое может передвигаться из одного места в другое. Данная конфигурация предусматривает применение измерительного оборудования, которое можно легко перемещать в целях реагирования на конкретные жалобы или другие нужды контроля и которое можно разместить в пределах прямой видимости трассы распространения интересующего сигнала.

Основным ограничением антенн для подвижных станций контроля является их размер. В связи с нехваткой места антенны должны быть небольшими. Поэтому размер антенны в случае работы на самых низких частотах составляет лишь очень малую долю длины волны. В продаже имеются рамочные антенны, охватывающие диапазон частот от 9 кГц до 30 МГц с использованием ферритовых материалов или без них, и по причине их точно определенных электрических характеристик они особенно подходят для измерений напряженности поля и радиопеленгации сигналов земных волн. На частотах между 30 МГц и 3 ГГц существуют широкополосные всенаправленные антенны для приема вертикально или горизонтально поляризованных волн. Типичные диапазоны частот: 20–1000 МГц, 200–3000 МГц или 30 МГц – 3 ГГц.

Для частот выше 30 МГц существует множество разнообразных направленных и радиопеленгаторных антенн, включая широкополосные или узкополосные директорные антенны, настроенные диполи, петлевые диполи, биконические и логопериодические антенны. Эти антенны могут охватывать довольно широкие диапазоны частот и способны удовлетворять всем требованиям подвижных станций контроля. Типовая антенна описана в начале п. 3.2.4.1.

Большинство антенн для подвижных станций монтируется на транспортных средствах. Однако зеркальные антенны для работы на частотах выше 1000 МГц все же не всегда монтируются на транспортных средствах, а при необходимости выносятся и устанавливаются поблизости, когда транспортное средство не находится в движении; это показано на Рисунке 3-21. Активные антенны могут использоваться во всех диапазонах частот с учетом их технических данных и ограничений, указанных в приведенных выше обсуждениях по вопросам всенаправленных антенн. Для целей контроля, измерения напряженности поля или даже радиопеленгации могут применяться переносные активные антенны (см. Рисунок 3-22).

РИСУНОК 3-21

Транспортируемая микроволновая антенна



Spec-3-21

РИСУНОК 3-22

Переносная направленная антенна



Spec-3-22

Типичные подвижные станции контроля показаны на Рисунке 3-23, причем на крыше каждой из них установлена пневматическая мачта с антенной.

РИСУНОК 3-23

Примеры подвижных станций контроля



Spec-3-23

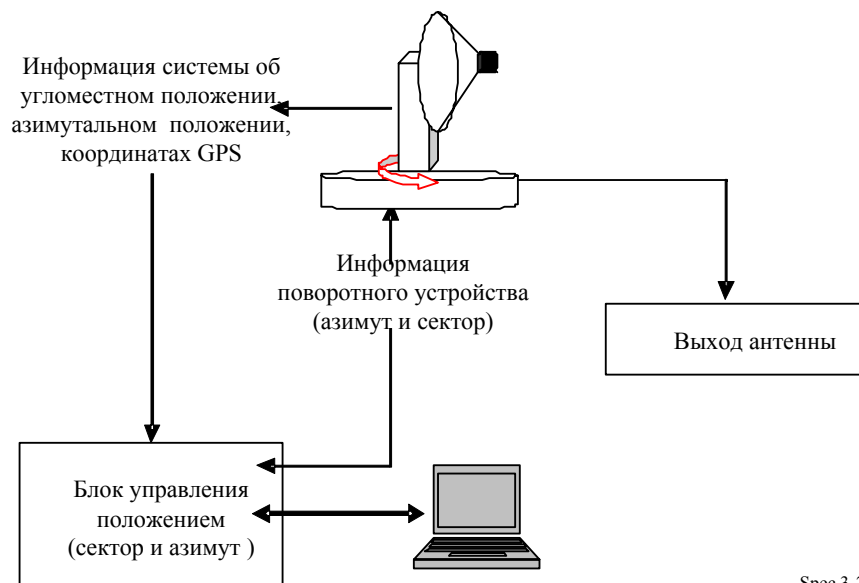
Подвижные станции особенно важны для работ по контролю на частотах микроволнового диапазона. Сигналы связи в этом диапазоне обычно распространяются в очень узких, четко определенных лучах, предназначенных для связи точки с точкой и точки с множеством точек. Поэтому весьма маловероятным был бы случай размещения стационарной станции на достаточно близком расстоянии от микроволновой трассы, с тем чтобы была возможность перехвата сигналов микроволновой связи. Установка оборудования для перехвата микроволновой связи на стационарной станции не рекомендуется из-за его высокой стоимости и весьма ограниченных преимуществ; вместо этого указанное оборудование должно устанавливаться на подвижном транспортном средстве или же иметь переносную конфигурацию. На специальных автомобилях может быть установлена полная система для проведения измерений от 1 до 40 ГГц и выше.

В таком случае, показанном на типовой блок-схеме (см. Рисунок 3-24), антенная система состоит из следующих элементов:

- Антенная система,
- Система автоматического позиционирования,
- Блок контроля антенны,
- Стойка внешней антенны,
- Блок управления азимутом и наклоном.

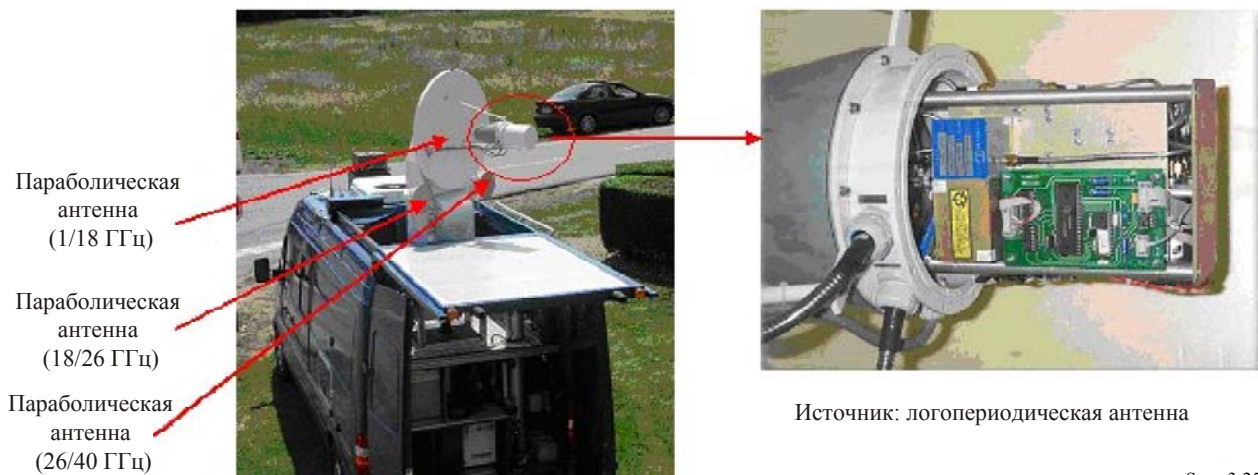
Антенная система может иметь антенны для контроля всего диапазона, как это показано на Рисунке 3-25. Кроме того, для гарантии гибкости при измерениях СВЧ, принимая во внимание различные ситуации измерения и низкий уровень СВЧ сигналов, полезно использовать вблизи от антенной системы такие устройства, как логарифмический узкополосный усилитель (LNA) и YIG-фильтры.

РИСУНОК 3-24

Пример системы контроля использования спектра диапазона СВЧ

Spec-3-24

РИСУНОК 3-25

Обзор антенной системы

Spec-3-25

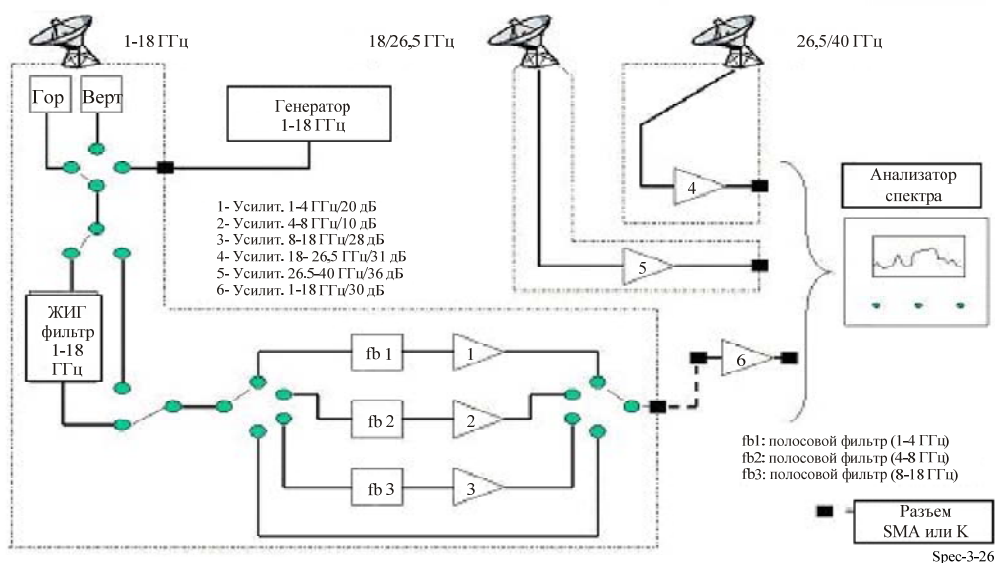
ПК используется в качестве интерфейса между антенной системой и пользователем.

Блок управления позиционированием является главным. Он передает данные для управления системой позиционирования и получает информацию от различных датчиков для формирования сведений о статусе системы и географических справочных данных.

Внешняя панель антенны позволяет пользователю подсоединять различное измерительное оборудование со всеми доступными устройствами (с или без LNA, фильтрами и т.п.). На Рисунке 3-26 приведена типовая блок-схема измерений в диапазоне СВЧ.

РИСУНОК 3-26

Блок-схема приемной цепи



3.2.7 Антенны для транспортируемых и переносных станций

Транспортируемые и переносимые антенны выпускаются с малым весом и размерами. Антенна, показанная на Рисунке 3-11а) (слева), используется для подвижных или транспортируемых станций. Антенна легко перевозится в контейнере. Транспортируемая антенна может закрепляться наверху небольшой телескопической мачты для уменьшения времени настройки. Также она может крепиться на автомобилях на полустационарных станциях.

Улучшения технологии и внедрения позволяют создать транспортируемые антенны, предлагающие те же функции и качественные показатели, что и антенны на стационарных и подвижных станциях. Эти антенны, связанные со встроенным приемником, позволяют станции стать транспортируемой или переносимой, что особенно полезно для городских условий или в районах с затрудненным доступом при осуществлении контроля использования спектра. В городских районах спектр очень плотный, и измерения контроля использования спектра на улицах не всегда достоверны, только измерения с верхних точек выделенных площадок, в основном, зданий в городе, могут дать достоверный результат. Для таких действий по контролю использования спектра требуются компактные и имеющие малый вес и высоту переносимые антенны и станции. Транспортируемые и переносимые варианты предоставляют источники измерения, которые с легкостью можно переносить для размещения на пути распространения сигнала прямой видимости LoS.

Далее приведены три примера переносимых антенн/станций:

Тип 1: Первый тип переносимой антенны/станции требует развертывания. Это переносимое на спине оборудование человек переносит в определенное место измерения. На Рисунке 3-27 приведен пример такой антенны радиопеленгации, которая позволяет осуществить быстрое развертывание (за несколько минут). Антенна и станция контроля использования спектра полностью объединены, включая приемник, блок подключения кабелей и антенну и переносятся на спине. Вся конструкция антенны располагается в закрытом пластиковом контейнере.

Тип 2: Второй тип переносимой антенны развертывания не требует. Вся станция (антенна и приемник) содержится в мобильном терминале, который работает во время движения оператора. Интерфейс "человек-машина" (ММИ) встроен или в КПК, что позволяет оператору свободно перемещаться, или в портативную ЭВМ. Встроенная антенна для радиопеленгации укреплена сбоку приемника. Функции контроля использования спектра осуществляет один человек, у него свободные руки для переносимых приложений. Может прилагаться антенна для радиопеленгации на верхних частотах.

РИСУНОК 3-27

Примеры переносимых ОВЧ/УВЧ антенн



а) Антенна, помещенная в кожух, готовая к переноске



б) Антенна 20-3000 МГц в развернутом состоянии с установленным компактным приемником и пеленгатором

Spec-3-27

Тип 3: Третий тип переносимой антенны представляет собой очень компактное устройство. Портативная направленная антенна работает, как антенна для контроля использования спектра и радиопеленгации и подключена к портативному приемнику, чья передняя панель позволяет работать с ним без привлечения дополнительно ПК/КПК. Задачи контроля использования спектра осуществляет один человек.

Для особого случая, показанного на Рисунке 3-28, может потребоваться другой тип антенны. Это гибкая антенна для контроля использования спектра, установленная на оболочке воздушного шара, которая может быть очень полезна для событий, длящихся короткое время, например, для контроля особых событий, таких, как государственные визиты и спортивные состязания.

Высота расположения антенны, до 100 м, которую позволяет достичь этот шар, может помочь обнаружить и измерить максимальное количество сигналов, представляющих интерес. Они также лучше наземных станций перехватывают максимальное количество сигналов без помех от зданий, деревьев и других высоких объектов, и без многолучевого распространения.

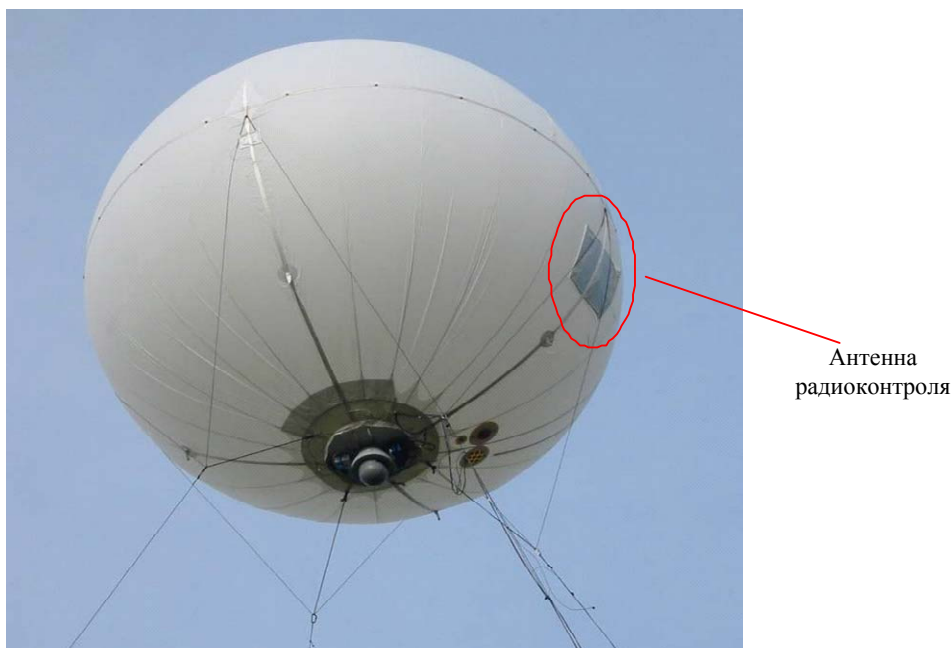
Шар соединен с компактным приемником (установленным на земле), он быстро и легко запускается и может быстро контролировать ОВЧ/УВЧ частотные диапазоны, включая нелегальных пользователей и помехи.

Во избежание значительных потерь в кабеле из-за высоты шара, используются две конфигурации:

- Приемник контроля использования спектра и блок обработки могут размещаться ниже шара. В таком случае к земной станции подключаются два кабеля (питание и передача данных).
- Блок с понижающим преобразователем может использоваться для преобразования РЧ сигнала в основную полосу частот ПУ. При аналоговом преобразовании кабель РЧ может использоваться, если шар находится на небольшой высоте. Для цифрового преобразования может использоваться оптическая линия или линия передачи данных для переноса данных на наземную станцию.

РИСУНОК 3-28

Пример поддерживающего воздушного шара для гибкой ОВЧ/УВЧ антенны



Spec-3-28

3.2.8 Линии передачи и распределительные системы

3.2.8.1 Линии передачи

На станциях контроля по фидерным линиям передачи проводится принимаемая энергия от антенны к приемнику.

Среди фидеров различных типов линий передачи на станциях контроля предпочтение следует отдать коаксиальной линии передачи. Она отличается постоянным импедансом при условии соответствующего контроля размеров различных деталей, включая соединители. Наличие других объектов не оказывает значительного влияния на сигналы в хороших коаксиальных кабелях. Коаксиальные кабели производятся в широком ассортименте размеров и материалов. Характеристики имеющихся коаксиальных кабелей многочисленны и разнообразны, и цены на кабели колеблются в широких пределах. Имеется ряд справочников, в частности выпускаемых изготовителями кабелей, с перечнем характеристик конкретных коаксиальных кабелей. Важно использовать коаксиальный кабель с двойной экранированной оплеткой или в виде сплошного внешнего проводника.

Для приемной линии передачи может быть вполне приемлемо общее затухание 3 дБ. Использование встроенного приемника в основании антенны позволяет избавиться от длинных проводов, уменьшить вносимые потери и исключить необходимость применения малошумящего усилителя в блоке коммутации.

3.2.8.2 Распределительные системы

Когда энергия, принятая отдельной антенной, подведена к точке внутри здания станции контроля, то обычно возникает потребность в распределении этой энергии к ряду приемных точек. В распределительной системе необходимо учитывать конечную цель, когда на каждом выходе обеспечивается такой сигнал, чтобы можно было получить оптимальные результаты. Как правило, должен поддерживаться максимально возможный уровень сигнала, с тем чтобы не возникала необходимость в приемной аппаратуре чрезмерной чувствительности. Кроме того, должно поддерживаться или как можно меньше ухудшаться качество сигнала (отношение сигнал/шум), для того чтобы не сводились на нет преимущества антенн с высоким усилением и распределительных кабелей с малыми потерями.

Простое подключение приемников параллельно линии передачи будет ухудшать работу системы контроля, например из-за стоячих волн, неопределенного расщепления мощности и переизлучения гетеродина. Данный метод не рекомендуется. Вместо этого следует использовать согласование и расщепление сигнала.

С развитием технологий количество антенн на станциях контроля использования спектра увеличивается, в результате получаются сложные приемные системы и системы распределения. Иногда требуется принимать сигналы при помощи антенн в разных диапазонах частот и с разными приемниками. Системы распределения имеют преимущества, полученные за счет применения компьютерных и программных технологий, они превратились из механических блоков в модули цифрового оборудования.

3.2.8.2.1 Принцип

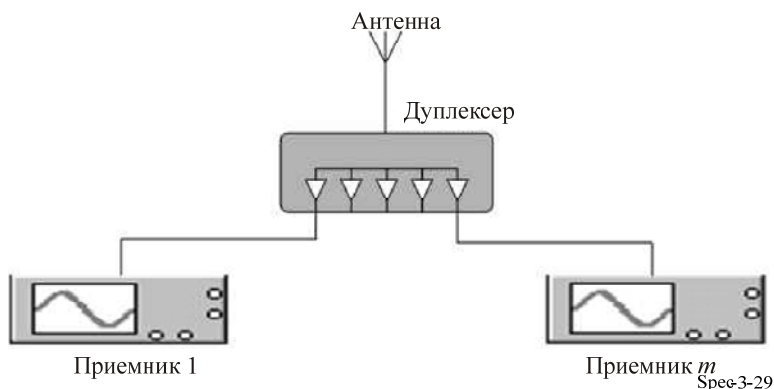
Системы распределения, как правило, содержат антенный переключатель и дуплексер антенны. Для их объединения используется современная технология получения дистанционного управления по сети.

3.2.8.2.1.1 Дуплексер антенны

В приемной системе оборудование, распределяющее сигнал от одной антенны на многоканальный приемник или на множество приемников, называется дуплексером. Дуплексер является первым компонентом системы приема и должен иметь хорошую линейность для уменьшения интермодуляции. На Рисунке 3-29 показано соединение антенны, системы распределения и оборудования анализа.

РИСУНОК 3-29

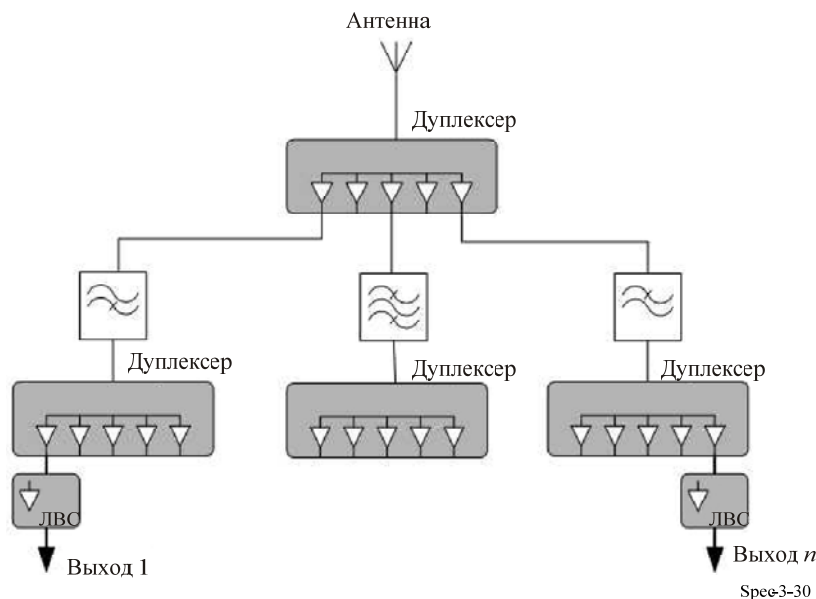
Пример системы распределения



Дуплексер антенны может состоять из множества дуплексеров, а может включать в себя отдельные фильтры, изолирующие различные пути сигнала; для компенсации при ослаблении и в управляющей сети используется малошумящий усилитель. На Рисунке 3-30 показана блок-схема многоканального дуплексера.

Из-за нелинейности некоторых компонентов в случае использования для соединения многоуровневого дуплексера неизбежно уменьшение коэффициента шума. Поэтому для сохранения этого качества широко используются 2-уровневые и 3-уровневые дуплексеры. Как правило, с увеличением количества выходов, коэффициент шума и линейность уменьшаются.

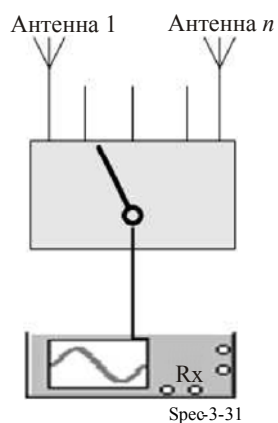
РИСУНОК 3-30
Типовая блок-схема многоканального дуплексера



3.2.8.2.1.2 Антенный переключатель

Антенный переключатель выбирает из нескольких устройств ввода антенны нужный входной сигнал для одного приемника. На Рисунке 3-31 показан радиочастотный переключатель антенны.

РИСУНОК 3-31
Типовой антенный переключатель



Как и дуплексеры антенны, антенный переключатель состоит из нескольких компонентов для разных частотных диапазонов из-за ограничений частоты, присущих определенным компонентам; между этими компонентами необходимо устройство изоляции. Иногда для компенсации ослабления компонентов используются малошумящие усилители.

3.2.8.2.1.3 Система распределения

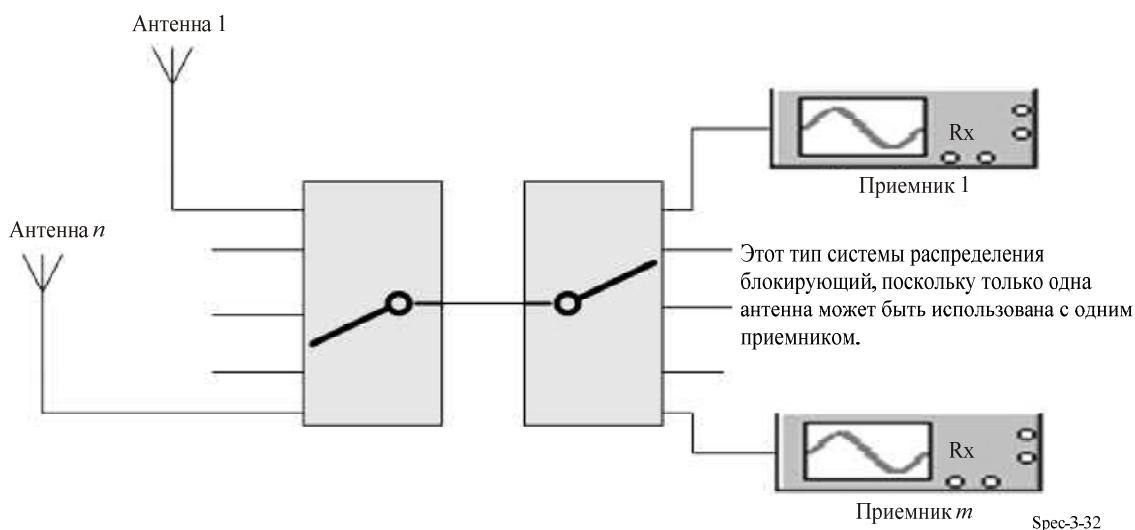
Система распределения радиочастотного сигнала используется для распределения сигналов от разных антенн на разные приемники. Сигналы всех антенн доступны любому приемнику; любой входной сигнал может быть передан на любой выход системы.

Существует два типа систем распределения. Один похож на систему коммутации, и называется блокирующей системой. В такой системе к приемнику подключена только одна антенна, и любые попытки нового подключения будут блокироваться. На Рисунке 3-32 показана характерная блокирующая система распределения.

Другой тип, который использует более новую технологию, позволяет производить подключение многих антенн к любой из антенн, или одной антенны к нескольким приемникам.

РИСУНОК 3-32

Типовая блокирующая система распределения



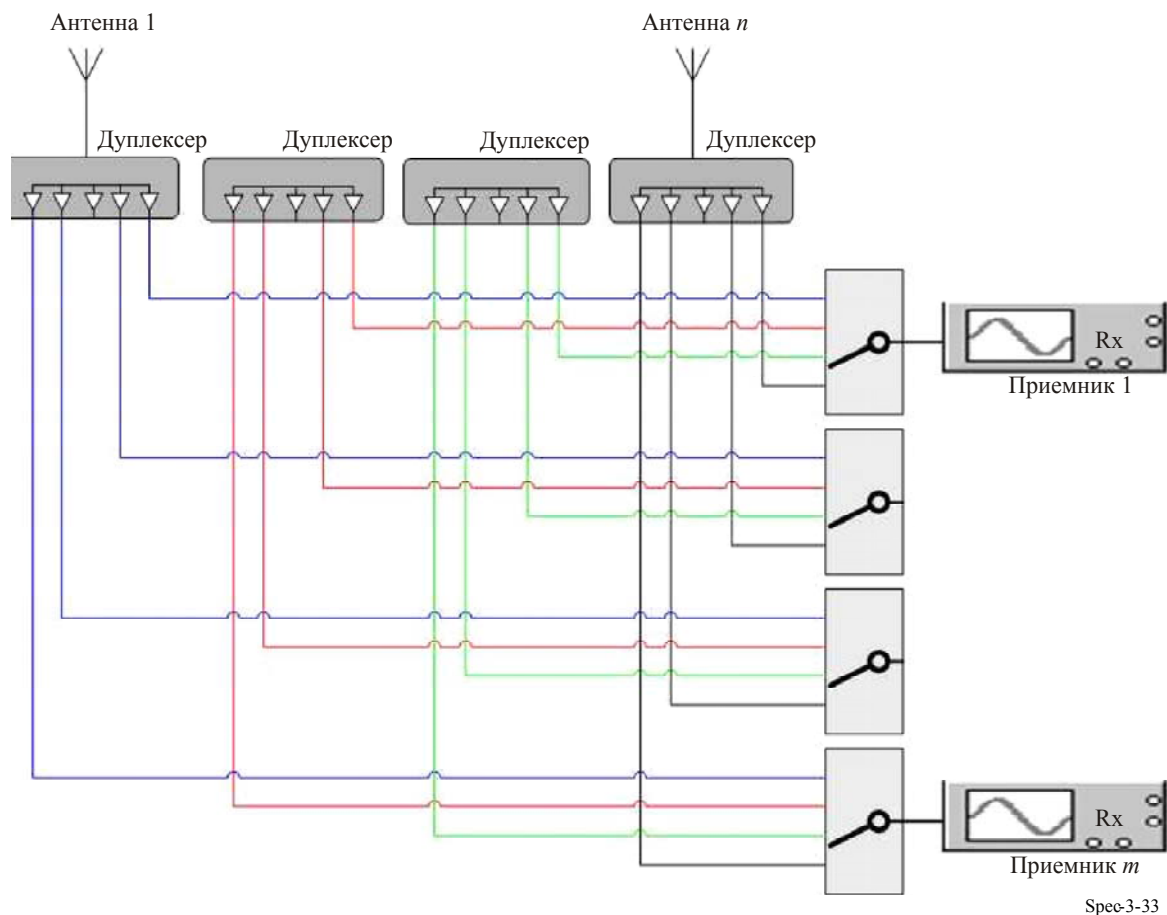
В действительности идеальная матрица $M \times N$ состоит из дуплексера M и антенного переключателя N . Каждая антенна содержит n -канальный дуплексер, выходы дуплексера соединены с n входами антенного переключателя. Каждый антенный переключатель будет поддерживать n приемников с их выходами. Принцип неблокирующей матрицы антенны приведен на Рисунке 3-33.

Например, если приемник x должен подключаться к антенне y , сигнал этой антенны будет распределяться по m устройств вывода дуплексером y и переключаться на приемник x переключателем антенны x .

где:

- n : максимальное количество антенн с дуплексером,
- m : максимальное количество приемников,
- x : выбранный приемник,
- y : выбранная антенна.

РИСУНОК 3-33

Типовая неблокирующая система распределения**3.2.8.2.2 Качественные показатели**

Несмотря на бурное развитие технологии цифровой обработки сигнала в обнаружении сигнала, демодуляции и радиопеленгации, для распределения сигнала все еще требуются аналоговые технологии. Хорошая система распределения должна быть оптимизирована для обеспечения определенных качественных показателей в таких областях, как чувствительность, динамический диапазон, переключение радиочастотного сигнала, возможность распределения и изоляция между каналами. Характеристики системы распределения должны включать в себя следующие важные параметры:

- Диапазон частот,
- Вносимые потери,
- Изоляция,
- Динамический диапазон,
- Продукты интермодуляции третьего порядка (IP3),
- Коэффициент шума.

Справочная литература

- ASHIKHMIN, A., KOZMIN, V., KOROVIN, A. and REMBOVSKY, A. [2006] Distributed Systems of Radio Monitoring and Direction Finding. *Spetsialnaya Tekhnika*, **5** (<http://www.ircos.ru/eng/articles.htm>).
- HARRINGTON, R. F. [1968] *Field Computation by Moment Methods*. The Macmillan Company, New York, United States of America.
- KHARCHENKO, I. P. and FOMINTSEV, S. S. [2001] Raschet kharakteristik antennikh sistem stantsii radiokontrolya na osnove matematicheskogo modelirovaniya (Calculation of the characteristics of radio monitoring station antenna systems on the basis of the mathematical modelling). *Elektrosvyaz*, **9**, Moscow, Russian Federation.
- REMBOVSKY, A., ASHIKHMIN, A. and KOZMIN, V. [2006] *Radiomonitoring: Problems, Methods and Equipment*. Moscow, Goriachaya Liniya-Telekom press (<http://www.ircos.ru/eng/articles.htm>).
- TANNER, R. L. and ANDREASEN, M. G. [September, 1967] Numerical Solution of Electromagnetic Problems. IEEE Spectrum.
- THIELE, G. A. [1973] *Wire Antennas in Computer Techniques for Electromagnetics*, Глава 2. Pergamon Press, New York, United States of America.

Библиография

- AISENBERG, G. Z., IAMPOLSKY, V. G. and TERESHIN, O. N. [1977] *Antenny UKV* (UHF Antennas). Sviaz, Moscow, Russian Federation.
- AISENBERG, G. Z., BELOUSOV, S. P., JURBENKO, E. M. *et al.* [1985] *Korotkovolnovye antenny* (HF Antennas). *Radio i Sviaz*, Moscow, Russian Federation.
- ARRL [2000] *The ARRL Antenna Book*. Newington, CT, United States of America.
- BALANIS, C. A. [1982] *Antenna Theory*. John Wiley and Sons, United States of America.
- BRAULT, R. and PIAT, R. [1962] *Les antennes*. Librairie de la radio, Paris, France.
- DAVIES, K. [1990] *Ionospheric Radio*. Peter Peregrinus Ltd, London, United Kingdom.
- JOHNSON, R. C. [1993] *Antenna Engineering Handbook*. McGraw-Hill, New York, NY, United States of America.
- KRAUS, J. D. [1950] *Antennas*. McGraw-Hill, New York, NY, United States of America.
- MARKOV, G. T. and SAZONOV, D. M. [1975] *Antenny* (Antennas). Energia, Moscow, Russian Federation.
- THOUREL, L. [1956] *Les antennes*. Dunod, Paris, France.
- WATT, A. D. [1967] *VLF Radio Engineering*. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.
- WEEKS, W. L. [1968] *Antenna Engineering*. McGraw-Hill, New York, NY, United States of America.

Рекомендации МСЭ-R:

ПРИМЕЧАНИЕ. – В любом случае настоятельно рекомендуется использовать самое последнее издание указанной Рекомендации.

Рекомендация МСЭ-R F.162 – Использование направленных передающих антенн в фиксированной службе, работающей в полосе частот ниже примерно 30 МГц.

Рекомендация МСЭ-R BS.705 – Характеристики и диаграммы ВЧ передающих и приемных антенн.

3.3 Приемники контроля использования спектра

3.3.1 Общие положения

Качественные показатели станции контроля непосредственно связаны с качеством оборудования станции, включая антенны, приемники, радиопеленгаторы и процессоры. Антенны, радиопеленгаторы и аппаратура для обработки сигналов рассматриваются соответственно в пп. 3.2, 3.4 и в п. 3.6.2. Для глубокого изучения приемников потребовалась бы книга, посвященная этому вопросу, поэтому здесь дается только обзор конструкций приемников, их основных особенностей и мер предосторожности при эксплуатации.

Назначение приемника состоит в отборе радиосигнала из всех сигналов, принятых соединенной с его входом антенной, и воспроизведении на выходе приемника информации, передаваемой радиосигналом или его характеристик. В большинстве приемников в прошлом использовались полностью аналоговые схемы, но современные приемники, преимущественно цифровые, применяющие для реализации многих функций приемника методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), от простой оцифровки выходных данных детектора до оцифровки всего основного диапазона, включая цифровую демодуляцию, как, например, выполненную "системами радиосвязи с программируемыми параметрами". Оба типа приемника, аналоговый и цифровой, рассматриваются ниже.

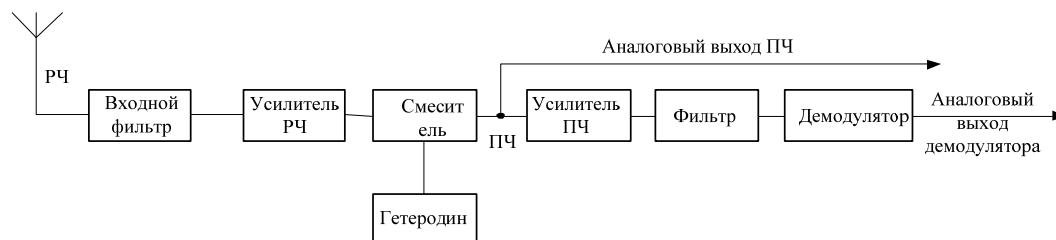
Благодаря технологическим улучшениям современные приемники становятся все более компактными. Миниатюризация генераторов высокой стабильности позволяет уменьшить аналоговый сегмент приемника. В цифровых приемниках цифровой сегмент становится все более мощным и компактным, благодаря усовершенствованиям в аналого-цифровых преобразователях, памяти и процессорам. Интерфейсы теперь полностью цифровые.

3.3.2 Аналоговые приемники

Блок-схема типичного аналогового приемника приведена на Рисунке 3-24. Входной фильтр, обычно состоящий из набора субоктавных преселекторных фильтров, пропускает полезные и исключает все остальные сигналы для предотвращения интермодуляции в усилителе высоких частот. Этот фильтр должен быть настроен на среднюю частоту передачи, подлежащей приему, и обладать достаточно широкой полосой для пропускания всего спектра передачи.

РИСУНОК 3-34

Типовая блок-схема аналогового приемника



Spec-3-34

Следовательно, проектировщик станции контроля должен обратить внимание на мощность передач, которые, по всей вероятности, будут приниматься в полосе пропускания входного фильтра; сигналы, отличные от полезного, служат возможным источником возбуждения побочных сигналов за счет интермодуляции в ВЧ усилителе и/или приводят к снижению чувствительности РЧ усилителя из-за его блокировки. Для исключения этих явлений необходимо иметь РЧ усилитель с достаточной линейностью.

Назначение входного фильтра состоит также в ослаблении приема на зеркальной частоте.

Усиление РЧ усилителя отчасти определяет чувствительность приемника. Однако он выполняет также другую очень важную задачу: в совокупности с входным фильтром он препятствует прохождению сигнала гетеродина на антенну, который в случае излучения ею привел бы к генерации побочного радиосигнала.

Интермодуляция между двумя сигналами возникает при их прохождении через нелинейную цепь, как описано в п. 6.5. Интермодуляционные сигналы могут накладываться на полезные сигналы и приводить к их искажению. Качество приемника с точки зрения интермодуляции характеризуется уровнем точки пересечения 3-го порядка, который должен быть по возможности большим.

Чувствительность приемника ограничивается шумом его входных цепей, в частности РЧ усилителя и смесителя. Чувствительность также выражается через коэффициент шума в Таблице 3-2, который должен быть как можно меньшим. Соотношение между чувствительностью и коэффициентом шума одного и того же приемника связано с полосой пропускания приемника.

При соединении приемника с антенной к его собственному внутреннему шуму добавляются естественные шумы внешнего происхождения, такие как атмосферный, космический и солнечный шумы, а также искусственные шумы, например промышленные помехи, излучение электронной аппаратуры и вообще излучение передатчиков. Таким образом, проектировщик станции контроля при выборе приемника должен исходить из его чувствительности в соответствии с измеренными уровнями шума.

Следует отметить, что приемник с очень высокой чувствительностью будет иметь плохую характеристику в отношении линейности, т. е. возможны явления интермодуляции и блокировки. Блокировка или заклинивание характеризует ухудшение чувствительности приемника и может быть вызвана всего лишь одним нежелательным сигналом, частота которого близка к частоте полезной несущей, но находится вне полосы пропускания приемника по ПЧ.

Благодаря этому факту приемники контроля использования спектра обычно содержат переключаемые или программируемые предусилители. Это позволяет приемнику работать или в режиме высокой чувствительности (с предусилителем в "рабочем" режиме) или в режиме высокой линейности/низкого искажения (с предусилителем в "нерабочем" режиме).

Необходимо также определить или исследовать другие характеристики, например:

- полосу пропускания фильтров промежуточной частоты;
- необходимые виды демодуляции;
- эффективность автоматической регулировки усиления;
- эффективность системы автоматической настройки частоты;
- частотную характеристику цепей обработки демодулированных сигналов;
- точность и удобочитаемость информации на экранах дисплеев и
- изменение характеристик в зависимости от температуры.

Обычно для работы с частотными диапазонами от 9 кГц до 3000 МГц используют два типа приемников, один для частот до 30 МГц и другой для частот 20–3000 МГц. Если требуется охватить более широкий диапазон частот (например, до 40 ГГц), может потребоваться дополнительное оборудование. При выборе приемников следует учитывать различные типы модуляции, которые должны контролироваться, например, АМ, СW, SSB, ISB, FSK и FM, и должно быть сделано обеспечение приема этих излучений.

Приемники контроля должны обладать всеми достоинствами приемников, предназначенных для применения на основной приемной станции. Кроме того, необходимы точная установка частоты (не хуже 1 Гц), быстрая настройка и минимум переключений диапазонов.

Необходимо также обеспечить условия для подключения дополнительных устройств, например блоков манипуляции радиотелетайпов, осциллографов, панорамных приставок и т. д. В приемниках следует обеспечить выход промежуточной частоты с низким импедансом через буферные каскады. Для получения долгосрочной стабильности по высокой частоте полезно иметь вход для внешнего стандарта частоты (см. п. 3.3.4). Кроме того, необходимо предусмотреть подключение аттенюатора к входу приемника для исключения побочных частот вследствие перегрузки входных каскадов приемника сильными сигналами. Следует также обеспечить интерфейсы для дистанционного управления и вывода данных.

3.3.3 Цифровые приемники

Появление высокоскоростных дешевых микросхем цифровой обработки сигналов (ЦОС) и аналого-цифровых преобразователей (АЦП) с большим динамическим диапазоном привело к возможности разработки высококачественных приемников, в которых вместо аналоговых схем используются цифровые. Эти "цифровые приемники" имеют улучшенные характеристики преобразования частоты, фильтрации и демодуляции, что приводит к улучшению избирательности, стабильности и автоматической регулировки усиления. В цифровых приемниках к тому же имеются дополнительные

функции, отсутствующие в аналоговых приемниках, например адаптивное подавление помех и повышение распознаваемости речи. Эти функции очень важны, особенно при попытке рассортировать и опознать определенные сигналы в насыщенной электромагнитной обстановке. Работа этих приемников благодаря применению цифровой техники и сопутствующих алгоритмов программного обеспечения не изменяется со временем и температурой. Одно из наиболее существенных свойств цифровых приемников состоит в их повышенной гибкости, примером которой является способность такого приемника работать со сложными форматами модуляции, используемыми обычно в сотовых линиях и линиях управления с высокими эксплуатационными характеристиками. Дополнительная полоса ПЧ, виды демодуляции и другие функции схемы, основанной на цифровой обработке сигналов, могут быть получены путем внесения изменений в программное обеспечение вместо замены дорогостоящей аппаратуры аналоговых приемников. Посредством цифровой обработки можно синтезировать фильтры для обеспечения исключительно крутых коэффициентов формы и в то же время совершенно плоских и линейных фазовых характеристик в требуемой полосе частот. Эта обработка снижает до минимума искажения сигнала, обычно вносимые аналоговыми фильтрами. Она также обеспечивает возможность создания узкополосных (менее 50 Гц) фильтров, позволяющих непосредственно измерять побочные компоненты несущей частоты передатчика, например фон переменного тока линий питания

Основные элементы цифрового приемника: РЧ тюнер, цифровой дискретизатор ПЧ, процессор сигнала и модуль восстановления аналогового сигнала – показаны на Рисунке 3-35.

РИСУНОК 3-35

Типовая блок-схема цифрового приемника



Первой основной ступенью обработки сигнала в цифровом приемнике является преобразование полезного РЧ сигнала в цифровую форму. Эта обработка выполняется РЧ тюнером в сочетании с цифровым дискретизатором ПЧ. С выхода РЧ тюнера, включающего аналоговую преселекцию, необходимая часть РЧ спектра передается на широкополосный, или предварительный, усилитель ПЧ для обработки цифровым дискретизатором ПЧ. В цифровом дискретизаторе ПЧ используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и другие схемы дискретизации ПЧ, поступающей с РЧ тюнера. Результирующий цифровой сигнал используется в процессоре для выполнения таких функций, как фильтрация, точная настройка и демодуляция. Цифровой сигнал с выхода модуля пригоден для дальнейшей обработки и/или регистрации. Модуль восстановления аналогового сигнала преобразует выходной цифровой сигнал в аналоговый для контроля оператором или для дальнейшей обработки.

Перечисленные в п. 3.3.2 характеристики приемника относятся также и к цифровым приемникам. Приемники для выполнения задач контроля использования спектра в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R должны обеспечивать следующие функции:

- сканирование предварительно определенных диапазонов частот;
- сканирование памяти нескольких сотен каналов;
- звуковой контроль ЧМ, АМ, СW, ОБП, НБП, АМн, ЧМн, ФМн, IQ и импульсных передач;
- опознавание;
- сохранение измеренных величин для последующего использования или скачивания.

Обработка этих разнообразных функций для различных существующих сигналов с оптимальным отношением сигнал/шум требует большого количества значений ширины полос по ПЧ.

Современные цифровые контрольные приемники включают блок дисплея и управления, как правило, ПК с компьютерными программами, который предусматривает использование "панели виртуального управления" или встроенного блока управления. Приемник имеет удаленный интерфейс, включающий ЛВС (Ethernet) и обеспечивающий работу как местного, так и дистанционного управления. Кроме того, рабочая концепция контрольного приемника должна удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к приемнику для измерения частоты и сдвига частот, напряженности поля, модуляции, ширины полосы и занятости спектра. При измерении занятости спектра приемник с помощью цифрового управления должен сканировать желаемый диапазон частот и показывать на дисплее соответствующий спектр.

Цифровые приемники могут комплектоваться отдельно, но зачастую они объединяются с системой измерений и обработки, как описано в п. 3.6.2. Приемники включают в себя ряд интерфейсов, таких как цифровой выход ПЧ, выход на основе отношения I/Q для радиопеленгации, широкополосный ПЧ выход для внешнего панорамного индикатора, выход для внешнего громкоговорителя, гнездо для наушников.

При помощи цифрового понижающего преобразователя (DDC) выбранный сигнал преобразуется в групповой спектр для дальнейшей обработки (демодуляция, декодирование, идентификация, измерение параметров модуляции). Параллельно применяя группу DDC (встроенных, например, в технологии FPGA, DSP или ASIC) можно параллельно преобразовать и обработать множество сигналов. Каждый DDC может быть настроен на диапазон частот, охватываемый широкой ПЧ, и работать в качестве виртуального приемника. Эта технология особенно полезна при обработке сигналов, которые были записаны внутри цифровой широкополосной ПЧ, путем воспроизведения цифровой ПЧ на широкополосный приемник и использовании DDC для выбора интересующего сигнала для обработки.

Эта технология обработки делает возможным обнаружение и анализ коротких передач, например, сигналов с перестройкой частоты. Пакеты, передаваемые перестраивающимися передатчиками, принимаются широкополосным приемником (в реальном времени или в режиме воспроизведения) и обнаруживаются при помощи алгоритма автоматического обнаружения пакетов. При помощи устройств DDC скачки преобразуются в групповой спектр и анализируются (точная длительность, полоса частот, параметры модуляции). В процессе вычисления изучается полученная информация всех зафиксированных пакетов и определяются различные типы пакетов, различные коэффициенты скорости скачков частоты и группы скачков (группы частот) принятых передатчиков. Этот статистический анализ дает информацию о сценариях скачков, например, о количестве активных передатчиков скачкообразной перестройки и типах использованных методов связи.

3.3.4 Синтезаторы частот для приемников

Синтезатор частот является одной из наиболее важных составляющих частей приемника. Основное назначение синтезатора частот – обеспечить стандартный источник РЧ энергии, частота, уровень мощности и модуляционные характеристики которого точно известны. Требования к точности частоты, используемой для контроля и проверки современных приемных систем, все более ужесточаются, и это является причиной того, что синтезатор должен иметь максимально возможную точность и стабильность. Поэтому большинство станций контроля оснащены синтезатором частот, охватывающим с очень высокой точностью широкий диапазон частот, и обслуживаются с помощью глобальной системы определения местоположения.

3.3.5 Типовые спецификации для приемников контроля использования спектра

Приемник контроля использования спектра, как правило, должен соответствовать спецификациям приемников ОНЧ/НЧ/ВЧ и ОВЧ/УВЧ, приведенным в Таблице 3-2. Эта Таблица применима и к аналоговым и к цифровым приемникам. Эти характеристики следует также принимать во внимание в качестве общих указаний при выборе оборудования, которое может обеспечивать оптимальные рабочие характеристики и надежность при работе над задачами, поставленными системой контроля использования спектра. Для определенных применений можно найти на рынке более простое оборудование, которое могло бы быть вполне подходящим, учитывая желательное применение.

Некоторые параметры приемника, указанные в Таблице 3-2, например, перехват составляющих третьего порядка, коэффициент шума и параметры фильтров настолько важны и имеют такое непосредственное воздействие на соответствие приемника определенным задачам контроля использования спектра, что их характеристики и процедуры измерения определены в Рекомендациях МСЭ-R. Результаты измерения в значительной степени зависят от применяемых процедур испытаний, а стандартизованные процедуры испытаний позволяют проводить более легкое и объективное сравнение продуктов производителей. Скорость сканирования, обсуждаемая в Рекомендации МСЭ-R SM.1839 и необходимая для различных измерений, в значительной степени зависит от целей и приложений измерения, например, скорость сканирования, необходимая для обнаружения наличия единичного пакетного отправления сигнала, гораздо выше скорости сканирования, для обнаружения определенного параметра или характеристики сигнала.

ТАБЛИЦА 3-2

Типичные характеристики аналоговых и цифровых приемников контроля использования спектра общего назначения

Функция	ОНЧ/НЧ/ВЧ	ОВЧ/УВЧ
Диапазон частот	9 кГц – 30 МГц	20–3 000 МГц
Разрешающая способность при настройке	≤ 1 Гц	≤ 10 Гц
Ошибка настройки	$\leq 1 \times 10^{-6}$, или $\leq 0,01 \times 10^{-6}$ с использованием глобального спутникового позиционирования ¹ для внешнего эталонного сигнала	$\leq 1 \times 10^{-6}$, или $\leq 0,01 \times 10^{-6}$ с использованием глобального спутникового позиционирования ⁽¹⁾ для внешнего эталонного сигнала
Время установления синтезатора	≤ 10 мс	≤ 5 мс
Вход (вход антенны) КСВН	50 Ом, номинальное < 3	50 Ом, номинальное < 2,5
Преселекция (приемники с высокой линейностью могут удовлетворять характеристикам интермодуляции без преселекции)	Комплект субоктавных полосовых фильтров или следающего фильтра	Комплект субоктавных полосовых фильтров или следающего фильтра
Перехват 3-го порядка	≥ 20 дБм (> 3 МГц) ⁽¹⁾	≥ 10 дБм ⁽¹⁾
Перехват 2-го порядка	≥ 60 дБм (> 3 МГц)	≥ 40 дБм
Коэффициент шума	≤ 15 дБ (> 2 МГц) ⁽²⁾	≤ 12 дБ ⁽²⁾
Фазовый шум гетеродина	См. ниже	См. ниже
Подавление помех на ПЧ	≥ 80 дБ	≥ 80 дБ
Подавление помех от зеркального канала	≥ 80 дБ	≥ 80 дБ
Ширина полосы по ПЧ (–6 дБ)	Внутренние или внешние фильтры, в основном цифровые, от 0,1 до, не менее 10 кГц ⁽³⁾	Внутренние или внешние фильтры, в основном цифровые, от 1 кГц до, не менее 300 кГц ⁽³⁾
Избирательность от 60 до 6 дБ (коэффициент формы)	2:1 ⁽³⁾	2:1 ⁽³⁾
Режимы детектирования (в цифровых приемниках демодуляция может осуществляться во внутреннем или внешнем ЦОС)	AM, FM, CW, LSB, USB	AM, FM, CW, LSB, USB
Диапазон АРУ (в цифровых приемниках может частично осуществляться во внутреннем или внешнем ЦОС)	≥ 120 дБ	≥ 120 дБ
Выход – ПЧ	Цифровой выход ПЧ	Цифровой выход ПЧ
Звук	0 дБм, 600 Ом, или цифровой потоковый аудиосигнал и гнездо для наушников	0 дБм, 600 Ом, или цифровой потоковый аудиосигнал и гнездо для наушников
Монитор ПЧ	Для внешнего монитора ПЧ, или потока цифровых данных	Для внешнего монитора ПЧ, или потока цифровых данных
Дистанционное управление	ЛВС Ethernet или GPIB или RS-232	ЛВС Ethernet или GPIB или RS-232
Спектр ПЧ (может осуществляться в ЦОС)	Обработка БПФ, встроенная или внешняя; регенерация ≥ 10 /с	Обработка БПФ, встроенная или внешняя; регенерация ≥ 10 /с
Спектр РЧ (может осуществляться в ЦОС)	Встроенная или внешняя; регенерация ≥ 10 /с	Встроенная или внешняя; регенерация ≥ 10 /с
Индикатор спектра РЧ и ПЧ	С помощью местного или дистанционного управления	С помощью местного или дистанционного управления
Электромагнитная совместимость	IEC 61000–4–2, –3, –4 CISPR 11, группа 1, класс В	IEC 61000–4–2, –3, –4 CISPR 11, группа 1, класс В
Рабочий диапазон температур	0–45° С	0–45° С
Относительная влажность	95% без конденсации	95% без конденсации
Вибрация	IEC 68-2-6	IEC 68-2-6

(1) Процедуры измерения согласно Рекомендации МСЭ-R SM.1837.

(2) Процедуры измерения согласно Рекомендации МСЭ-R SM.1838.

(3) Процедуры измерения согласно Рекомендации МСЭ-R SM.1836.

Фазовый шум

Характеристики фазового шума приемника напрямую влияют на способность различать близко расположенные сигналы с разными амплитудами. Он может мешать точной демодуляции. Фазовый шум в приемнике модулирует по фазе принятые сигналы, увеличивая их ширину полосы. Два соседних сигнала, которые могут не перекрываться по спектру на входе приемника, могут создавать взаимные помехи в приемнике, так как они модулируются фазовым шумом приемника.

Фазовый шум является мультипликативным и потому определяется как плотность шума относительно несущей частоты (дБс/Гц), чем шире полоса сигнала, тем больше мощность фазового шума. Самое большое воздействие фазовый шум оказывает на близко расположенные сигналы неравной мощности.

Сигнал с более широкой полосой будет иметь большую мощность в боковых полосах частот фазового шума и поэтому будет сильнее влиять на обнаружение или демодуляцию более слабого соседнего сигнала, чем наоборот. Для сигналов с более широкой полосой фазовый шум ограничивает динамический диапазон приемника.

Плотность фазового шума обычно определяется для фиксированных значений сдвига частоты, например 10 кГц или 100 кГц. Плотность фазового шума, как правило, наиболее велика при небольших сдвигах по частоте. Поэтому требования к фазовому шуму в значительной степени определяются типами сигналов, которые требуется контролировать. Требования к фазовому шуму для узкополосных сигналов будут намного выше чем для широкополосных, поэтому характеристики приемника будут в основном определяться самой узкой несущей (или поднесущей) частотой, которую требуется контролировать.

Предполагая, что спектр фазового шума является относительно гладким во всей ширине полосы (BW), динамический диапазон вблизи широкого сигнала можно вычислить следующим образом:



Пример применения вышеприведенного уравнения:

Ширина полосы или ширина полосы приемника	Фазовый шум	$f_{\text{сдвига}}$	Мощность фазового шума
25 кГц	–100 дБс/Гц	10 кГц	–56 дБс

Сдвиг частоты и требуемые значения ширины полосы частот влияют на мощность фазового шума. Применения ВЧ могут требовать более узкой ширины полосы, в то время как применения УВЧ могут иметь требования более широкой полосы.

Справочная литература

Документы МСЭ- R:

ПРИМЕЧАНИЕ. – В любом случае настоятельно рекомендуется использовать самое последнее издание указанной Рекомендации.

Рекомендация МСЭ-R SM.331 – Шум и чувствительность приемников.

Рекомендация МСЭ-R SM.332 – Избирательность приемников.

Рекомендация МСЭ-R SM.1836 – Процедуры испытаний для измерения свойств фильтра ПЧ приемников контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1837 – Процедуры испытаний для измерения уровня точки пересечения третьего порядка (IP3) приемников контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1838 – Процедуры испытаний для измерения коэффициента шума приемников контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1839 – Процедуры испытаний для измерения скорости сканирования приемников контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1840 – Процедуры испытаний для измерения чувствительности приемников контроля использования спектра при помощи сигналов с аналоговой модуляцией.

Отчет МСЭ-R SM.2125 – Параметры и процедуры измерения на ВЧ/ОВЧ/УВН приемниках и станциях контроля использования спектра.

3.4 Радиопеленгация (DF)

3.4.1 Общие положения

Опознавание неизвестной передающей станции может быть облегчено, если имеется возможность определить местоположение передатчика с помощью метода триангуляции; посредством одиночной станции (SSL) с помощью радиопеленгационного (DF) оборудования. Для более точного определения местоположения передатчика необходимо измерять пеленги несколькими радиопеленгаторными станциями, установленными в соответствующих географических точках. В идеальном случае "пеленг засечкой", или "засечку" (т. е. точку пересечения линий пеленгов), можно получить при синхронной работе двух DF станций, которые не обязательно располагаются в одной и той же стране. Станция контроля, обладающая возможностью измерения пеленгов, может обеспечить опытного оператора информацией, которая позволит ему опознавать передачи более уверенно.

Сложность оборудования радиопеленгации зависит от требуемой точности и местных условий и более подробно обсуждается в п. 4.7. Так как радиопеленгаторные антенны должны быть размещены в месте, свободном от строений, других антенн, силовых и телефонных линий и иных конструкций, их, как правило, следует устанавливать на некотором расстоянии от станции контроля или возможно в изолированном месте, где они задействуются с помощью дистанционного управления.

Точность пеленгов зависит от следующих факторов:

- апертуры антенны, как описано в п. 3.4.2;
- конфигурацию антенны, включая количество элементов антенны, их организацию в частотных диапазонах, направленность элемента и другие факторы;
- тип аппаратуры для радиопеленгации;
- количество каналов приемника;
- характер места расположения;
- напряженности поля сигнала и отношения сигнал/шум;
- времени интеграции;
- условий распространения радиоволн;
- величины помехи.

В диапазоне частот с ионосферным распространением радиоволн, обычно 1–30 МГц, система определения местоположения одиночной станцией (SSL) позволяет определить географическое местоположение передатчика одним радиопеленгатором с использованием принципа интерферометрии. Система обработки данных, полученных с помощью радиопеленгации (азимут, угол места, положение), связанной с ионосферными прогнозами или, что предпочтительнее, с результатами ионосферных измерений в реальном времени с помощью зондов, позволяет оценить расстояние до передатчика. Таким образом, принцип SSL позволяет выполнить работу по определению местоположения, когда по географическим, временным условиям и доступности не может быть установлена полная триангуляционная радиопеленгаторная система определения местоположения, или же когда рассматриваемый сигнал не может быть принят на нескольких станциях.

Дополнительную информацию можно найти в Рекомендации МСЭ-R SM.854 – Радиопеленгация и определение местоположения на станциях контроля использования спектра и в п. 4.7.

3.4.2 Антенны

Пеленгаторная антенна является одной из наиболее важных составляющих радиопеленгационного оборудования, поскольку от нее во многом зависит точность радиопеленгации. В частности, данная антенна определяет точность пеленгов при наличии волновых фронтов в ситуации многолучевого распространения. В связи с этим важную роль играет апертура антенной решетки (D/λ ; D : диаметр антенной решетки, λ : длина волны принимаемого сигнала). Радиопеленгационные антенны с $D/\lambda > 1$, так называемые антенны с широким раскрывом ослабляют проблемы многолучевости и другие источники ошибок, обеспечивая более высокое отношение сигнал/шум и меньшее количество ошибок радиопеленгации по сравнению с антеннами, имеющими узкий раскрыв ($D/\lambda < 0,5$). Не все методы радиопеленгации позволяют использовать антенны с широким раскрывом, но в случаях их применения они обеспечивают получение наиболее точных результатов радиопеленгации.

Каждая радиопеленгаторная антенна состоит из ряда антенных элементов (минимум три). В зависимости от метода радиопеленгации возможны различные конфигурации радиопеленгаторных антенных решеток. В диапазоне ВЧ общепринятыми являются кольцевые и "L" или "X"-образные линейные антенные решетки, в диапазоне ОВЧ/УВЧ в основном применяются кольцевые антенные решетки. Выбор метода радиопеленгации оказывает также влияние на возможность охвата широкого диапазона частот лишь одной антенной решеткой, или же этот диапазон придется разделить на несколько поддиапазонов.

Обычно следует различать радиопеленгаторные антенны для стационарных и подвижных применений. Тип антенных элементов определяется диапазоном частот и применением: в диапазоне ВЧ для стационарных систем используются антенные решетки из монополей или из скрещенных рамочных элементов, в то время как в подвижных антеннах применяются либо рамки, либо ферритовые элементы (см. п. 3.2.3.1). В диапазонах ОВЧ/УВЧ в большинстве случаев используются антенные решетки из диполей или веерных антенн (см. п. 3.2.4.1).

3.4.3 Оборудование

На станции контроля радиопеленгационное оборудование может объединяться с измерительной аппаратурой, как показано в п. 3.6.2, или же может состоять из отдельных блоков. Диапазон частот радиопеленгационного оборудования определяется не только пеленгаторной антенной, но также и приемниками, составляющими часть оборудования. На практике, существует радиопеленгационное оборудование для диапазонов СЧ/ВЧ (например, 0,3–30 МГц) и для диапазонов ОВЧ/УВЧ (например, 20–3000 МГц).

Количество приемников может варьироваться от 1 до n , где n – количество элементов, образующих антенную решетку радиопеленгатора, и оно зависит также от метода радиопеленгации. Системы из множества приемников для получения заданной точности требуют меньшего времени интеграции и/или меньшего отношения сигнал/шум и поэтому характеризуются более быстрым временем действия по сравнению с одноканальными системами. При использовании нескольких приемников все приемники должны настраиваться при помощи одного общего генератора. В современных приемниках ПЧ обрабатывается в цифровой форме. Очень важной характеристикой приемника является его избирательность, позволяющая исключить взаимодействие между двумя соседними сигналами. В одном из приемников должна предусматриваться возможность демодуляции принимаемого сигнала.

Некоторые методы радиопеленгации требуют калибровки приемников в определенные промежутки времени. Для этой цели в каналы приема будет параллельно вводиться определенный сигнал, а после измерения амплитуды и фазы в каждом канале приема при необходимости проводятся надлежащие корректировки для восстановления идентичных характеристик каждого канала. Весьма важной характеристикой является возможность дистанционного управления оборудованием на любом расстоянии. Широко распространены интерфейсы для RS-232, ЦСИС, ЛВС, ТРС и линий сотовой телефонной связи.

3.4.4 Количество приемников

В этом разделе сравниваются системы радиопеленгации, имеющие разное количество каналов приемника, а также их достоинства и недостатки. Система радиопеленгации может иметь одноканальный приемник, двухканальный приемник, или приемник с количеством каналов, равным количеству элементов антенны. Системы, имеющие, как минимум, два канала приемника, но у которых число каналов меньше, чем количество антенн, называются многоканальными системами. Системы, где количество каналов в приемнике равно количеству антенн, называются N -канальными системами, где N – количество каналов приемника и антенн.

3.4.4.1 Одноканальные системы

Преимущества	Недостатки
– Требуется только один канал приемника – Меньше проводов от DF антенны к оборудованию – Не требуется фазовой синхронизации/калибровки – <i>Интерферометр</i> с одноканальной радиопеленгацией, использующий цепи мультиплексирования, позволяет выполнить точное измерение фазы	– Длительность коммутации и связанного с ней времени выборки требует гораздо больше времени измерений, чем в системах радиопеленгации с количеством каналов больше одного – Чувствительность к быстрым колебаниям фазы сигнала, что может привести к неправильным данным и/или большому времени интеграции – Если применяются циклы мультиплексирования, антенный переключатель является комплексным

Одноканальные системы радиопеленгации можно разделить на две группы:

- Простые одноканальные системы радиопеленгации, где каждый элемент антенны дискретизируется последовательно в одном канале приемника, и
- Интерферометр или мультиплексированные одноканальные системы, где эталонный элемент антенны дискретизируется вместе со всеми другими элементами антенны, и оба канала объединяются и направляются в один канал приемника.

В любом случае после каждого переключения фильтр ПЧ в приемнике должен иметь возможность переустановки прежде, чем будет взят отсчет напряжения. Общее время дискретизации зависит от времени установки фильтра, которое связано с его шириной полосы, и количества элементов антенны. Это время дискретизации значительно больше в одноканальных системах, чем в системах с несколькими каналами.

Во время периода дискретизации в одноканальной системе волновое состояние сигнала может изменяться из-за изменений внутренней модуляции сигнала или воздействия среды распространения радиоволн, например, затухания, многолучевого распространения и отражений, которые возникают во время последовательной дискретизации элементов массива. Эти изменения волнового состояния во время процесса последовательных переключений могут быть причиной возникновения ошибок в одноканальных системах, так как ошибки могут быть неотличимы от изменений в сигнале, которые возникают из-за последовательного взятия отсчетов сигнала с антенн, имеющих различные ДНА или направленность главного луча. Одноканальные системы могут справляться только с ошибками, вносимыми этим механизмом при измерении сигнала в течение периодов времени, достаточных для усреднения таких эффектов. В случаях, когда достаточное время усреднения не может быть использовано, например, в случае кратковременных сигналов, одноканальные системы могут выдавать ошибки. Однако могут быть созданы одноканальные системы радиопеленгации, которые будут отвечать требованиям 10 мс. Время отклика равно тому, которое описывается в п. 4.7.1.1.16.

3.4.4.1.1 Простые одноканальные системы радиопеленгации

Простые одноканальные системы радиопеленгации последовательно дискретизируют каждый элемент антенны. В отличие от интерферометрических одноканальных систем радиопеленгации, использующих циклы мультиплексирования, здесь измеряется и обрабатывается только амплитуда. Фаза не измеряется. Системы, не использующие фазовую информацию приходящего сигнала, в целом менее точны, чем системы, использующие всю доступную информацию приходящего сигнала.

3.4.4.1.2 Интерферометр или мультиплексированные одноканальные DF системы

Интерферометрические одноканальные системы радиопеленгации используют метод квадратурного мультиплексирования. Это позволяет проводить измерения амплитуды и фазы, так как эталонный элемент фазы всегда измеряется вместе со всеми другими элементами антенны.

Во время процесса измерения, в котором все элементы антенны дискретизируются поочередно, амплитуда сигнала может изменяться из-за изменений во внутренней модуляции сигнала или воздействия среды распространения радиоволн, например, затухания, многолучевого распространения и отражений. Для предотвращения снижения точности требуется дополнительное усреднение. Более того, разницу в амплитуде между двумя элементами антенны невозможно измерить одновременно, она может быть получена только усреднением по времени, что приводит к потере информации, которая может быть полезна в системах, где применяются направленные элементы антенны.

После каждого переключения элемента антенны и квадратурного мультиплексора фильтр ПЧ в передатчике должен иметь возможность переустановки прежде, чем будет взят отсчет напряжения. Общее время дискретизации зависит от времени установки фильтра, которое связано с его шириной полосы, и количества элементов антенны. Это время дискретизации значительно больше в одноканальных системах интерферометра, чем в простых одноканальных системах.

3.4.4.2 Многоканальные системы (один эталонный канал и один или несколько коммутируемых каналов дискретизации)

Преимущества	Недостатки
– Требуется меньше времени для получения результатов, чем при одноканальной радиопеленгации, т. е. меньше время отклика – Точно отслеживает изменения волнового состояния из-за условий распространения или модуляции – Легко выполнить фазовое и/или амплитудное согласование при помощи калибровки или метода двойного усреднения – Одновременное измерение разницы амплитуд между каналами	– Требуется два или больше каналов приемника; более сложная система кабелей – Количество переключений и связанное с ним время дискретизации требует больше времени для измерений, чем в системах радиопеленгации с количеством каналов приемника, равным количеству антенн – Для согласования обоих каналов приемника требуется регулярная калибровка, или, для двухканальных систем, может применяться метод двойного усреднения

Многоканальные системы имеют несколько каналов приемника, но этих каналов меньше, чем количество антенн; у них есть один эталонный канал и один или несколько коммутируемых каналов дискретизации. У них есть только один гетеродин, так как все каналы управляются одним генератором источника. Каналы не должны в точности соответствовать фильтрам, которые имеют ту же форму АЧХ фильтрации; то есть, могут использоваться несогласованные приемники, управляемые одним гетеродином. Эти приемники обеспечивают когерентное обнаружение сигналов в двух каналах и откалиброваны для всего радиочастотного тракта от антенн до АЦП, то есть к любым фазовым задержкам, отличиям по форме АЧХ фильтра и пр., учитывая различия фидерной линии между элементами радиопеленгации и цепями дискретизации. Для таких систем эта калибровка также является основой встроенной проверки и диагностики.

Для предотвращения совпадения элементов и/или источника калибровки и для облегчения измерений, но без проведения сквозной калибровки и встроенной проверки, в случае двух каналов приемника может применяться метод двойного усреднения, при котором проводится измерение разницы амплитуды и фазы между двумя каналами, а затем коммутация изменяет соединения антенн, и выполняется еще одно измерение амплитуды и фазы, а результаты усредняются, устраняя любое несоответствие амплитуды и фазы без отдельной калибровки. Недостатком этого метода двойного усреднения является увеличение времени измерений.

Поскольку рассматриваемые здесь системы имеют эталонные антенну и канал приемника, который может выступать в роли эталона фазы, разница по фазе между измеряемым и эталонным каналами может быть измерена с точностью до одной десятой градуса или лучше. Разница в амплитуде между измеряемым и эталонным каналами тоже может быть точно и одновременно измерена, что позволяет системе замечать изменения в амплитуде, возникающие из-за любой разницы в направленности антенн, которые одноканальные системы не могут заметить без усреднения воздействия модуляции и распространения на протяжении длительного времени.

Измеренное напряжение на каждой измерительной антенне сравнивается с напряжением на эталонной антенне, измеренным в то же самое время. Измерения дискретного канала нормализуются при помощи эталонного канала; напряжение в измерительном канале делится на напряжение в эталонном канале.

Эта нормализация разделяет воздействие изменений в распространении и модуляции, которые вносят ошибки, как было сказано выше в связи с одноканальными системами, так как факторы модуляции и распространения затрагивают в равной степени все антенны, в условиях приема плоской волны (как правило, предполагаемый случай). Эта нормализация устраняет влияние всех внешних факторов, которые могут влиять на точность измерения фазы и амплитуды.

3.4.4.3 N-канальные системы (N = количество каналов приемника = количество антенн)

Преимущества	Недостатки
– Измерения радиопеленгации производятся быстрее, чем другими методами – Не требуется переключения антенны	– Требуется много каналов приемника; более сложная система кабелей – Потребность в калибровке фазы и амплитуды увеличивает сложность системы

N-канальные системы с одним каналом приемника для каждой антенны являются самыми быстрыми и высокопроизводительными системами, поскольку приходящая волна может измеряться одновременно на всех элементах антенны, а не последовательно на всех антеннах, как это выполняется в системах с меньшим количеством каналов приемника. Все каналы приемника управляются одним общим местным гетеродином.

Эти системы более дорогие, чем системы с меньшим количеством каналов приемника, поскольку цена зависит от числа каналов приемника и необходимости обеспечить синхронизацию фазы в каждом канале, или обеспечить их калибровку в реальном времени. Каналы не должны быть точно синхронизированы, а могут просто калиброваться в реальном времени.

N-канальные системы измеряют напряжения и фазы на каждом элементе относительно элементов, выбранных в качестве эталонных, поэтому они имеют все преимущества систем, рассмотренных в предыдущем подразделе, в плане возможности измерения фазы и по амплитуды относительно эталонного элемента.

3.4.5 Обработка сигналов

Обработка пеленгов может основываться на различных методах радиопеленгации. Каждый метод обладает своими преимуществами и недостатками. В основном используются следующие методы:

- с использованием характеристик вращающейся антенны;
- системы Вулленвебера;
- системы Эдкока/Уотсона-Ватта;
- доплеровские/псевдо-доплеровские методы;
- фазовый интерферометр;
- корреляция/сверхразрешение.

Радиопеленгационное оборудование устанавливает пеленги с большей или меньшей точностью, а также отмечает уровень сигнала, на прием которого настроена система. Некоторые типы радиопеленгационного оборудования определяют для каждого пеленга величину добротности; эта функция может использоваться для подавления ошибочных пеленгов. В ВЧ диапазоне с помощью радиопеленгационного оборудования, чувствительного к фазе, отмечается также угол места принимаемого сигнала в случае его прихода в виде пространственной волны.

Одним из весьма важных свойств современного радиопеленгационного оборудования является его способность работать в режиме "радиопеленгационного сканирования". Эта функция позволяет сканировать определенные диапазоны частот, производя измерения занятости спектра и одновременно вычисляя соответствующие пеленги любых сигналов выше порогового уровня. Данная функция радиопеленгационного сканирования осуществляется при помощи цифровой обработки сигналов (ЦОС) с применением методов БПФ для разделения полосы пропускания приемника на множество отдельных каналов или элементов разрешения БПФ. По каждому отдельному каналу с помощью БПФ для того или иного метода обработки пеленгов определяются данные о занятости и о напряжении сигналов.

Обсуждения и иллюстрации в отношении радиопеленгационного сканирования приводятся в конце п. 3.6.2. Этот метод обработки позволяет осуществлять перехват передач короткой длительности, как например, при скачкообразной перестройке частот и излучениях в пакетном режиме.

3.5 Дополнительное и специальное оборудование

В большинстве современных станций контроля использования спектра применяются автоматизированные интегрированные системы, описанные в п. 3.6. С помощью этих систем и интегрированного измерительного оборудования проводятся рекомендованные МСЭ измерения частоты, напряженности поля, ширины полосы и модуляции, а также измерения занятости спектра и радиопеленгов. Однако вместо дополнения этих автоматизированных интегрированных систем, для проведения таких измерений и для оказания помощи в опознавании имеется специальное оборудование. Некоторые виды этого оборудования рассмотрены ниже.

3.5.1 Оборудование для измерения частоты

Большая часть аппаратуры для измерения частоты предназначена для сравнения измеряемой частоты со стандартной частотой, точность которой непосредственно определяет точность измерения. Следовательно, основной аппаратурой измерения частоты является стандарт частоты, на базе которого могут генерироваться эталонные частоты или эталонные интервалы времени. Рекомендуется, чтобы данный стандарт частоты обеспечивался при помощи глобальной системы определения местоположения. С этой целью можно также использовать следующую аппаратуру: стандартный генератор с делителем частоты, служащий умножителем, синтезатор частоты или генератор гармоник характерных частот.

Точность измерения частоты, получаемая в приборах измерения частоты, приведена в п. 4.2.4.2.4.

Частоты удаленных передатчиков всегда должны измеряться приемником в соответствии с методом сравнения со стандартной частотой. Дополнительная информация по измерению частоты, содержится в п. 4.2 и Рекомендации МСЭ-R SM.377.

3.5.2 Оборудование для измерения напряженности поля

Измерение интенсивности или напряженности поля основано главным образом на определении реакции приемной антенны на достигающее ее электрическое или магнитное поле. Эта реакция антенны обнаруживается соединенным с ней приемником. Анализ реакции на электромагнитное поле должен проводиться с учетом особенностей как антенны, так и поля. Аппаратура измерения напряженности поля обычно состоит из нескольких устройств, объединяемых, как правило, в одну установку. Этими устройствами являются:

- антенна с известными характеристиками;
- приемник со ступенчатым аттенуатором для регулировки чувствительности;
- генератор для калибровки чувствительности приемника;
- измерительное устройство, имеющее линейную или логарифмическую калибровку в зависимости от того, измеряется ли входное напряжение или напряженность поля.

Аппаратура измерения напряженности поля должна обладать следующими характеристиками:

- высокой стабильностью; должна быть обеспечена возможность измерений в течение длительного периода без необходимости частой повторной калибровки;
- хорошей относительной точностью; на практике измерения поля постоянной величины, выполненные отдельно двумя операторами, должны привести к одинаковым результатам;
- широким диапазоном измерений (от нескольких микровольт (мВ) до нескольких вольт на метр (В/м));
- показание измерительного прибора должно быть пропорционально среднеквадратичной, пиковой или средней величине напряженности поля, в зависимости от вида измерения.

Сигнатура измерения напряженности поля, как и приемники контроля, должны иметь специальный выход для соединения с самописцем постоянного тока для записей в течение длительных периодов времени.

Дополнительная информация о методах измерения напряженности поля содержится в п. 4.3 и Рекомендации МСЭ-R SM.378.

3.5.3 Оборудование для анализа спектра и измерения ширины полосы

Хотя с помощью описанного выше оборудования можно выполнить многие функции контроля, использование некоторых дополнительных приборов позволит станции контроля работать более эффективно и расширит ее возможности.

Новые технологические достижения расширили возможности анализаторов спектра и векторных анализаторов сигналов, имеющих широкий динамический диапазон отображения амплитуды сигналов, в результате чего возросло значение процессов визуального контроля. Спектральный анализ предоставляет возможность для быстрого распознавания и классификации различных видов сложных излучений. Визуальный контроль может повысить эффективность процессов контроля путем определения областей текущей деятельности, заслуживающих дальнейшего изучения. Обслуживание пользователей радиочастотного спектра ускоряется благодаря применению методов визуального отображения для выявления связи между появлением помехи и активностью излучений, создающих помехи.

В настоящее время на станциях контроля для составления отчетов и/или для управления аппаратурой контроля все чаще используются компьютеры и процессорные контролеры.

Анализ радиочастотного спектра в частотной области обеспечивается тремя широкими классами оборудования:

- широкополосные анализаторы, способные отображать выбранные участки спектра с разрешением от 10 Гц/дел. до более чем 100 МГц/дел;
- панорамные модули отображения, соединяемые с выходами промежуточной частоты приемника, которые представляют ограниченный участок спектра в области частоты настройки приемника. Для приемников общего применения он обычно не превышает примерно 40% от полосы пропускания по ПЧ.

Имеются также панорамные приемники, которые могут отображать весь диапазон выбранного модуля настройки или его определенные участки (иногда одновременно), результаты использования методов БПФ и измерения мгновенной частоты (IFM).

Имеется аппаратура для автоматического сравнения и управления источником частоты относительно передачи стандартной частоты.

Дополнительную информацию об измерениях ширины полосы частот см. в п. 4.5.

Анализатор спектра может использоваться в следующих целях:

- анализ полного сигнала (с амплитудной, частотной или импульсной модуляцией) в зависимости от времени и частоты;
- контроль формы сигнала;
- обнаружение и опознавание побочных сигналов с амплитудной и частотной модуляцией;
- измерение переднего фронта импульса, ширины импульса и частоты повторения импульсов;
- измерение спектральных характеристик сигналов с импульсной модуляцией;
- применение в качестве чувствительного приемника импульсного и непрерывного излучения в исследованиях распространения радиоволн, для построения диаграмм направленности антенн и т. д.

Качество измерений ширины полосы зависит от следующих технических характеристик аппаратуры измерения ширины полосы или анализаторов спектра:

- детектирования и усреднения;
- полосы качания частоты;
- полосы пропускания фильтра;
- относительной точности амплитуды;
- динамического диапазона амплитуды.

Работа приборов всех типов, используемых для измерения ширины полосы, ограничивается замираниями и помехами, особенно при контроле удаленных передач. С помощью анализатора спектра путем наложения результатов нескольких последовательных разверток можно получить весьма полезную информацию о занятости полос частот, принимаемых на станции контроля.

Дополнительная информация по измерениям ширины полосы содержится в п. 4.5 и Рекомендациях МСЭ-R SM.328 и МСЭ-R SM.443.

3.5.4 Оборудование для автоматического контроля занятости радиочастотного спектра

Измерение занятости спектра является одним из важнейших измерений, требуемых для контроля использования спектра. В задачи измерения занятости спектра входит определение того, как могут распределяться частоты, и как спектр может использоваться совместно.

Оборудование, необходимое для таких измерений, может включать в себя:

Антенны: Для измерения общей занятости требуются всенаправленные антенны. Целью измерений является измерение всего спектра в одном районе.

Для конкретных измерений и, например, для определения времени занятости спектра определенным передатчиком может также использоваться направленная антенна.

Приемники: Для измерения общей занятости, чем шире аналоговая полоса частот, тем больше информации будет получено одновременно. При использовании узкополосного приемника, аналоговая полоса частот должна переключаться с одной частоты на другую.

Для измерения занятости и автоматического контроля использования спектра высокоточных измерений, включая точные измерения частоты и уровня, не требуется. Главным параметром является общая скорость сканирования и максимальная мгновенная ширина полосы:

- чем короче время установки синтезатора, тем быстрее измеряется занятость. Предпочтительно время установки менее 5 мс в диапазоне ОВЧ/УВЧ и 10 мс в диапазоне ВЧ;
- широкополосная мгновенная полоса частот дает возможность выполнить БПФ в широкой полосе, позволяя уменьшить число переключений синтезатора. Может использоваться мгновенная полоса частот порядка 20 МГц в диапазоне ОВЧ/УВЧ и 2 МГц в диапазоне ВЧ.

Цифровая обработка: Методы БПФ хорошо подходят для выполнения измерений занятости и имеют множество преимуществ:

- Методы БПФ позволяют провести мгновенный анализ по всей ширине полосы ПЧ. Методы БПФ, связанные с широкополосным приемником, позволяют провести вычисление всех сигналов, попадающих в данную полосу частот.
- При использовании приемников с высокой скоростью сканирования и методов БПФ могут учитываться новые методы частотной модуляции. Такие методы модуляции, как TDMA, не могут быть видны в сканирующем анализаторе спектра, так как для сканирования интересующего диапазона может потребоваться больше времени. Более того, методы БПФ лучше подходят для измерения различающихся по времени (стробированных, импульсных или переходных) сигналов и динамических сигналов со сложной модуляцией при помощи одновременной обработки все частот измеряемого спектра.
- Методы БПФ позволяют проводить параллельно и другие измерения. В то время как измерения занятости проводятся для всего диапазона, цифровой преобразователь с понижением частоты может выбрать определенный сигнал в полосе частот, а затем определить частоту или ширину полосы частот.
- Измерения частоты поддерживаются статистическими вычислениями. Это значит, что требуется большое количество отсчетов, в зависимости от коэффициента занятости и независимых и зависимых отсчетов. Метод БПФ благодаря его быстрому времени повторного обращения позволяет за короткое время достичь высокого уровня надежности.
- Измерения занятости при помощи методов БПФ предлагает преимущества по сравнению с обычными методами в том, что касается точности измерения частоты, скорости, цифрового хранения данных о спектре, повторяемости результатов, различения близко расположенных несущих и работы в условиях шумов.

Примеры данных занятости приведены на Рисунках 3-36 и 3-37. Несмотря на то, что БПФ – это современный и эффективный метод выполнения измерений занятости, возможно применение и других методов.

3.5.5 Записывающее оборудование

Целесообразно записывать данные системы контроля использования спектра, содержащие информацию о радиочастотном спектре и звуковую информацию. Записанные данные позднее могут быть воспроизведены и проверены и могут использоваться в качестве доказательства против несанкционированной радиостанции. Эксплуатация малозатратных необслуживаемых систем контроля может также осуществляться путем записи результирующих данных измерений.

В дополнение к записи звуковых сигналов, принимаемых на станции контроля использования спектра, должны также записываться или регистрироваться в журнале время обнаружения, частота, модуляция, ширина полосы, направление, напряженность поля и ID сигнала.

3.5.5.1 Средства записи

Предпочтительной альтернативой обычным магнитофонам являются устройства записи данных на основе технологии твердого тела и жесткого диска. Средства записи должны предоставлять возможность ведения непрерывной продолжительной записи, а также произвольный доступ для обеспечения быстрого воспроизведения данных. Желательно, чтобы в аппаратуре предусматривались функции записи информации, воспроизведения и монтажа.

РИСУНОК 3-36

Пример представления спектрограммы

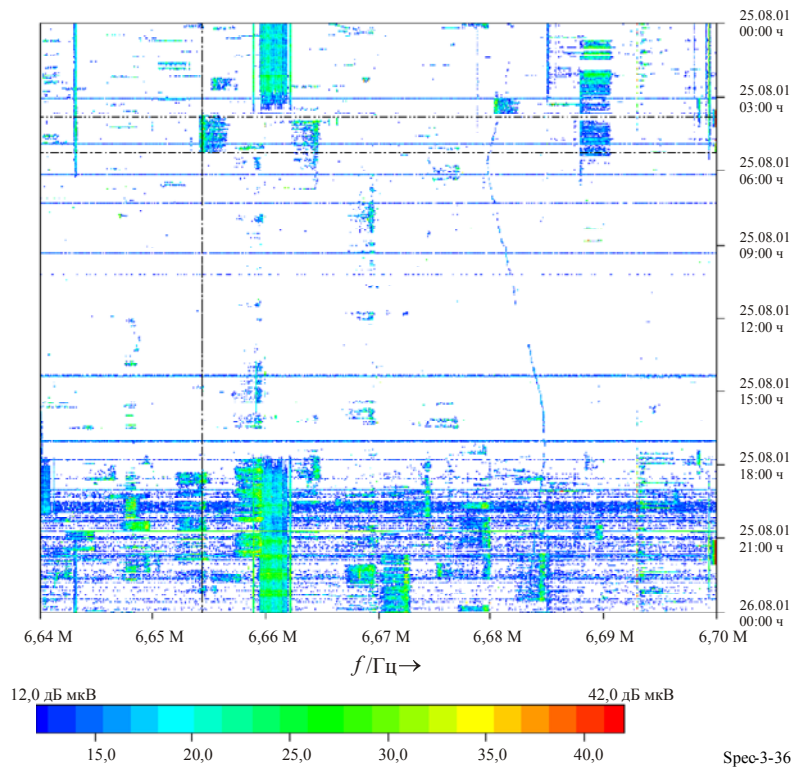
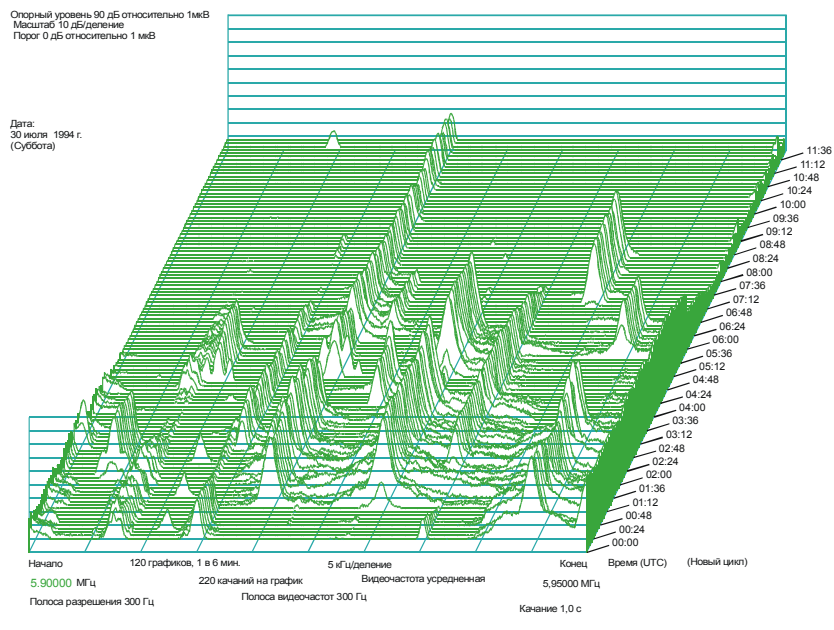


РИСУНОК 3-37

Пример каскадного представления



Предпочтительна непрерывная запись данных в течение, по крайней мере, 72 часов. Такое продолжительное время записи позволяет иметь длительные периоды необслуживаемой работы. Функция записи для обеспечения надлежащего сбора и регистрации непредвиденных сигналов должна включаться с момента приема контролируемых данных и выключаться в момент, когда контролируемые данные не принимаются. Для облегчения воспроизведения указанных данных следует тщательно рассмотреть вопрос форматирования носителей записи. Оператор должен иметь возможность вводить в поток контролируемых данных ту или иную "метку" и при необходимости легко ее отыскивать во время воспроизведения.

Функции воспроизведения данных должны обеспечивать на основе записанной информации воспроизведение точно тех же контролируемых данных. Во время воспроизведения информация о радиочастотном спектре и звуковая информация должны быть синхронизированы. Функции воспроизведения данных также должны предусматривать возможности поиска "метки", быстрой перемотки вперед, быстрой перемотки назад и поиска заголовка.

Функция редактирования данных должна позволять извлечение и копирование определенной информации из записанных данных. Оператор должен без каких-либо затруднений обозначать требуемые для извлечения и копирования данные.

3.5.5.2 Широкополосная записывающая аппаратура

В этом разделе описываются требования к емкостям хранения цифровых данных на станциях контроля использования спектра. В этом разделе не приводятся технические спецификации, а просто описывается, как определить необходимые емкости хранения. Из-за очень быстрого технического развития в наши дни через несколько лет спецификации придется менять.

3.5.5.2.1 Запись данных и формат

На современных станциях существует пять типов записи данных и связанных с ними файлов:

Тип 1: Обычным форматом являются цифровые данные, отражающие синфазные и квадратурные (I/Q) компоненты непрерывного потока или блоки отсчетов ширины полосы, или выходные данные ПЧ. Эти исходные данные могут последовательно вводиться в приемник для анализа записанных сигналов. Это особенно полезно для записи сигналов в подвижном варианте, когда оборудование анализа стационарной станции контроля не всегда доступно. Примеры применения включают анализ кратковременных сигналов и сигналов, полученных во время автоматической записи.

Тип 2: Данные спектра, полученные при помощи БПФ измерения временной области. Современные станции контроля использования спектра могут производить несколько сотен БПФ в секунду, относящихся к измерению ширины полосы высокого порядка. Текстовый файл является форматом стандартного файла.

Тип 3: Демодулированные и декодированные данные, где выходные данные имеют формат текстовых файлов.

Тип 4: Цифровые аудиоданные в файлах формата wav, mp3 или других.

Тип 5: Необработанные данные измерений в текстовых файлах.

Хранение цифровых данных в формате I/Q обычно требует хранителей большой емкости и большой ширины полосы записи из-за относящихся к ним высоких скоростей передачи данных. Другие типы записи имеют меньшие требования.

3.5.5.2.2 Запись цифровых данных

Так как интерфейсы являются либо аналого-цифровыми преобразователями, либо цифровыми преобразователями с понижением частоты, важно учитывать длину записи, тип данных (число байтов в отсчете) и ширину полосы сигнала. Сегодня доступны большие объемы памяти, и исследования технологий продолжают разработку систем большей емкости. Цифровые приемники могут соединяться непосредственно с устройством записи, при условии, что на приемнике и устройстве записи имеются соответствующие цифровые вход/выход.

3.5.5.2.3 Ширина полосы записывающего оборудования

Ширина полосы сигнала, который должен записываться, влияет на требования не только к возможностям записи, но и к ширине полосы записи системы. Записывающий приемник может быть локальным для оборудования хранения, или может использовать соединения с региональной сетью. Сигналы с более широкой полосой (например, >5 МГц) требуют очень быстрого доступа к системе хранения из-за высокой скорости передачи данных. Нужно аккуратно выбирать сетевые соединения и оборудование записи, которые имеют высокую скорость передачи данных, которая выше чем требуется для записи максимальной ширины полосы сигнала, без использования большой (>30% при коммутации пакетов) нагрузки на пропускную способность соединений.

3.5.5.2.4 Требования к рабочим характеристикам записывающего оборудования

Требования к емкости хранения и скорости передачи данных можно выразить следующим образом:

$$C \text{ (Мбайт)} = F_s \times N_b \text{ байт_на_отсчет} \times \text{Время_записи},$$

где:

F_s :	частота дискретизации аналого-цифрового преобразователя (АЦП) или цифрового преобразователя данных (DDC) (МГц),
N_b байт_на_отсчет:	обычно 4 байта для I/Q отсчеты по 16 битов,
Время_записи:	время записи (с).

Например, ширина полосы сигнала 10 МГц требует частоты дискретизации группового спектра 25 МГц или I/Q = 12,5 МГц. Групповой сигнал с 16 битами на отсчет и временем записи 1 минуту дает:

$$\text{Скорость передачи данных: } 25 \text{ (МГц)} \times 2 \text{ (байт/отсчет)} \Rightarrow 50 \text{ Мбайт/с}$$

$$\text{Емкость хранения/записи: } 50 \text{ (Мбайт/с)} \times 60 \text{ (с)} \Rightarrow \text{Объем хранения} = 3 \text{ Гбайт}$$

3.5.6 Оборудование для измерения модуляции

Рекомендованные МСЭ стандартные измерения модуляции производятся автоматизированными системами, как это описано в п. 4.6. Широкополосные приемники и возможности обработки современных станций позволяют проводить измерения модуляции, включая измерения цифровой модуляции. В определенных случаях, при использовании узкополосных приемников с мгновенным получением значений частоты, может оказаться желательным применение специальной измерительной аппаратуры. Для измерения цифровой модуляции пригодны векторный анализатор сигналов (VSA) или анализатор спектра с возможностью векторного анализа либо сама станция контроля использования спектра с соответствующим программным обеспечением.

Приемники, необходимые для демодуляции и измерения n -ФМн, КАМ и других схем векторного типа, описанных в п. 4.6, имеют высококачественные понижающие преобразователи, характеристики амплитуды ПЧ и группового времени задержки которых не ухудшают измеряемый сигнал. После понижающего преобразователя или приемника устанавливается векторный анализатор сигналов для анализа цифровой модуляции [Blue *et al.*, 1993]. В векторном анализаторе спектра реализуются конечные значения полосы пропускания по ПЧ за счет использования цифровой обработки сигналов для получения стабильных и высококачественных характеристик полосы пропускания по ПЧ. Кроме того, путем изменения коэффициентов при цифровой обработке сигналов может быть синтезирован целый ряд фильтров приемника для универсального охвата различных видов модуляции.

Если в векторном анализаторе сигналов применяется необязательный понижающий преобразователь РЧ и в нем не содержится РЧ преселектор, то в этом случае в условиях плотной загрузки спектра сигналами необходимо использовать внешний преселектор или полосовой фильтр. Поправки на характеристики полосы пропускания преселектора должны, вероятно, включаться в процедуру коррекции характеристик полосы пропускания фильтра ПЧ для получения самого высокого качества.

После установки желаемой несущей частоты, вида модуляции и скорости передачи символов, в процессе цифровой обработки сигналов в векторном анализаторе осуществляется также демодуляция. Кроме отображения модулированного сигнала векторный анализатор сигналов обеспечивает также измерения ошибок при цифровой модуляции. Это осуществляется посредством демодуляции сигнала и генерирования идеального эталонного сигнала. Два сигнала сравниваются при проведении измерений ошибок.

Для контроля качества модуляции в радиоканале, главным фактором при измерении факторов качества модуляции может стать канал передачи. Многолучевое распространение или другие внутриканальные помехи могут сделать измерения качества модуляции в высшей степени сомнительными или бесполезными. Поэтому подробные измерения модуляции применимы только на стороне передатчика, предпочтительно с прямым соединением с передатчиком. В эти измерения входят: величина вектора ошибок, фазовые и амплитудные ошибки, сквозное соединение несущей, дисбаланс усиления I/Q, спад амплитуды и ошибка частоты несущей.

Общие измерения, в результате которых получаются данные общих характеристик качества, и которые можно выполнить на стороне передатчика или вне радиоканала на некотором расстоянии, включают в себя: спектр вектора ошибки (для выделения помех), коэффициент мощности соседнего канала, занятую ширину полосы, ослабление излучение спектра, дополнительную функцию распределения, частоту несущей и измерения в кодовой области (мощность, синхронизация и фаза).

Измерение импульсной характеристики канала [Riedel; 1991; Bues and Riedel, 1993] является измерением не модуляции, а многолучевости канала распространения радиоволн. Эта многолучевость значительно влияет на качество модуляции в месте расположения приемника. Другой косвенной мерой качества модуляции в месте расположения приемника является измерение уровня BER. Более подробно эти измерения качества описаны в п. 5.3.5.4.

3.5.7 Оборудование идентификации

Идентификация радиосигналов – одна из наиболее сложных задач контроля. Эта сложность частично является следствием редкого излучения позывных сигналов, частично – использования сокращенных или незарегистрированных позывных сигналов и в значительной степени – трудности декодирования сигналов благодаря растущему использованию сложных передающих систем, т. е. частотного сдвига, уплотнения с разделением по частоте и/или по времени. Кроме того, имеются машинные телеграфные системы, использующие целый ряд кодов, отличающихся от кода Морзе, факсимильные системы, системы с одной и независимой боковыми полосами и секретные устройства.

Использование цифровых методов обработки и микрокомпьютеров в настоящее время обеспечило возможность разработки многоцелевой аппаратуры идентификации, способной демодулировать и декодировать большинство сигналов и быть запрограммированной на обработку новых систем передач.

В результате станция контроля должна иметь аппаратуру для приема и/или идентификации нескольких видов цифровой и аналоговой модуляции.

Дополнительную информацию об идентификации сигналов см. в п. 4.8.

Справочная литература

- BLUE, K. *et al.* [December 1993] Vector Signal Analyzers for Difficult Measurements on Time-Varying and Complex Modulated Signals. *Hewlett-Packard J.*, Vol. 44, p. 6-47.
- BUES, D. and RIEDEL, P. [1993] Planning digital radio networks using Impulse Response Analyzer PCS and test transmitter system. *News from Rohde & Schwarz*, **141**, p. 26-27.
- RIEDEL, P. [1991] TS 9955 measures channel impulse response in GSM radio networks. *News from Rohde & Schwarz*, **137**, p. 12-14.

Рекомендации МСЭ-R:

ПРИМЕЧАНИЕ. – В каждом случае следует использовать самое последнее издание Рекомендаций.

Рекомендация МСЭ-R SM.182 – Автоматический контроль занятости радиочастотного спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.328 – Спектры и ширина полосы излучений.

Рекомендация МСЭ-R SM.377 – Точность измерений частоты на станциях, используемых для международного контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.378 – Измерение напряженности поля на станциях контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.443 – Измерение ширины полосы частот на станциях контроля использования спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.854 – Пеленгация контрольными станциями сигналов ниже 30 МГц.

Рекомендация МСЭ-R SM.1600 – Техническая идентификация цифровых сигналов.

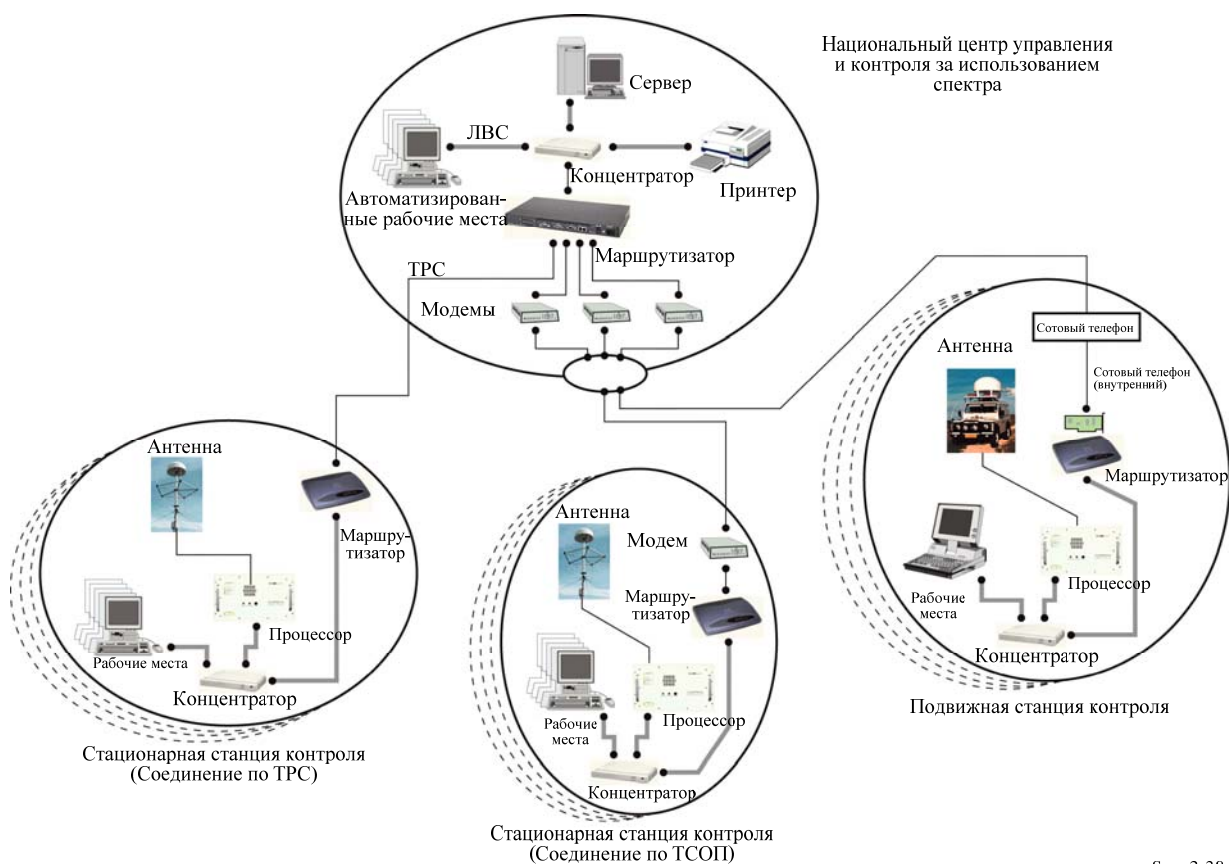
3.6 Автоматизация контроля

3.6.1 Введение

Автоматизация путем использования компьютеров, современных структур клиент/сервер и дистанционного управления средствами связи упрощает многие работы и обязанности службы контроля. Аппаратура с применением компьютеров обеспечивает средства быстрого и точного выполнения рутинных повторяющихся задач по измерениям, освобождая персонал службы для решения более сложных задач. Использование баз данных и компьютерного моделирования упрощает выполнение функций управления использованием спектра и может помочь в предотвращении помех. Взаимосвязь управления использованием спектра и контроля использования спектра позволяет создать интегрированную систему, которая может автоматически использовать данные измерений от системы контроля и информацию о лицензиях из базы данных управления для обнаружения нелегальных передач и иных нарушений в области лицензирования. Типичная интегрированная система показана на Рисунке 3-38 и описана в Рекомендации МСЭ-R SM.1537. Ее конфигурация (количество автоматизированных рабочих мест на каждой станции контроля, количество станций и т. д.), методы осуществления связи (ТСР или другие протоколы; использование ТСОП, радиосвязи или спутников) и другие составляющие могут меняться в соответствии с конкретным применением. Конфигурация альтернативной системы включает в себя добавление в виде центра контроля, соединенного непосредственно со станциями контроля и, в свою очередь, с центром управления использованием спектра. Для целей распределения работ по управлению проведением операций по контролю в большой службе контроля в дополнение к главному или национальному центру могут действовать региональные центры контроля.

РИСУНОК 3-38

Пример системы контроля, объединенной с системой управления использованием спектра



Spec-3-38

3.6.2 Автоматизация работ по контролю

Автоматизированные станции обычно выполняют функции стационарных станций контроля использования спектра, описанные в п. 2.4. Легко поддаются автоматизации повторяющиеся задачи, включающие в себя все рутинные измерения по контролю:

- *Измерения занятости спектра:* Для автоматизации контроля вполне подходит сканирование полос частот с высоким разрешением с синтезированным на компьютере изображением спектра и возможностью сохранения данных о занятости каналов в течение нескольких дней.
- *Измерения частоты:* Они могут выполняться автоматически при соответствующем отношении сигнал/шум и для передач с несущей частотой. В диапазоне ВЧ каналы обычно располагаются очень близко друг к другу, и необходимо обеспечить высокую избирательность по частоте при наличии нескольких частот в одном и том же канале.
- Измерения уровня сигнала и, если применимо, напряженности поля.
- Измерения ширины полосы.
- Измерения параметров модуляции. Усовершенствования аппаратуры и программного обеспечения для целей цифровой обработки сигналов привели к разработке систем распознавания модуляции, опознающих виды модуляции в реальном времени. Эти системы могут быть реализованы в автономных приборах, в расширительных платах компьютеров и связанном с ними программном обеспечении, либо могут быть интегрированы в другие приборы (такие как приемники или анализаторы). Эти системы могут использоваться для распознавания различных форматов модуляции (как цифровой, так и аналоговой), измерения общих технических параметров и демодуляции или декодирования сигналов.
- *Анализ сигналов:* Тем не менее, не все аспекты анализа сигналов могут быть выполнены в полностью автоматическом режиме.
- *Радиопеленгация.*
- *Опознавание станций:* По их местоположению или путем автоматического анализа сигналов (распознавание кодов, числа элементов, скорости передачи).

Все эти измерения могут, в принципе, выполняться автоматически, но некоторые измерения, такие как измерения ширины полосы и модуляции, для достижения достаточной точности требуют наличия сигналов с высоким отношением сигнал/шум. Эти задачи позволяют получать технические данные измерений, которые можно сравнить с техническими параметрами, заложенными в базы данных управления использованием спектра, или с данными, которые желательно в них включить. Технические параметры передатчика, заложенные в эти базы данных, включают:

- присвоенную частоту;
- расчетную напряженность поля;
- класс излучения;
- присвоенную ширину полосы;
- ширину полосы излучения;
- позывной.

На каждой станции контроля обычно имеется список передатчиков, и операторы сверяют перечисленные параметры передатчиков с записями наблюдений автоматической аппаратуры. Интегрированные автоматические системы способны, в дополнение к сбору данных, проводить их сравнение. Пример автоматического обнаружения нарушений рассматривается ниже. В любом случае, для сведения к минимуму случаев ложной тревоги сравнение должно производиться с использованием допустимых отклонений измеряемых параметров, которые соответствуют рекомендованным МСЭ значениям точности измерений. Цель состоит в подтверждении соответствия установленным процедурам и техническим данным, указанным в соответствующем файле базы данных. Обнаруживаемые различия или аномалии обычно включают:

- незаконные или нелегализованные передатчики или частоты;
- неразрешенные периоды работы или местоположения;
- незаконные классы излучения или плохое качество модуляции;

- чрезмерное отклонение частоты;
- отсутствие позывного сигнала или неполный позывной сигнал;
- чрезмерно широкую полосу частот;
- чрезмерную мощность (чрезмерную напряженность поля).

3.6.2.1 Уровни автоматизации

Автоматизации могут подлежать многие уровни операций по контролю. Одна рабочая станция может выполнять автоматизированный обзор занятости спектра в соответствии с предварительно установленными параметрами. Несколько рабочих станций на площадке могут быть объединены в единый комплекс измерительного оборудования для совместного использования этих ресурсов измерения. По причине удаленности может быть автоматизирована целиком вся станция или сеть станций, а результаты контроля в этом случае могут передаваться на центральную станцию. Отдельные рабочие позиции в нескольких пунктах могут быть соединены таким образом, что одна из них автоматически подстраивает другие для получения многократных одновременных измерений интересующих сигналов. Управляемая с помощью компьютера аппаратура может быть запрограммирована для идентификации частот, на которых работают передатчики, не включенные в базу данных лицензированных передатчиков, и для идентификации передатчиков, которые работают за пределами разрешенных для них параметров.

Автоматизация может способствовать сокращению времени определения местоположения и идентификации сигнала, сокращению численности персонала, необходимого для эксплуатации станций, направлению этого персонала на выполнение более приоритетных задач, таких как оказание помощи подвижной станции в работах по радиопеленгации или проведение анализа данных, а также расширению радиочастотного спектра, эффективно контролируемого службой. С другой стороны, отсутствие оператора или техника на удаленном пункте может привести к значительным простоям при выходе аппаратуры из строя. Кроме того, автоматизированная аппаратура может не обладать чувствительностью, необходимой для настройки на прием сложных сигналов, которой оператор может добиться ручной настройкой, что часто происходит на ВЧ. В любом случае при автоматизации рабочей позиции или станции должен быть предусмотрен вариант возвращения в режим ручной работы, либо на местном уровне, либо дистанционно. Автоматизация более старого оборудования обычно требует установки отдельного компьютера, а зачастую такое оборудование нуждается в замене.

3.6.2.2 Автоматизация станций

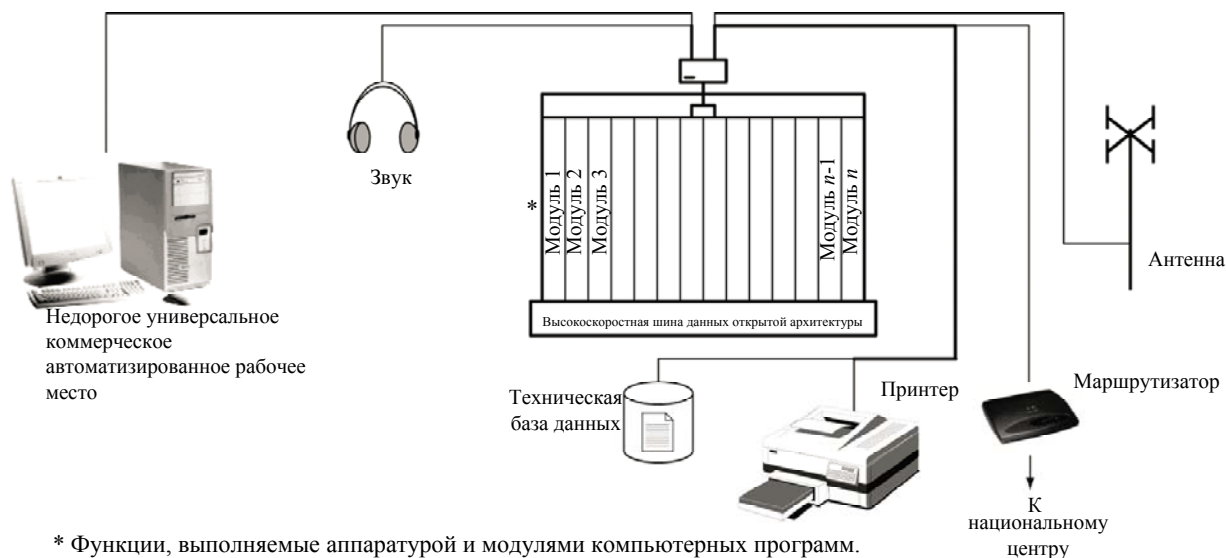
Современные методы цифровой обработки сигналов (ЦОС) позволяют осуществить экономически эффективную автоматизацию станций в полном объеме. Автоматизированная станция состоит из:

- небольшой группы модулей сложного измерительного оборудования, включая цифровые приемники, управляемой с помощью компьютера, часто называемого измерительным сервером, и
- автоматизированных мест операторов, часто называемых клиентами, используемых для интерфейса операторов и содержащих компьютерные программы, которые позволяют легко использовать и обслуживать систему.

Станция может управляться или на местном уровне или дистанционно из более удобного места. Связь между измерительными станциями и станциями управления может осуществляться по радио или по наземным линиям. По сути, станция становится узлом широкой сети, контролируемой станцией управления.

Как правило, полностью автоматизированная станция имеет архитектуру, показанную на Рисунке 3-39. Эта станция состоит из антенн, компактного измерительного сервера (блока модульной высокоскоростной шины, содержащего процессоры, приемники и другую электронную аппаратуру), одну или несколько недорогих коммерческих клиентских рабочих станций и различного периферийного оборудования, в том числе принтеры, телефоны и модемы. Альтернативная, но связанная архитектура станции включает отдельные, но в высокой степени интегрированные блоки, цифровые приемники, радиопеленгаторы и процессоры; в этом случае часть Рисунок 3-39, содержащая высокоскоростную шину открытой архитектуры с различными составляющими модулями заменяется отдельными блоками, включающими цифровой приемник, цифровой радиопеленгатор и процессор. Автоматическое встроенное испытательное оборудование (ВТЕ) может предоставлять данные о текущем состоянии всех устройств и сигнализировать при сбое в работе устройства.

РИСУНОК 3-39

Типичная современная интегрированная станция контроля использования радиочастотного спектра

* Функции, выполняемые аппаратурой и модулями компьютерных программ.

Обработка пеленгов
Быстрое А/Ц преобразование
Обработка цифровых сигналов и демодуляция
Приемник 1, 2, 3, ... n

Цифровой звуковой сигнал
Приемник GPS
Интерфейс рабочего места
Дисплеи для отображения спектра

Звуковая матрица
Матрица РЧ
Интерфейс линии связи
База данных передатчиков
Гнезда для расширительных модулей

Spec-3-39

Функции автоматизированной станции контроля включают в себя:

- контроль, демодуляцию и декодирование;
- запись звука;
- технические измерения и анализ, в том числе частоту и сдвиг частоты, уровень/напряженность поля, параметры модуляции, в том числе глубину модуляции АМ сигналов и девиацию частоты ЧМ сигналов, ширину полосы и анализ спектра;
- занятость спектра;
- радиопеленгацию;
- автоматическое сравнение в реальном времени с лицензированными параметрами;
- автоматическое предупреждение об аномальных или неизвестных передачах.

3.6.2.2.1 Стандартные режимы работы автоматизированной станции

Для выполнения этих задач могут использоваться три режима, в которых, как правило, работают автоматизированные станции контроля:

Режим 1: Интерактивный или работающий в режиме реального времени.

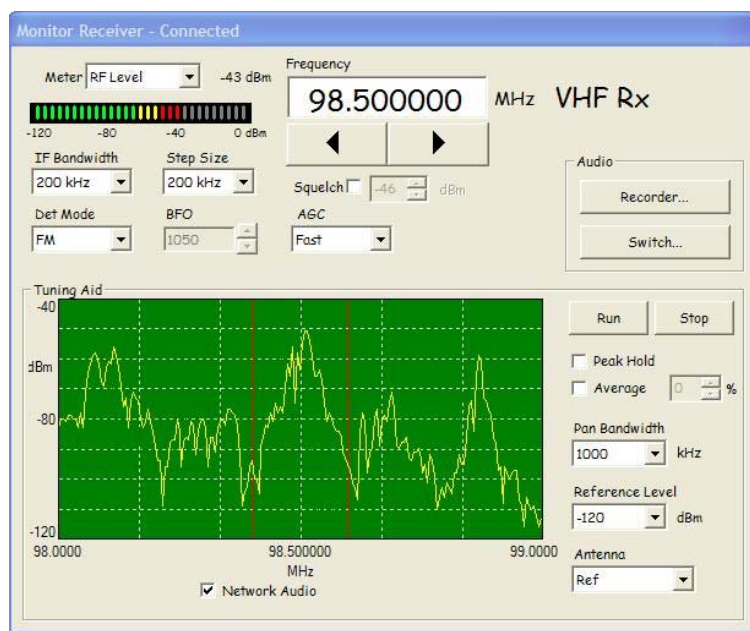
Режим 2: Автоматический или программируемый.

Режим 3: Фоновый.

Интерактивный режим позволяет осуществлять непосредственное взаимодействие с различными функциями, которые обеспечивают мгновенную обратную связь, например, контроль настройки приемника, выбор демодуляции и выбор панорамного дисплея. Интерактивный режим необходим даже в автоматизированной системе, чтобы в случае необходимости допустить вмешательство оператора, так чтобы аппаратурой могли дистанционно управлять операторы или программное обеспечение автоматизированной системы. Управление этими функциями производится посредством "виртуальных панелей управления" на клиентском рабочем месте с использованием экранов, таких как показано на Рисунке 3-40. Комплексные панорамные и спектральные дисплеи создаются на рабочем месте оператора и включают в себя каскадные дисплеи (трехмерные дисплеи отображения амплитуды сигнала в зависимости от частоты и времени) и спектрограммные дисплеи (двумерные дисплеи отображения частоты сигнала в зависимости от времени, причем амплитуда сигнала отмечается с помощью цвета).

РИСУНОК 3-40

Пример виртуальной панели управления для приемника контроля использования спектра



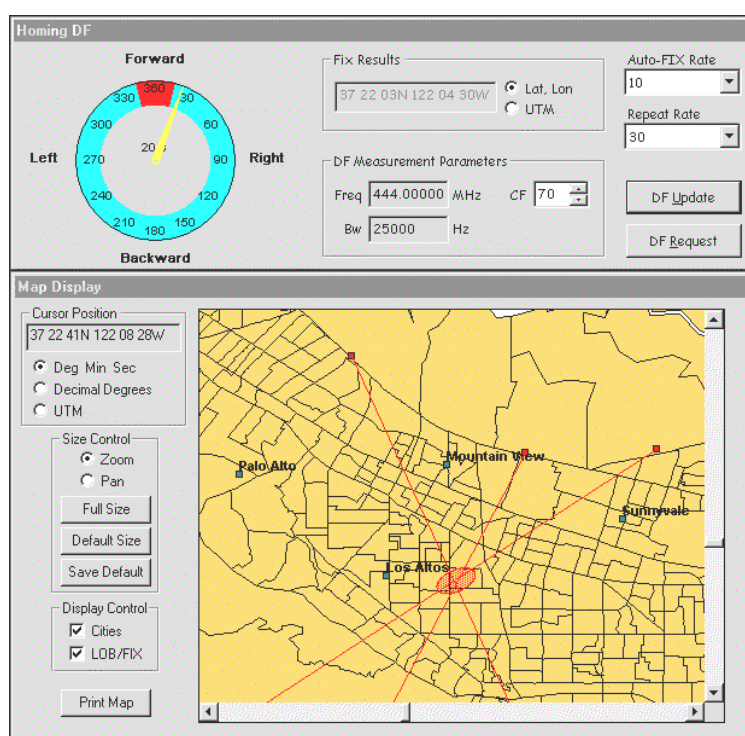
Радиопеленгаторное самонаведение является важным примером интерактивной работы. Радиопеленгатором можно управлять на подвижной станции, когда она находится в движении. Результаты пеленгации представляются относительно передней части автомобиля, как показано на Рисунке 3-41, и позволяют водителю принять решение, в каком направлении нужно двигаться, чтобы приблизиться к передатчику желаемого сигнала. Результаты пеленгации из различных мест также воспроизводятся на географической карте, позволяя системе с помощью автоматической триангуляции определить местоположение передатчика сигнала. Высокоточный приемник GPS производит непрерывное обновление точного местоположения подвижной станции, а электронный компас определяет ориентацию автомобиля относительно севера.

В автоматическом или программируемом режиме можно планировать задачи, подлежащие выполнению немедленно или в определенное время в будущем. В состав функций, выполняемых в программируемом режиме, входят технические измерения и анализ, а также радиопеленгация. Могут указываться параметры измерения, такие как метод измерения и усреднения и время измерения (или несколько значений времени в случае, когда измерения должны повторяться), или же могут использоваться значения по умолчанию, обеспечиваемые системой. Для планирования этих функций оператор может использовать экран с изображением календаря с днями недели и множеством интервалов в пределах каждого часа. Клиент запрашивает временные интервалы для проведения

желаемых измерений из измерительного сервера. Подход с назначением временных интервалов позволяет нескольким клиентам подключаться к одному серверу. Чтобы регулировать попытки планирования нескольких измерений в одном и том же временном интервале, сервер должен обеспечивать "удобный" режим планирования. Когда запрашиваемый временной интервал уже зарезервирован, просьба клиента о временном интервале сервера перемещается в первый доступный временной интервал. Сервер может искать доступный временной интервал в пределах временного окна, соответствующего, как правило, нескольким минутам. Измерительный сервер производит требуемые измерения с использованием соответствующего расписания и алгоритмов приоритетности для разрешения любых конфликтов, связанных с планированием работ, и сохраняет результаты измерений до тех пор, пока их не запросит клиент. Наряду с запрошенными измерениями для некоторых типов измерений сервер может записывать и звуковые сигналы.

РИСУНОК 3-41

Пример дисплея и географической карты при радиопеленгаторном самонаведении



Spec-3-41

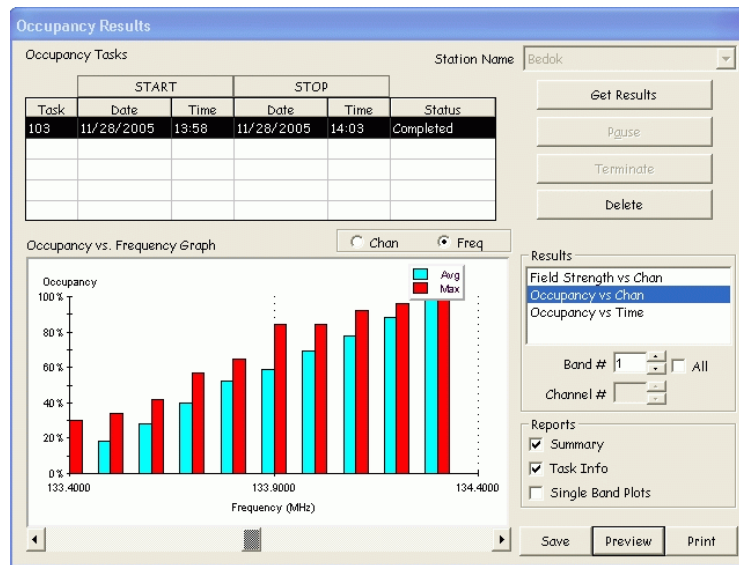
Фоновый режим используется для измерений занятости спектра и автоматического обнаружения нарушений – задач, для выполнения которых желателен сбор данных в течение длительных периодов времени. Широкополосное сканирование для измерения занятости или радиопеленгация в сочетании с занятостью (называемая "радиопеленгаторным сканированием"), которые могут быть точно определены, и система, которая может быть запрограммирована на выполнение автоматического сканирования на конкретных частотах или в полосах частот и на обнаружение сигналов, инициируют оговоренную деятельность оператора, такую как радиопеленгация или техническое измерение.

По сравнению с программируемым режимом фоновый режим имеет более низкий приоритет, поэтому конкретные запланированные измерения будут прерывать работы в фоновом режиме, чтобы воспользоваться измерительным сервером. После завершения запланированных измерений система управления возвращается к прерванным измерениям в фоновом режиме.

Когда клиент обращается с запросом о результатах измерений, он может увидеть их отображение на дисплее в удобных форматах. Большая часть информации отображается графически, в виде гистограмм занятости спектра (см. Рисунок 3-42), графиков напряженности поля, изображений географических карт, показывающих результаты определения местоположения (см. Рисунок 3-41), и других графических изображений.

РИСУНОК 3-42

Пример гистограммы занятости спектра

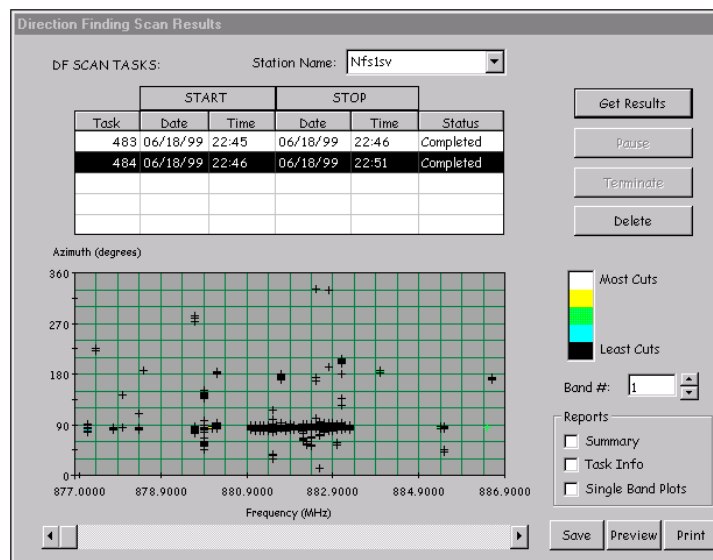


Spec-3-42

Эти системы могут выполнять радиопеленгование одновременно на многих частотах и обеспечивают получение графиков зависимости азимутов от частоты (см. Рисунок 3-43), которые полезны для перехвата и обработки современных видов цифровой модуляции; результаты радиопеленгации, отображенные на таком дисплее по одному и тому же азимуту на множестве различных частот – это явный признак присутствия сигнала со скачкообразной перестройкой частоты.

РИСУНОК 3-43

Пример результатов отображения радиопеленгаторного сканирования



Spec-3-43

Новейшие системы клиент/сервер можно разработать так, чтобы они были проще в применении, чем системы с отдельными или автономными аппаратными блоками, такими как приемники и анализаторы спектра. С использованием иконок и графических меню с названиями задач, доступ к которым оператор может получить путем указания стрелкой и нажатия кнопки "мыши", эти системы могут быть интуитивно понятными и простыми для изучения. Для администраций, испытывающих трудности в приобретении квалифицированных операторов, простота операций в системе контроля является важным аспектом.

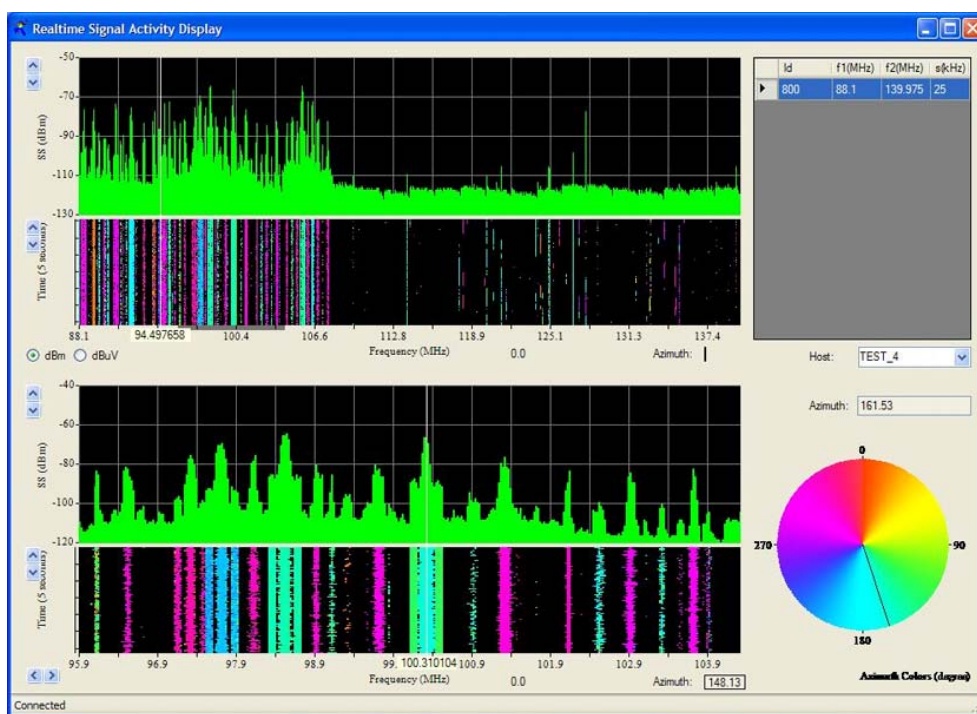
3.6.2.2.2 Примеры автоматизированных дисплеев с широкой полосой

Современные измерительные серверы, основанные на ЦОС, способны предоставить очень широкую мгновенную полосу частот, например, мгновенную полосу шириной 20 МГц в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1794, наряду с большим динамическим диапазоном, с тем чтобы сильные сигналы в пределах этой полосы не мешали приему и обработке очень слабых сигналов в этой же полосе. Автоматизированные системы с очень широкой мгновенной полосой частот способны сканировать спектр на весьма больших скоростях и способны эффективно принимать и измерять перемежающиеся, широкополосные сигналы и сигналы с быстрой перестройкой частоты, позволяя оператору лучше понять спектр радиочастот. Они могут эффективно получать и измерять импульсные, широкополосные и стабильные по частоте сигналы, которые могут казаться шумом, если контроль ведется узкополосными системами. Для обеспечения лучшей производительности, когда необходимы измерения в узких полосах частот, вместо более широкой полосы частот может быть автоматически выбрана меньшая мгновенная ширина полосы частот, которая уменьшит шум и улучшит S/N .

Операторы могут видеть изображения на очень широком панорамном дисплее, увеличивая свои возможности определения местонахождения источников помехи и определения видов сигналов и контролируемых помех. На Рисунке 3-44 показан стандартный дисплей. Этот конкретный дисплей позволяет контролировать участок спектра шириной более 50 МГц при помощи панорамного дисплея сверху экрана, под которым находится дисплей спектрограммы, показывающий активность сигнала за последние 5 с, на которой сигналы с различных направлений обозначаются различными цветами. Цветовая кодировка направления прибытия на дисплее может быть заменена по команде оператора на дисплей с цветовой кодировкой уровня сигнала. В нижней части дисплея размещены увеличенный панорамный дисплей и дисплей спектрограмм, при этом оператор может просто щелкнуть на верхнем дисплее, указав область частот, которую следует увеличить, и система автоматически сформирует увеличенное изображение; на иллюстрации показана часть верхнего дисплея шириной 8,5 МГц, увеличенная так, чтобы она заполняла всю доступную горизонтальную область дисплея. Обновление дисплея производится постоянно в реальном времени, дисплей спектрограмм постоянно обновляется, отображая активность сигнала и направления прибытия сигнала в настоящий момент.

РИСУНОК 3-44

Типовое отображение измерений при очень широкой полосе пропускания

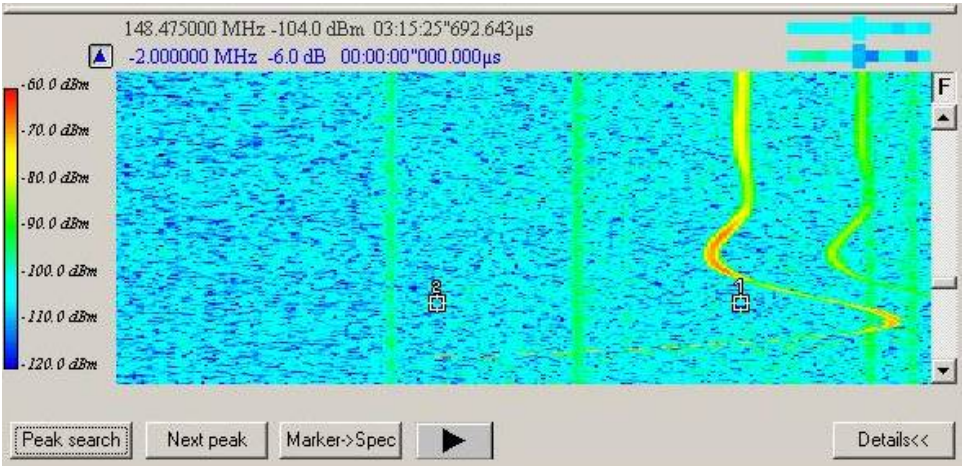


Spec-3-44

Дисплей на Рисунке 3-45 показывает сигнал передатчика без стабилизации. Только широкополосный передатчик может обнаружить такие сигналы, создающие помехи сигналам соседних каналов. Узкополосный приемник или слишком медленно работает, чтобы обнаружить эти сигналы, или имеет слишком узкую полосу, чтобы увидеть флуктуации сигналов.

РИСУНОК 3-45

Типовое отображение очень быстрых флуктуаций широкополосного сигнала, зафиксированных широкополосным приемником

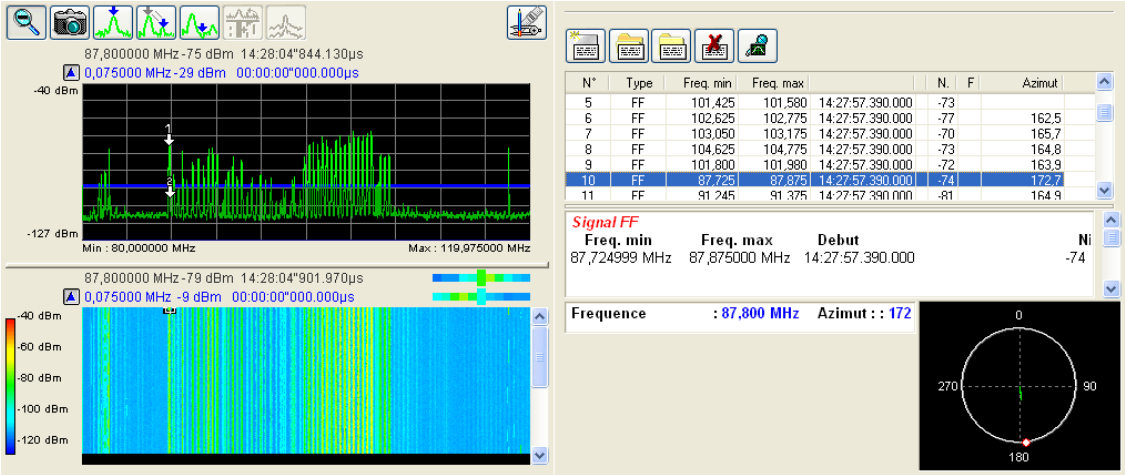


Spec-3-45

Операторы могут наблюдать за изменениями на очень широком панорамном дисплее, что позволяет увеличить возможность обнаружения источников помех и определить виды контролируемых сигналов и помех. Такой дисплей показан на Рисунке 3-46, отражая в реальном времени мгновенную ширину полосы 40 МГц без любого сканирования. Широкая мгновенная ширина полосы частот позволяет обнаружить сигналы с очень коротким временем существования в несколько микросекунд.

РИСУНОК 3-46

Типовое отображение измерений при очень широкой полосе пропускания



Spec-3-46

Цифровая обработка сигналов (ЦОС) обеспечивает большую гибкость при добавлении возможностей системам контроля использования спектра в будущем. Если появятся новые типы сигналов, которые потребуют особой обработки, или потребуется вести контроль в новых полосах частот, их можно добавить в систему на основе ЦОС, просто внося изменения в программное обеспечение системы контроля использования спектра.

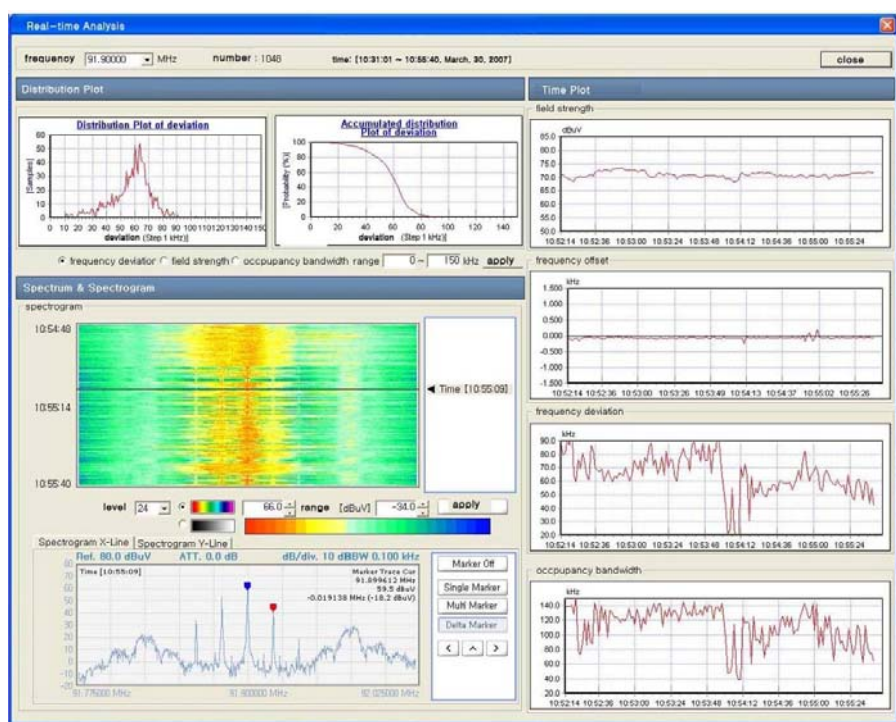
3.6.2.2.3 Примеры анализа результатов измерения

Автоматические станции контроля использования спектра могут иметь режим работы для анализа результатов измерения. Этот режим используется для анализа результатов измерений, выполненных измерительным оборудованием в различных условиях. Анализ может проводиться в центре управления использованием спектра.

Результаты измерения качества радиосигналов отражаются в графическом виде в форме графиков измеренных значений (напряженность поля, сдвиг частоты, девиация частоты, занятость полосы частот) на оси времени, графиков распределения девиации, или объединенных графиков распределения девиации и спектрограмм. На Рисунке 3-47 показано стандартное отображение спектрограммы. Так как графики измеренных значений по отношению ко времени являются наиболее полезными для анализа в течение небольших периодов времени, графики распределения девиации или объединенные графики распределения девиации наиболее полезны для анализа в течение более длительных периодов времени.

РИСУНОК 3-47

Типовая диаграмма анализа результатов измерений в реальном масштабе времени



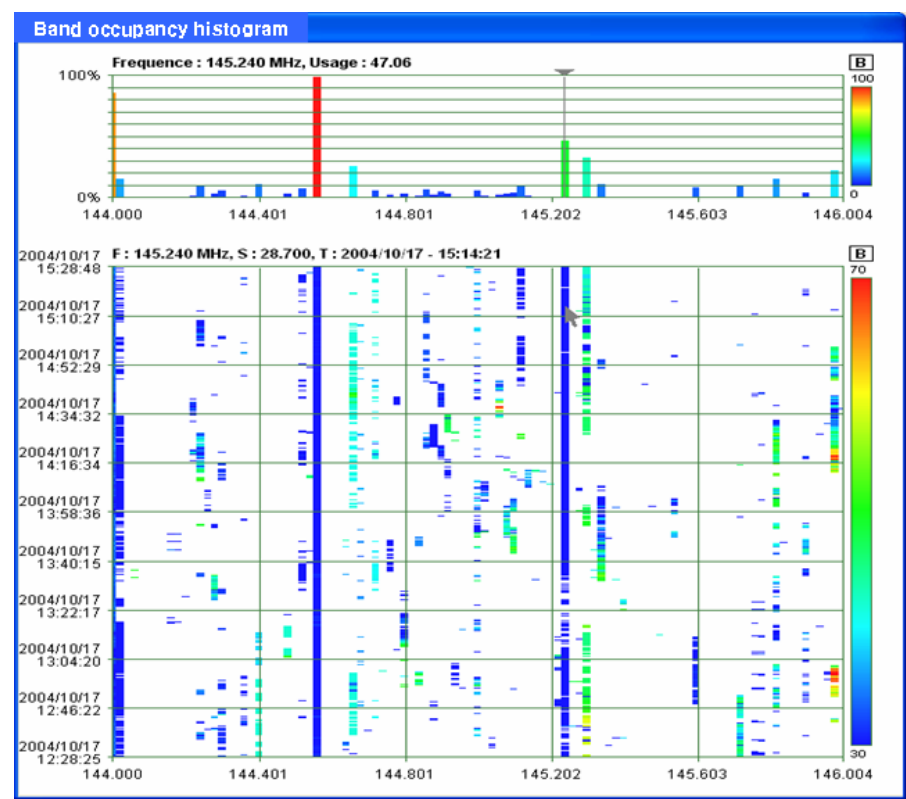
Spec-3-47

Результаты измерений занятости диапазона могут отображаться на графике зависимости частоты от времени; напряженность поля выделяется цветом. На Рисунке 3-48 показан стандартный дисплей. Гистограмма занятости диапазона с сигнальной спектрограммой показывает частоту появления сигнала, коэффициент занятости спектра и напряженность поля.

Анализ спектра может осуществляться при помощи различных функций, использующих быстро полученные результаты измерения спектра. Спектральный диапазон сравнивается с диаграммой распределения частот, и частота сигнала отражается в соответствии с указаниями меток. На Рисунке 3-49 показан стандартный дисплей. Результаты измерений и анализа используются для предсказания возможности возникновения помех и обнаружения приходящей радиоволны.

РИСУНОК 3-48

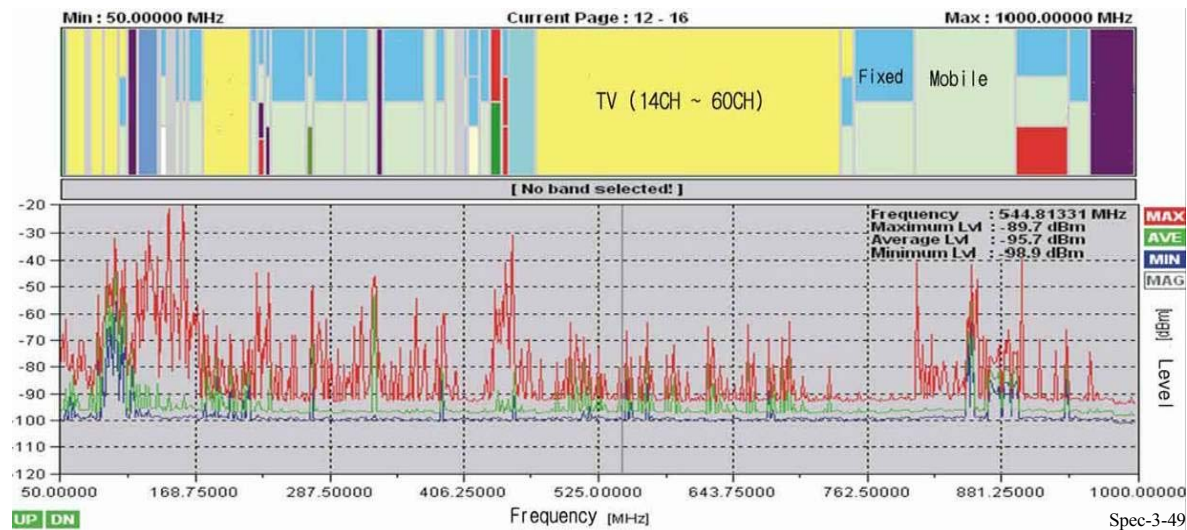
Типовая гистограмма занятости полосы частот со спектрограммой сигнала



Spec-3-48

РИСУНОК 3-49

Полосы спектра частот по сравнению с графиком распределения частот



Spec-3-49

3.6.2.2.4 Работа в реальном времени с быстрым сканированием спектра, мгновенной радиопеленгацией и предупреждениями операторов

Существуют определенные диапазоны частот, в которых основным требованием является постоянное осуществление в реальном времени контроля передач радиосигналов. Такой контроль включает в себя быструю идентификацию и обнаружение легальных передатчиков, а также быструю идентификацию, обнаружение и устранение источников помех. Примерами диапазонов частот, требующих такой защиты, являются диапазон воздушной связи, диапазон морской связи и различные каналы экстренной связи, которые необходимы для выполнения работ по поиску и спасению. Этот тип защиты спектра требует, чтобы системы контроля использования спектра могли работать в реальном времени, быстро сканируя спектр и постоянно выполняя измерения и радиопеленгацию всех активных сигналов. При обнаружении активности сигналов на любом канале экстренной связи, система должна быть способна в реальном времени передать предупреждения всем местным или удаленным операторам.

Интегрирование функций поиска сигнала, радиопеленгации и контроля использования спектра в одном процессоре позволяет проводить быстрое сканирование спектра с одновременным измерением и радиопеленгацией всех обнаруженных сигналов. Стандартные системы могут просматривать несколько десятков каналов морской подвижной службы и каналов экстренной связи как минимум десять раз в секунду и могут обнаружить и измерить сигнал длительностью 10 мс.

Результаты радиопеленгации измеряются одновременно на нескольких десятках каналов и отражаются на дисплее оператора в реальном времени. Линии пеленга (LoB) для выбранных сигналов отражаются на большой цифровой карте и на полярной гистограмме. Если несколько станций контроля образуют сеть (как обсуждается в п. 3.6.3), тогда на рабочем месте оператора система будет отражать не только LoB, но и позицию триангуляции, полученную для соответствующего передатчика. Эта операция будет выполняться системой автоматически без вмешательства оператора, и определение местоположения будет показываться на экране оператора в течение секунды после начала передачи.

Все результаты измерений радиопеленгации могут автоматически сохраняться в локальной базе данных на рабочем месте оператора и оставаться там в течение разумного времени, например, 48 часов. Оператор может выполнять множество функций на своем рабочем компьютере, например:

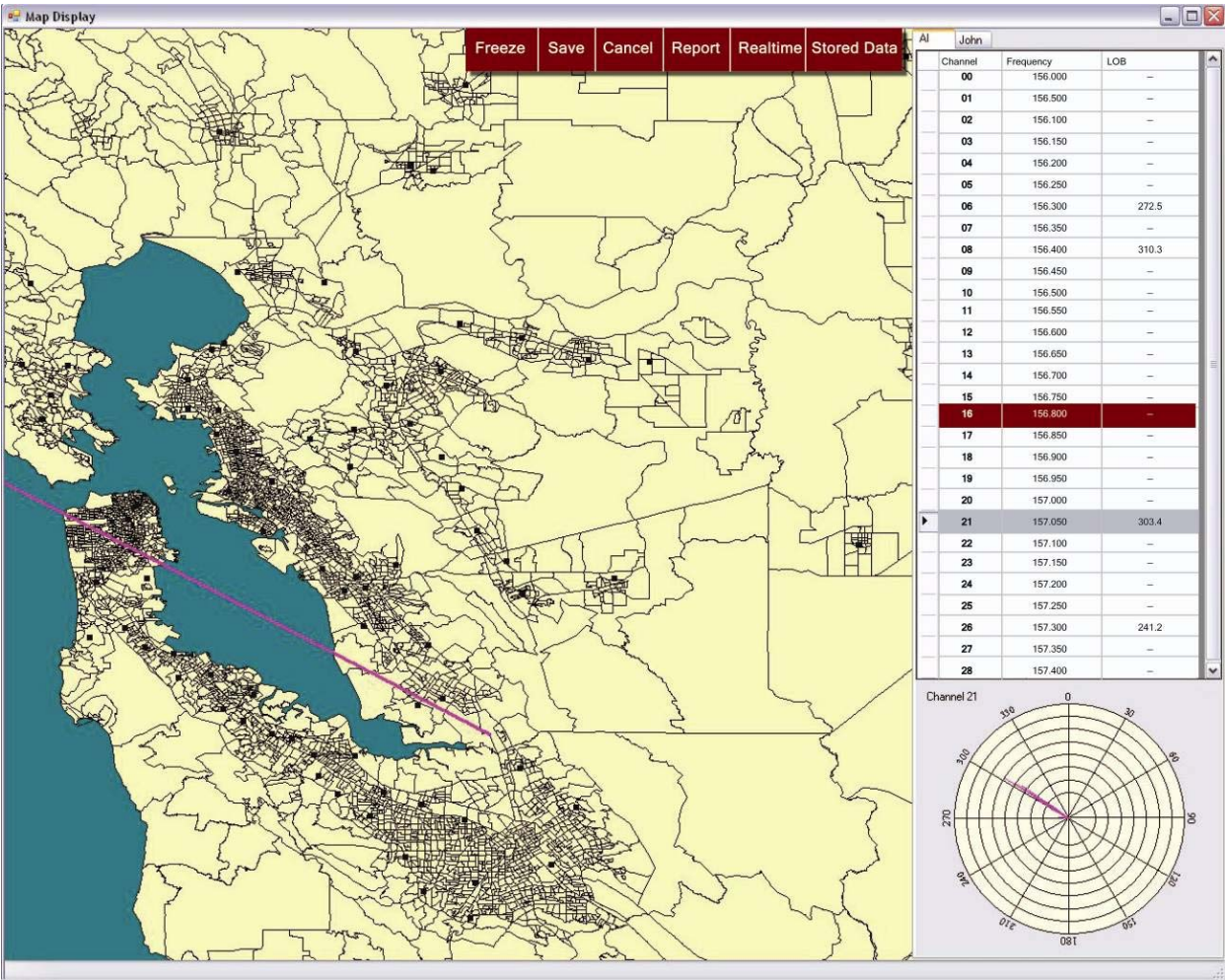
- Постоянно контролировать активность сигнала, LoB и позиции во всех назначенных ему каналах.
- Сохранять результаты радиопеленгации и создавать отчет о местоположении передатчика, который автоматически сохраняется в локальной базе данных.
- Наблюдать и воспроизводить результаты радиопеленгации и позиций, сохраненных на его компьютере.
- Наблюдать результаты радиопеленгации, сохраненные на его компьютере, и создавать списки активности сигналов.

На Рисунке 3-50 приведен пример работы в реальном времени в диапазоне морской радиосвязи с быстрым сканированием спектра и мгновенной радиопеленгацией. LoB для 29 каналов измеряются автоматически в реальном времени и отражаются в числовой форме на экране (справа сверху). LoB для выбранных сигналов показывается на карте (слева) и на полярной гистограмме (ниже справа). В этом примере оператор выбрал Канал 21 для контроля использования спектра, и LoB этого канала показаны на карте и на полярном графике. Наверху экрана показаны ключи специальных функций, доступных оператору.

На Рисунке 3-51 показан случай, когда сигнал измеряется на более чем одной радиостанции. В этом примере он измеряется на двух станциях. Система автоматически вычисляет позицию и отражает в реальном времени результаты на карте.

РИСУНОК 3-50

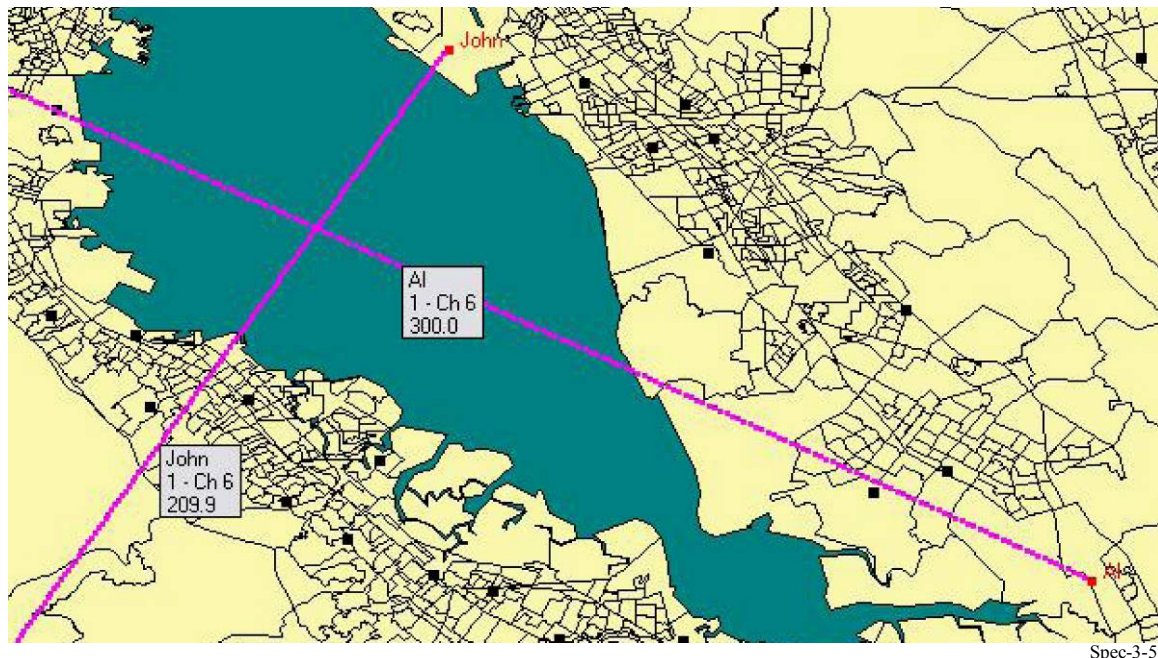
Результаты одновременных измерений пеленгов по многим каналам, обновляемые в реальном масштабе времени (справа вверху); линии пеленга отдельных каналов отображаются на карте (слева) и полярная гистограмма (внизу справа)



Spec-3-50

РИСУНОК 3-51

Автоматическое вычисление и отображение местоположения в реальном масштабе времени в случае измерения сигнала более чем одной станцией



Программное обеспечение может позволить оператору назначить несколько каналов "с высоким приоритетом". Если в любом из каналов с высоким приоритетом обнаруживается активность сигнала, программа автоматически выводит предупреждение на экран оператора, издает звуковой сигнал предупреждения на рабочем месте и может быть запрограммирована на отправку сообщений на внешний адрес электронной почты или номер сотового оператора.

3.6.2.2.5 Пример автоматического самонаведения устройств радиопеленгации

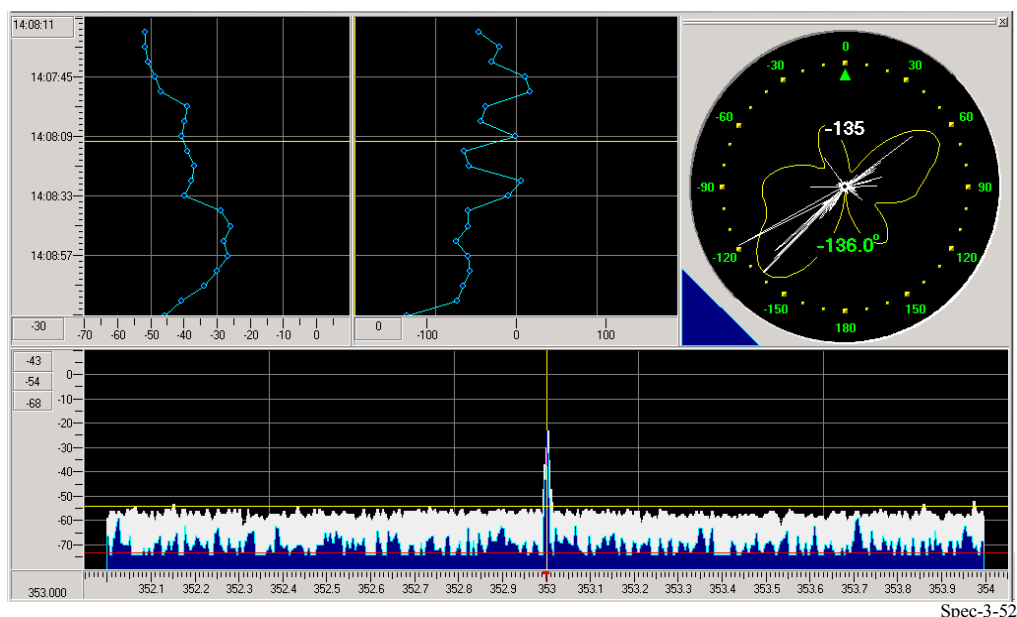
Современные программы автоматизации контроля использования спектра [Рембовский и др., 2006] также обеспечивают статистическую обработку с постоянно получаемыми пеленгами на подвижных станциях контроля использования спектра для облегчения работы оператора, связанной с поиском источников сигнала.

На Рисунке 3-52 показано стандартное окно дисплея программного обеспечения по контролю оборудования, работающего с интересующим сигналом. Оно содержит график измерения амплитуды (расположенный в левом верхнем углу Рисунок 3-52) и график измерения пеленга (расположенный посередине). Оба графика имеют общую ординату времени. Абсцисса измерения амплитуды является уровнем сигнала пеленга (дБ), а абсцисса измерения пеленга – углом пеленга (градусы).

Графики измерений позволяют отслеживать изменение амплитуды и пеленга сигнала во времени. Дополнительно круглый сегмент в правом верхнем углу окна одновременно показывает значения пеленга и кривую плотности распределения направления пеленга (гистограмму пеленга), чей максимум соответствует наиболее вероятному направлению пеленга прибытия. На графике измерения пеленга показано изменение направления максимума кривой распределения пеленга. В условиях сильных помех угловое значение максимума показывает предпочтительное направление движения радиопеленгатора.

РИСУНОК 3-52

Окно программы в режиме самонаведения



Графики измерения амплитуды и пеленга на Рисунке 3-52 дают очень полезную информацию для самонаведения в реальном времени. В этом примере постепенное увеличение амплитуды сигнала от -50 дБмВ до -30 дБмВ и значения пеленга в начале графика подтверждают, что в течение данного периода (от 14.07.45 до примерно 14.08.45 на Рисунке 3-52), подвижная станция контроля использования спектра двигалась недалеко от источника сигнала. Затем (примерно с 14.08.45 на Рисунке 3-52) источник сигнала находился слева от автомобиля, так как пеленг автоматически сместился влево, а амплитуды сигнала начали систематически уменьшаться. Для обнаружения источника сигнала подвижная станция контроля использования спектра должна была повернуть на 180° , вернуться и искать передатчик справа от станции.

Преимуществами самонаведения с графиками амплитуд и пеленга являются увеличение достоверности, меньшее время поиска и уменьшение влияния ошибок, вызванных окружающими объектами из-за постоянного движения подвижной станции контроля использования спектра, а наиболее вероятное направление передатчика сигнала определяется статистической обработкой постоянно получаемых данных пеленга.

3.6.2.2.6 Автоматизированный поиск источников электромагнитного излучения

Подвижная станция, оснащенная высокоскоростной системой радиопеленгации с корреляцией/интерферометрией, способной выдавать информацию радиопеленга (азимут и наклон), может применяться для обнаружения радиопередатчика, пользователя ВЧ или медицинского оборудования и другие источники радиопомех [Ашихмин *и др.*, 2003], [Рембовский *и др.*, 2006]. Подвижная станция также должна оснащаться видеокамерой и специально разработанным программным обеспечением.

Сеанс изучения определенного частотного диапазона состоит из трех этапов:

Этап 1: Объединение блоков исходных данных.

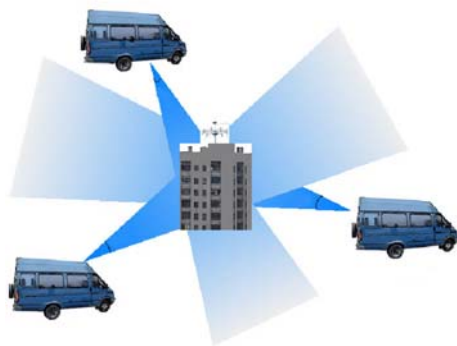
Этап 2: Анализ блоков и определение частот, которые должны быть изучены более подробно.

Этап 3: Анализ частот в списке и точное определение местоположения источника.

Подвижная станция размещается в нескольких точках в непосредственной близости от изучаемого места, а другие – на достаточно большом удалении (Рисунок 3-53). Для каждого размещения собирается один "блок" исходных данных. Эти данные включают в себя: панораму спектра и пеленга (частота, уровень, азимут и наклон), съемку цифровой камерой места, которая описывает угловые границы места, как они видны с места размещения станции. В городских условиях анализ пеленга проводится вероятностными методами из-за влияния многолучевого распространения и других местных эффектов. В идеале местоположение должно выбираться так, чтобы исследуемое место было в пределах прямой видимости и чтобы около подвижной станции не было высоких зданий или больших металлических конструкций. Чем больше блоков, полученных с различных позиций, будет использовано, тем больше будет точность позиционирования.

РИСУНОК 3-53

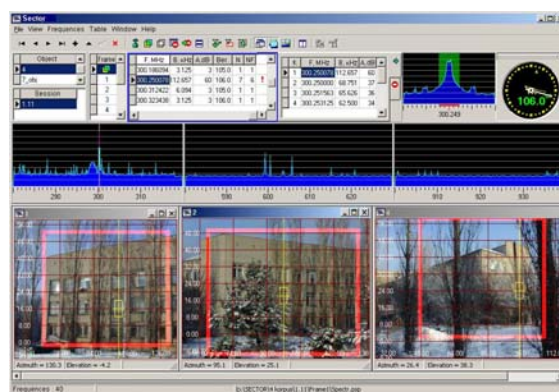
Один рабочий сеанс связи мобильной станции относится к нескольким "кадрам"



Spec-3-53

РИСУНОК 3-54

Вид экрана модуля анализа после второго шага



Spec-3-54

Во время этапа 2 собранные исходные данные используются для получения списка частот, которые следует изучить на предмет следующих критериев: азимут и наклон, измеренные на частоте, должны лежать в пределах угловых границ места в двух или более блоках; уровень сигнала, измеренный с удаленной позиции, должен быть гораздо слабее уровня, измеренного с более близкой позиции. На Рисунке 3-54 показан экран программы в случае, когда получен список частот на основе трех блоков для удаленной и трех блоков для близкой позиции. Программа показывает цифровую образ места, полученный в непосредственной близости от места. Анализ указал, что сигнал передавался на частоте 300,25 МГц, присутствовал во всех шести блоках с углом прихода из угловых границ места. Наиболее вероятное местоположение передатчика – на первом этаже здания (четвертое или пятое окно слева).

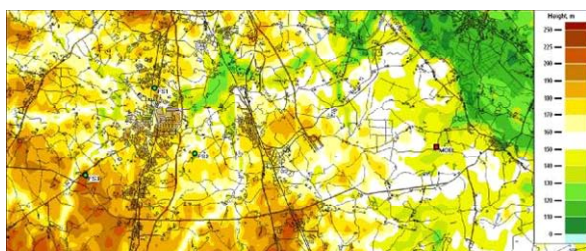
Во время этапа 3 анализируется список частот на основе данных радиопеленгации с близлежащих позиций. Данные радиопеленгации наложены на видеоизображение места в реальном времени, сигнал прослушивается оператором. Для того чтобы повысить достоверность, станция может размещаться в нескольких местах.

3.6.2.2.7 Визуализация областей покрытия станций контроля для диапазона ОВЧ/УВЧ

Практика [Бондаренко и др., 2008] показывает, что в процессе планирования и проектирования сетей контроля использования спектра (см. раздел "Изучение примера 9" в главе 5 Справочника по компьютерным методам управления использованием спектра, издание 2005 г.) могут быть успешно использованы методика [Коган и Павлюк, 2004] и соответствующее программное обеспечение автоматизации и визуализации областей покрытия стационарной и особенно подвижной станцией контроля использования спектра диапазона ОВЧ/УВЧ в ходе их работы. Этот метод также позволяет определить условия взаимодействия стационарной и подвижной станций контроля использования спектра при выполнении различных функций контроля использования спектра, которые повышают эффективность работы станций.

Пример, представленный на Рисунке 3-55, иллюстрирует эти функции. Расчеты были сделаны с помощью ряда входящих параметров, представленных в [Коган и Павлюк, 2004].

РИСУНОК 3-55

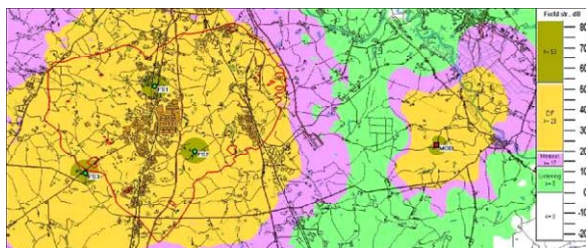


a)

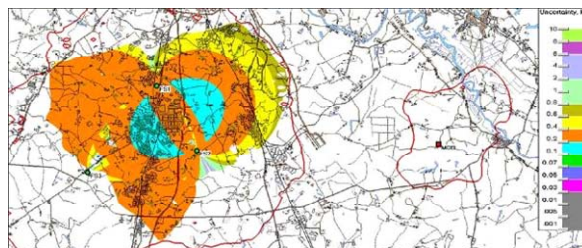
Топография рассматриваемого региона



b)

Совместные зоны покрытия в первом случае при $H_a = 2$ м

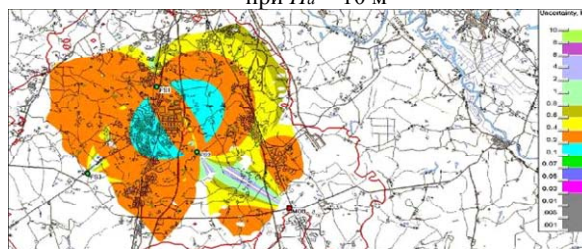
c)

Совместные зоны покрытия в первом случае при $H_a = 10$ м

d)

Шаблоны неопределенности положения в первом случае при $H_a = 10$ м

e)

Совместные зоны покрытия во втором случае при $H_a = 2$ м

f)

Шаблоны неопределенности положения во втором случае при $H_a = 2$ м

Spec-3-55

На Рисунке 3-55a) показана топография рассматриваемого региона. Он содержит несколько возвышенностей с разностями высот до 120 м. Предположим, что существуют три стационарных станции контроля использования спектра/радиопеленгации вокруг города (FS1, FS2 и FS3) со среднеквадратическими (r.m.s.) погрешностями радиопеленгации в 1° и одна подвижная станция (МОВ) со среднеквадратической (r.m.s.) погрешностью радиопеленгации в 2° , т. е. в первом случае изначально расположенные достаточно далеко от группы стационарных станций.

На Рисунках 3-55b) и 3-55c) показаны области покрытия всех станций, когда одна подвижная станция находится достаточно далеко от группы стационарных станций. Рисунок 3-55b) соответствует высоте антенны подвижной станции, $H_a = 2$ м (установленной на крыше автомобиля), а Рисунок 3-55c) – $H_a = 10$ м (устанавливаемая антенная мачта). Красная линия в рамках области покрытия радиопеленгации показывает границы области, где обеспечивается определение местоположения с помощью триангуляции.

На Рисунках 3-55b) и 3-55c) также показано, что подвижная станция в этой позиции, подключенная к общей локальной сети контроля использования спектра стационарными станциями, может взаимодействовать с ними только при выполнении функции прослушивания на территории, где пересекаются соответствующие области покрытия. Повышение антенной мачты до 10 м приводит к значительному увеличению покрытия всех функций контроля использования спектра, за исключением определения местоположения.

Рисунок 3-55d) представляет собой шаблон покрытия территории, внешние границы которого соответствуют красной линии в областях покрытия радиопеленгации Рисунок 3-55b) и 3-55c). Разноцветные зоны внутри шаблона показывают градации погрешности определения местоположения (км), которая задается цветным индексом в правой части Рисунка. Подвижная станция вообще не оказывает влияния на шаблон. Внешняя красная линия здесь соответствует границам общих областей покрытия радиопеленгации, приведенных на Рисунке 3-55b) и 3-55c).

Рисунок 3-55e), в котором рассматривается второй случай, представляет собой покрытие всех станций, когда подвижная станция с высотой антенны 2 м находится на вершине возвышенности в непосредственной близости от группы стационарных станций. Расчеты показывают, что в этой ситуации установка антенной мачты высотой до 10 м существенно не улучшает ситуацию.

Во втором случае области покрытия радиопеленгации стационарных и подвижных станций пересекаются, это означает, что стационарные и подвижные станции могут взаимодействовать с помощью функции триангуляции местоположения. Это продемонстрировано на Рисунке 3-55f), который показывает удлинение шаблона в юго-восточном направлении. Более подробную информацию и разъяснения можно найти в [Бондаренко и др., 2005].

Вышеприведенное краткое описание свидетельствует о высоком потенциале средств визуализации областей покрытия контроля использования спектра для осуществления повседневной деятельности стационарных и особенно подвижных станций контроля использования спектра. С такими средствами операторы станций контроля использования спектра имеют "глаза", чтобы видеть фактические области покрытия отдельных станций или групп станций, объединенных в общую локальную сеть, с помощью различных функций контроля использования спектра, а также с помощью взаимодействия подвижных станций с ближайшими стационарными станциями в ходе курса их задач. Сегодня можно быстро определить коэффициент усиления, который может достичь подвижная станция благодаря разворачиванию высокой полустационарной антенны и посредством этого определить, не тратя время на такие действия, является ли коэффициент усиления в определенном месте пренебрежимо малым. Таким образом, операторы впервые могут быть в полной мере информированы о ситуации, с которой они имеют дело. Этот метод также предоставляет возможности для обследования будущего маршрута подвижной станции контроля использования спектра до того, как определена фактическая задача, и для выбора самых лучших мест наблюдения вдоль маршрута, чтобы оптимизировать задачу и сократить срок ее выполнения.

3.6.3 Компьютеризованные сети контроля

3.6.3.1 Введение

Станции контроля использования спектра должны быть связаны в компьютерную сеть и должны быть соединены с системой управления использованием спектра администрации, как предложено в Рекомендации МСЭ-R SM.1537 и описывается в п. 3.6.3.3. Функции управления и контроля использования спектра включают в себя комплекс административных и технических операций, которые могут быть без труда выполнены в рамках структуры интегрированной системы, входящей в состав сети.

Деятельность по *управлению использованием спектра*, в конечном счете, приводит к выдаче лицензий или разрешений. Для выполнения этих задач необходимо использовать компьютерную базу данных. Эта база данных, включающая такую административную и техническую информацию, как присвоения частот, сведения о лицензиатах, характеристики аппаратуры и т. д., составляет стержень компьютерной автоматизированной системы управления использованием спектра.

Контроль использования спектра позволяет проверить, используются ли эти частоты в соответствии с положениями разрешения или лицензии, а также измерить занятость спектра посредством станций контроля.

Существует прочная и неразрывная связь между управлением использованием спектра и контролем использования спектра; между ними должно поддерживаться тесное сотрудничество, с тем чтобы выполнение задач контроля использования спектра приносило пользу управлению использованием частот.

Основные области взаимодействия между управлением использованием спектра и контролем использования спектра состоят в следующем:

- управление использованием спектра позволяет установить официальный список присвоенных частот для контроля излучений;
- управление использованием спектра дает общие указания относительно полос частот, подлежащих сканированию, и конкретных задач по контролю;

- контроль использования спектра принимает от системы управления использованием спектра заявки на выполнение конкретных задач: например, проведение контроля по жалобам на помехи для решения данной проблемы и измерений занятости частот, подлежащих присвоению;
- контроль использования спектра позволяет измерять технические параметры и проверять техническое соответствие передатчиков, опознавать передатчики, нелегитимизированные или не соответствующие заявленным параметрам, и выявлять конкретные проблемы.

Взаимодействие между системами управления использованием спектра и компьютеризованными системами контроля использования спектра позволяет оптимизировать работу системы как по эффективности, так и по затратам. Система организуется на основе компьютерной базы данных, связанной с использованием персональных компьютеров. Эта база данных является ядром всех функций и связанных с ними прикладных задач: обновления данных, выписки счетов, присвоения частот и т. д., а также обновления технических параметров, касающихся частот и передатчиков.

3.6.3.2 Интегрированные компьютеризованные национальные системы

Полная интегрированная компьютеризованная национальная система управления и контроля использования спектра опирается на работу одного или нескольких серверов данных с сетью, обеспечивающей рабочим станциям и клиентам в рамках всей системы доступ к базе данных. Серверы системы управления включают в свой состав главный сервер и иногда один или несколько серверов для загрузки базы данных, изъятых из основной базы данных и/или базы данных, предназначенной для применения на местном центре управления. Каждая станция контроля, стационарная или подвижная, имеет в своем составе измерительный сервер и одну или несколько рабочих станций, как показано на Рисунке 3-39. На каждой станции применяется модульная архитектура, основанная на компьютерах сервера и рабочих мест, соединенных между собой с помощью ЛВС Ethernet.

Все станции связаны через территориальную распределительную сеть. Данная полностью интегрированная система обеспечивает быстрый доступ с любой позиции оператора к любой из функций сервера в системе. Эта конфигурация системы имеет вид блок-схемы, показанной на Рисунке 3-38.

Главный сервер имеет соответствующую базу данных, загруженную административной и технической информацией региональной или национальной сети, причем содержание данных должно соответствовать положениям Справочника МСЭ по компьютерным методам управления использованием спектра и Рекомендации МСЭ-R SM. 1370. Этот сервер обычно относится к системе, основанной на SQL (структурном языке запросов), которая позволяет пользователю получить соответствующий доступ и легко произвести запрос в базу данных. База данных с распределенной компьютеризованной сетью позволяет реализовать архитектуру клиент/сервер и распределенную компьютеризованную систему:

- сервер базы данных централизует управление данными, содействуя, таким образом, повышению безопасности работы сети и сохраняя высокий уровень целостности; он содержит данные по применениям, лицензиям, площадкам, аппаратуре, выписке счетов, частотным присвоениям и т. д.; части этой базы данных могут в необязательном порядке копироваться на местных или подвижных серверах для конкретных применений;
- рабочие станции управления, надзора и ввода данных представляют собой персональные компьютеры, которые позволяют загружать базу данных административными и техническими параметрами и применяются персоналом управления и контроля для управления использованием частот, технического контроля и т. д.

Программное обеспечение базы данных должно предусматривать электронный ввод данных из существующей базы данных, если такая имеется, либо непосредственно, либо с помощью специально подготовленной программы преобразования данных.

3.6.3.2.1 Работа сети автоматизированных станций

Система управления, входящая в состав интегрированной системы, должна сопрягаться со станциями контроля посредством распределительной сети, что позволит ставить задачи, как по дистанционному, так и по местному контролю, а также получать отчеты о результатах со станций контроля. Постановка задач для станций контроля включает систематические измерения в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R, такие как измерения занятости спектра и параметров сигнала и измерения по радиопеленгации на конкретной частоте, что может быть следствием полученной жалобы. Измерительные серверы (описанные выше в подразделе *Автоматизация станций*) на станциях, получающих определенное задание, автоматически выполняют запрашиваемые измерения. Эта информация предоставляется персоналу на станции контроля в текстовых или графических отчетах.

Отчеты о контроле могут включать результаты измерений и географические изображения зоны или региона покрытия с указанием:

- местоположений станций контроля,
- местоположений известных передатчиков,
- результатов измерения пеленгов станций для определения местоположения передатчика.

Станции контроля могут быть стационарные или подвижные, причем в компьютеризированной национальной системе с пользой применяются и те и другие станции. Стационарные станции пригодны для контроля на ВЧ, где распространение, как правило, происходит на большие расстояния при помощи пространственных радиоволн. Стационарные станции вблизи городских зон полезно также использовать для контроля ОВЧ/УВЧ в этих зонах. Подвижные и транспортируемые станции пригодны для контроля ОВЧ/УВЧ/СВЧ (и земных волн ВЧ), поскольку при распространении на более короткие расстояния в этих случаях измерительная система, как правило, должна перемещаться к рассматриваемой зоне. Они необходимы также во многих случаях, когда требуется установить точное местонахождение незаконных станций или источников помех.

3.6.3.2.2 Дистанционный доступ к ресурсам системы

Интегрированные, объединенные в сеть, многофункциональные системы с архитектурой клиент/сервер, описанные в п. 3.6.2.2, обычно обеспечивают клиенту любой станции доступ к ресурсам всех измерительных серверов, размещенных как в одном месте с клиентом, так и на других станциях. Таким образом, любому данному оператору доступны все ресурсы многостанционной сети, при условии, что у оператора имеется надлежащее разрешение на доступ ко всем этим ресурсам.

Станции контроля могут управляться дистанционно с рабочего места центра контроля использования спектра, центра управления использованием спектра, местного центра управления или на местном уровне на самой станции, а результаты контроля могут сообщаться обратно на это рабочее место. Такое дистанционное управление включает операторов контроля использования спектра, которым может понадобиться работать из центральной станции, а не передвигаться к удаленным станциям контроля, при условии что данная ситуация не требует присутствия опытного оператора контроля на месте. Важно отметить, что операторам все еще необходимо анализировать данные измерений и проверять любую информацию, прежде чем вводить ее в центральную базу данных.

Линии связи между станциями необходимо задействовать только в случаях, когда клиент выдает задание удаленным серверам, и позднее, когда клиент запрашивает результаты своего задания; линии связи доступны при выдаче задания, но если затем они становятся недоступными, то результаты измерений не теряются, а сохраняются на измерительном сервере до тех пор, пока они не будут запрошены.

3.6.3.2.3 Автоматическое обнаружение нарушений

Для целей автоматического обнаружения нарушений интегрированная система управления использованием спектра и контроля использования спектра может сравнивать результаты измерений от системы контроля с информацией о лицензиях от системы управления; это позволяет определять частоты, на которых работают передатчики, не включенные в базу данных лицензий, и определять передатчики, не работающие в пределах своих лицензированных параметров. Автоматическое обнаружение нарушений позволяет оператору определять контролируемый диапазон спектра путем указания начальной и конечной частот полосы (полос), в которой будет производиться поиск, и указывать параметры поиска, включая возможный период времени проведения поиска.

Система осуществляет сканирование в указанной полосе частот и в указанный период времени. Для определения того, какие сигналы в измеряемом спектре не соответствуют базе данных, система использует результаты измерений, полученные от сканирования, и информацию базы данных, а также предоставляет перечень используемых частот, не включенных в базу данных. Кроме того, система проверяет параметры сигналов, такие как ширина полосы, перемодуляция и несоответствие центральной лицензированной частоте, и сообщает при обнаружении нарушений. Сигналы тревоги, следовательно, предупреждают оператора о появлении неожиданных или несоответствующих лицензии сигналов, основанных на параметрах поиска, заданных оператором, и обеспечивают основу для подробного изучения оператором. Результаты автоматического обнаружения нарушений, включая информацию о нелицензированных передатчиках или передатчиках с параметрами которых не соответствуют предписанным, воспроизводятся по частотно или поканально на дисплее отображения результатов. На дисплее с географической картой, аналогичном дисплею на Рисунке 3-41, могут отображаться местоположения лицензированных станций, а также отмечаться местоположения нелицензированных передатчиков или передатчиков, параметры которых не соответствуют предписанным.

Для облегчения процесса автоматического обнаружения нарушений и обеспечения его функционирования даже в случаях недоступности линий связи между станциями, каждая станция, либо стационарная, либо подвижная, должна вести собственную базу данных лицензированных станций в своей рабочей зоне. Эту базу данных получают из базы данных системы управления. При условии доступности этой местной базы данных каждая стационарная и подвижная станция может продолжать работу и осуществлять автоматическое обнаружение нарушений, даже если линии связи недоступны.

3.6.3.2.4 Пример применения протокола передачи данных контроля для работы многих станций контроля использования спектра от станции управления

Протокол передачи данных контроля использования спектра (RMTP) разработан для взаимодействия отдельной станции управления с локальными или удаленными пользователями, с целью управления отдельными удаленными стационарными и подвижными станциями контроля использования спектра, поставляемыми различными поставщиками оборудования. Так как производители в целом установили, что их протоколы связи и управления должны быть патентованными, был установлен стандартный протокол сообщения, используемый центром управления, и производителям было предложено предоставить интерфейс для этого стандартного протокола центра управления. Рисунок 3-56 показывает структуру программного обеспечения.

РИСУНОК 3-56

Структура программного обеспечения сети контроля использования спектра



Центр управления может получить данные о состоянии различных удаленных станций, которые находятся в рабочем состоянии, открыть окна для контроля их приемников и задать другие целевые параметры для удаленных станций, запрашивать выполнение технических измерений и измерений радиопеленгации, выполнять сканирование определенных полос частот, используя полосы частот определенной ширины, и выполнять другие типичные системные функции контроля использования спектра.

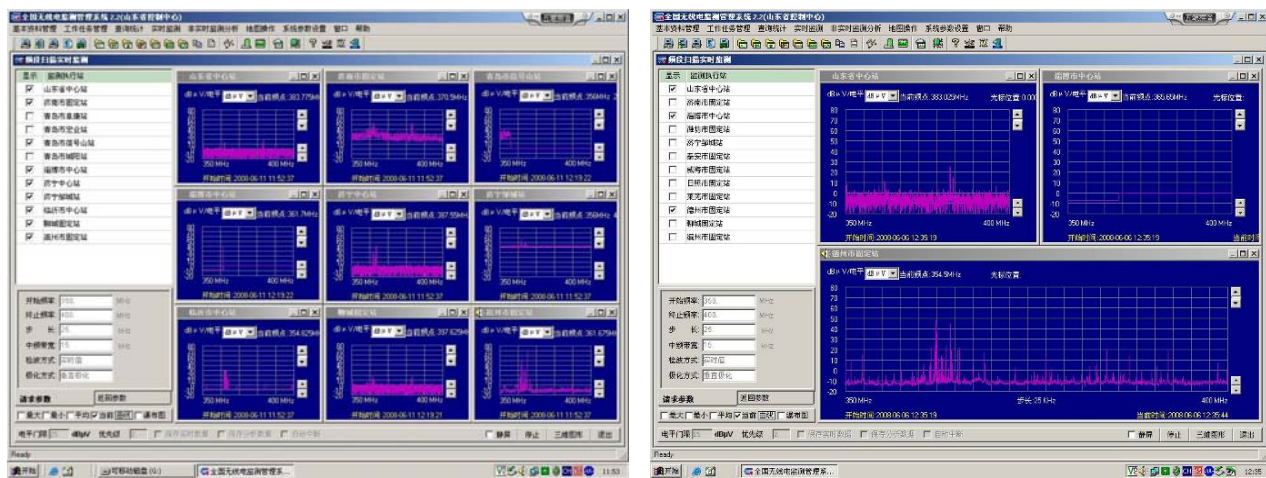
Центр управления может получить результаты измерений, отобразить измеренные данные радиопеленгации и информацию о местоположении на географических картах, рассмотреть панорамные дисплеи (при условии, что установленные каналы связи имеют достаточный диапазон частот для обновления панорамных дисплеев в реальном времени), рассмотреть дисплеи обзора спектра, каскадные дисплеи и другие данные контроля использования спектра. Центр управления может сравнить измерения с базой данных лицензий, для того чтобы определить частоты, которые возможно используются станциями, не имеющими разрешения и найти разрешенные частоты, которые не используются.

Несмотря на то, что данные контроля использования спектра могут измеряться оборудованием различных производителей, все данные получены от удаленных станций контроля использования спектра, использующих протокол RMTP, и отображаются на экранах центра управления. На Рисунке 3-57 приведены два примера экрана центра управления: слева девять дисплеев обзора от девяти различных удаленных станций контроля, полученные от приемников разных производителей и справа три дисплея обзора спектра. В некоторых случаях, спектры существенно отличаются, потому что некоторые станции находятся далеко от остальных. На обоих экранах левый верхний угол содержит список всех станций, работающих в данное время, которые могут быть выбраны центром управления для выполнения некоторых задач контроля использования спектра или радиопеленгации, а в нижнем левом углу разрешенный параметр входа, включающий запуск, остановку и шаг частот, полосу пропускания, поляризацию, демодуляцию и т. д.

Несмотря на то, что этот пример применения станции контроля показан в рамках одной страны, тот же протокол RMTP может быть использован для сетевых станций в различных странах, с тем чтобы они могли управляться от одного или нескольких центров управления. Это позволит администрациям различных стран применять распределенные ресурсы, например, использовать радиопеленгаторы в других странах, с тем чтобы помочь улучшить точность обнаружения несанкционированного передатчика.

РИСУНОК 3-57

Примеры результатов измерений спектра девяти (левый экран) и трех (правый экран) станций контроля



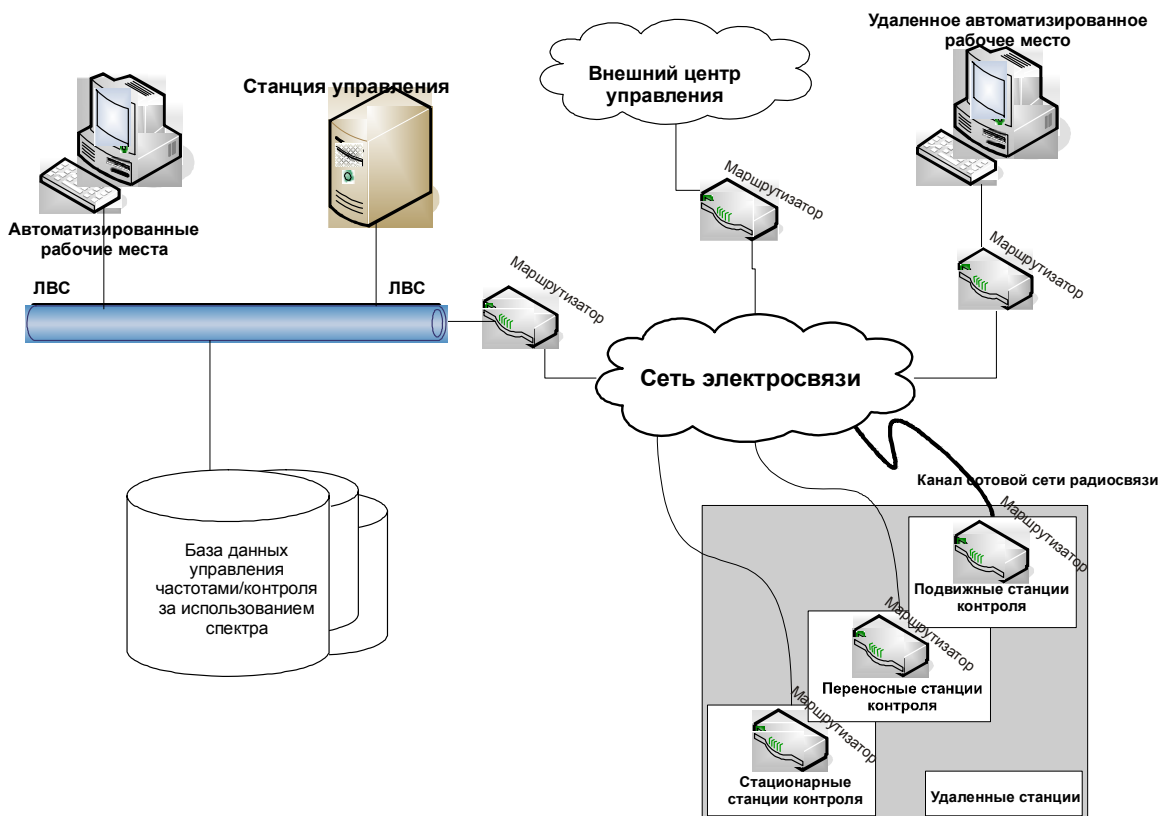
Spec-3-57

3.6.3.3 Пример автоматизированной системы для ВЧ/ОВЧ/УВЧ

В данном примере для контроля использования спектра используется сеть технического контроля (Рисунок 3-58), состоящая из ряда удаленных станций, соединенных с пунктом управления обычной сетью связи.

РИСУНОК 3-58

Пример компьютеризованной системы для ВЧ/ОВЧ/УВЧ



Spec-3-58

Различные элементы, составляющие эту систему, имеют следующие характеристики:

- a) *Рабочие места операторов* отвечают за выполнение задач по контролю использования спектра, описанные в Главе 2 настоящего Справочника.
- b) *Станции контроля* отвечают за управление и наблюдение за системой, за планирование и распределение ресурсов, маршрутизацию сообщений, управление в режиме отказа и круглосуточное управление.
- c) *Удаленные станции* могут включать в себя различное оборудование контроля использования спектра для решения всех или части задач, описанных в Главе 2 настоящего Справочника.

Удаленные станции могут быть четырех типов в различных диапазонах частот:

- Стационарная обслуживаемая или необслуживаемая станция.
- Транспортируемая в передвижном корпусе и связанная со станцией управления фиксированной или беспроводной линией передачи данных.
- Подвижная на транспортном средстве и связанная со станцией управления фиксированной или беспроводной линией передачи данных.
- Переносимая в коробке и связанная со станцией управления фиксированной или беспроводной линией передачи данных.

Все станции являются полностью автоматическими и управляются оператором из центра управления. Для каждой станции контроля разработаны два различных способа работы:

- Первый – осуществляется онлайновое управление станцией, позволяющее оператору использовать удаленную станцию таким же образом, как если бы это была местная станция.
- Второй – удаленная станция может работать по расписанию или в пакетном режиме, позволяя таким образом загрузить ряд параметров для автоматической измерительной кампании, которая должна проводиться в заданный период времени.

Пример удаленной станции для ВЧ/ОВЧ/УВЧ показан на Рисунке 3-59.

3.6.4 Аппаратура и программное обеспечение для отчетов в автоматизированных системах

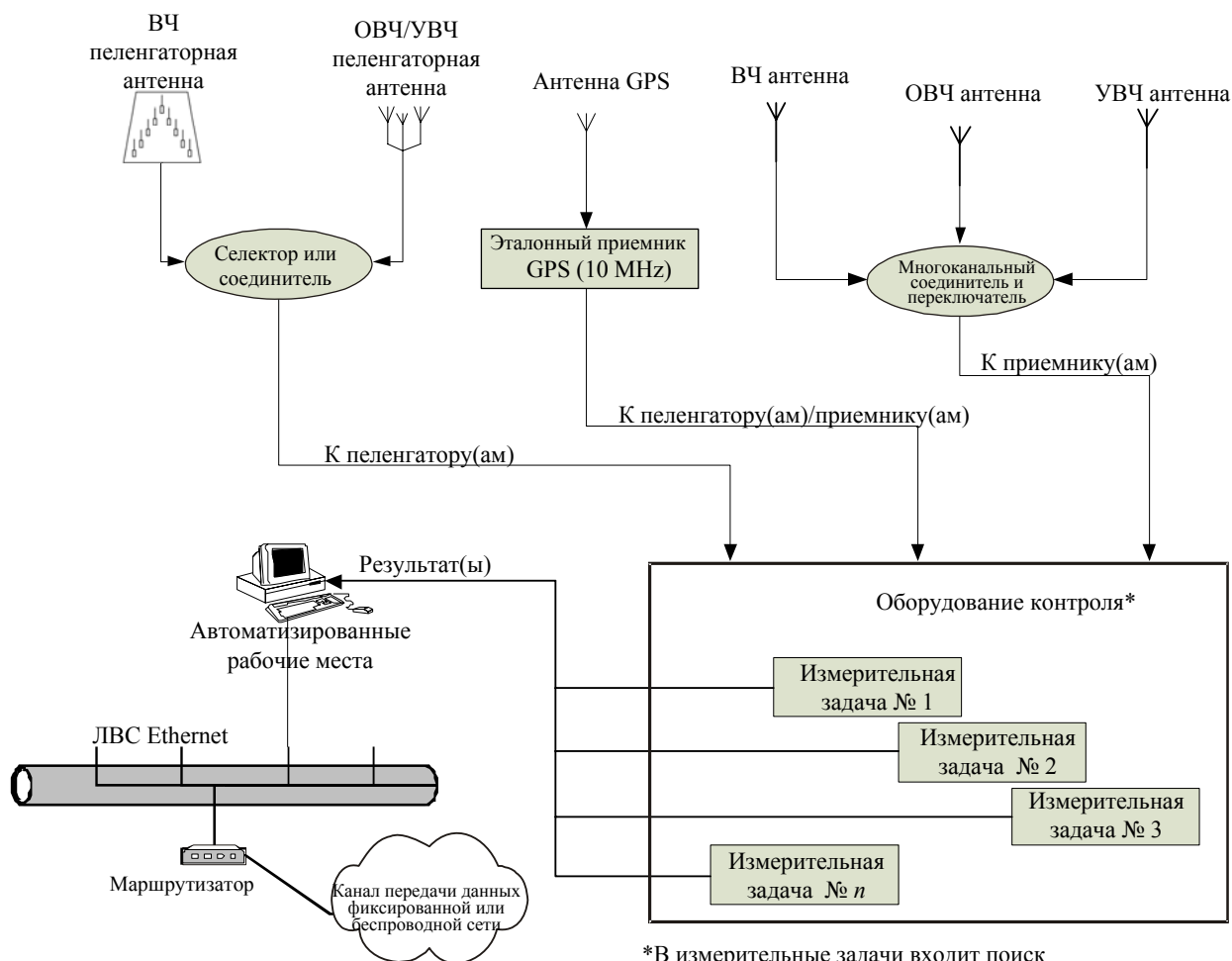
Отчеты в современных системах контроля использования спектра создаются с помощью компьютерного программного обеспечения. Отчеты формируются на основе измерений, а также в них могут быть использованы различные технические сведения из базы данных по контролю использования спектра и базы данных управления радиочастотным спектром. Большинство отчетов должны быть доступными, включая информацию об исходном тракте, анализ несущей по дате и полосе, загрузку канала и данные по загруженности, данные о длине сообщения, данные о мощности в канале, журнал состояния системы и аварийной сигнализации, а также план контроля использования спектра и график работы. Типовой отчет, созданный с помощью компьютера, представлен на Рисунке 3-60. Система должна позволять изменять вид отчетов в соответствии с требованиями оператора.

Отчеты должны формироваться автоматически из любых результатов, представленных на экране. Оператор выбирает интересующий его вид отчета в зависимости от данных измерений, которые будут использованы; оператор запускает функцию "Отчет", для того чтобы на экране автоматически появился текст отчета. Отчеты в виде графиков часто являются предпочтительным способом для изучения данных, так как они дают представление о данных как об итоговой информации и позволяют облегчить определение тенденций и исключений. При помощи различных цветов еще больше информации может быть представлено на одном графике.

Современная система должна иметь возможность автоматизированного отчета одного подвижного блока, фиксированной станции или системы управления. Возможность дистанционно создавать отчет, основанный на данных, полученных в другом месте, также является частью типового программного обеспечения.

РИСУНОК 3-59

Пример удаленной станции для ВЧ/ОВЧ/УВЧ



*В измерительные задачи входит поиск направления, измерения отклонения частоты измерений и т. д. Все задачи могут задействовать одну или несколько единиц оборудования.

Spec-3-59

РИСУНОК 3-60

Часть типового отчета о занятости с использованием компьютера

Занятость канала

Задача №:	676	Интервал занесения в память:	15 с
ID оператора:	TRNI	Длина сообщения:	15 с
Время начала по расписанию:	2/12/01 6:01:02 PM	Метод порогового уровня	Ограничение (riding) шума 10 дБ
Время окончания:	2/12/01 6:06:09 PM	Продолжительность:	Фиксированная: 30 мин
Стартовая частота:	88,100000 МГц	Диапазон:	1
Стоповая частота:	107,900000 МГц	Ширина полосы:	50 кГц
Местоположение станции:	23 24' 47,5" ю. ш. 142 0' 59" з. д.	Число каналов:	397

Канал::	Частота:	Макс. занятость:	Средняя занятость:
•			
•			
21	89,100000	0	0
22	89,150000	4	0
23	89,200000	4	0
24	89,250000	80	53
25	89,300000	100	99
26	89,350000	76	51
27	89,400000	4	0
28	89,450000	0	0
29	89,500000	0	0
30	89,550000	0	0
31	89,600000	4	0
32	89,650000	9	0
33	89,700000	57	32
34	89,750000	14	2
35	89,800000	4	0

Spec-3-60

Справочная литература

- ASHIKHMIN, A., KOZMIN, V., SHADRIN, I., STOPKIN, V. and ZHUKOV, A. [2003] Detection of EM-Wave Transmitters by means of Mobile Radio Control and Direction Finding Stations. *Spetsialnaya Tekhnika*, **5**, (<http://www.ircos.ru/eng/articles.htm>).
- BONDARENKO, K., KRUTOVA, O. and PAVLYUK, A. [June, 2008] Visualization of coverage areas of ОБЧ/УВЧ spectrum monitoring stations in the course of their routine operations. Proceedings of the Nineteenth International Wroclaw Symposium on EMC, Wroclaw, Poland.
- KOGAN, V. and PAVLIOUK, A. [June, 2004] Methodology of spectrum monitoring networks planning. Proceedings of the Seventeenth International Wroclaw Symposium on EMC, Wroclaw, Poland.
- REMBOVSKY, A., ASHIKHMIN, A. and KOZMIN, V. [2006] *Radiomonitoring: Problems, Methods and Equipment*. Moscow, Goriachaya Liniya-Telekom press (<http://www.ircos.ru/eng/articles.htm>).

Рекомендации МСЭ-R:

ПРИМЕЧАНИЕ. – В каждом случае следует использовать самое последнее издание Рекомендаций.

Рекомендация МСЭ-R SM.1050 – Задачи контрольной службы.

Рекомендация МСЭ-R SM.1370 – Разработка руководства для проектирования улучшенных систем автоматического управления использованием спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1537 – Автоматизация и интеграция систем контроля использования спектра с автоматизированным управлением использованием спектра.

Рекомендация МСЭ-R SM.1794 – Система мгновенного контроля использования спектра широкой полосы частот.

ГЛАВА 5

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

5.1 Контроль излучений космических аппаратов

Стр.

5.1	Контроль излучений космических аппаратов	89
5.1.1	Выполняемые задачи и измерения	89
5.1.1.1	Виды измерений	90
5.1.1.2	Виды помех, создаваемых спутниковыми системами	91
5.1.2	Методы измерений	92
5.1.2.1	Общие положения	92
5.1.2.2	Измерения частоты	92
5.1.2.3	Измерения ширины полосы	94
5.1.2.4	Измерения плотности потока мощности	96
5.1.2.5	Измерения поляризации	98
5.1.2.6	Определение орбитальных позиций и элементов орбиты	98
5.1.2.7	Определение местоположения передатчиков на поверхности Земли с помощью измерений разности времени и сдвига частоты сигналов от двух спутников на ГСО	99
5.1.2.8	Определение местоположения передатчиков на поверхности Земли с помощью одного спутника на ГСО и обратного доплеровского сдвига	101
5.1.2.9	Измерения занятости частот и измерения занятости позиций ГСО	104
5.1.2.10	Измерения ниже уровня шумов	105
5.1.3	Требования к оборудованию и к его возможностям	105
5.1.3.1	Общие положения	106
5.1.3.2	Коэффициент добротности системы космического контроля	106
5.1.3.3	Антенные системы	109
5.1.3.4	Управление антенной	109
5.1.3.5	Ширина луча антенны, необходимая для измерений углов	110
5.1.3.6	Поляризация системы	111
5.1.3.7	Приемники	111
5.1.3.8	Периферийное оборудование	112

Стр.

5.1.3.9	Широкополосный РЧ или ПЧ канал контроля.....	112
5.1.3.10	Оборудование записи радиочастотного спектра.....	113
5.1.3.11	Требования к компьютеру.....	113
5.1.4	Документация и поддержка базы данных при космическом контроле	113
5.1.4.1	Общие соображения по документации и базе данных	113
5.1.4.2	Общая информация базы данных существующих спутников.....	113
5.1.4.3	Информационная база данных контроля.....	114
5.1.4.4	Использование документации и баз данных для облегчения контроля использования спектра	114
5.1.5	Идентификация космических станций и определение местоположения земных станций.....	114
5.1.5.1	Результаты контроля, которые должны использоваться для идентификации	115
5.1.5.2	Процедура идентификации	116
5.1.5.3	Другие способы идентификации космических станций	116
5.1.5.4	Соображения по эксплуатации систем определения местоположения земных станций на линии вверх к спутникам на ГСО.....	116
5.1.6	Примеры технических решений	119
5.1.6.1	Пример космической станции контроля использования спектра.....	119
5.1.6.2	Процедура контроля использования спектра спутниками ГСО.....	140
5.1.6.3	Точный контроль долготы орбиты (радиоинтерферометрия)	143
5.1.7	Примеры результатов контроля.....	149
5.1.7.1	Запись полос частот в ОВЧ диапазоне.....	149
5.1.7.2	Расчет элементов орбиты из измерений угла антенны.....	151
5.1.7.3	Измерения занятости ретранслятора.....	152
5.1.7.4	Наклонение орбиты геостационарных спутников	154
5.1.7.5	Результат и способ представления определения местоположения	154

5.1 Контроль излучений космических аппаратов

5.1.1 Выполняемые задачи измерения

Служба контроля, ответственная за соблюдение внутренних законов и правил и задействованная в системе международного контроля согласно Статье 16 Регламента радиосвязи (РР), будет принимать участие в контроле излучений от космических станций в качестве нормального и необходимого расширения возможностей обычных средств, методов и режимов работы службы.

В принципе задачи, выполняемые станциями контроля использования спектра для космических служб, не отличаются от задач станций контроля использования спектра наземных служб. Однако для контроля использования спектра космических служб необходимо использовать относительно более сложное измерительное оборудование, как, например, более сложные антенные системы, а также другие процедуры контроля и измерений. Это обусловлено тем фактом, что космические станции расположены на борту спутников, позиция которых изменяется со временем, если только спутник не находится на жестко управляемой геостационарной орбите (ГСО). Важной предпосылкой проведения любых видов наблюдений и измерений является знание основных данных об орбитах таких объектов.

Поскольку космический контроль использования спектра отличается от наземного как по методам измерения, так и по терминологии, то, что обеспечивает выполнение этих функций в космосе известно как "станция контроля использования спектра для космических служб радиосвязи". Функции такой станции можно охарактеризовать следующим образом:

- постоянное и систематическое наблюдение за радиочастотным спектром с целью обнаружения и идентификации излучений космических станций;
- определение занятости и процентного использования ретрансляторов или передатчиков космических станций;
- измерение и запись характеристик излучений космических станций;
- изучение и устранение вредных помех, создаваемых излучениями космических станций, если необходимо, то совместно с наземными и другими станциями контроля для работы с космическими службами;
- изучение и устранение вредных помех частотам, используемым космической станцией, создаваемых излучениями наземных станций, неизвестных земных станций или других спутников, например, путем наблюдения и измерения ретранслируемого мешающего сигнала таким же образом, как для излучений санкционированной космической станции (см. п. 5.1.1.1, ниже);
- выполнение измерений и записи для технических и научных целей;
- обнаружение несанкционированного использования ретрансляторов и опознавание соответствующего(их) источника(ов);
- использование специальных спутниковых методов для определения местоположения излучателей на Земле;
- предстартовый контроль перед запуском спутника для контроля частот, используемых для телеметрии, телеуправления и слежения по отношению к орбитальной позиции. Этот предстартовый контроль будет способствовать более экономичному запуску и прохождению начальной фазы орбиты, включая занятие позиции на орбите.

Если наблюдение должно вестись за космическими аппаратами всех типов, то необходимо, чтобы антенная система была способна следить за спутниками на низких и высоких эллиптических орбитах, а также могла точно наводиться на любые спутники в видимом сегменте дуги геостационарной орбиты.

Спутниковая связь подразделяется на следующие службы радиосвязи:

- *Фиксированная спутниковая служба (ФСС)*
ФСС охватывает все службы спутниковой связи, основанные на фиксированной инфраструктуре, использующей частные сети или сети общего пользования, предоставляющие телефонную связь, факс, интернет, передачу видео и данных.
- *Радиовещательная спутниковая служба (BSS)*
Эта служба радиосвязи используется главным образом для распространения теле- и видеосигналов.
- *Подвижная спутниковая служба (ПСС)*
Услуги ПСС используются в основном для подвижной телефонии, услуг передачи данных, а также для навигации и управления спутниковой группировкой.

Общая стоимость системы должна быть сбалансирована по отношению к выбору проектных решений для обеспечения вышеуказанных возможностей: охватываемого диапазона частот, чувствительности системы, скорости поворота антенны, точности наведения антенны, простоты замены при необходимости антенно-фидерного оборудования, пропускной способности приема, степени сложности средств анализа сигнала и степени автоматизации измерений. Идеальной была бы полностью автоматизированная и сложная система контроля космических аппаратов, полностью управляемая, с охватом непрерывного участка спектра, например, от 1 до 30 ГГц и чувствительностью, достаточной для обеспечения отношения сигнал-шум не менее 26 дБ для всех интересующих сигналов. Однако с практической точки зрения в данном случае постепенные улучшения чувствительности приводят к затратам, которые растут почти в геометрической прогрессии. Следовательно, каждая администрация должна проанализировать свои приоритеты и внутренние потребности в области управления использованием спектра и принять решение о приоритетах в области контроля космических служб.

В Таблице 5.1-1 содержится обзор факторов, которые следует учитывать при выполнении операций по контролю, использующих спутниковые сигналы. Таблица содержит данные о типе спутника и трассе распространения сигнала (линия вверх к спутнику, линия вниз от спутника).

ТАБЛИЦА 5.1-1

Факторы, которые следует учитывать при выполнении операций по контролю, использующих спутниковые сигналы

Тип спутника	Излучения космического аппарата спутниковой связи (линии вверх)	Излучения земной станции спутниковой связи (линии вниз)
Геостационарный (ГСО)	Действия по контролю, как правило, выполняются с использованием стационарных станций контроля, учитывая их превосходящие тактико-технические данные антенны и чувствительность системы. Наведение антенны для спутников на ГСО только вдоль дуги над экватором.	Контроль излучений земных станций спутниковой связи в сторону ГСО, включая земные станции спутниковой связи с малой апертурой (VSAT), широко используемыми коммерческими предприятиями, осуществляется передвижными станциями, работающими в соответствующем диапазоне частот. Высокая направленность типичных антенн земной станции спутниковой связи требует, чтобы измерительное оборудование располагалось вблизи передающей антенны или где-то вблизи главного лепестка.
Негеостационарный	Действия по контролю, как правило, выполняются с использованием стационарных станций контроля с возможностью управления положением антенны в режиме отслеживания (хотя могут быть использованы и мобильные системы с возможностью отслеживания). Антенна станции контроля должна постоянно отслеживать положение спутника, используя один из нескольких методов спутникового слежения, описанного далее в этой главе.	Контроль излучений земных станций спутниковой связи в сторону спутников на негеостационарной орбите осуществляется передвижными станциями. Как и в случае с ГСО, направленность антенны требует, чтобы измерительное оборудование располагалось вблизи передающей антенны или где-то вблизи главного лепестка. Дополнительным фактором является то, что передающая антенна будет двигаться по орбите спутника, что осложняет измерения параметров, связанных с амплитудой.

5.1.1.1 Виды измерений

Для контроля использования спектра спутниками должны быть осуществлены следующие основные измерения и определены следующие основные параметры:

- Частота;
- Допплеровская частота;
- Плотность потока мощности (п.п.м.) относительно пропускной способности и общая э.и.и.м., э.и.и.м. канала и э.и.и.м. несущей;
- Отношение C/N_0 для несущей частоты;
- Ширина полосы и ширина полосы несущей;
- Измерения спектра внеполосных излучений;

- Характеристики передачи;
- Определение вида модуляции;
- Регистрация наблюдений за спектром;
- Быстрая спектрограмма для визуализации быстрого перемещения слотов и сигналов с качающейся частотой;
- Измерения поляризации;
- Позиция спутника на орбите (орбитальная позиция с точностью не менее $0,1^\circ$);
- Характеристики группового спектра принимаемых сигналов, т. е. BPSK, 4-ФМ, КАМ, ЧРК/ФМ;
- S/N в принимаемом сигнале.

5.1.1.2 Виды помех, создаваемых спутниковыми системами

- Помеха от соседнего канала,
- Помеха в совмещенном канале,
- Помеха перекрывающихся каналов (кроссполяризационная помеха),
- Помеха от соседних систем.

Такие виды помех создаются на входе приемной земной станции несущими, передаваемыми либо спутником рассматриваемой системы (состоящей из земной станции и спутника), либо спутником другой системы.

Помеха по соседнему каналу

Такой вид помехи создается несущими, передаваемыми спутником в направлении земных станций той же системы, расположенной в зоне обслуживания того же точечного луча, что и рассматриваемая земная станция, которая далее называется земной станцией, испытывающей помехи, передаваемыми на разных частотах, но с той же поляризацией.

В схемах с доступом FDMA и TDMA эти несущие создают помехи несущей, испытывающей помехи, из-за неидеальной работы фильтра передающей земной станции.

Помеха в совмещенном канале (с совпадающей поляризацией)

Помеха в совмещенном канале создается несущими, передаваемыми спутником в направлении земных станций той же системы, на той же частоте и с той же поляризацией, что и несущая, испытывающая помехи.

Эти мешающие несущие направлены на земные станции, расположенные в точечных лучах, отличных от точечного луча земной станции, испытывающей помехи в режиме FDMA и TDMA, однако, они находятся в том же точечном луче, что и земная станция, испытывающей помехи в режиме CDMA.

В режиме FDMA и TDMA эта помеха ограничена спадом характеристики на границах точечного луча соседней спутниковой антенны в направлении на земную станцию, испытывающую помехи, а в CDMA она ограничена корреляционными свойствами кода.

Помеха перекрывающихся каналов

Такой вид помехи создается несущими, передаваемыми спутником в направлении земных станций той же системы, на той же частоте и с той же ортогональной поляризацией, что и несущая земной станции, испытывающей помехи.

Эти мешающие несущие направлены на земные станции, расположенные в точечных лучах, отличных от точечного луча земной станции, испытывающей помехи, если используется одна поляризация, но на земные станции, расположенные в том же точечном луче, что и земная станция, испытывающая помехи, для систем с двойной поляризацией. Для систем с одной поляризацией эта помеха ограничивается спадом характеристики на границах соседнего точечного луча в направлении земной станции, испытывающей помехи, а также развязкой по поляризации спутниковой антенны. В случае повторного использования поляризации она ограничена развязкой по поляризации как спутника и спутниковой антенны земной станции вместе, так и только спутниковой антенны земной станции.

Помеха от соседних систем

Эта помеха создается несущими, передаваемыми спутником в направлении земных станций другой системы спутниковой связи, на той же частоте и с той же поляризацией, что и несущая земной станции, испытывающей помехи. Эта помеха ограничивается угловым разномом двух спутников с точки зрения позиции земной станцией, испытывающей помехи.

5.1.2 Методы измерений

5.1.2.1 Общие положения

Основные факторы, которые обуславливают необходимость применения других методов контроля, наблюдения и измерения излучений от космических станций по сравнению с излучениями от стационарных или подвижных радиостанций на/или около Земли:

- различие между частотами приема и передачи и изменения принимаемой частоты, вызываемые эффектом доплеровского сдвига, особенно для спутников не на геостационарной орбите;
- обычно более низкая плотность потока мощности (п.п.м.) в земном пункте приема, что обусловлено расстоянием и, как правило, малой мощностью передатчика;
- относительно короткое время, за которое сигнал от спутника на околоземной орбите принимается в стационарном пункте контроля;
- постоянные изменения направления, которые должны осуществляться узконаправленными антеннами земной станции, используемыми для приема излучений от космических станций не на геостационарной орбите.

5.1.2.2 Измерения частоты

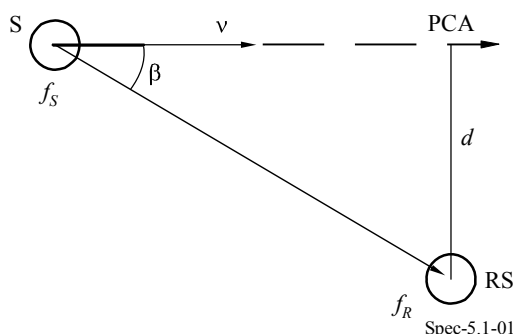
Для космических станций на геостационарной орбите могут применяться те же методы измерений частоты, что и для наземных станций. Эти методы подробно рассматриваются в п. 4.2.

5.1.2.2.1 Эффект доплеровского сдвига

Когда между космической передающей станцией и станцией контроля существует относительная скорость движения, то вследствие эффекта доплеровского сдвига между переданным и принятым сигналами возникает разница частот, пропорциональная этой относительной скорости. Уравнения (5.1-1) и (5.1-2) выводятся из Рисунка 5.1-1.

РИСУНОК 5.1-1

Основные соотношения в случае влияния доплеровского сдвига



$$f_R = \frac{cf_s}{c - (v \cos \beta)} \quad (5.1-1)$$

$$\left(\frac{\Delta f_R}{\Delta t} \right)_{\max} = \frac{f_s}{c} \cdot \frac{v^2}{d}, \quad (5.1-2)$$

где:

- S: спутник;
- RS: приемная станция;
- PCA: положение наибольшего сближения;
- f_s : частота передачи;
- f_R : частота приема;
- v : скорость спутника;
- d : минимальное расстояние при прохождении;
- c : скорость распространения электромагнитных волн;
- β : угол между направлением полета и линией прямой видимости на приемную станцию.

Уравнения приводят к следующим выводам:

- частота приема выше частоты источника сигнала, когда спутник приближается к станции контроля;
- измерение дает точное значение частоты источника сигнала на спутнике только в момент наибольшего сближения (ТСА), который совпадает с положением наибольшего сближения (PCA);
- в момент наибольшего сближения должна наблюдаться максимальная скорость изменения частоты (MRCF), которой соответствует наклон касательной в точке изгиба $(\Delta f_R / \Delta t)_{max}$;
- частота приема ниже частоты источника, когда спутник удаляется от станции контроля;
- эффект доплеровского сдвига пропорционален частоте источника на спутнике и относительной скорости между источником и станцией контроля.

5.1.2.2.2 Метод измерения

Точность, достижимая при определении частоты, излучаемой спутником, зависит от параметров орбиты спутника, трассы распространения радиоволн, измерительной аппаратуры и метода оценки. Измерение частоты спутника на орбите не является прямой процедурой, оно требует в качестве первого этапа регистрации доплеровского сдвига, за которой следует оценка кривой Допплера.

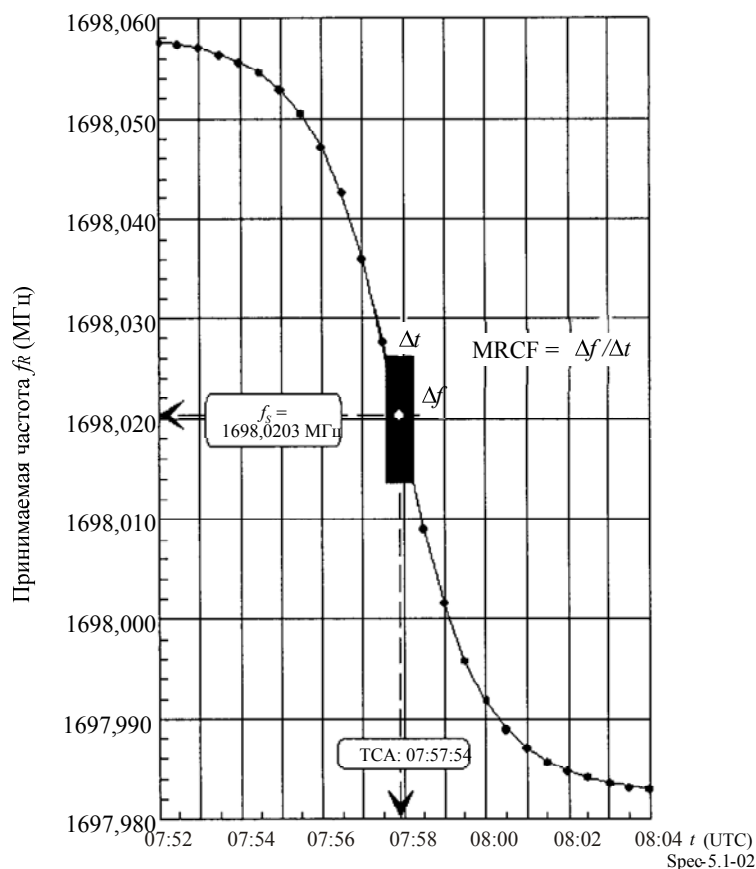
Для получения надлежащей точности измерений предпочтительно применение автоматизированного метода измерения. Описание возможного технического решения приведено в п. 5.1.6.1.

5.1.2.2.3 Методика расчета частоты и точность измерения

Используя графические методы можно определить частоту спутника, момент наибольшего сближения (ТСА) и максимальную скорость изменения частоты (MRCF) (Рисунок 5.1-2). Возможно достижение точности измерения частоты $\pm 1 \times 10^{-7}$ Гц.

РИСУНОК 5.1-2

Расчет частоты спутника по кривой Допплера



Модифицированный метод позволяет повысить степень точности. При простом дифференцировании кривой частоты Допплера по времени получается парабола, вершина которой указывает момент наибольшего сближения, а также частоту источника излучения на спутнике. Для построения параболы достаточно использовать отдельные измеренные значения в пределах ± 30 с от момента наибольшего сближения. Интервал времени между измеренными величинами должен выбираться так, чтобы форма кривой четко определялась, например, как минимум, через интервалы в 5 с. При использовании этого метода и методов графической оценки, а также цезиевого генератора опорной частоты может быть получена точность $\pm 5 \times 10^{-9}$ Гц или лучше. На Рисунке 5.1-3 показаны результаты определения частоты, полученные этим методом.

Вместо методов графической оценки, требующих значительного времени, предпочтительнее использовать программные методы решения, при которых можно непосредственно обрабатывать результаты измерения на одной частоте с помощью частотомера.

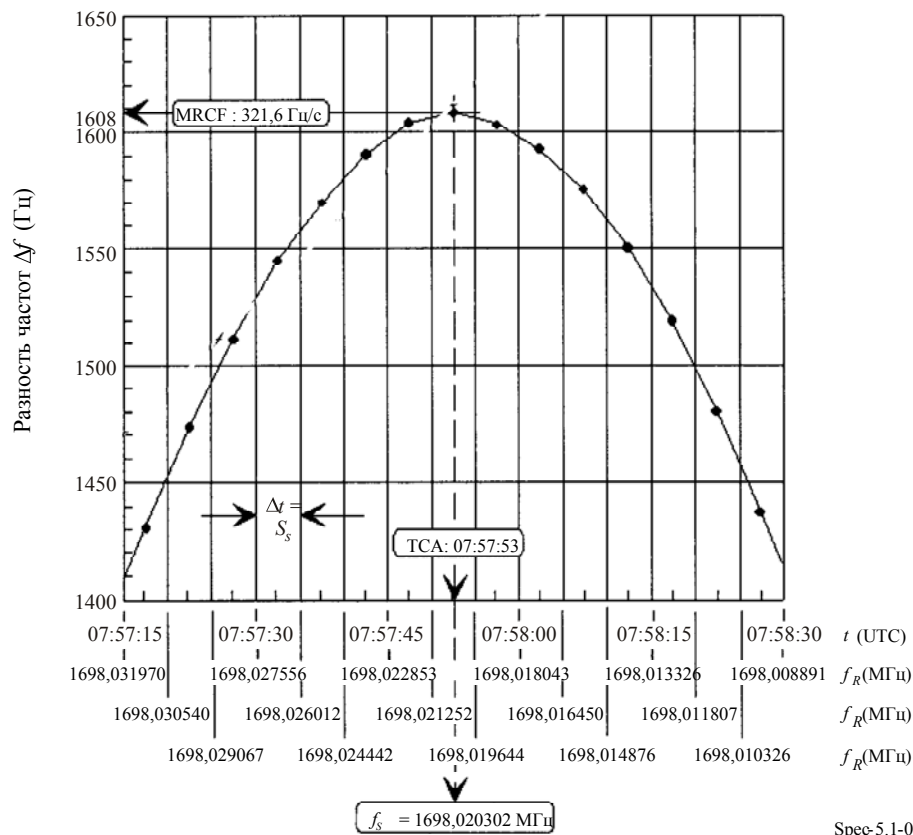
Очевидно, что надежные измерения частоты могут быть выполнены, только если спектр содержит компоненту частотной характеристики, по которой приемник может быть синхронизирован. Это, конечно, относится и к измерению частот наземных станций.

5.1.2.3 Измерения ширины полосы

Для измерений ширины полосы излучений геостационарного спутника могут быть в принципе применены те же методы, что и для измерений наземных излучений. Описание этих методов можно найти в п. 4.5.

РИСУНОК 5.1-3

Расчет частоты спутника путем дифференцирования кривой Доплера



В случаях, когда между космической станцией и станцией контроля имеется относительная скорость движения, кажущаяся передаваемая ширина полосы, измеренная на станции контроля, изменяется из-за эффекта доплеровского сдвига таким же образом, как это описано для несущей частоты. Два фактора должны быть приняты во внимание:

- полный частотный спектр смещается в течение времени, необходимого для измерения ширины полосы;
- сдвиг частоты немного больше для составляющих сигнала около верхней границы спектра излучения, чем для составляющих около нижней границы спектра. Такая разница может достигать сотен герц для широкой полосы пропускания. Этот эффект приводит к незначительному изменению кажущейся ширины полосы пропускания, наблюдаемой на станции контроля.

Доплеровский сдвиг частоты может быть компенсирован при использовании автоматической подстройки частоты на контрольном приемнике. В этом случае обычные методы измерений, используемые для измерения ширины полосы пропускания на наземных станциях контроля, могут быть применены без радикальных изменений. Если принятый сигнал очень слабый, то возможно обеспечить автоматическую коррекцию частоты генератора приемника за счет использования в качестве опорного сигнала излучаемой космической станцией несущей или частоты пилот-сигнала, которая фильтруется очень узкополосным фильтром. Если на станции контроля для космических служб отсутствуют соответствующие приемники с автоматической подстройкой частоты, то следует учитывать сдвиг частот на космической станции во время измерения, выполняя одновременно в случае необходимости измерение доплеровского сдвига при определении ширины полосы. Кроме того, может оказаться необходимым производить одновременную запись плотности потока мощности, с тем чтобы влияние изменений плотности потока мощности, наблюдаемых во время анализа спектра, можно было исключить из расчетов.

5.1.2.4 Измерения плотности потока мощности

5.1.2.4.1 Измерения в эталонной полосе частот

Координация и успешная работа космических станций требует, чтобы данные максимальные величины плотности потока мощности (п.п.м.) не превышались на поверхности Земли от излучений космических станций, включая излучения от пассивных спутников. Значения для конкретных полос частот, космических служб, углов прихода и условий совместного использования частот даны в Разделе V Статьи 21 Регламента радиосвязи, которая должна иметься на станциях космического контроля. Плотность потока мощности в дБ (Вт/м²) относится к конкретной ширине полосы, в основном к ширине 4 кГц, 1 МГц или 1,5 МГц, в зависимости от частоты основного излучения. Указание эталонной ширины полосы (RBW) необходимо, потому что излучаемая мощность обычно не концентрируется на одной частоте, а распределяется в пределах полосы частот.

5.1.2.4.2 Измерение полной плотности потока мощности

В этом случае плотность потока мощности полностью определяется на основе ширины полосы, занимаемой излучением. Соответственно должна быть выбрана ширина полосы пропускания измерительного фильтра. Такие измерения важны, если, например, должна быть рассчитана величина э.и.и.м. космической станции. Для полос частот ниже 13 ГГц в условиях ясного неба для расчетов могут быть взяты общие потери в атмосфере, равные 0,1–0,2 дБ.

5.1.2.4.3 Процедура измерений

При измерении плотности потока мощности в эталонной ширине полосы или полной плотности потока мощности предпочтительно определять плотность потока мощности путем прямого измерения мощности, особенно на частотах выше примерно 1 ГГц. При использовании этого метода п.п.м. может определяться согласно уравнениям (5.1-3а) и (5.1-3б):

$$pfd_{RBW} = P_{SYS} - 30 - A_e - K_{BW} + K_{POL} \quad (5.1-3a)$$

$$pfd_{TOT} = P_{SYS} - 30 - A_e + K_{POL}, \quad (5.1-3b)$$

где:

- pfd_{RBW} : п.п.м. в эталонной ширине полосы (RBW) (дБ(Вт/м²))
- pfd_{TOT} : п.п.м. в ширине полосы частот, занимаемой излучением (дБ(Вт/м²));
- P_{SYS} : входная мощность системы (дБм);
- 30: коэффициент для перевода дБм в дБВт;
- A_e : эффективная площадь антенны (см. примечание 2) (дБм²);
- K_{BW} : поправочный коэффициент для ширины полосы при измерениях (см. Примечание 3) (дБ);
- K_{POL} : поправочный коэффициент на поляризацию (см. Примечание 4) (дБ).

Значение п.п.м., полученное из уравнений (5.1-3а) и (5.1-3б), может быть использовано для расчета э.и.и.м. космической станции по уравнению (5.1-4). Для расчета требуется знать наклонное расстояние до объекта во время измерения:

$$\text{э.и.и.м.} = \text{п.п.м.} + 10 \log(4\pi d^2) + L_{ATM}, \quad (5.1-4)$$

где:

- э.и.и.м.: эквивалентная изотропно излучаемая мощность космической станции (дБВт),
- п.п.м.: измеренная п.п.м. (дБ (Вт/м²)),
- d : расстояние между космической и приемной станциями (м),
- L_{ATM} : потери в атмосфере по отношению к свободному пространству (дБ).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Входная мощность измеряется измерителем тепловой мощности, обычно подключенным к выходу ПЧ приемника, ему предшествует полосовой фильтр с известной эффективной шириной полосы пропускания (измерение среднеквадратичных значений). Входной сигнал затем заменяют сигналом от генератора калиброванных сигналов. Перед выходом ПЧ устанавливают приборы для компенсации возможного доплеровского сдвига входного спутникового сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эффективная площадь антенны (A_e) может быть рассчитана исходя из апертуры или усиления антенны путем использования уравнения (5.1-5):

$$A_e = 10 \log (A\eta) = 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) + G_i, \quad (5.1-5)$$

где:

- A_e : эффективная площадь антенны (дБм²),
- A : раскрыт антенны (м²),
- η : коэффициент полезного действия, выраженный десятичным числом,
- λ : длина волны (м),
- G_i : изотропное усиление антенны (дБи).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Ширина полосы, используемая для измерения, может быть больше эталонной ширины полосы, если мощность равномерно распределена в измеряемой ширине полосы. Это условие может быть проверено посредством спектрального анализа. Ширина полосы при измерениях является эффективной шириной полосы пропускания фильтра, которая может и не соответствовать значениям его ширины полосы на уровнях 3 или 6 дБ. Поправочный коэффициент рассчитывается из уравнения (5.1-6):

$$K_{BW} = 10 \log \left(\frac{B_M}{RBW} \right), \quad (5.1-6)$$

где:

- K_{BW} : поправочный коэффициент на ширину полосы (дБ),
- B_M : ширина полосы при измерениях,
- RBW : эталонная ширина полосы с теми же единицами измерения, что и B_M .

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В случае совпадения поляризации между приемной антенной и принимаемым сигналом поправочный коэффициент на поляризацию $K_{POL} = 0$ дБ. При линейно поляризованном приеме сигнала, излучаемого с круговой поляризацией, или наоборот, $K_{POL} = 3$ дБ.

Поскольку плотность потока мощности обычно изменяется в зависимости не только от частоты, но и от времени, должно быть определено ее максимальное значение. Это может быть сделано посредством записи выходного сигнала измерителя мощности в течение определенного периода времени на интересующей частоте. Постоянная времени применяемого датчика мощности определяет скорость изменения мощности, которая может быть обнаружена. Дополнительную информацию по расчету э.и.и.м. можно найти в данном Справочнике издания 2002 года.

5.1.2.4.4 Неопределенность измерений

На степень неопределенности измерения плотности потока мощности, в основном, влияют три фактора:

- неопределенность коэффициента усиления приемной антенны;
- неопределенность эталонного сигнала (эталонный генератор мощности) для калибровки измерительного приемника/анализатора спектра; и
- точность наведения антенны/слежения.

В этом отношении нет различий между данным методом и методами, описанными в п. 4.3. В то время как неопределенность источника опорного сигнала может в значительной степени контролироваться и сводиться к минимуму, реальная проблема заключается в точной калибровке коэффициента усиления приемной антенны. Системы параболических зеркальных антенн больших размеров могут быть прокалиброваны только после сборки в месте установки. В таком случае должны быть найдены решения для обеспечения удовлетворительного расчета усиления антенны с учетом специфических условий на месте установки.

Неопределенность измерений (коэффициент покрытия 2) не должна превышать 2 дБ. Следует стремиться к снижению неопределенности измерений во всех полосах частот.

5.1.2.5 Измерения поляризации

Знание поляризации спутникового сигнала существенно, потому что она является основной характеристикой сигнала и ее определение поможет в опознавании неизвестных излучений. Следовательно, нужны приемные системы, способные проводить различие между разными типами поляризации.

Технически измерения поляризации должны выполняться с учетом широкого применения метода двойной поляризации в полосах частот выше 1 ГГц, которые используются в фиксированной спутниковой и радиовещательной спутниковой службах.

Для получения оптимальных условий приема и измерения спутникового сигнала с точки зрения:

- максимального отношения несущей к шуму C/N , и
- максимального отношения несущей к помехе C/I посредством достаточной развязки по поляризации для ортогонально поляризованных сигналов;

должна иметься возможность согласовать поляризацию приемной системы станции контроля с поляризацией входного сигнала. В случае двойной линейной поляризации требуется полное управление плоскостью поляризации. Должна обеспечиваться развязка по поляризации по крайней мере в 20 дБ.

5.1.2.6 Определение орбитальных позиций и элементов орбиты

Определение орбитальных позиций касается геостационарных спутников, а определение элементов орбиты – негеостационарных спутников.

5.1.2.6.1 GSO спутники

Спутник на ГСО испытывает помехи, которые имеют свойство изменять его положение на орбите. Эти помехи приводят к паразитному вращению орбитальной плоскости, а также к ошибкам положения большой полуоси и эксцентриситета. Это приводит к тому, что глазами наблюдателя на Земле спутник демонстрирует колебательное движение в течение 24 часов. Это движение (так называемая "восьмерка") состоит из компонента Север-Юг и компонента в плоскости орбиты.

Космические станции на борту геостационарных спутников, использующие частоты, распределенные фиксированной спутниковой или радиовещательной спутниковой службам, должны поддерживать свое положение в пределах $\pm 0,1^\circ$ по долготе относительно своего номинального положения (см. Регламент радиосвязи, Статья 22, раздел III), за исключением экспериментальных станций на борту геостационарных спутников, которые должны поддерживать свое положение в пределах $\pm 0,5^\circ$ по долготе, а также станций радиовещательной спутниковой службы, работающих в полосе 11,7–12,75 ГГц, которые должны поддерживать свое положение в пределах, установленных в Приложении 30 Регламента радиосвязи. Нет необходимости в соблюдении космическими станциями этих пределов, если спутниковая сеть не создает неприемлемых помех любой другой спутниковой сети, космические станции которой соответствуют этим пределам. Поэтому определение позиции геостационарных спутников является необходимой задачей станции контроля для космических служб. Орбитальная позиция обычно вычисляется на основе измерений углов в азимутальной и угломестной плоскостях приемной антенны. В п. 5.1.7.4 показан пример подобного измерения.

5.1.2.6.2 Негеостационарные спутники

Расчет элементов орбиты негеостационарных спутников (эфемерид) на основании измерений с достаточно высокой точностью является основным требованием для:

- идентификации неизвестной космической станции (см. п. 5.1.5);
- исследования возможного времени приема; и
- предварительного определения азимута и угла места как функции времени, например, для компьютерного управления поворотом антенн в случаях, когда отсутствуют официально опубликованные данные.

Станция контроля для космических служб, использующая пассивный способ измерений, может обеспечить следующие данные измерений в функции времени:

- азимут;
- угол места; и
- доплеровский сдвиг.

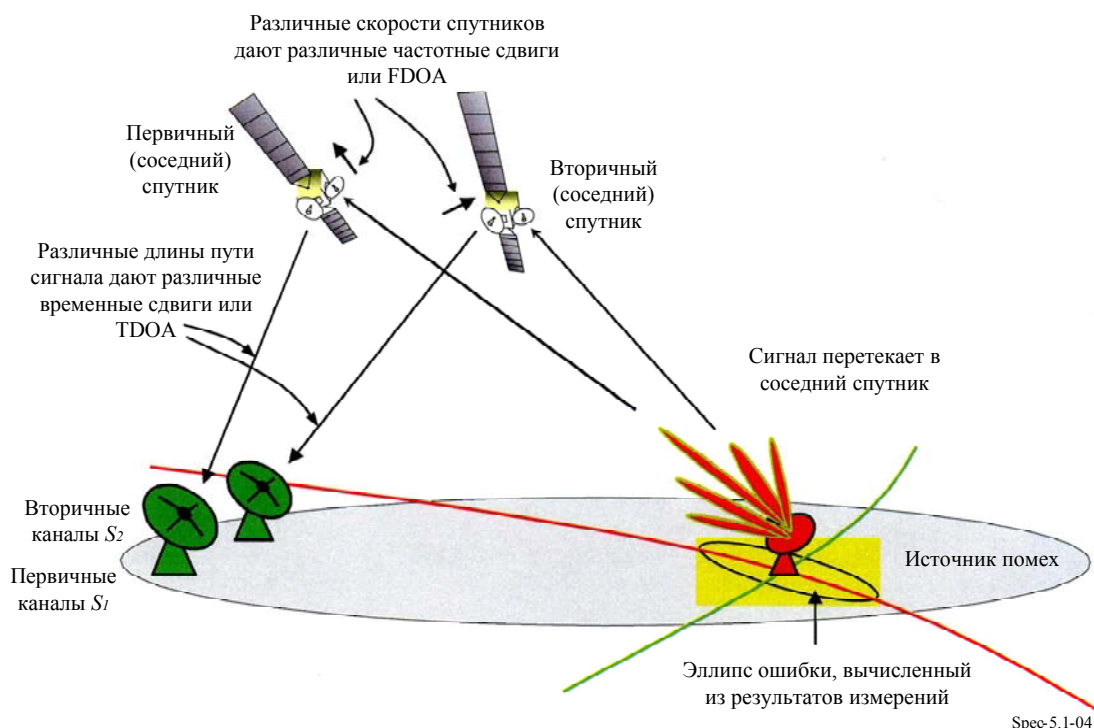
Так как для вычисления элементов орбиты (элементы Кеплера) используются цифровые методы, то необходимы многократные измерения вышеупомянутых величин. Другими словами, больший объем поступающей информации дает большую точность расчета элементов орбиты. Когда контролируются более высокие частоты, т. е. около 1 ГГц, предпочтительны методы, основанные на оценке измерений углов в азимутальной и угломестной плоскостях, вследствие более узкой ширины луча приемной антенны на этих частотах.

5.1.2.7 Определение местоположения передатчиков на поверхности Земли с помощью измерений разности времени и сдвига частоты сигналов от двух спутников на ГСО

Определение местоположения радиопередатчиков, влияющих на спутники связи на ГСО, является сложной задачей, которая, как правило, решается на основе комплексного измерения разности времени прихода сигналов (TDOA) и сдвига частот прихода сигналов (FDOA). Оба вида этих измерений требуют, чтобы передачи контролировались вторым спутником на ГСО, который находится в зоне луча передатчика. Спутник на ГСО, передающий неизвестный сигнал, как правило, называется "основным спутником", а вышеупомянутый второй спутник на ГСО – "соседним спутником". Измерение TDOA выдает разницу во времени прихода одного сигнала в одном наземном приемнике через начальный спутник и в другом наземном приемнике через соседний спутник. Измерение FDOA выдает разницу по частоте, измеряемую между сигналом, который прибыл по отдельности на два приемника. Как правило, два приемника совмещены в одной географической зоне, однако, это не является обязательным (см. Рисунок 5.1-4). В "распределенном режиме" два приемника, используемые для местоположения, отделены друг от друга, но они вынуждены находиться в луче линии вниз каждой космической станции, соответственно. Распределенный режим должен использоваться, когда зоны обслуживания линий вниз не пересекаются; мало того, эти линии вниз могут приниматься на разных континентах. При работе в распределенном режиме измерения исходного сигнала должны быть перенесены на общее местоположение для дальнейшего определения местоположения.

РИСУНОК 5.1-4

Географическое определение местоположения передатчиков на Земле с помощью TDOA и FDOA от двух спутников ГСО



Время прихода сигнала изменяется, поскольку передаваемый сигнал проходит разные расстояния, когда на каждый приемник он ретранслируется двумя разными спутниками. Принимаемые частоты различны, потому что, как правило, между двумя спутниками присутствует относительное движение, вызванное различными доплеровскими сдвигами частоты при передаче. Хотя позиции спутников на ГСО в общих чертах характеризуются как неподвижные над конкретной точкой экватора Земли, в действительности они в определенных пределах перемещаются относительно этих номинальных позиций. Это перемещение создает измеряемое доплеровское смещение принимаемых сигналов. Принимаемые частоты также могут различаться в результате нестабильности генераторов, которые устанавливают частоту ретрансляции на линии вниз каждого спутника.

Каждый результат отдельных измерений TDOA или FDOA, объединенный с конфигурацией спутниковой и земной станций описывает различные поверхности, на которых должен находиться неизвестный передатчик. Поверхность Земли (где располагаются почти все рассматриваемые передатчики) представляет собой третью поверхность, которая ограничивает неизвестное положение. Пересечение этих трех поверхностей дает оценку неизвестного сигнала по результатам одной пары измерений TDOA и FDOA. Поскольку измерения или ошибки моделирования могут привести к ошибкам определения местоположения, то дополнительные измерения TDOA и FDOA в сочетании со статистическим решением могут способствовать сокращению таких ошибок.

5.1.2.7.1 Измерение разности времени и сдвига частот

Две временные последовательности сигналов, передаваемых на линии вниз каждым из двух ГСО спутников, записываются и анализируются с целью определения разности времени и сдвига частот между ними (т. е. TDOA и FDOA). Это делается путем вычисления функции взаимной неопределенности (CAF) или корреляционной карты в двух измерениях. Значение CAF для данного времени и сдвига частот – это кросскорреляция двух записанных сигналов. В особом случае, который характеризуется излучениями непрерывного радиосигнала (CW), невозможно выполнить измерения TDOA, поскольку эти два сигнала скоррелированы для всех разностей времени задержки.

Функцию CAF можно отобразить в трех измерениях, где значение CAF – это функция и для TDOA, и для FDOA. В том случае, когда в выбранном диапазоне частот имеется один мешающий сигнал, максимальное значение CAF в отношении TDOA и FDOA выбирает в качестве значений TDOA и FDOA те сдвиги, которые описываются алгоритмом определения местоположения, вычисляющим местоположение одного передатчика. Для непрерывного излучения (CW) это приводит к неровности вдоль линии с постоянными значениями FDOA. Кроме того, ряд широкополосных передатчиков, расположенных в нескольких местах, будет выдавать несколько максимумов CAF. Подробное рассмотрение алгоритмов, используемых для расчета и анализа CAF, приводится в работе Stein [1981].

5.1.2.7.2 Алгоритм определения местоположения на поверхности Земли

Алгоритм определения местоположения часто использует измерения TDOA и/или FDOA в итерационной процедуре оценки по методу наименьших квадратов места, где формируется передаваемый сигнал. В своей простейшей форме начальная оценка местоположения передатчика и данные орбиты двух спутников объединяют в себе физические законы движения спутника для получения предсказанных результатов измерений TDOA и FDOA. Разница между фактическими и прогнозируемыми результатами измерения TDOA и FDOA (разность) используется для корректировки местоположения передатчика. Это скорректированное значение местоположения передатчика используется для создания второго набора установок прогнозируемых измерений TDOA и FDOA, которые предполагают дальнейшие корректировки местоположения передатчика и т. д. Итерационное решение необходимо потому, что задача изначально нелинейна. Итерации продолжаются до тех пор, пока корректировки позиции передатчика не станут достаточно малыми, в этой точке, как говорится, сходятся решения о местоположении.

Поскольку измерения TDOA и FDOA в течение определенного периода времени связаны с местоположением передатчика при помощи моделируемых законов физики, решения местоположения доступны также для комбинаций других видов измерений. Например, определение местоположения передатчиков непрерывного сигнала осуществляется на основании данных серии измерений FDOA с ограниченной точностью по сравнению с тем, что будет в наличии с соответствующими измерениями TDOA, которые доступны из широкополосного сигнала. Кроме того, использование третьего спутника для создания второго набора результатов измерений TDOA и/или FDOA также может улучшить решение, однако, это происходит за счет более интенсивного использования ресурсов приемной антенны. Решения на основе только TDOA можно получить за счет использования третьего спутника, но поверхности с постоянным значением TDOA, полученным от двух пар спутников, почти параллельны, что делает их практическое использование более зависимым от точности измерения TDOA или требует больше времени для выполнения измерений.

На практике точность спутниковых эфемерид для каждого из двух спутников ограничивает точность определения местоположения. Улучшенное качество определения местоположения достигается за счет измерений TDOA и FDOA на сигналах разнесенных передатчиков, иногда называемых эталонными локаторами, которые создаются в известных местоположениях и проходят через одну и ту же пару спутников как полезный сигнал. Эти эталонные локаторы используются для уточнения орбитальных эфемерид одного или обоих спутников, что, в свою очередь, повышает точность оценки местоположения рассматриваемого сигнала передатчика.

5.1.2.7.3 Анализ неопределенности

Цель анализа неопределенности проблемы определения местоположения заключается в том, чтобы получить реалистичную оценку точности определения местоположения.

Обеспечение точного анализа неопределенности иногда может быть сложным и трудным. Точность отдельных измерений TDOA и FDOA в обоих случаях пропорциональна квадратному корню отношения S/N , полученного в корреляционном решении. Точность измерений TDOA и FDOA также пропорциональна полосе пропускания сигнала и времени измерения, соответственно. Определение местоположения по методу наименьших квадратов предусматривает формальные оценки ошибки и доверительные интервалы определения местоположения рассматриваемого передатчика, которые основаны на неопределенностях, связанных с измерениями TDOA и FDOA. Достоверность этих неопределенностей TDOA и FDOA может быть проверена статистически в зависимости от соответствующих разностей измерений. Или же, если имеется достаточное число измерений TDOA и FDOA, то неопределенности в измерениях TDOA и FDOA могут быть оценены по той же процедуре решений. Пример анализа ошибки приводится в Bardelli *et al.* [1995].

Также должны быть учтены два исключения. Во-первых, неопределенности в измерениях TDOA и FDOA могут быть достаточно большими, чтобы влиять на предположении о том, что решение является линейным в перекрывающейся области пространства параметров. Это означает, что формальные ошибки, полученные в алгоритме определения местоположения, который основан на линейном статистическом анализе, являются менее точными. В этих случаях для получения более хорошей оценки неопределенности могут быть использованы методы Монте-Карло.

Во-вторых, официальные неопределенности учитывают случайную ошибку и лишь частично любые систематические ошибки. Систематические ошибки могут возникать, например, за счет неточной модели физики измерений TDOA и FDOA или из-за модели, используемой для получения спутниковых эфемерид. Влияние систематических ошибок может быть оценено с помощью очень тщательного моделирования метода определения местоположения и всех источников его систематических ошибок.

Существует несколько возможных неточностей, обусловленных ошибками определения местоположения. Эта ошибка может быть существенно уменьшена за счет использования эталонных передатчиков, географические координаты которых точно известны (см. Рисунок 5.1-5).

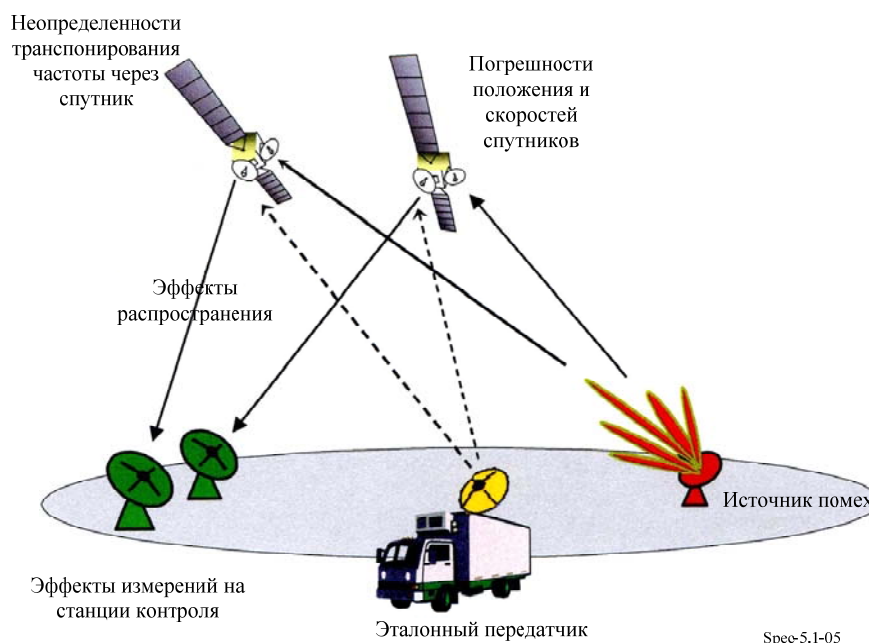
Эталонные станции, размещенные на огромной площади, могут устранить ошибки из-за неточностей эфемериды, в то время как использование эталонных станций, расположенных в непосредственной близости от источника помех, может свести к минимуму ошибки определения местоположения (см. пп. 5.1.5.4.5 и 5.1.5.4.6).

5.1.2.8 Определение местоположения передатчиков на поверхности Земли с помощью одного спутника на ГСО и обратного доплеровского сдвига

Местоположение передатчика (или источника помех) на поверхности Земли может быть определено при конкретных условиях, используя сигналы передатчика, ретранслируемые через одиночный спутник связи на ГСО. Малое доплеровское смещение на несущей частоте сигнала, вызванное небольшим перемещением данного спутника на орбите относительно поверхности Земли, может быть использовано для оценочного вычисления местоположения передатчика, вплоть до указания определенной точки (в пределах десятков километров), что даст возможность развернуть подвижные средства для точного установления местоположения передатчика или источника помех. Эта методика использует измерения несущей частоты нерегулярных кратковременных передач, разнесенных по времени на несколько часов. Для оценки с необходимой степенью точности малого доплеровского сдвига в передаваемых сигналах используются методы со сверхвысокой разрешающей способностью и высоким качеством обработки сигнала. Прогнозы позиций и скорости спутника могут уточняться при использовании эталонного передатчика.

РИСУНОК 5.1-5

Географическое определение местоположения передатчиков на Земле с помощью TDOA и FDOA от двух спутников ГСО и эталонного передатчика



Spec-5.1-05

Эксцентриситет и ненулевой наклон плоскости геостационарной орбиты вызывают некоторое перемещение спутника относительно поверхности Земли. Это перемещение создает малый доплеровский сдвиг, который может быть использован для оценки местоположения передатчика. В данной методике даже используются наблюдения за нерегулярными и короткими излучениями передатчиков, разнесенными по времени на несколько часов. Чтобы можно было использовать этот метод, несущие частоты таких передач должны измеряться с очень высокой точностью. Затем применяют нелинейный итеративный метод оценки. Описание смещений спутника на ГСО приведено в п. 5.1.2.8.3 и на Рисунке 5.1-6.

По всем этим причинам реализовать метод определения местоположения с использованием одного спутника очень сложно. Кроме того, он вводит ограничения на сам передатчик, которые, как правило, не выполняются, например:

- местные генераторы передатчика должны быть ультрастабильными в течение длительного периода времени;
- излучение передатчика в течение длительного периода времени.

5.1.2.8.1 Алгоритм определения местоположения на поверхности Земли

В алгоритме определения местоположения на поверхности Земли математическое выражение (f_R) используется для прогнозирования несущей частоты сигнала, который ретранслируется через спутник на ГСО. Это математическое выражение включает известные позицию и скорость спутника, и данные о местоположении приемника, а также неизвестное местоположение искомого передатчика. При этом необходимо учитывать влияние доплеровского сдвига на линии вверх, транспонирование частоты сигнала в спутниковом ретрансляторе и доплеровский сдвиг на линии вниз.

Все векторные величины выражены в трехмерной декартовой системе координат, фиксированной относительно центра Земли:

$$f_R = \left[f_T \cdot \left(1 + \frac{\vec{v}_S \cdot (\vec{r} - \vec{r}_S)}{c \cdot \|\vec{r} - \vec{r}_S\|} \right) + \Delta f \right] \cdot \left(1 + \frac{v_D}{c} \right), \quad (5.1-7)$$

где:

- f_R : несущая частота принимаемого сигнала;
- f_T : несущая частота передаваемого сигнала;
- v_S : вектор скорости спутника во время наблюдения;
- r_S : вектор позиции спутника во время наблюдения;
- r : вектор позиции передатчика;
- Δf : транспонирование частоты в спутниковом ретрансляторе;
- v_D : скалярная скорость изменения дальности между спутником и приемником;
- c : скорость распространения сигнала.

Уравнение (5.1-7) является функцией известных и неизвестных параметров. Известные параметры – это позиция и скорость спутника, транспонирование частоты и скорость изменения дальности между спутником и приемником. Позиция и скорость спутника, и скорость изменения дальности на трассе между спутником и приемником – это функции времени. В набор неизвестных параметров входят местоположение и несущая частота передатчика. Измерения фактической несущей частоты сигнала, приходящего на приемник, проводятся в течение нескольких сеансов наблюдения. Алгоритм определения местоположения на поверхности Земли оценивает набор неизвестных параметров таким образом, чтобы сумма квадратов погрешностей между измеренной несущей частотой и прогнозируемой (расчетной) несущей частотой, полученной из данного выражения, была минимальной.

Алгоритм определения местоположения на поверхности Земли использует линейаризованный вариант выражения принимаемой частоты, который является расширением первого порядка многомерного ряда Тейлора уравнения (5.1-7). Используя это выражение, можно составить целый ряд линейных уравнений и собрать их в матричное уравнение:

$$E = A\Delta, \quad (5.1-8)$$

где E вектор-столбец измерений несущей частоты принимаемого сигнала в каждом сеансе наблюдений, а $A = [A_f A_x A_y A_z]$, где каждый вектор-столбец A_i является производной выражения относительно параметра i , вычисленного во время каждого сеанса наблюдения, а Δ является вектором погрешностей между истинными значениями параметра и их начальными оценками. Данное матричное уравнение решается для вектора Δ в виде линейных наименьших квадратов, и этот вектор погрешности используется для итерации и обновления начальных оценок параметра. Так как используемое линейное уравнение является лишь аппроксимацией к данной модели, то нужно проводить несколько итераций этого процесса, используя для каждого этапа самые последние полученные оценки параметра. Значения этого параметра будут сближаться с конечными оценками несущей частоты и местоположения.

5.1.2.8.2 Измерение частоты (Допплера)

Так как спутник ГСО медленно перемещается относительно фиксированной точки на поверхности Земли, то доплеровские сдвиги частоты, наблюдаемые на линии связи, будут малы – порядка десятков герц. Поэтому точность определения местоположения объекта на Земле будет зависеть от высокоточной оценки несущей частоты (достаточен рубидиевый стандарт).

Для оценки частоты может использоваться алгоритм MUSIC (классификация множества сигналов). Разрешающая способность частотной оценочной функции ограничена только точностью компьютера, а не длиной набора данных. На точность оценок влияет величина отношения сигнал/шум. Алгоритм MUSIC дает намного более точную оценку частоты, чем алгоритмы, основанные на быстром преобразовании Фурье.

5.1.2.8.3 Коррекция позиции и скорости перемещения спутника

Точность результатов определения местоположения на поверхности Земли зависит от точности определения векторов позиции и скорости спутника во время каждого сеанса наблюдения. Эти векторы обычно вычисляются с помощью модели движения по орбите и набора из шести орбитальных элементов, которые описывают орбиту спутника. Эти элементы периодически обновляются на основе наблюдений за спутником, и наборы обновленных элементов имеются в наличии. Алгоритмы движения по орбите моделируют влияние гравитационных полей Земли, Солнца и Луны для прогнозирования позиции и скорости спутника на периоды времени более длительные, чем время, на которое эти элементы были вычислены. Есть силы, которые воздействуют на перемещение спутника и которые не моделируются. Поэтому, получаемые результаты оценки позиции и скорости перемещения спутника будут становиться менее точными по мере того, как разность времени между составлением прогноза и временем последнего обновления набора этих элементов будет увеличиваться. Нет также точных сведений о транспонировании частоты при ее прохождении через ретранслятор спутника.

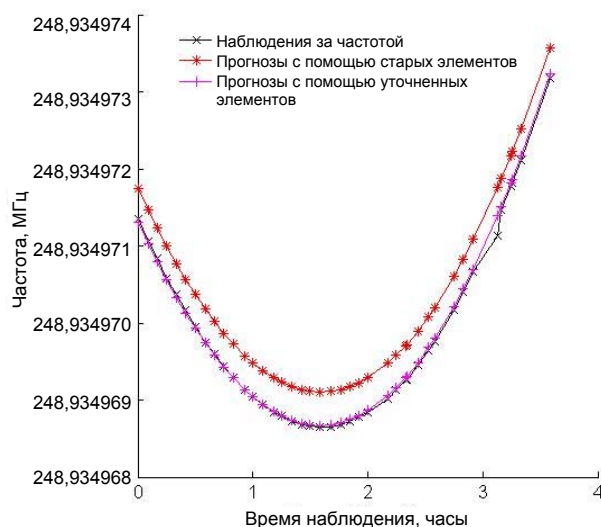
Для того чтобы повысить точность оценок местоположения, необходимо уточнять прогнозы в отношении позиции и скорости спутника, а также частоты транспонирования в ретрансляторе спутника. Для этого можно использовать эталонный передатчик с точно известными координатами его местоположения и с известной несущей частотой, который должен передавать сигналы через спутник в течение того же периода времени, когда наблюдаются и представляющие интерес сигналы. Несущая частота каждого из эталонных сигналов, принимаемых в приемнике, вычисляется таким же способом, что и рассматриваемый сигнал. Эти наблюдаемые эталонные частоты затем сравниваются с частотами, которые были спрогнозированы посредством оценки выражения с координатами известного местоположения передатчика и с исходными оценками ряда орбитальных элементов и частоты транспонирования для уточнения результатов. На Рисунке 5.1-6 показаны улучшенные частотные прогнозы, полученные с помощью уточненных значений орбитальных элементов и уточненной частоты передачи.

5.1.2.9 Измерения занятости частот и измерения занятости позиций ГСО

Подготовка к планированию новых спутниковых систем должна включать конкретные исследования занятости частот на линии вниз другими спутниковыми системами. Это применяется в большинстве случаев, так как не всегда можно предположить, что использование частот явилось предметом координации или заявления. Поэтому подобные измерения занятости полезны для исключения возможности появления непредвиденной помехи.

РИСУНОК 5.1-6

Географическое определение местоположения передатчиков на Земле с помощью TDOA и FDOA от двух спутников ГСО и эталонного передатчика



Spec-5.1-06

Аппаратура автоматической записи радиочастотного спектра оказалась очень полезной для контроля излучений низкоорбитальных спутников. Результаты, полученные в течение нескольких дней с использованием ненаправленных антенн или антенных решеток полусферической формы, позволяют определить занятость полосы частот спутниковыми излучениями. Кроме того, возможно приблизительное определение частот на спутнике, так же как предполагаемого времени приема, и вычисление периода обращения с достаточно высокой степенью точности. Пример записи спектра частот приведен в п. 5.1.7.1.

Основные методы контроля занятости частот, как правило, не пригодны для полос частот выше примерно 3 ГГц. В связи с низкой плотностью потока мощности требуются направленные антенны с соответствующим коэффициентом усиления. Однако в случае геостационарных космических станций возможны измерения занятости, которые:

- определяют позиции, занимаемые космическими станциями; и
- предоставляют данные о частоте и времени, связанные с занятостью полос частот космических станций на занимаемых ими позициях.

Для того чтобы опознать занятые позиции, рекомендуется применять интерактивный процесс управления направленной антенной, используемой для приема вдоль геостационарной орбиты в пределах ширины ее диаграммы направленности по половинной мощности, во время которого непрерывно производятся измерения с помощью анализатора спектра, применяемого для обработки сигнала с целью контроля пересечений пороговых значений. После сканирования орбитального сегмента, видимого со станции контроля использования спектра, анализатор переключают на следующую частоту поддиапазона, и весь процесс повторяют.

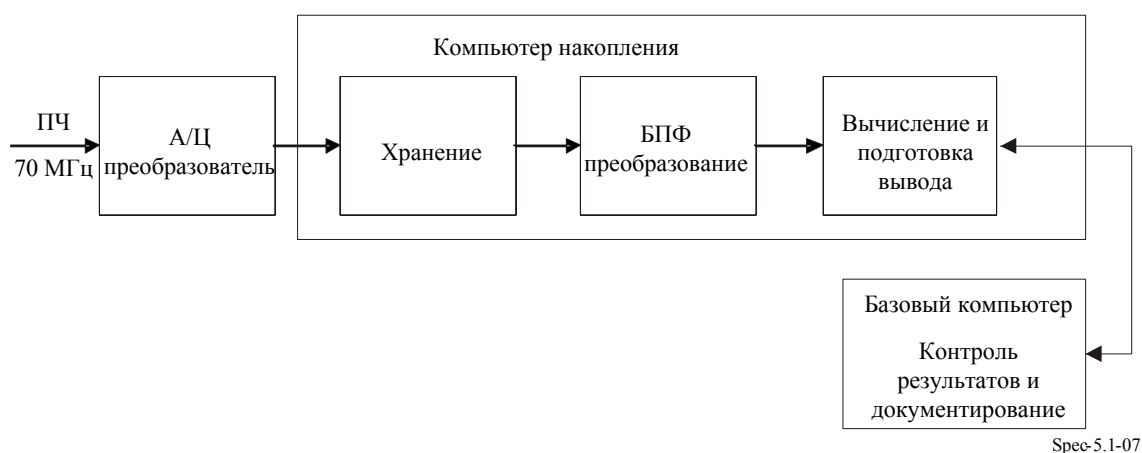
Измерения занятости в зависимости от времени и частоты для предварительно определенной позиции допускают отклонения, которые должны точно координироваться с выбранной целью. Один такой пример представлен в п. 5.1.7.3.

5.1.2.10 Измерения ниже уровня шумов

Часто необходимо проанализировать слабые радиосигналы или части сигналов, которые находятся ниже уровня шума. Особенно в этой ситуации страдают космические радиоизлучения. Для решения этой проблемы разработана Рекомендация МСЭ R SM.1681 – Измерение излучений низкого уровня от космических станций на земных станциях контроля с использованием методов подавления шумов. На Рисунке 5.1-7 показана типичная блок-схема для таких измерений.

РИСУНОК 5.1-7

Блок-схема для контроля использования спектра ниже уровня шумов



Измерение излучений низкого уровня ниже уровня шума основывается на обобщенном методе, который отделяет спектр шума от сигнала.

Сигнал ПЧ выделяется с помощью аналого-цифрового преобразователя и хранится на жестком диске. Это измерение повторяется, как правило, 10 000 раз, с тем чтобы записать 10 000 образцов. Сразу после этого антенна наводится на соседнюю орбитальную позицию, где находится спутник, не попадающий в пределы луча, таким образом, в тех же условиях окружающей среды принимается шум. Здесь берутся другие 10 000 образцов, которые также сохраняются на жестком диске. Оба набора из 10 000 образцов линейно усредняются и вычитаются друг из друга. Это приводит к снижению шума, как правило, на величину от 10 до 20 дБ.

Следует отметить, что необходима хорошая стабильность частоты всего приемного тракта. Кроме того, должен быть устранен доплеровский сдвиг частоты для любого видимого спутника.

5.1.3 Требования к оборудованию и к его возможностям

Целью следующих пунктов является освещение некоторых характеристик систем. Дополнительная информация, касающаяся коэффициента добротности, антенных систем, управления антенной и автослежения, содержится в "Справочнике по спутниковой связи (фиксированная спутниковая служба)" и в других публикациях, указанных в разделе "Список литературы".

5.1.3.1 Общие положения

Техническая концепция станции контроля использования спектра для космических служб в основном определяется задачами, которые должны выполняться в соответствии с конкретными требованиями администрации. При планировании такой концепции должны приниматься во внимание новые разработки в области космических служб. Некоторые важные аспекты указаны в Таблице 5.1-2.

ТАБЛИЦА 5.1-2

**Задачи и их сфера влияния в отношении технической концепции станции контроля
для космических служб**

№	Задачи	Сфера влияния
1	Какая часть частотного спектра должна контролироваться?	Количество и вид антенных систем
2	Какие спутниковые системы должны включаться в контроль? Какую плотность потока мощности создают эти системы в месте приема? Какое отношение несущая/шум должно быть достигнуто?	Коэффициент добротности приемной системы (коэффициент усиления антенны, шумовая температура системы)
3	Необходимо ли определение положения геостационарных спутников?	Точность пеленга, вид управления антенной, концепция приемника
4	Необходимо ли определение элементов орбиты негеостационарных спутников?	Точность пеленга, вид управления антенной, ускорение и скорость управления антенной, концепция приемника
5	Необходимо ли определение характеристик поляризации и проведение измерений в случае систем с двойной поляризацией?	Система возбуждения антенны

Особое значение имеет требуемая точность измерений, например, при измерениях частоты и плотности потока мощности и, в частности, при измерениях углов для определения положения геостационарных космических станций или элементов орбиты негеостационарных спутников.

В принципе, как и на более привычных станциях контроля, оборудование для контроля сигналов от космических станций должно иметь надлежащую гибкость для перекрытия широкой полосы частот в противоположность точечному перекрытию частот, что достаточно для нужд исследовательских или эксплуатационных космических организаций.

5.1.3.2 Коэффициент добротности системы космического контроля

Достижимое отношение несущая/шум C/N при приеме излучения из космоса зависит от следующих факторов:

- п.п.м. сигнала в месте приема;
- коэффициент усиления приемной антенны; и
- шумовая температура приемной системы.

Коэффициент добротности G/T приемной системы – это отношение коэффициента усиления приемной антенны в направлении принимаемого сигнала к шумовой температуре приемной системы, как показано в уравнении (5.1-9).

$$\left(\frac{G}{T}\right) = G - T_{RS} \quad (5.1-9)$$

$$\left(\frac{G}{T}\right) = \left(\frac{C}{N}\right) - \text{pfd} - 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) + 10 \log (kB), \quad (5.1-10)$$

где:

- G/T : коэффициент добротности (дБ(К⁻¹));
 G : коэффициент усиления антенны (дБи);
 T_{RS} : шумовая температура приемной системы (дБ(К));
 C/N : отношение полезная несущая/шум для ширины полосы измерений, B (дБ);
 pfd : п.п.м. для ширины полосы, B (дБ(Вт/м²));
 $\lambda^2/4\pi$: эффективная площадь изотропной антенны (м²);
 k : постоянная Больцмана ($1,38 \times 10^{-23}$ Джоуль/Кельвин) (Вт/Гц);
 B : ширина полосы измерений (Гц).

В случае фиксированной спутниковой службы условия в линии для планируемой системы точно известны. Требуемое отношение G/T для заданного отношения C/N может быть вычислено с помощью уравнения (5.1-10). Ширина полосы при измерениях должна быть эквивалентна принимаемой ширине полосы. Сам разработчик системы принимает решение, должно ли достигаться требуемое G/T с помощью увеличения коэффициента усиления антенны или же уменьшения шумовой температуры.

Подобной ясности условий нельзя ожидать в области космического контроля. Однако используется аналогичный метод. Желаемое отношение G/T рассчитывается на основе наименьших значений плотности потока мощности тех космических станций, для которых технический анализ характеристик их излучения считается необходимым для станции контроля.

Из-за снижения возможности ошибки прямое измерение отношения G/T системы космического контроля предпочтительнее, чем определение отношения отдельно измеренных значений G и T . К тому же отдельные измерения G и T требуют использования генератора сигнала, который излишне вносит дополнительный фактор неопределенности. На станциях контроля при измерениях отношения G/T для целей калибровки уровня п.п.м. зачастую вместо радиозвезды используется Солнце, поскольку оно имеет гораздо более сильный сигнал. Однако если бы приемная система была более чувствительной, использование радиозвезд было бы предпочтительнее.

5.1.3.2.1 Параметры, определяющие отношение G/T

Коэффициент добротности обычно определяется для угла места 5° и выражается в единицах (дБ(К⁻¹)), т. е., G/T (дБ(К⁻¹)) = $10 \log (G/T \text{ числовое значение})$.

$$G/T \text{ (дБ(К}^{-1}\text{))} = \text{усиление антенны (дБи)} - 10 \log (\text{шумовая температура системы (К)}) \quad (5-11)$$

или

$$G/T \text{ (числовое значение)} = \frac{8 \pi k r_1 r_2 f^2 (y_{\text{солнце}} - 1)}{s c^2 y_x}, \quad (5-12)$$

где:

- k : постоянная Больцмана ($1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К);
 r_1 : поправочный коэффициент для ослабления в атмосфере; для углов $\geq 5^\circ$, где:

$$r_1 = \text{antilog} \frac{\frac{A}{\sin \theta} \text{ (дБ)}}{10}$$

- A : одностороннее ослабление в атмосфере в децибелах для вертикальной трассы и θ – угол места Солнца в момент измерения;
 r_2 : поправочный коэффициент для ширины луча приемной антенны по половинной мощности относительно углового диаметра Солнца, где:

$$r_2 = 1 + \frac{401,4}{\vartheta_h^2} \text{ и } \vartheta_h^2 - \text{ширина луча приемной антенны по половинной мощности (мин.);}$$

f : частота (Гц);
 $y_{\text{солнце}}$: измеренные значения, выраженные в числовых единицах, где:

$$y_{\text{солнце}} = \text{antilog} = \frac{Y_{\text{солнце}}(\text{дБ})}{10}$$

s : плотность потока энергии Солнца, полученная по данным национальной лаборатории стандартов; если данные по плотности потока энергии Солнца, s , на непосредственно интересующей частоте (f) отсутствуют, то для получения более высокой точности вместо линейной интерполяции должно применяться следующее интерполяционное уравнение:

$$s = \left(\frac{s_1}{s_2} \right)^{R_2},$$

где:

s_1 : поток на нижней частоте (f_1), (Дж/м²);
 s_2 : поток на верхней частоте (f_2), (Дж/м²);

$$R_2 = \frac{\log(f/f_2)}{\log(f_1/f_2)},$$

c : скорость света (3×10^8 м/с);
 y_x : измеренные значения, выраженные в числовых единицах, где:

$$y_x = \text{antilog} \frac{Y_x(\text{дБ})}{10}.$$

5.1.3.2.2 Процедуры измерений отношения G/T

Для этих целей требуется приемник, относящийся к типу, обычно используемому на станциях контроля использования спектра, оснащенный индикатором выходного напряжения ПЧ, например, вольтметром или осциллографом. Весьма желательно, чтобы индикатор имел разрешающую способность по напряжению, равную 0,1 дБ (1%) или лучше. Приемник должен быть стабильным в работе и не должен иметь значительных изменений усиления в период измерений.

В ходе измерений:

- схема автоматической регулировки усиления должна быть отключена;
- антенна должна быть направлена в сторону Солнца для получения максимального сигнала. Угол места Солнца должен быть более чем примерно 30° с целью исключения воздействия атмосферных явлений и для обеспечения того, чтобы поправочные коэффициенты r_1 и r_2 были затронуты в минимальной степени;
- после этого антенна должна быть повернута в азимутальной плоскости, в сторону от Солнца, например, на несколько градусов или более. Для данного измерения должен быть отмечен уровень напряжения ПЧ. Это напряжение соответствует эталонному значению холодного неба;
- далее антенна должна быть возвращена в азимутальной плоскости в положение, соответствующее направлению на Солнце, и отмечено измеренное напряжение. Разница в показаниях равна Y_{sun} (дБ); и
- затем антенна должна быть повернута только в угломестных координатах, вниз от Солнца до угла места 5° и отмечено соответствующее напряжение. Разница между этим уровнем напряжения и уровнем холодного неба составляет Y_x (дБ) при x° угла места. Следует отметить, что значение 5° угла места (x°) является общепринятым эталонным стандартом.

Отношение G/T можно далее определить, используя измеренные значения y_{sun} и y_x и применяя поправочные величины r_1 и r_2 . Плотность потока энергии Солнца, s , может быть получена в национальной лаборатории стандартов.

При использовании уравнения для отношения G/T , неопределенность корня квадратного из суммы квадратов в ходе измерений составляет величину порядка $< 0,5$ дБ.

Все измерения необходимо проводить в ясный солнечный день.

5.1.3.3 Антенные системы

Коэффициент усиления антенны должен быть как можно больше, чтобы обеспечивать высокий уровень минимальной чувствительности измерительного оборудования.

Спиральные антенны или антенные решетки из диполей подходят для полосы частот 100–1000 МГц. В качестве индивидуальных антенн они обеспечивают коэффициент усиления около 12–16 дБи.

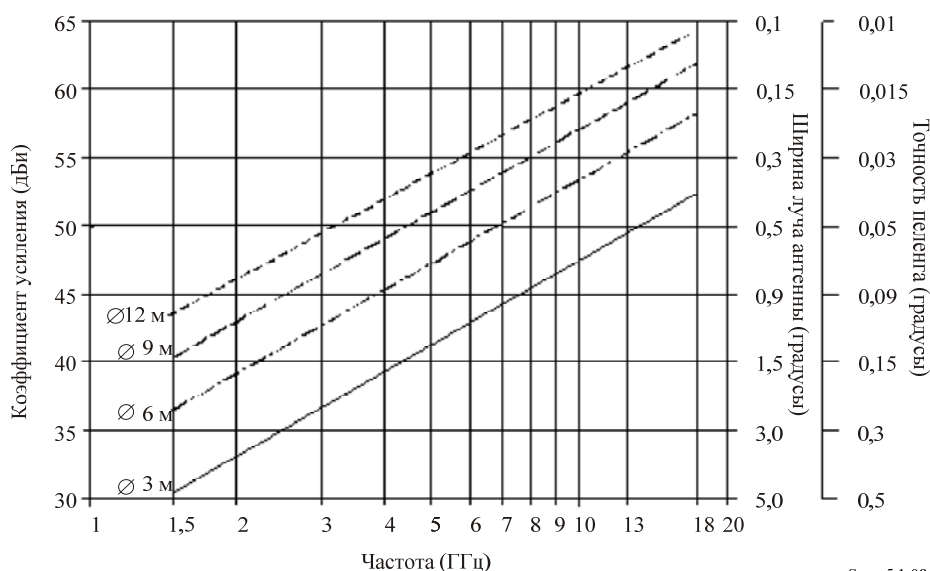
Для полосы частот от 1 до 26,5 ГГц достаточно одного параболического отражателя с одним широкополосным возбуждателем. Если требуются оптимальные характеристики по поляризации и направленности, то предпочтительна конструкция, в которой используются сменные возбуждители. Один из примеров такого технического решения приведен в п. 5.1.6.1.

На Рисунке 5.1-8 показан коэффициент усиления антенны как функция частоты для различных диаметров параболических отражателей с предполагаемым типичным к.п.д. антенны 55%. Диаметр отражателя должен быть не менее 3 м. В этом случае может быть достигнут коэффициент усиления в пределах от 31 дБи на частоте 1,5 ГГц до 53 дБи на частоте 18 ГГц. На более высоких частотах применяется экстраполяция. В основном используются антенны диаметром 6–12 м.

В некоторых случаях выгоднее использовать логопериодические антенны. Антенны этого типа обеспечивают хорошее общее перекрытие полосы частот 10:1 и используются для контроля спутников на частотах 50–5000 МГц. Недостаток их применения состоит в том, что коэффициент усиления антенны, независимый от частоты и почти постоянный, как правило, ниже 10 дБи.

РИСУНОК 5.1-8

Коэффициент усиления антенны, ширина луча на уровне 3 дБ и точность наведения как функция частоты для различных диаметров параболических отражателей и к.п.д. антенны 55%



5.1.3.4 Управление антенной

Система управления антенной должна позволять ручную и управляемую компьютером регулировку. Если требуется точное определение положения геостационарных спутников или если расчет элементов орбиты космических станций, основанных на измерениях угла, рассматривается как требуемая задача, то необходимо автоматическое слежение. Возможны два решения: шаговое слежение или применение моноимпульса.

Метод шагового слежения основан на измерениях уровня принимаемого сигнала в точках вокруг предполагаемого положения спутника. Оптимальное значение определяется поэтапно. Метод моноимпульса основан на анализе типа волны, приходящей на приемник слежения. Ожидаемый тип волны (волноводный режим) образуется только в том случае, если антенна направлена точно на спутник. Другие типы волн создают информацию слежения для надлежащего наведения антенны. Слежение с применением моноимпульса может использоваться для ГСО и не-ГСО спутников, и оно не оказывает влияния на измерения мощности.

5.1.3.5 Ширина луча антенны, необходимая для измерений углов

Задачей данного подраздела является установление соотношения между шириной диаграммы направленности по половинной мощности (3 дБ) антенны и достигаемой точностью пеленга. Это важно в отношении методов автослежения в тех случаях, когда контроль поддержания положения геостационарных космических станций или расчет элементов орбиты негеостационарных спутников является необходимой задачей станции контроля использования спектра (см. п. 5.1.2.6). Точность пеленга – это способность антенной системы определять углы (азимут и угол места) на объект с предельно возможной степенью точности. В этом отношении имеется различие между космическим контролем и земными станциями фиксированной спутниковой службы, так как в последнем случае наименьшая возможная относительная погрешность юстировки (по отношению к космической станции) играет существенную роль.

Соотношение между шириной диаграммы направленности антенны по половинной мощности и максимально достигаемой точностью пеленга может быть установлено как:

$$R = n \cdot \theta_0, \quad (5.1-13)$$

где:

R : погрешность измерения угла (градусы);

n : коэффициент выигрыша;

θ_0 : ширина диаграммы направленности антенны по половинной мощности (градусы).

Для оптимизированных узкополосных антенн $n = 0,01$. Для широкополосной антенны вида, обычно используемого станциями контроля использования спектра для космических служб, по-видимому, будет реальным коэффициент $n = 0,1$ если используется моноимпульсная система, и $n = 0,15$ если используется шаговая система слежения. Оставшаяся переменная – ширина диаграммы направленности антенны по половинной мощности – является функцией диаметра отражателя.

Подходящая ширина диаграммы направленности антенны по половинной мощности должна выбираться с учетом наименьшего допустимого отклонения положения станции по долготе $\pm 0,1^\circ$, как указано в Регламенте радиосвязи. Допустимое отклонение по долготе $\pm 0,1^\circ$ определяет угловой сегмент экваториальной орбитальной плоскости. В случае, когда станция контроля работает на экваторе, что налагает на измерения определенные ограничения, поддержание положения должно проверяться измерением углов только в плоскости угла места антенны. Когда станция контроля смещена к югу или северу, происходит вращение в азимутальной плоскости контрольной антенны. В случае, когда широта составляет, например, 50° , это означает, что допустимое отклонение поддержания положения геостационарной космической станции по долготе преимущественно измеряется как угловая разность в азимутальной плоскости антенны. Она достигает величины $\pm 0,13^\circ$ при разности долгот в 0° между станцией контроля и подспутниковой точкой и понижается до $\pm 0,085^\circ$ при разности значений долготы в 60° . Из этого может быть установлена погрешность измерения в пределах около $\pm 0,01^\circ$, т. е. в 10 раз меньше.

На Рисунке 5.1-8 приведены значения ширины диаграммы направленности антенны по половинной мощности и точности антенного пеленга в зависимости от частоты и диаметра отражателя. Понятно, что полная реализация контроля положения станций в качестве задачи контроля связана с ограничениями, особенно в случае полос более низких частот. Менее строгие требования, позволяющие применять антенные системы меньших размеров, допустимы в тех случаях, когда нужно определить только более значительные расхождения или отклонения в поддержании положения станции, например при исследованиях вредных помех с целью их идентификации.

5.1.3.6 Поляризация системы

Для измерений поляризации (п. 5.1.2.5) нужно тщательно учитывать характеристики антенной системы. Поскольку в полосах частот выше 1 ГГц используются круговая и линейная поляризации, а в полосах частот фиксированной спутниковой службы стандартным приемом является применение двойной поляризации, необходимо, чтобы поляризация приемной системы могла быть адаптирована к поляризации принимаемого сигнала и чтобы достигалась достаточная развязка по поляризации.

Помимо возможности получения поляризационных характеристик принимаемого сигнала, такая система будет также обеспечивать максимальный коэффициент усиления антенны и максимальное снижение перекрестных помех между двумя ортогональными плоскостями поляризации, что является требованием для большинства измерений, указанных в п. 5.1.2.

5.1.3.7 Приемники

В силу экономических причин и вследствие того, что от станций контроля требуется обеспечивать общий охват территории, крайне низкие коэффициенты шума приемников фиксированных частот, используемых для космических исследований и оперативной работы, не обеспечиваются в настраиваемых контрольных приемниках. Однако коэффициент шума приемной системы станции контроля для космических служб влияет на общий коэффициент шума системы. Важной целью на этапе проектирования станции контроля для космических служб является уменьшение коэффициента шума до минимально возможной величины. Это справедливо, даже если почти во всех случаях можно улучшить отношение сигнал/шум S/N путем узкополосной фильтрации участка спектра излучения.

Для частот ниже примерно 3 ГГц могут использоваться стандартные контрольные приемники. Выше примерно 3 ГГц следует применять приемники СВЧ модульной конструкции, удовлетворяющие различным требованиям. Обычная концепция, когда приемник рассматривается как самодостаточное устройство, не может использоваться, поскольку из-за больших потерь в кабеле в диапазоне СВЧ входные каскады приемника должны размещаться ближе к антенне, тогда как низкочастотные модули и устройства управления могут располагаться в рабочем помещении. Некоторые примеры технических требований к приемной системе (для диапазонов C и Ku) приведены в Таблице 5.1-3.

ТАБЛИЦА 5.1-3

Пример характеристик приемной системы

Тюнер и синтезатор	
Диапазон частот	1–18 ГГц с несколькими перекрывающимися тюнерами
Ширина полосы приема	Средняя частота ± 50 МГц
Частотная погрешность	$< \pm 2,5 \times 10^{-8}$
Динамический диапазон, свободный от интермодуляции	> 66 дБ (ширина полосы 1 МГц)
Фазовый шум генератора	< -90 дБс(Гц) (10 кГц от несущей)
Широкополосный приемник	
Минимальный шаг настройки	1 кГц
Ширина полосы пропускания ПЧ фильтра	0,05/0,3/1,25/2,5/5/10/20/40 МГц

В случае использования методов автоматического измерения доплеровского сдвига, когда требуется частотомер, приемник должен выдавать свободный от шумов выходной сигнал, который в точности воспроизводит несущую частоту спутника. Для этой цели в приемнике должна предусматриваться фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ) с синхронизацией по несущей частоте спутника. Ширина полосы системы ФАПЧ должна позволять ее переключение от нескольких герц до нескольких сотен герц. Выходная частота такой цепи фазовой автоподстройки частоты может также использоваться в качестве частоты пилот-сигнала для регулировки частоты второго приемника во время измерений ширины полосы, как отмечено в п. 5.1.2.3.

Для более общих целей, если сигнал спутника должен быть принят без несущей и если уровень п.п.м. этого сигнала достаточно высок, и с тем чтобы при измерениях ширины полосы и п.п.м. избежать искажений, обусловленных доплеровскими сдвигами частоты принимаемого сигнала, может использоваться прибор автоматической настройки частоты.

Для облегчения проведения измерений должны предусматриваться следующие выходы приемника: широкополосные и узкополосные выходы промежуточной частоты, выходы видеочастоты, звуковой частоты и основной полосы частот (АМ/ЧМ). Промежуточная частота должна быть одинаковой для всех приемников измерительной установки, с тем чтобы со всеми приемниками могло использоваться одно и то же вспомогательное оборудование.

5.1.3.8 Периферийное оборудование

5.1.3.8.1 Стандартное оборудование

В Таблице 5.1-4 содержится список периферийного оборудования, необходимого для вышеупомянутых измерений, а также другого полезного оборудования, которое может быть присоединено к приемной системе.

ТАБЛИЦА 5.1-4
Периферийное оборудование

Необходимое периферийное оборудование		Дополнительное периферийное оборудование	
Вид оборудования	Функция	Вид оборудования	Функция
Эталон сигналов частоты/времени	Основной опорный сигнал	ТВ демодулятор	Демодуляция ТВ сигналов с частотной и цифровой модуляцией
Частотомер	Измерения частоты доплеровского сдвига	ТВ декодер	Декодирование ТВ сигналов в основной полосе частот (NTSC, PAL, SECAM, TBBЧ)
Делитель времени	Импульс синхронизации для частотомера	Демодулятор сигналов звукового сопровождения	Демодуляция ТВ звуковых поднесущих с подстройкой
Анализатор сигналов	Анализ спектра, измерения ширины полосы		
Измеритель мощности	Измерения п.п.м	Анализатор модуляции	Опознавание типов модуляции, измерения модуляции
Генератор сигналов	Эталон измерения п.п.м.		
Самописец	Общего назначения		
Цифровой осциллограф	Общего назначения		

5.1.3.8.2 Анализатор

Как оказалось, анализатор спектра является одним из наиболее эффективных приборов не только для обычного контроля, но и для целей космического контроля. Чтобы иметь возможность использовать его для решения задач контроля, анализатор спектра должен быть в состоянии работать в интерактивном режиме с другим оборудованием под управлением компьютера.

Для получения отображения спектра и для измерений мощности в реальном времени может быть использован цифровой анализатор с БПФ или векторный анализатор. Значения ширины полосы и соответствующие характеристики фильтра для различных видов модуляции (ЧМ, КФМн и т. д.) могут быть выбраны с помощью программируемых цифровых фильтров. Проведение анализа с помощью БПФ показывает истинный спектр в реальном времени и не требует, в отличие от обычных анализаторов спектра, значительного времени для развертывания полосы сигнала по ширине.

5.1.3.9 Широкополосный РЧ или ПЧ канал контроля

При техническом проектировании приемной системы станции контроля для космических служб рекомендуется предусматривать широкополосный контроль радиочастотного спектра. Должен быть обеспечен одновременный анализ ширины полосы минимум в 500 МГц.

5.1.3.10 Оборудование записи радиочастотного спектра

Технические характеристики оборудования записи (см. п. 5.1.2.9 для справки) соответствуют характеристикам, требуемым для целей наземного контроля. Поскольку должны использоваться ненаправленные антенны предпочтительно с линейной поляризацией, потери коэффициента усиления антенны должны быть компенсированы выбором малой ширины полосы для оборудования записи. Как основное правило, особенно для графических записывающих блоков, полная ширина полосы анализируемого спектра не должна превышать 2 МГц.

5.1.3.11 Требования к компьютеру

Требования к компьютеру должны рассматриваться как неотъемлемая часть функций контроля для космических служб. Компьютеры могут быть использованы, например, для:

- расчета элементов орбиты;
- расчета углов наведения антенны на элементы орбиты;
- управления антенной;
- хранения результатов измерений; и
- оценки результатов измерений.

5.1.4 Документация и поддержка базы данных при космическом контроле

5.1.4.1 Общие соображения по документации и базе данных

Успешная работа станции контроля для космических служб зависит от непрерывного обновления документации, которая должна содержать не только данные, официально публикуемые МСЭ, например:

- Международный информационный циркуляр БР по частотам (BR IFIC) на CD-ROM;
- список космических сетей (онлайновый или на CD-ROM);
- космические станции радиосвязи на CD-ROM и
- Регламент радиосвязи, в бумажном виде или на CD-ROM,

но и обзор всех спутников на орбите вместе с некоторыми наиболее важными элементами их орбиты (период обращения, наклонение, апогей, перигей). Данные о земных станциях, получивших лицензию от администрации, являются очень ценными для определения местоположения земных станций, особенно для выявления несанкционированных пользователей спектра.

Для того чтобы облегчить работы контроля необходимо создать базу данных, в которой записывалось бы информация двух видов. Один – это основная информация обо всех рассматриваемых спутниках, второй – характеристики спутников, которые будут получены в процессе контроля.

5.1.4.2 Общая информация базы данных существующих спутников

Общая информация базы данных существующих спутников в основном описывает характеристики и лицензированные услуги спутниковой связи в зоне действия станции контроля. Наиболее важная информация включает в себя:

- информацию об орбите спутника, включая номинальную долготу спутника ГСО, отклонение долготы, информацию об эфемеридах спутника не-ГСО и т. д.;
- информацию о ретрансляторах, включая количество ретрансляторов, ширину полосы частот ретрансляторов, диапазон частот, максимальный коэффициент усиления антенны;
- информацию о луче спутника, включая зону действия луча, зону покрытия, максимальную мощность (дБВт/м²).

Кроме того, для определения местоположения земных станций полезна следующая информация о спутнике:

- географическая информация, включая долготу, широту и высоту, и т. д.;
- информация об антенне, включая ее размеры, коэффициент усиления, диаграмму направленности антенны и т. д.;
- другая информация, включая частотное присвоение, ширину полосы частот, поляризацию, выходную мощность, вид услуг, тип модуляции, время работы и т. д.

Источниками вышеуказанной информации могут быть оператор(ы) спутника, организация(и) и средства массовой информации.

5.1.4.3 Информационная база данных контроля использования спектра

Информационная база данных по контролю для записи результатов измерений станции космического контроля. Результаты измерений должны включать в себя некоторые ключевые параметры, такие как частота, поляризация, ширина полосы частот, п.п.м., тип модуляции и т. д. Проведение долгосрочного анализа занятости спектра может упростить планирование использования спектра.

Для упрощения обмена данными между станциями контроля, в базе данных должны быть записаны параметры станции контроля, например, положение антенны, параметры антенны, время и погодные условия измерения и т. д.

5.1.4.4 Использование документации и баз данных для облегчения контроля использования спектра

В процессе контроля, документация и базы данных поддерживают достижение следующих целей:

- Идентификация космических станций.

Космические станции могут быть идентифицированы путем сравнения данных из общей информационной базы данных и результатов контроля использования спектра. Подробное введение в процесс идентификации космической станции будет приведено в следующем разделе.

Идентификация незаконных передач

Инженеры по контролю использования спектра могут выявлять незаконные излучения, сравнивая соответствующие записи в общей информационной базе данных, утвержденной администрацией. Это может быть достигнуто путем автоматизации систем контроля использования спектра. Однако это применима только в тех случаях, когда администрация разрешает доступ к базе данных операторов.

Упрощение определения местоположения излучений

Системы базы данных могут заметно повысить эффективность определения местоположения излучений. Анализ может проводиться на основе информации из базы данных, в том числе:

- анализ данных о соседнем спутнике;
- выбор эталонного сигнала;
- анализ возможного источника помех.

Кроме того, важную роль в космическом контроле играет Географическая информационная система (ГИС), объединенная система базы данных станции и базы данных ГИС может дать инженеру по контролю использования спектра общее представление о его использовании. Такая объединенная система может быть использована для анализа возможных источников помех для космических станций.

5.1.5 Идентификация космических станций и определение местоположения земных станций

Идентификация космической станции обычно основана на сравнении измеряемого излучения и орбитальных характеристик со справочными характеристиками. Справочные характеристики представляют собой список характеристик излучения и орбитальных характеристик всех космических станций, которые опубликованы или имеются в распоряжении службы контроля. Неизвестная станция идентифицируется в ходе процесса итеративного исключения тех станций, которые не соответствуют измеренным характеристикам. Справочные характеристики приведены в Таблице 5.1-5.

При повсеместном использовании геостационарных спутников необходимо, чтобы администрация могла идентифицировать земные станции, ведущие передачу на геостационарные спутники, получать полную информацию об использовании земных станций и устранять мешающие и незаконные излучения. При использовании метода определения местоположения, описанного в п. 5.1.2.7, погрешности позиционирования, как правило, могут достигать десятков километров. Эта точность может быть достаточной для определения излучений от законных пользователей, но для окончательного установления источника и устранения помехи от незаконных излучений, могут потребоваться другие средства наземного контроля использования спектра.

ТАБЛИЦА 5.1-5

Справочные характеристики

Характеристики излучения	Характеристики орбиты
Частота	Эфемериды или, если их нет в наличии:
Ширина полосы	– период обращения
Тип модуляции	– угол наклона орбиты
Поляризация	– расстояния перигея и апогея
Э.и.и.м.	– время пересечения экватора и долгота точки пересечения

5.1.5.1 Результаты контроля, которые должны использоваться для идентификации

5.1.5.1.1 Оценка записей полос частот

С учетом п. 5.1.2.9 и примера, приведенного в п. 5.1.7.1, из записей полос частот могут быть получены приблизительные значения следующих характеристик космической станции:

- частота;
- ожидаемое время приема для негеостационарных спутников; и
- период обращения.

5.1.5.1.2 Расчет периода обращения

Для расчета периода обращения с точностью до нескольких секунд можно получить исходные приближенные значения с помощью измерения момента наибольшего сближения (ТСА) двух последовательных траекторий. Окончательный результат затем основывается на дополнительных измерениях ТСА в течение одного или двух дней.

5.1.5.1.3 Радиопеленгация (DF)

Для того чтобы дополнить определение точного момента наибольшего сближения спутника со станцией контроля, может быть вычерчена кривая, показывающая изменение в направлении прибытия сигнала во времени, что определяется пеленгами радиопеленгатора или ориентацией остронаправленной приемной антенны. Максимальная угловая скорость изменения будет иметь место в момент, когда спутник ближе всего расположен к станции контроля во время определенного прохождения, и информация, полученная этим методом, должна быть схожа с информацией, полученной из кривой доплеровского сдвига.

Измерения радиопеленга хорошо подходят для определения ТСА в тех случаях, когда несущая частота отсутствует в пределах спектра частот. Однако измерения радиопеленга требуют достаточного уровня п.п.м. в точке приема.

5.1.5.1.4 Расчет эфемерид на основании результатов измерения угла антенны

Если станция контроля оборудована антенной системой с автослежением, измерения углов в азимутальной и в угломестной плоскостях могут быть использованы для вычисления эфемерид неизвестного спутника [Montenbruck, 1989], [Montenbruck and Pflieger, 1991]. В продаже имеется компьютерная программа для выполнения расчетов.

Точность в определении эфемерид зависит от:

- общей точности измерения углов (п. 5.1.3.5);
- орбитального сегмента, используемого для измерений углов;
- типа орбиты спутника.

Важной эксплуатационной проблемой является необходимость быстро наводить антенну на негеостационарный спутник сразу после его вхождения в зону видимости станции контроля. Поскольку необходимость иметь достаточно высокую точность измерения углов требует применения остронаправленных антенн, что увеличивает трудность поиска и нахождения спутника ЛЕО, причем эффективная часть орбиты, которая может использоваться для измерений, меньше полной наблюдаемой орбиты. Пример, иллюстрирующий расчет элементов орбиты на основе измерений углов, содержится в п. 5.1.7.2.

5.1.5.1.5 Характеристики излучения

Измерений характеристик излучения, как описано в рассмотренных выше разделах, может быть достаточно для идентификации космической станции. Это особенно справедливо для тех космических станций, которые работают в соответствии с Регламентом радиосвязи и характеристики излучения которых заявлены или опубликованы.

5.1.5.2 Процедура идентификации

Если измеренные характеристики излучения не приводят к идентификации космической станции, можно использовать измеренные эфемериды или их части.

При сравнении измеренных эфемерид с опубликованными справочными данными, орбитальные объекты с наиболее схожими данными выбираются первыми. Последовательное шаг за шагом сравнение данных должно привести к значительному уменьшению числа объектов, подлежащих рассмотрению. Наконец, вычисляя время видимости и ТСА для остающихся объектов и сравнивая их с результатами контроля, можно достичь точной идентификации.

5.1.5.3 Другие способы идентификации космических станций

Рассматриваемые до сих пор процедуры идентификации космических станций основывались на сравнении измеренных и наблюдаемых характеристик сигнала с опубликованной информацией и на сравнении измеренных эфемерид или их частей (период обращения, угол наклона, ТСА) с опубликованными эфемеридами. Эта процедура, однако, занимает много времени и требует доступа к эфемеридам, относящимся к объектам на орбите.

Иногда, особенно при несоблюдении Регламента радиосвязи или появлении вредных помех, можно прибегнуть к дополнительной процедуре. В этих случаях станция контроля для космических служб может записывать всю возможную информацию, касающуюся измерений частоты, ширины полосы и других характеристик излучения, вместе с эфемеридами или их частями, и просить центры идентификации и слежения или операторов спутниковой сети произвести опознавание на основании этих данных.

5.1.5.4 Соображения по эксплуатации систем определения местоположения земных станций на линии вверх к спутникам на ГСО

В настоящее время имеются коммерческие системы определения местоположения разных производителей, эти системы используют принципы, описанные в п. 5.1.2.7 для определения местоположения земных станций, ведущих передачи на линии вверх в направлении на спутники ГСО, и они приняты некоторыми операторами спутниковой связи и администрациями. Некоторые соображения по эксплуатации этих систем представлены в этом разделе.

Прежде всего, оператору системы определения местоположения следует определить характер неизвестного сигнала. Это можно сделать двумя способами: с помощью других средств контроля использования спектра или получить информацию от спутникового оператора. Затем, для испытаний необходим соседний спутник. Оператор может иметь возможность выбора, среди возможных кандидатов – соседних спутников. Ему следует также ввести в систему определения местоположения другую необходимую информацию. Обычно необходимо множество эталонных сигналов для устранения смещений в генераторах на борту двух спутников или используемых в алгоритме определения местоположения для корректировки неточностей фиксации позиции в результате ошибок в эфемеридах.

5.1.5.4.1 Сбор необходимой информации

Оператору следует определить некоторую полезную информацию относительно исследуемого сигнала. Например, информацию о спутнике, передающем неизвестный сигнал, частотный план его ретрансляторов, центральную частоту, ширину полосы частот, рабочие циклы (для периодических сигналов) и характеристики изменения частоты неизвестного сигнала. Основываясь на этой информации, оператор может выбрать подходящие параметры наблюдения, для того чтобы оптимизировать вероятность успешного определения местоположения.

Приведенная выше информация может быть получена от других средств контроля или, если неизвестный сигнал создает вредные помехи, может быть предоставлена тем, кто испытывает действие той помехи.

Кроме того, полезно максимально быстро после сообщения станции контроля использования спектра о помехе записать в спектроанализаторе сигнал, испытывающий помехи от транспондеров данного спутника, с тем чтобы "увидеть" работу источника помех и занятость ретранслятора.

5.1.5.4.2 Выбор соседнего спутника

Может существовать несколько подходящих спутников, которые могут использоваться в качестве соседнего спутника. Важно, чтобы выбранный соседний спутник имел хорошую связь на линии вверх и линии вниз.

При известной частоте передачи на линии вниз и поляризации неизвестного сигнала, оператор может сделать вывод о соответствующей частоте передачи на линии вверх и поляризации неизвестного сигнала. В случае, когда на линии вверх используются либо полусферический, либо точечный луч, диаграмма луча линии вверх может ограничивать географический район, из которого возможно создание неизвестного сигнала. Однако оператор должен помнить, что большие антенны, работающие на линии вверх, за пределами диаграммы помех, все равно могут создавать помехи.

При рассмотрении частоты и поляризации неизвестного сигнала на линии вверх, а также зоны обслуживания луча антенны линии вверх основного спутника, может быть определен возможный соседний(е) спутник(и). Критерии для отбора соседних спутников следующие:

- Перекрытие по частоте на линии вверх такое же, как и у первичного спутника.
- Поляризация на линии вверх такая же, как и у первичного спутника.
- Зона покрытия луча на линии вверх аналогичная зоне для первичного спутника.
- Угловое разнесение от первичного спутника вдоль дуги геостационарной орбиты.
- В ретрансляторе не используется обработка на борту (ОВР).

Основные критерии отбора, перечисленные выше, перечислены примерно в порядке их относительной значимости. В первых двух критериях, частота на линии вверх, поляризация на линии вверх и зона покрытия луча на линии вниз, являются абсолютными предпосылками для успешных измерений.

После того, как оператор, основываясь на упомянутых выше критериях, определил одного или нескольких кандидатов на роль соседнего спутника, для того чтобы сделать окончательный выбор, могут быть использованы вторичные критерии. Вторичные критерии включают в себя:

- Наличие надлежащих эталонных сигналов для пары спутников "первичный/соседний".
- Качество имеющихся данных эфемерид для соседнего спутника.
- Наличие/отсутствие в ретрансляторе соседнего спутника сигналов соответствующих частоте мешающего сигнала.

При окончательном выборе соседнего спутника, оператор должен иметь в виду, что оптимальные геометрические решения будут получены для спутников, имеющих хорошие значения данных существующих эфемерид, и будет использоваться точный выбор эталонных сигналов для пары спутников.

Эталонные сигналы могут появляться либо на первичном, либо на соседнем спутнике. Если подходящие эталонные сигналы доступны на первичном спутнике, этот критерий не определяет выбор соседнего спутника. Кроме того, для улучшения результатов определения местоположения могут быть использованы специальные эталонные передатчики, фиксированные или передвижные.

Дополнительным фактором, который может повлиять на выбор соседнего спутника, является ориентация линий FDOA для выбранной пары спутников во время измерения. В отличие от линий TDOA, ориентация линий FDOA для данной пары спутников может существенно варьироваться в течение одного орбитального периода (1 день).

Наилучшим выбором является нахождение соседнего спутника, не создающего сигналов в непосредственной близости от мешающего сигнала и эталонных сигналов. Для контроля реальной работы ретранслятора рекомендуется записывать ретрансляторы соседнего спутника с использованием оборудования записи радиочастотного спектра.

Если измерения проводятся, когда линии FDOA почти параллельны линиям TDOA, то полученная территория будет сильно вытянута вдоль линий с постоянной TDOA. В таких ситуациях оператор должен либо выбирать другой соседний спутник, либо запланировать дополнительные измерения в то время, когда ориентация линии FDOA будет наиболее благоприятна.

5.1.5.4.3 Эталонные сигналы

Идеальным эталонным сигналом является широкополосный сигнал, излучаемый на линии вверх из точно известной географической точки, который создает сильную корреляцию между двумя используемыми спутниками. Данное точное местоположение может быть получено из базы данных земных станций, но его желательно дважды проверить с помощью портативного приемника GPS. В случаях, когда эталонных сигналов много, оператор должен попытаться использовать эталонные сигналы:

- передаваемые на линии вверх относительно маленькой антенной;
- которые хорошо географически распределены;
- имеющие подходящую модуляцию;
- имеющие частоту, соответствующую секциям неиспользуемого ретранслятора соседнего спутника.

5.1.5.4.4 Данные эфемерид

Качество данных эфемерид для первичного и соседнего спутника будет непосредственно влиять на качество результата. В большинстве случаев ошибки в эфемеридах могут быть в значительной степени устранены за счет использования двух или более эталонных сигналов (подробная информация приведена в п. 5.1.2.7.2). Если данные эфемерид очень плохие, что возможно сразу после орбитальных маневров или когда данные эфемерид получены за нескольких дней до проведения измерений, то это может привести к неопределенности определения местоположения в несколько сотен километров. В этом случае оператор должен стремиться либо получить более точные данные эфемерид, либо использовать другой соседний спутник.

Оператор системы определения местоположения может получить данные эфемерид следующим образом:

- запросить данные у спутникового(ых) оператора(ов);
- скачать опубликованы данные с веб-сайтов.

Затем необходимо сравнить данные эфемерид с результатами измерений местоположения известной (например, эталонной) станции. Если качество результата недостаточное, то можно применить компенсацию погрешностей эфемерид. Это одна из возможностей для компенсации ошибок спутниковых эфемерид. Измерения местоположения можно осуществить с тремя или более эталонными станциями. Компенсация погрешностей эфемерид корректирует данные эфемерид путем обратного расчета, использующего результаты измерений местоположения.

5.1.5.4.5 Создание специальных дополнительных эталонных передатчиков

Оператор системы определения местоположения может решить, что в некоторых случаях число и географическое распределение эталонных сигналов недостаточны для получения точных результатов. Некоторые спутники обслуживают множество пользователей, находящихся в одном или двух крупных городах, что существенно ограничивает число эталонных сигналов для определения местоположения. Следовательно, администрациям необходимо создать ряд специализированных дополнительных эталонных передатчиков, с тем чтобы предоставить оператору системы определения местоположения больший выбор эталонных сигналов. Эти передатчики должны:

- отвечать техническим требованиям спутниковых операторов;
- быть в состоянии указать на каких-либо видимые геостационарные спутников вдоль дуги геостационарной орбиты;

- быть хорошо распределенными географически;
- иметь сравнительно небольшие размеры антенны;
- использовать подходящий(е) тип(ы) модуляции.

Рекомендуется, чтобы администрации сотрудничали в создании дополнительных эталонных передатчиков в разных местах, и при необходимости использовали их в качестве эталона.

Перед использованием дополнительных эталонных передатчиков для передачи на некоторые спутники, не требуется предварительного согласия спутникового оператора. Перед передачей, возможно, потребуется выполнить некоторые технические испытания.

5.1.5.4.6 Транспортируемый эталонный передатчик

Как правило, очень трудно найти передатчик, работающий на линии вверх на спутник ГСО, особенно в городских районах. Эти трудности обусловлены двумя основными факторами, одним из которых является блокировка радиосигналов зданиями, а другим является использование, главным образом, узконаправленных антенн с очень слабыми боковыми лепестками в наземном направлении. Поэтому для определения местоположения передатчика, создающего вредные помехи, было бы полезно, использовать измерения TDOA и FDOA с помощью транспортируемых передатчиков.

Как упоминалось в предыдущем разделе, для передачи в направлении на некоторые спутники требуется предварительное согласие спутникового оператора, поскольку возможно до начала передачи потребуется выполнить некоторые технические измерения.

Теоретически, для данной пары спутников, две земные станции, ведущие передачи на разных частотах, создают те же самые значения TDOA и два значения FDOA с очень маленькой разницей. Чем ближе расположен эталонный передатчик к неизвестному источнику помех, тем выше точность алгоритма определения местоположения.

До использования передвижного эталонного передатчика, оператору следует в полной мере использовать все стационарные эталонные передатчики для сведения к минимуму неточности полученных результатов и размеров полученной области. Затем следует получить предварительное согласие спутникового оператора на передачу с учетом технических параметров передачи. В заключении следует сделать следующие два шага:

Шаг 1: перевезти трансформируемый эталонный передатчик в центр полученной области, и передать эталонный сигнал, согласованный оператором спутниковой связи. Затем оператор системы определения местоположения должен быть извещен о возможности выполнения измерений местоположения. Он также должен быть извещен о точной позиции транспортного средства.

Шаг 2: если используется транспортируемый передатчик, то измерения местоположения должны дать новый результат.

После шага 2 результаты будут уточнены, и для получения более точных результатов эти шаги могут повторяться.

Оператор трансформируемого эталонного передатчика должен иметь тесный контакт с оператором системы определения местоположения. На практике, на выбор маршрута и передачу будут влиять множество других факторов, например, управление движением, и оператор должен эти факторы учитывать.

5.1.6 Примеры технических решений

5.1.6.1 Пример космической станции контроля использования спектра

В этом подразделе описаны наиболее важные части станции космического контроля использования спектра. Как правило, она состоит из четырех основных технических частей:

Часть 1: Антенная система (см. п. 5.1.6.1.1)

Одна или несколько различных антенн для охвата всех интересующих полос частот электросвязи и спутниковой связи (направленные и всенаправленные антенны).

Часть 2: Приемное оборудование (см. п. 5.1.6.1.2)

Фидерные системы, модуль поляризации, понижающее преобразование, системы калибровки, источник эталонной частоты.

Часть 3: Оборудование контроля (см. п. 5.1.6.1.3)

Обе системы автоматических и ручных измерений и оборудование анализа, такое как анализаторы сигнала, приемники, системы записи спектра и анализаторы модуляции, которые являются частью оборудования контроля использования спектра.

Часть 4: Оборудование управления (см. п. 5.1.6.1.4)

Оборудование управления включает в себя аппаратное и программное обеспечение для управления наведением антенны, настройками системы приема и настройками оборудования контроля использования спектра, и упрощает автоматические измерения

Общие положения**Местоположение станции контроля использования спектра:**

Станция контроля использования спектра должна располагаться как можно дальше от городских и промышленных районов с индустриальным шумом, сотовыми телефонами и сетями RLAN. Фиксированные линии не должны пересекать место ее размещения. Вокруг станции контроля использования спектра должна быть выделена территория, и она не должна быть доступна для наземных передатчиков и фиксированных линий связи.

Рельеф местности вокруг станции контроля использования спектра должен быть плоский без препятствий в зоне прямой видимости, таких как холмы и здания.

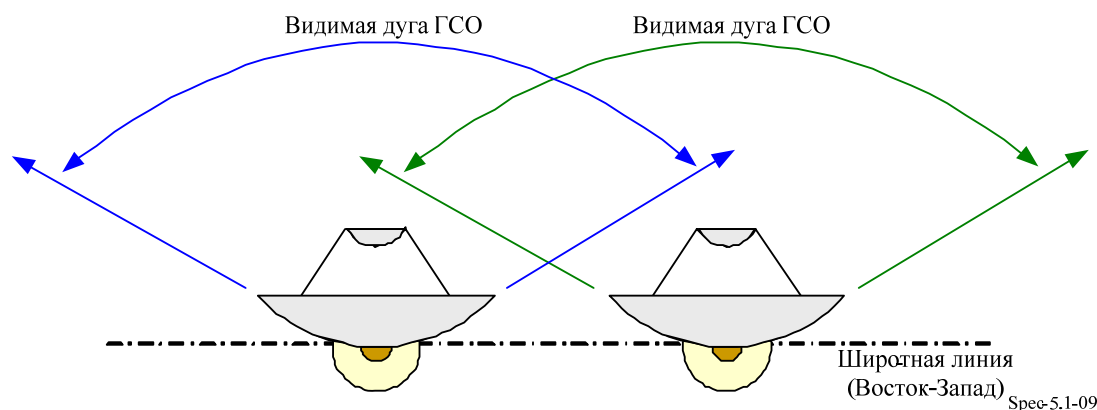
Конфигурация сайта:

Расположение антенн и зданий зависит, главным образом, от цели контроля (спутники ГСО или не-ГСО), и того, за какой частью геостационарной орбиты будет вестись наблюдение. Следует предусмотреть возможные будущие расширения.

В условиях плоской и открытой местности антенны могут быть расположены в линию, например, с востока на запад.

Расстояние между антеннами в направлении на геостационарные спутники должно быть достаточным, кроме того, видимый угол геостационарной дуги должен быть свободен от препятствий (см. Рисунок 5.1-9).

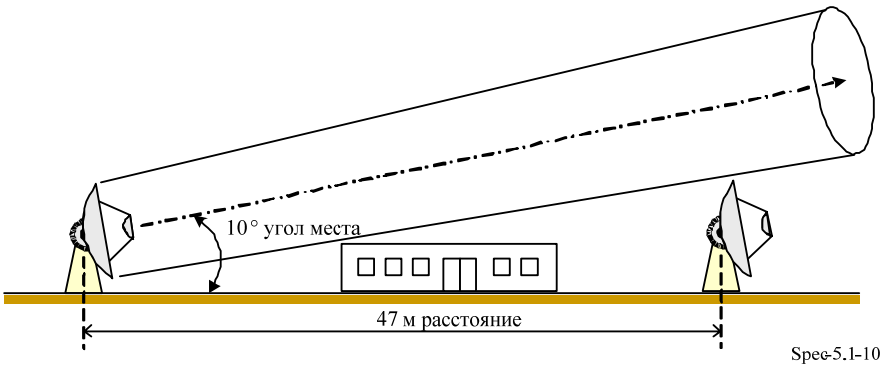
РИСУНОК 5.1-9

Разделение антенн контроля ГСО спутников

Spec-5.1-09

Для беспрепятственного приема сигнала с геостационарного спутника, область вокруг антенны должна быть свободна от препятствий (антенны, здания) во всех направлениях, по крайней мере до самого низкого требуемого угла места (см. Рисунок 5.1-10).

РИСУНОК 5.1-10
Угол места антенн контроля не ГСО спутников



В Таблице 5.1-6 показано идеальное расстояние между двумя антеннами (каждая диаметром 9 м) для ясной прямой видимости спутников. Угол места – это наименьший угол для незаблокированной видимости спутника.

Для того чтобы оптимизировать количество требуемых антенн без существенного ухудшения их качественных характеристик предпочтительно использовать комбинацию полос приема. Система измерения местоположения требует наличия двух антенн, охватывающих желаемый диапазон частот.

Например, комбинация из 3 антенн (1 – диапазон C/Ku, 1 – L/S и 1 – Ka) дает возможность принимать, например, радиовещательные передачи, сигналы сети, возможно, сигналы управления спутника и тестовые сигналы. Кроме того, можно объединить 4 или 5 диапазонов частот, используя только одну антенну. Это может быть достигнуто за счет использования антенны Кассегрена с системой лучевых волноводов и двумя корпусами или за счет использования системы вращающихся фидеров.

ТАБЛИЦА 5.1-6
Расстояние между двумя антеннами (одинакового размера)
для получения ясной прямой видимости на спутники

Угол места (градусы)	Расстояние (м)
5	99
10	47
15	30
20	22
25	18
30	16

Недостаток такой многодиапазонной антенны заключается в том, что в одно и тоже время может использоваться только один диапазон частот.

5.1.6.1.1 Антенная система

Типы антенн

- Антенна с ограниченным вращением.
- Антенна с поворотной головкой с областью азимутального вращения $>180^\circ$.
- Вращающаяся антенна с осью угла места выше азимутальной оси.
- Вращающаяся антенна с осью угла места выше азимутальной оси и выше оси угла места.
- Вращающаяся антенна с наклоном оси выше азимутальной оси и выше оси угла места.
- Вращающаяся антенна с установкой X-Y.
- Шестигранник.

Для контроля ГСО или не-ГСО спутников требуются различные типы антенн. Наиболее широко используются типы антенн, описанные ниже.

Антенны для контроля спутника ГСО

При контроле спутников ГСО, могут быть использованы антенны с медленными азимутальной и угломестной скоростью.

Используемые системы слежения:

- Компьютерное слежение с двумя линейными элементами (TLE).
- Пошаговое слежение.
- Одноимпульсное слежение.

РИСУНОК 5.1-11

Девятиметровая антенна ограниченного движения с грузовым постаментом и моторизованными винтовыми домкратами по азимуту и углу места

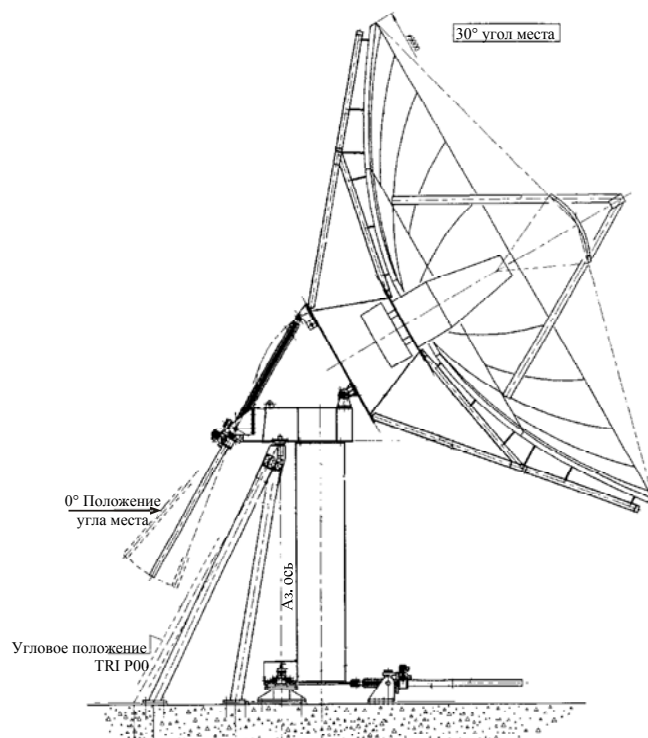
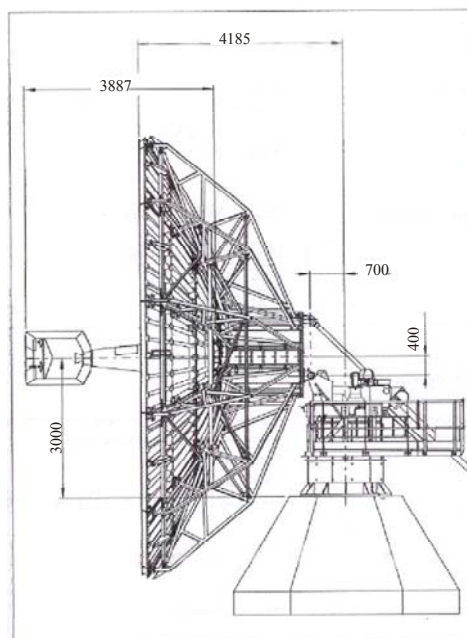


РИСУНОК 5.1-12

Пример антенны диаметром 9,3 м с поворотной головкой

Антенна 9,3 м для установки на крыше (угол места 0°)

Spec-5.1-12

Антенны для контроля спутника не-ГСО

Должны быть использованы вращающиеся антенны с более высокими скоростями и система слежения. В зависимости от типа постаментов антенны (угол места выше азимута или установка X-Y) требуются различные скорости и ускорения.

Используемые системы слежения:

- Компьютерное слежение с двумя линейными элементами (TLE).
- Моноимпульсное слежение.

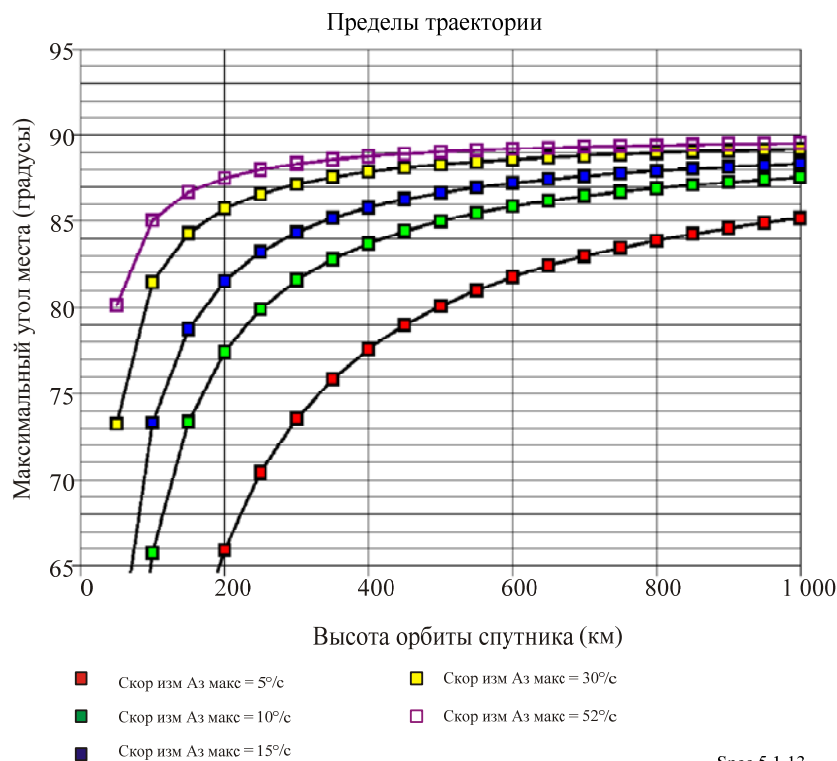
Антенны с осью угла места выше азимутальной оси

Этот тип антенны может быть использован для всех типов спутников с орбитами под углами места до 85° . В зените этот тип антенны имеет разрыв диаграммы. Она предусматривает различные варианты установки приемного оборудования, например, в контейнере непосредственно на параболе.

Для выполнения слежения за спутниками, с орбитами под углами места до 85° антеннам этого вида требуется азимутальная скорость около $15^\circ/\text{с}$, в зависимости от высоты спутника. Если азимутальная скорость не достаточна, существует риск потерять контакт со спутником, в частности для низкоорбитальных спутников с высокими углами места. График на Рисунке 5.1-13 показывает связь между орбитой спутника, азимутальной скоростью и углом места.

РИСУНОК 5.1-13

Соотношения между орбитой спутника, углом места и скоростью изменения азимута для типа антенн, у которых ось угла места выше азимутальной оси



Для того чтобы иметь возможность уменьшить азимутальную скорость, можно использовать так называемую антенну с наклоном оси. Системы с наклоном оси требуют наклона всего постаментов для размещения антенны. Это позволяет отслеживать спутник без остановки даже при меньших азимутальных скоростях. Для ускоренного расчета угол наклона орбита спутника должны быть хорошо известны (например, с двумя линейными элементами). Наклон оси нельзя использовать для спутников с неизвестными орбитальными данными. Эти спутники можно, например, отследить с помощью моноимпульсного слежения.

РИСУНОК 5.1-14

Двенадцатиметровая антенна Кассегрена с волноводным облучателем и углом места выше азимутального постаментов и двумя кабинами на задней плоскости параболоида для осуществления функций приема

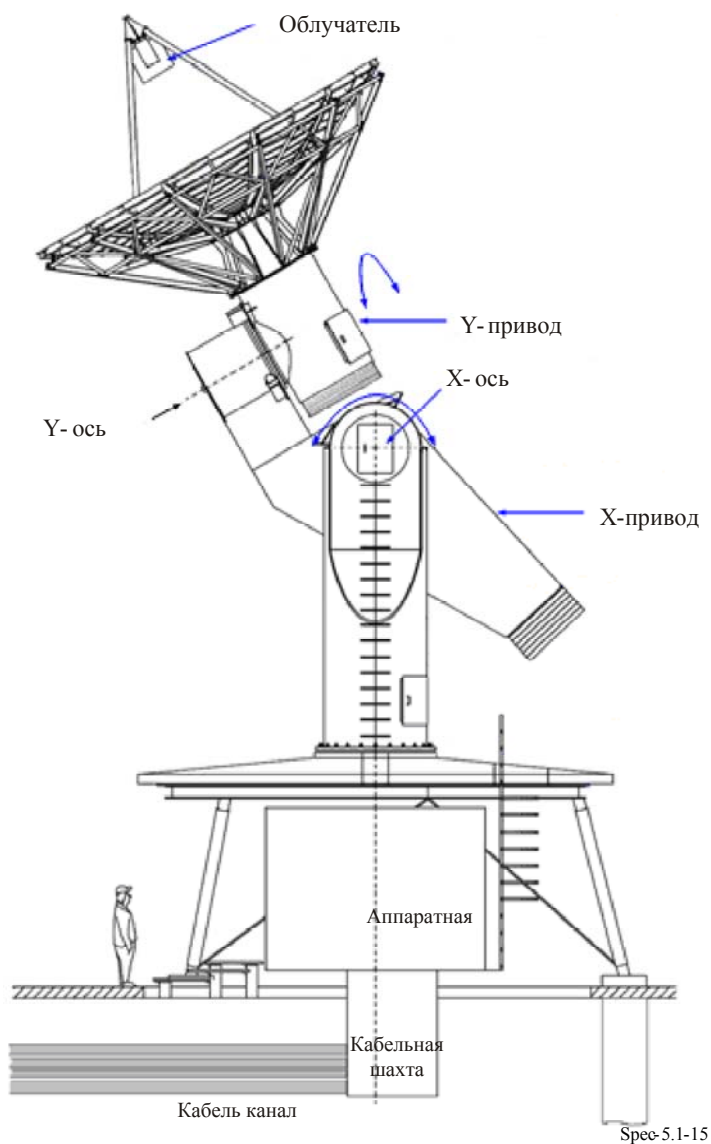


Спец-5.1-14

Антенна X-Y

Антенна данного типа имеет то преимущество, что она может следить за любыми типами орбит без разрывов в зените. Для специальной конструкции оси необходимы только малые значения скорости и ускорения ($\leq 3^\circ/\text{с}$). Ее недостаток заключается в том, что обратная сторона антенны имеет лишь ограниченное пространство для размещения приемного оборудования.

РИСУНОК 5.1-15
Семиметровая X-Y прямофокусная антенна



Спецификации антенны

В Таблице 5.1-7 показаны практические технические спецификации спутниковых антенн контроля использования спектра. Поскольку требования зависят от станции, цифры, приведенные в Таблице, следует рассматривать как типовые минимальные спецификации. Однако фактические параметры должны быть определены конкретными требованиями к измерениям.

ТАБЛИЦА 5.1-7

Практические технические спецификации для спутниковых антенн контроля использования спектра

	Параметр	Характеристика		
		Диапазон L/S/C	Диапазон Ku	Диапазон Ka
a	Диапазон частот	L диапазон: 1 452–1 492 и 1 530–1 800 МГц S диапазон: 2 100–2 300 МГц 2 500–2 690 МГц C диапазон: 3 400–4 200 и 4 500–4 800 МГц	10,70–12,75 ГГц	17,30–21,20 ГГц
b	Максимальный уровень сигнала на входе малошумящего усилителя (LNA) (дБм)	≤−30	≤−30	≤−30
c	Измеренная п.п.м. (C/N не менее 23 дБ)	−155 дБВт/м ² в полосе 4 кГц	−165 дБВт/м ² в полосе 4 кГц	−160 дБВт/м ² в полосе 4 кГц
d	Погрешность измерения п.п.м. (дБ)	±1	±1	±1
e	Добротность (G/T) (дБ/К)	L = 20 S = 23 C = 28	37	33
f	Точность опорной частоты	Износ: единица в 10 ¹⁰ дней, Температура: единица в 10 ⁹ , от 0° до 50°.		
g	Поляризация	X, Y, левая круговая (LHCP), правая круговая (RHCP)	X, Y, LHCP, RHCP	X, Y, LHCP, RHCP
h	Разрешающая способность по частоте (кГц)	1	1	1
i	Динамический диапазон (дБ)	≥60	≥60	≥60
j	Антенна	Диаметр параболы (м)	≥9 м	≥4,5 м
		Точность наведения (градусы)	0,15–0,04	0,02–0,017
		Ширина луча (градусы)	1,6–0,5	0,22–0,18
		Скорость пошагового слежения для ГСО спутника	0,02–2°/с, ручное управление и автоматическое пошаговое слеживание (в зависимости от местоположения антенны, долготы и широты)	
		Покрывание для ГСО спутника (градусы)	угол места: от 0 до 90, азимут: ± 60	
		Покрывание для не-ГСО спутника (градусы)	угол места: от 0 до 85, азимут: ± 270 (полный охват азимута 360), сохранение по 90	

Примечание 1. – Диапазоны частот в этой Таблице и в п. 5.1, например, диапазоны L, S, C, в Регламенте радиосвязи МСЭ не определены, однако широко используются специалистами в области спутниковой связи. Эти диапазоны частот могут быть определены несколько иначе, в зависимости от источника.

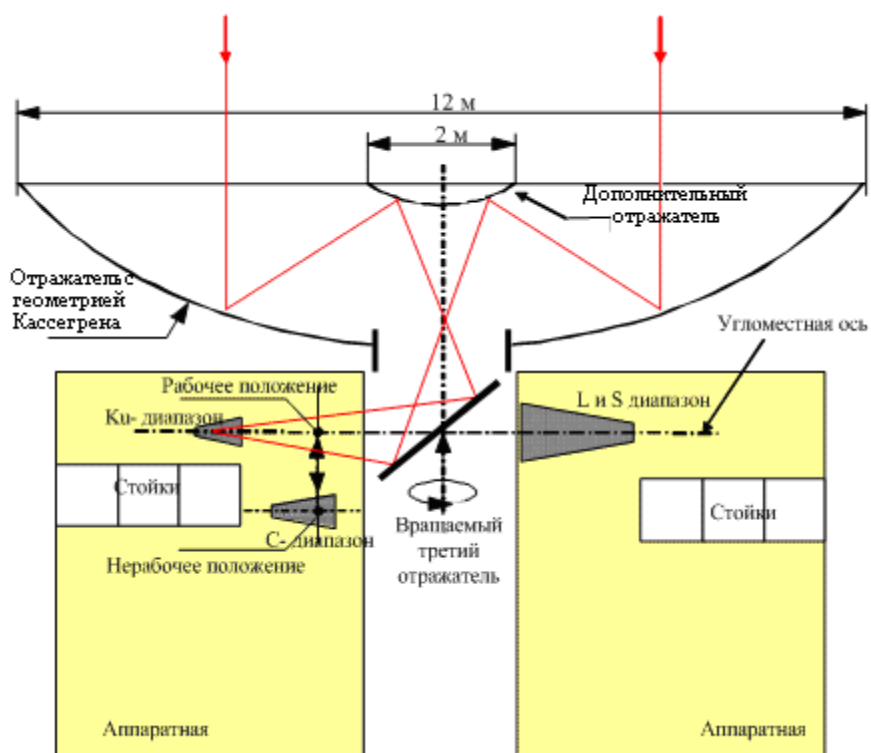
Примечание 2. – Для измерения внеполосных излучений, перечисленные коммерческие диапазоны частот (см. а) должны быть увеличены. Сильные наземные излучения должны блокироваться фильтрами.

5.1.6.1.2 Приемное оборудование

Преимущество системы лучевого волновода заключается в том, что луч можно направлять в разные места, при этом вносимые потери малы. Облучатели могут размещаться в стойках для оборудования, имеющих достаточно пространства для установки и технического обслуживания оборудования и кондиционирования воздуха. Системы облучателей для спутниковых антенн контроля использования спектра относительно уникальны, поскольку эти антенны используются только для приема, и, как правило, охватывают широкий диапазон частот (см. Рисунки 5.1-16–5.1-23).

РИСУНОК 5.1-16

Пример раздельных облучателей с возможностью движения и выбора отражателя для трех диапазонов частот в 12 метровой антенне с волноводным облучателем



Spec-5.1-16

РИСУНОК 5.1-17

Пример фиксированных облучателей с возможностью движения и выбора отражателя для пяти диапазонов частот в 12 метровой антенне

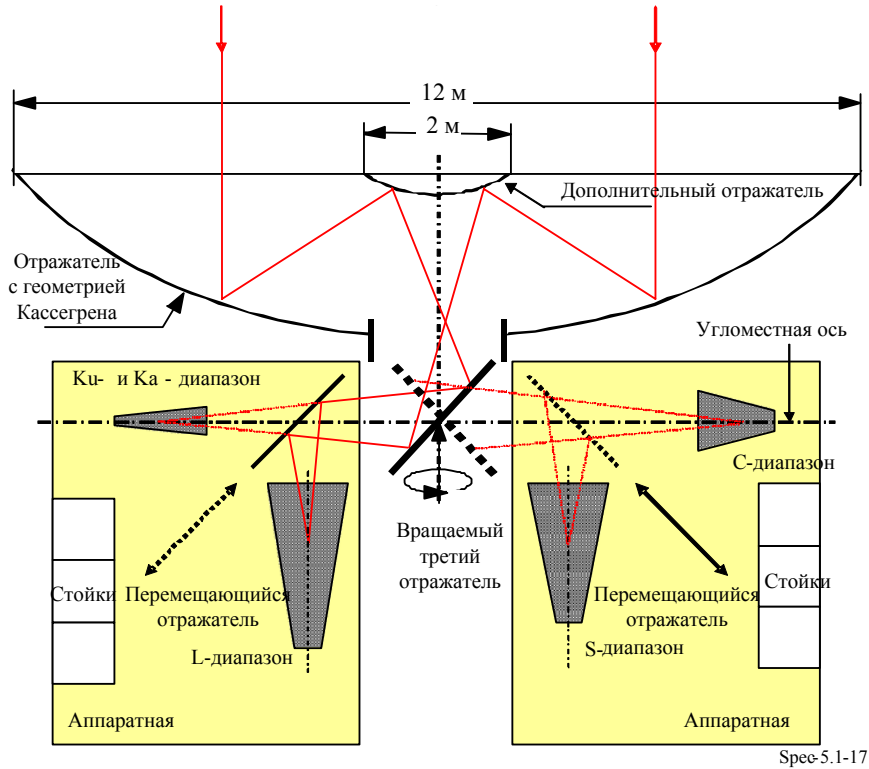
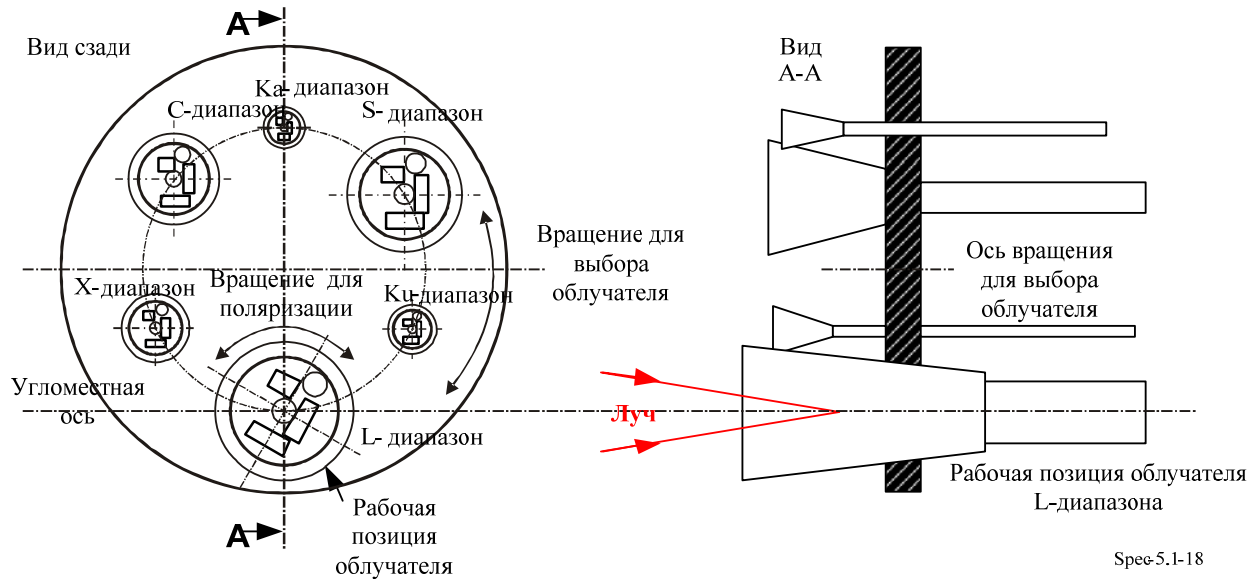


РИСУНОК 5.1-18

Пример многооблучательной системы револьверного типа с 6 волноводными облучателями для остроуправленной волноводной антенны



Пример: Многооблучательная вращающаяся система с 8 облучателями в главном фокусе антенны

Диапазон частот: 1–26,5 ГГц без разрывов по частоте.

Облучатели с 1 по 6 (диапазон частот 1–12,75 ГГц) представляют собой скрещенные диполи щелевого типа.

Облучатели 7 и 8 (диапазон частот 12,5–26,5 ГГц) являются рупорными антеннами.

Внешние размеры: около 700 мм × 700 мм × 500 мм [$Ш \times Д \times В$].

РИСУНОК 5.1-19

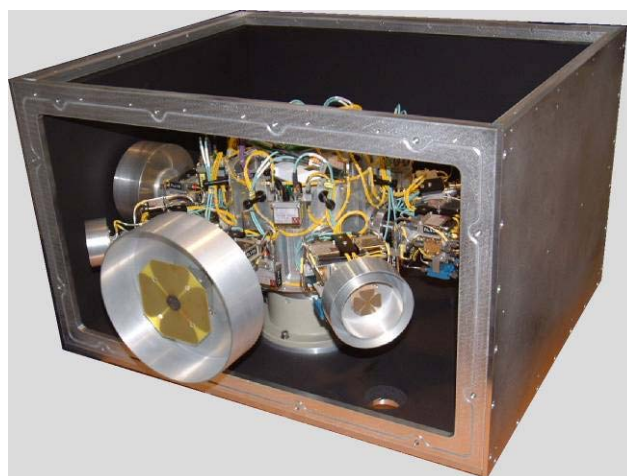
**Многомодовый облучатель,
установленный в прямом фокусе**



Spec-5.1-19

РИСУНОК 5.1-20

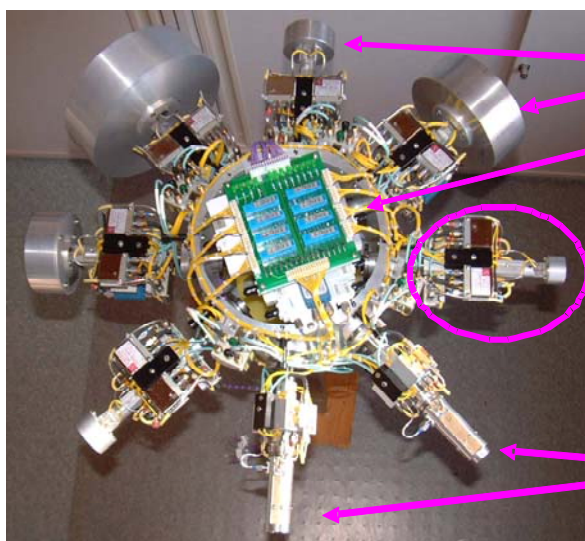
**Многомодовый облучатель в открытом
выносном кожухе**



Spec-5.1-20

РИСУНОК 5.1-21

Облучатель без выносного кожуха, установленный в механизм позиционирования



Дипольная антенна с отверстиями волновода

Центральный модуль с механизмом позиционирования облучателей

Полный облучатель с дипольной антенной, МШУ, поляризатором, коммутатором сигналов и настройкой угла поляризации

Рупорные антенны

Spec-5.1-21

Все облучатели сконструированы по коаксиальному методу для линейной и круговой поляризации и поляризации с регулируемым углом $\pm 95^\circ$.

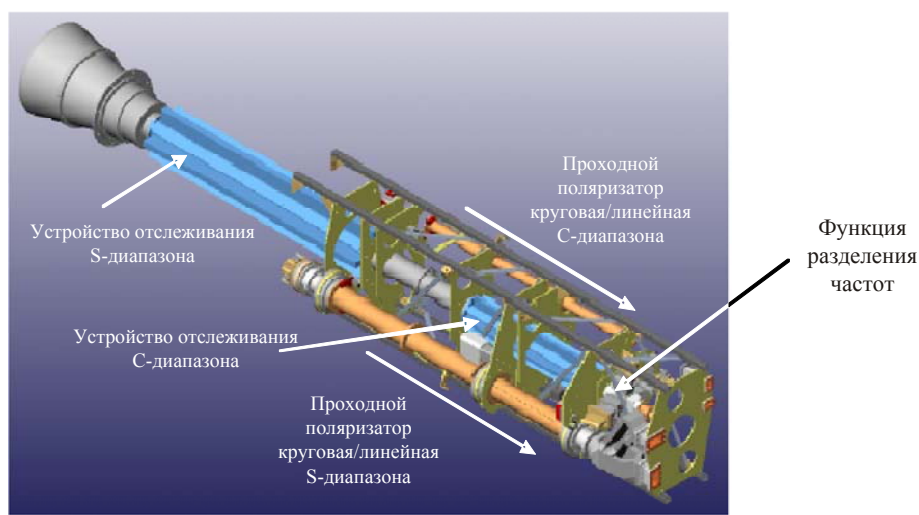
РИСУНОК 5.1-22

Пример комбинирования 3 диапазонов частот в 12 метровой антенне

Система облучателей для антенн типа Кассегрена 11 м и более. Переключение поляризации с круговой на линейную, независимая подстройка линейной поляризации и моноимпульсное отслеживание в обоих диапазонах

S-диапазон: 2,1–2,7 ГГц

C-диапазон: 3,4–4,8 ГГц



Spec-5.1-22

РИСУНОК 5.1-23

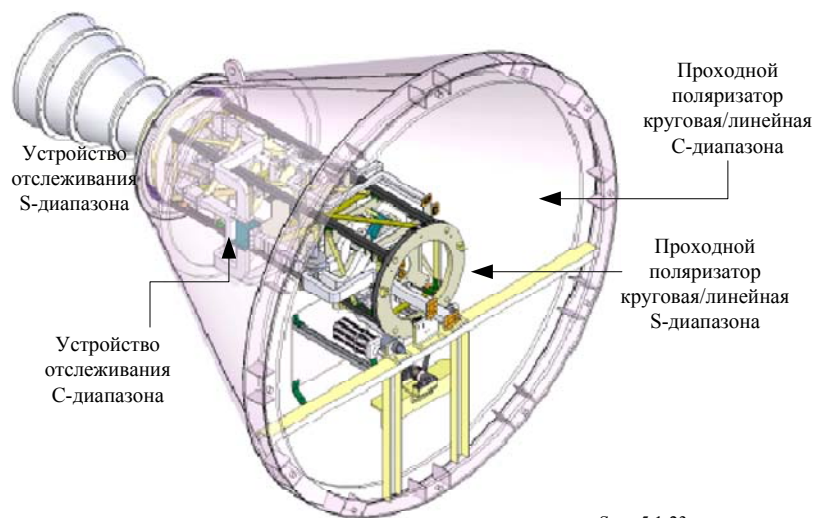
Пример облучателя с двумя близкоразнесенными полосами частот

Система облучателей для антенн типа Кассегрена 9 м и более.

C-диапазон: 3,4–4,8 ГГц, круговая/линейная поляризация

X-диапазон: 7,25–8,4 ГГц, круговая поляризация

Ku-диапазон: 10,9–12,75 ГГц, круговая/линейная поляризация



Spec-5.1-23

Приемное оборудование

Приемное оборудование состоит из следующих элементов, представленных в Таблице 5.1-8:

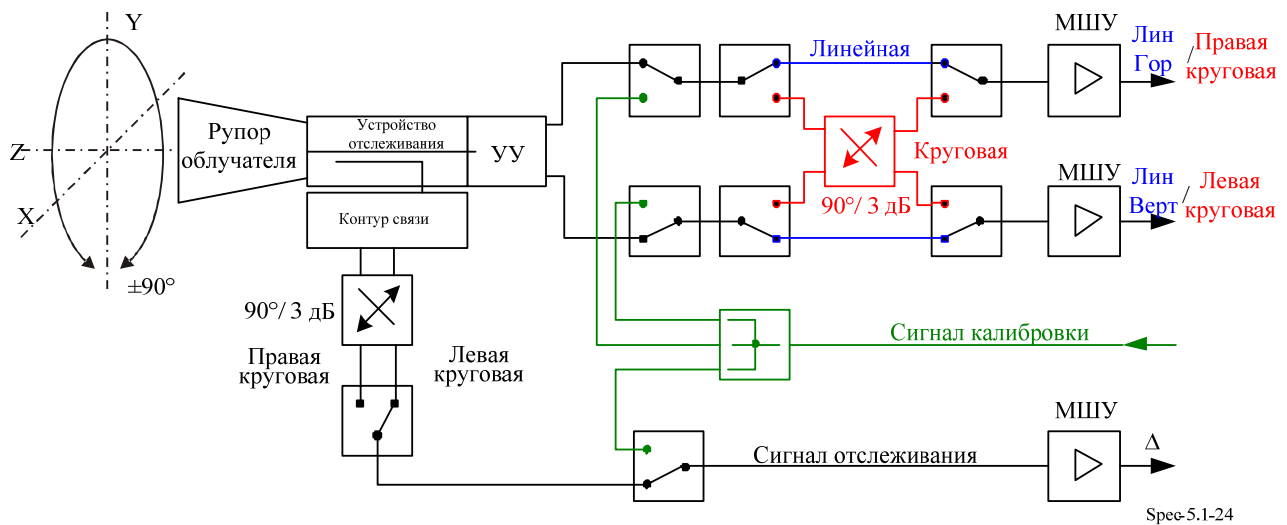
ТАБЛИЦА 5.1-8
Приемное оборудование антенной системы

Облучатель	Рупорная, дипольная или антенна из перекрещенных диполей и контур связи
Устройство слежения	Стыкует режим TE21 для моноимпульсного слежения за антенной
Изменение поляризации	Вращение для изменения угла поляризации
Преобразователь ортогонального режима (ОМТ)	Разделение плоскостей поляризации X и Y на два канала
МШУ	Первый усилитель с максимально низким уровнем коэффициента шума
Поляризатор	Совмещение каналов X и Y в RHCP и LHCP в случае круговой поляризации
Понижающий преобразователь	Преобразование радиочастотного сигнала в широкополосный канал ПЧ и/или узкополосный канал ПЧ, например, ПЧ = 70 МГц IF
Коммутация и последующее усиление	Коммутация различных частей сигнала и усиление сигнала идентификации при передаче в основное здание

В зависимости от типа антенны, эти компоненты могут быть разнесены в пространстве.

РИСУНОК 5.1-24

Пример блок-схемы системы облучателей с устройством слежения и поляризатором

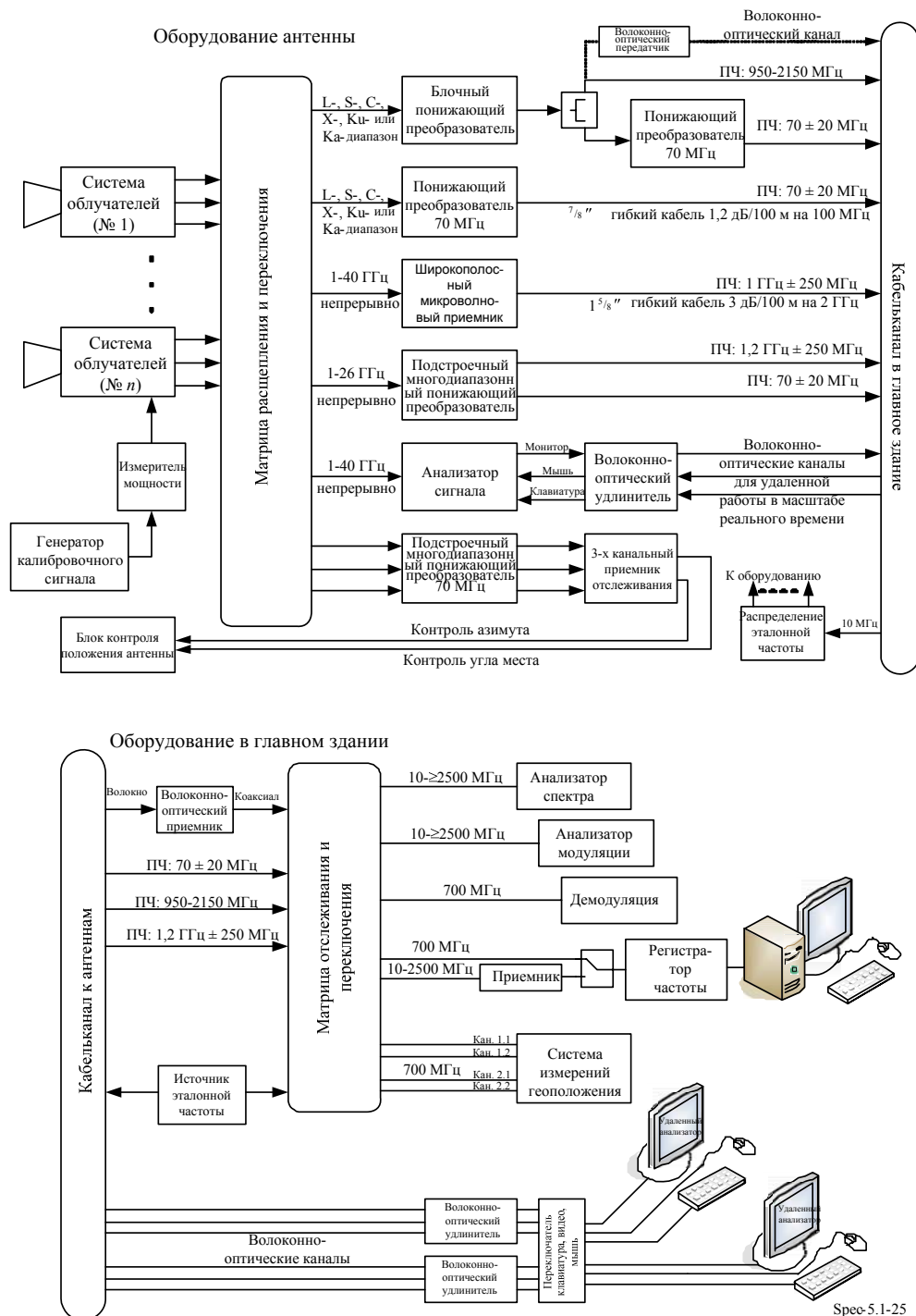


5.1.6.1.3 Оборудование для контроля использования спектра

На схеме, изображенной на Рисунке 5.1-25, приведен пример комплектации оборудования для контроля использования спектра.

РИСУНОК 5.1-25

Интеграция оборудования контроля

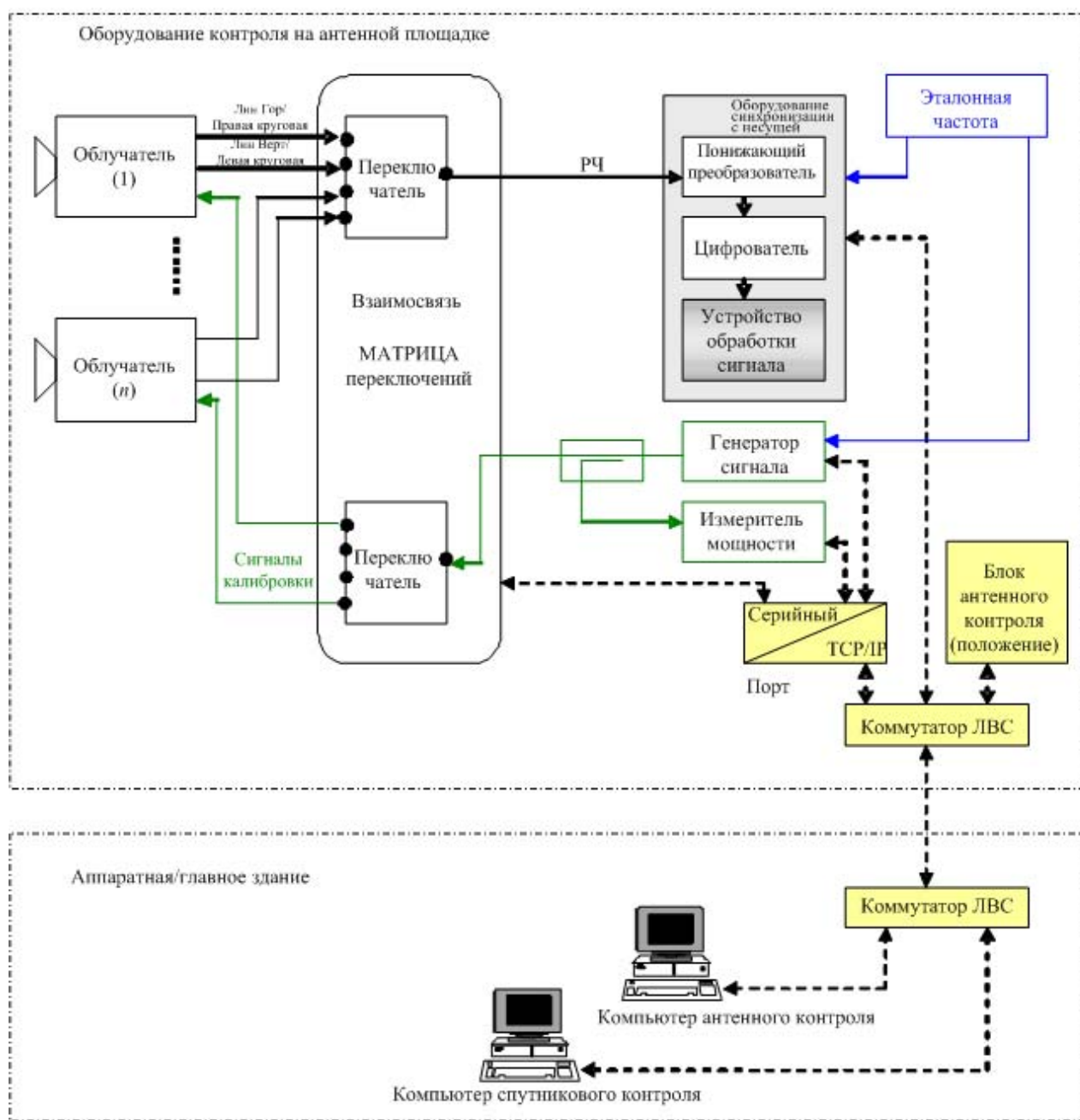


Автоматическая система спутникового контроля

На Рисунке 5.1-26 изображена автоматическая система контроля для вхождения в синхронизм по несущей. Структура комплекса аппаратных средств для вхождения в синхронизм по несущей (САЕ) использует систему калибровки, и точки ввода также показаны на Рисунке. Измеритель мощности управляет сигналом калибровки со стороны генератора стандартных сигналов.

РИСУНОК 5.1-26

Пример автоматизированного оборудования спутникового контроля



Оборудование САЕ способно:

- принимать сигналы в диапазонах частот спутниковой связи L, S, C, Ku и Ka;
- выявлять все каналы выше уровня шума (обычно на 6–10 дБ выше уровня шума);
- определять радиочастотные параметры каждой несущей частоты;
- выполнять полную классификацию несущих, включая все цифровые параметры, используемые модулятором, и используемый стандарт.

Оборудование САЕ должно иметь возможность анализировать и классифицировать каналы шириной до 80 МГц; в этот диапазон попадает большинство ретрансляторов гражданской связи.

Когда загруженность спутника известна, оборудование САЕ обнаруживает нежелательные каналы и пытается определить их передатчики, используя методы FDOA и TDOA.

Для автоматического спутникового контроля должны быть произведены следующие измерения:

- Радиочастотные измерения:
 - Мощность несущей на уровне оборудования;
 - Э.и.и.м. сигнала на уровне спутника;
 - Отношение несущая/шум C/N_0 ;
 - Несущая частота при помощи методов центра масс, восстановления, формы канала, поиска пиков;
 - Ширина полосы несущей: методом x дБ, методом полной мощности $\beta\%$, полученной в ходе вычисления символьной скорости;
 - Наблюдения и анализ радиочастотного спектра с помощью инструментальных средств (маркеры, масштабирование, спектрограмма, селекторы);
 - Э.и.и.м. ретранслятора на уровне спутника.
- Цифровые измерения:
 - Характеристики несущей частоты,
 - Тип модуляции,
 - Двоичная скорость (скорость передачи),
 - Коэффициент FEC (упреждающей коррекции ошибок),
 - Коэффициент кода Рида-Соломона,
 - Используемый стандарт,
 - Диаграмма демодуляции несущей.
- Обнаружение несущей на основе выявленной плотности потока мощности (обычно на 6–10 дБ выше уровня шума):
 - Последующее обновление базы данных;
 - Внутренне определенное обнаружение несущей (возможность отклонения несущей должна быть лучше 13 дБ).
- Наблюдения радиочастотного спектра, виртуальное наблюдение радиочастотного спектра путем моделирования значения G/T у конечного пользователя.
- Быстрые спектрограммы для визуализации быстрого перемещения слотов (например, доступ MF TDMA).
- Параметры орбиты (точность орбитальной позиции не менее $\pm 0,1^\circ$).
- Для определения усиления в цепи приемника должна использоваться калибровка.

Компьютерное программное обеспечение спутникового контроля использования спектра должно выполнять как интерактивные, так и автоматические измерения.

Интерактивные измерения позволяют оператору быстро исследовать сигналы. Интерактивные измерения включают в себя наблюдение нескольких полос в нескольких форматах, измерения несущей вручную и управление спектроанализатором, и дополнительно приемником, магнитофоном, принтером и плоттером.

Автоматические измерения должны начинаться в момент возникновения события (см. Примечание 1) или начаться по расписанию без участия оператора. Планирование заданий позволит совместить обнаружение сигнала, измерения в канале, измерение занятости спектра и статистические измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Например, автоматическая запись целевого сигнала и эталонного сигнала может быть начата сразу же после обнаружения мешающего сигнала. Это обеспечит дальнейшую работу модуля определения местоположения.

На Рисунке 5.1-27 представлен пример снимка экрана, сделанного при контроле использования спектра, на котором изображен спектр излучения и информация по спектрограмме.

РИСУНОК 5.1-27

Пример снимка экрана компьютера спутникового контроля



Spec-5.1-27

5.1.6.1.4 Средства контроля использования спектра

Режимы работы системы управления антенной

Для проведения космического контроля использования спектра требуется простое и эффективное управление работой антенн. Должны быть доступными большое количество режимов работы для эффективного наведения антенны на сложные спутниковые группировки. Наиболее распространенные функции контроля перечислены в Таблице 5.1-9.

ТАБЛИЦА 5.1-9

Режимы работы системы управления антенной

Режимы	Описание	Примечание
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА	Движение в заданную позицию ввод: значения азимута и угла места	
ПРЕДУСТАНОВКА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ	Движение в заданную позицию ввод: позиция спутника, например, E19,2°	Направить антенну на орбитальную позицию на ГСО без расчетов значений азимута и угла места пользователя
ПОЗИЦИЯ	Сдвиг на определенный пользователем угол от фактического положения антенны	Изменение азимута и угла места антенны с помощью 4-х кнопок со стрелками или переключателя ручной регулировки антенны
СКОРОСТЬ	Движение на определенной пользователем постоянной скорости	В основном для калибровки и тестовых измерений
ПРОГРАММНОЕ СЛЕЖЕНИЕ	Слежение за объектом на заранее определенной трассе с записью данных азимута, угла места, даты и времени	
СЛЕЖЕНИЕ TLE	Слежение за объектом на заранее определенной трассе с установкой орбитальных данных TLE со стороны NORAD	
СЛЕЖЕНИЕ ПО ЗВЕЗДАМ	Слежение за астрономическими объектами	Режим калибровки и тестовых измерений
АВТОСЛЕЖЕНИЕ	Слежение за объектом, используя сигналы ошибки слежения (моноимпульсное слежение)	В системе облучателей требуется устройство связи моноимпульсного слежения и приемник моноимпульсного слежения
ПОШАГОВОЕ СЛЕЖЕНИЕ	Слежение за объектом с использованием приемника с пошаговым слежением	Требуется приемник пошагового слежения без дополнительных компонентов в системе облучателей
СЛЕЖЕНИЕ ПРОГНОЗА ОРБИТЫ	Интеллектуальное пошаговое слежение	Возможность улучшить точность наведения пошагового слежения
СЛЕЖЕНИЕ ПО ПАМЯТИ	Слежение с использованием данных о последней известной позиции спутника	
СКАНИРОВАНИЕ СЕКТОРА	Сканируется сектор, определенный пользователем, по горизонтали/вертикали	Помогает найти спутник, например спутник с большим наклоном орбиты
ПОИСК ПО СПИРАЛИ	Пульсирующая спираль вокруг последней реальной позиции	Помогает найти спутник, например спутник с большим наклоном орбиты
ГЕОСИНХРОННЫЙ	Наведение на заранее определенную геосинхронную орбиту и движение по дуге ГСО	Ручное управление движением кнопками "восток/запад" вдоль дуги ГСО

Система контроля и управления

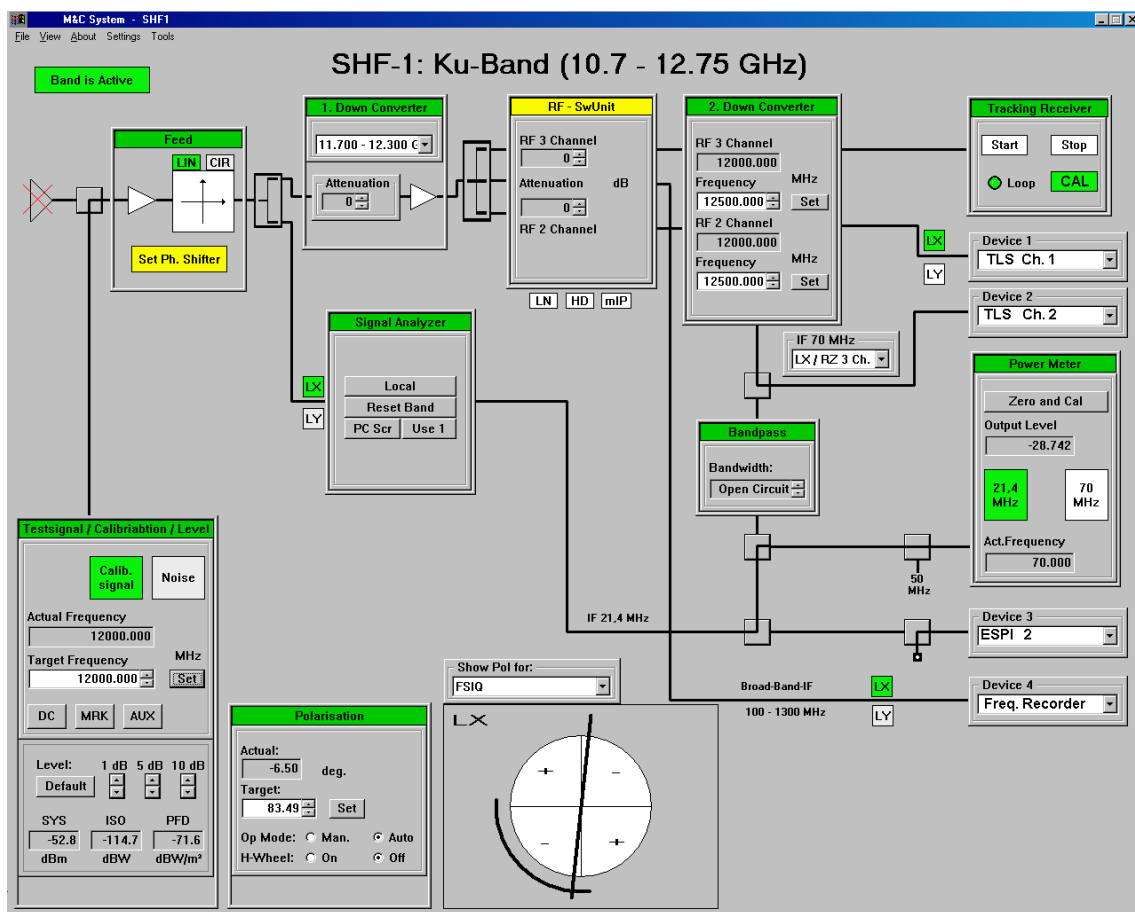
Система управления и контроля (М&С) является центральной компьютерной системой для управления всем оборудованием станции контроля использования спектра. Графический интерфейс пользователя (GUI) должен иметь понятное ясно составленное описание оборудования и состояния коммутации на каждом рабочем месте оператора (Рисунок 5.1-28). Для предотвращения коллизий при доступе к оборудованию система должна иметь режим назначения и блокировки. Измерительные блоки могут зависеть от системы разработки М&С, и их требования полностью регулируются, либо, только для ручного использования, блоки соединяются с трактом сигнализации М&С. Для эффективной работы может использоваться два монитора: для управления позицией антенны и управления устройствами.

Необходимо контролировать и проверять работу следующего оборудования:

- Система управления антенной для функций наведения и поиска.
- Антенная система слежения с приемниками моноимпульсного или пошагового слежения.
- Система облучателя с коммутацией поляризации и регулированием угла поляризации.
- Понижающие преобразователи, фильтры и последующие усилители.
- Все блоки коммутации для соединения и распределения сигналов РЧ и ПЧ.
- Подключение и настройка блоков измерения и анализа.
- Запуск программного обеспечения автоматизированного измерения

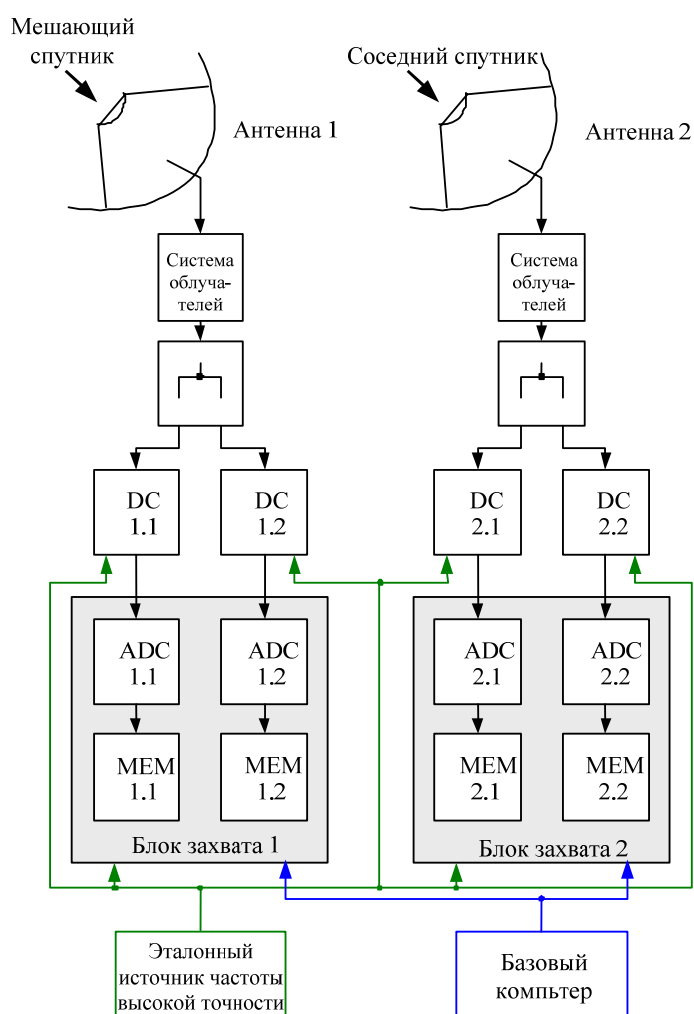
РИСУНОК 5.1-28

Пример экранов графического интерфейса пользователя систем М и С



Spec-5.1-28

РИСУНОК 5.1-29
Система измерения местоположения



DC: понижающий преобразователь

ADC: аналого-цифровой преобразователь

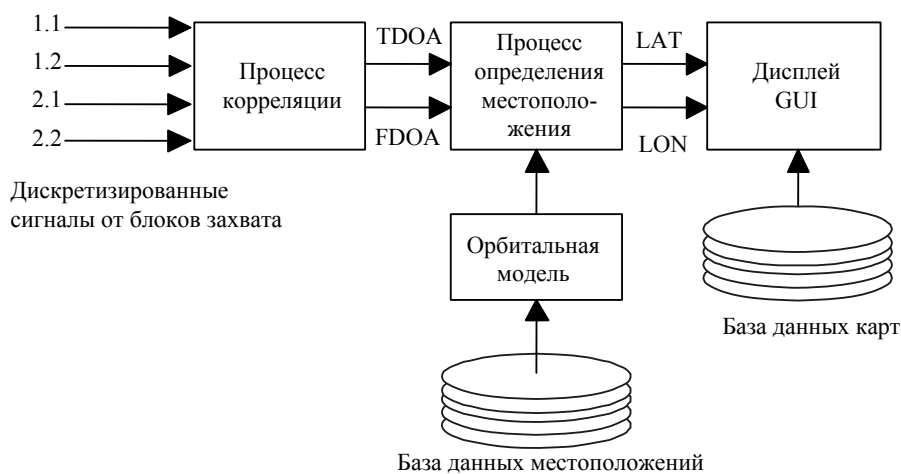
MEM: память/хранение

№: х.1: мешающий сигнал

№: х.2: эталонный сигнал

Spec-5.1-29

РИСУНОК 5.1-30

Процесс вычисления местоположения в базовом компьютере

Spec-5.1-30

TDOA: разница времени прихода

FDOA: разница частоты прихода

LAT: широта

LON: долгота

GUI: графический интерфейс пользователя

Примечания:

Сигналы 1.1 и 1.2, принятые антенной 1 со стороны мешающего спутника.

Сигналы 2.1 и 2.2 приняты антенной 2 со стороны соседнего спутника.

Сигналы 1.1 и 2.1 – это мешающие сигналы, 1.2 и 2.2 – эталонные сигналы.

5.1.6.2 Процедура контроля использования спектра спутниками ГСО

Ниже описывается автоматическая система контроля использования спектра спутниками ГСО. С ее помощью делается попытка уменьшить число операторов задействованных для выполнения этой задачи, когда выполняется измерение орбиты и качества радиоволны с использованием разных методов.

Автоматическая система контроля использования спектра оснащена компьютерной программой, которая выполняет следующие функции:

- Управление для установления приоритета операции.
- Регистрация, для того чтобы запланировать единичные измерения.
- Обнаружение ошибок в системе программного обеспечения с функцией сообщения операторам.
- Поиск и измерение.
- Калибровка системы и проверка – выполняется ли контроль объекта должным образом.
- Представление результатов измерений операторам.
- Хранение в базе данных информации по зарегистрированным спутникам и результатов измерений.

Оператор станции космического контроля должен подготовить график контроля так, чтобы контроль осуществлялся в соответствии с планом.

Для выявления источников вредных помех, наблюдения за новыми спутниками и измерения загрузки радиочастотного спектра во всех подробностях, полуавтоматический и ручной режимы могут использоваться одновременно.

Содержание указанного графика контроля использования спектра включает такие вопросы, как время контроля использования спектра, выбор автоматического или полуавтоматического режима работы, наименование спутника, число операций контроля использования спектра, приоритеты задач и т. д.

На Рисунке 5.1-31 приведен пример последовательного процесса контроля использования спектра.

РИСУНОК 5.1-31

Последовательность процесса контроля использования спектра

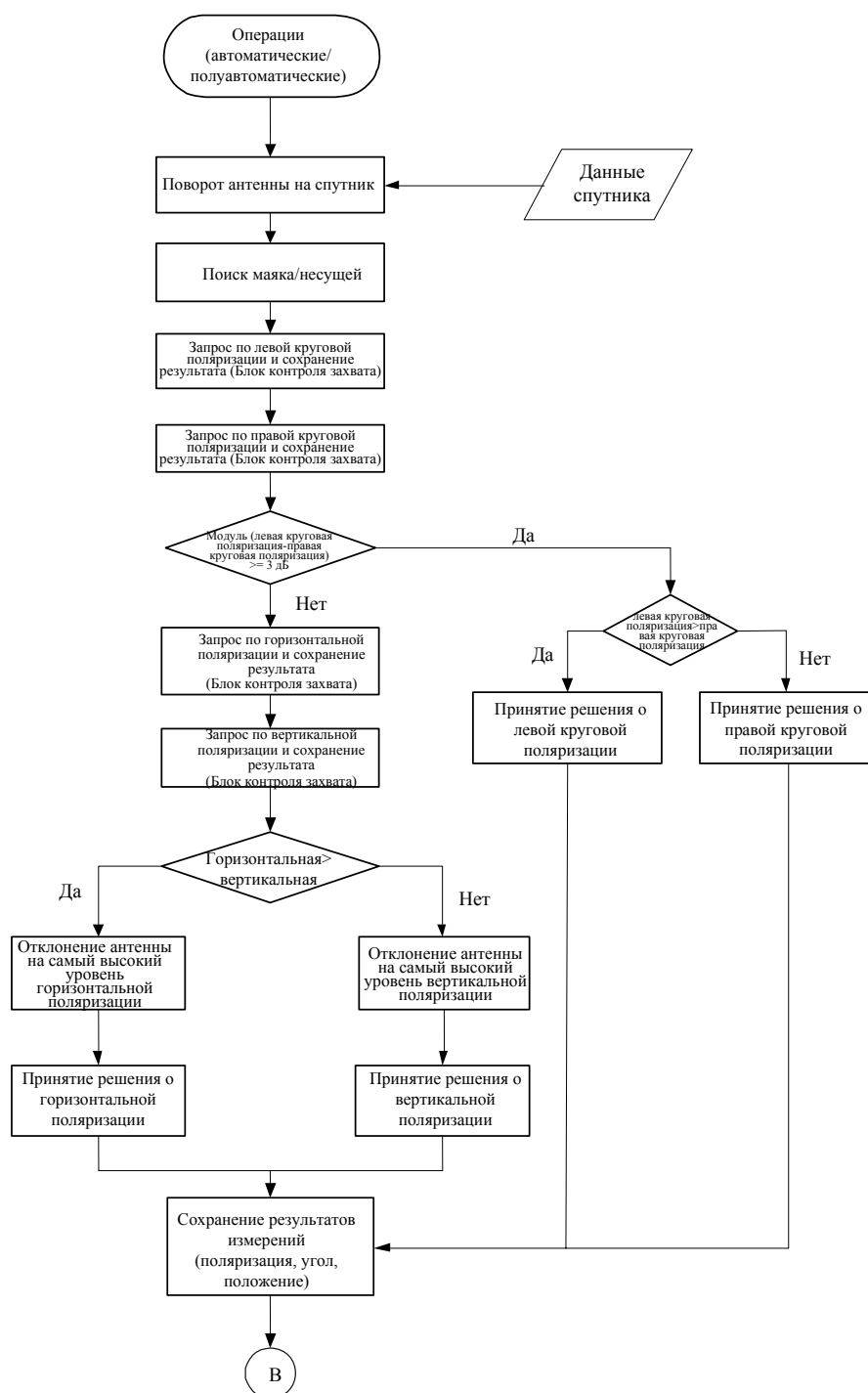
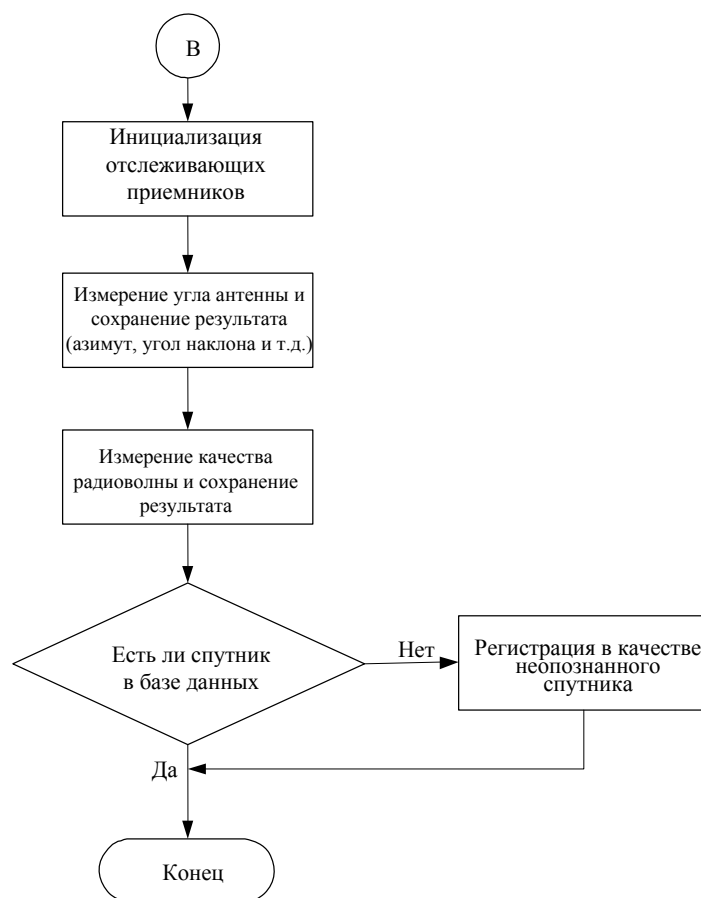


РИСУНОК 5.1-31 (продолжение)

Последовательность процесса контроля использования спектра

Срес-5.1-31- продолж.

Процесс планирования включает измерение следующих параметров: орбитальная позиция спутника, поляризация, центральная частота, п.п.м., занимаемая полоса частот и так далее. Важно, чтобы средства космического контроля включали методы быстрого слежения, выбор вида поляризации посредством алгоритмов сравнения, обнаружение центральной частоты для измерения занятой полосы частот и измерение мощности несущей.

Поляризация определяется путем неоднократного сравнения входящих измерений с критериями поляризации.

Обычно предпочтительным является метод моноимпульсного слежения, но могут использоваться и другие методы, такие, как пошаговое слежение.

Идентификация спутника производится путем сравнения результатов измерения со спутниковой базой данных.

Для повышения точности и достоверности результатов измерений необходимы повторные измерения и корректировка.

Задачи измерения должны быть выполнены с высоким уровнем надежности, с учетом характеристик распространения сигнала на высоких частотах и приема на Земле слабых сигналов от спутника. Станции контроля использования спектра должны проверить, функционирует ли спутник в соответствии с надлежащими техническими стандартами и правилами.

Кроме того, операторы регистрируют новые запросы или составляют новый рабочий план для новых запросов по контролю и специальных задач. Сохранение данных о стандартных процедурах, которые часто используются, упростит процесс регистрации.

5.1.6.3 Точный контроль долготы орбиты (радиоинтерферометрия)

5.1.6.3.1 Введение

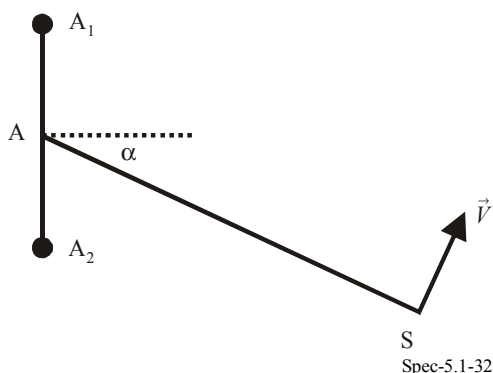
С ростом числа спутников на геостационарной орбите точность контроля долготы орбиты будет приобретать все большую важность. Предлагаемым методом такого контроля является радиоинтерферометрия. Ведутся разработки по контролю с помощью интерферометра, которые описаны в [Kawase, 2005; Kawase, 2007].

5.1.6.3.2 Общий принцип

Интерферометр с двумя антеннами A_1 и A_2 имеет базовую геометрию, показанную на Рисунке 5.1-32. Антенны образуют основную линию A_1A_2 , и ее середина находится в точке A . Сигналы от спутника S принимаются под углом падения α . Разность фаз между A_1 и A_2 называется "интерферометрической фазой". $\vec{V}$ – единичный вектор, перпендикулярный линии AS и лежащий в плоскости A_1, A_2 , и S . Интерферометр отслеживает движение спутника вдоль вектора $\vec{V}$, в то время как движение спутника перпендикулярно вектору $\vec{V}$ не отслеживает. Такое выборочное слежение является основой контроля долготы.

РИСУНОК 5.1-32

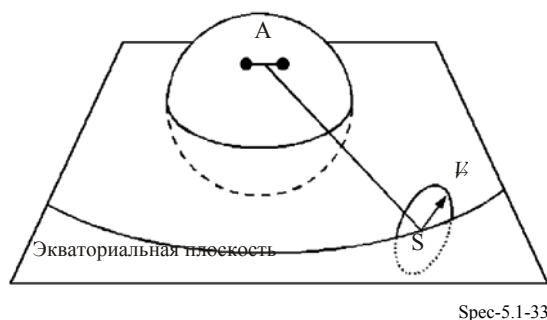
Геометрия интерферометра



Интерферометр располагается на земной станции как показано на Рисунке 5.1-33. Основная линия располагается горизонтально и вращается ее ориентация. Таким образом, вектор $\vec{V}$ вращается и качается, образуя наклонный диск.

РИСУНОК 5.1-32

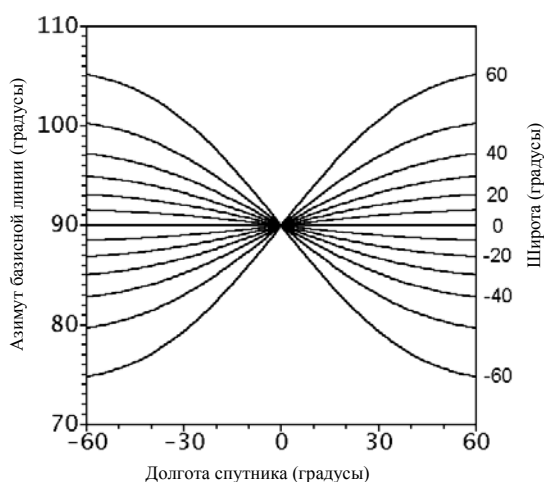
Геометрия спутник–станция контроля



Вектор $\vec{V}$ лежит в плоскости экватора с определенной ориентацией основной линии. Если спутник и станция находятся на одной долготе, то эта конкретная основная линия ориентирована с востока на запад (азимут 90°). Как правило, ориентация линии отличается от линии восток-запад и зависит от геометрии спутник-станция контроля, как показано на Рисунке 5.1-34. При выборе конкретной ориентации основной линии интерферометр учитывает движение спутников только в экваториальной плоскости.

РИСУНОК 5.1-34

**Конкретная ориентация базисной линии
(долгота станции равна нулю)**

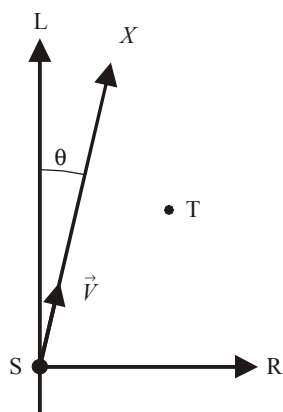


Спец-5.1-34

Предполагая, что спутник имеет номинальную стационарную позицию в точке S (см. Рисунок 5.1-33), реальная позиция спутника T будет близка к точке S, а позиция T окажется спроектированной на экваториальную плоскость, как показано на Рисунке 5.1-35. Позиция T измеряется относительно точки S на оси координат, радиальной и продольной (R и L). Вектор $\vec{V}$ определяет "смещение оси" X, т. е. ось X-отклоняется от оси L на угол θ , и этот угол зависит от геометрии спутник-станция контроля.

РИСУНОК 5.1-35

Оси координат в экваториальной плоскости



Спец-5.1-35

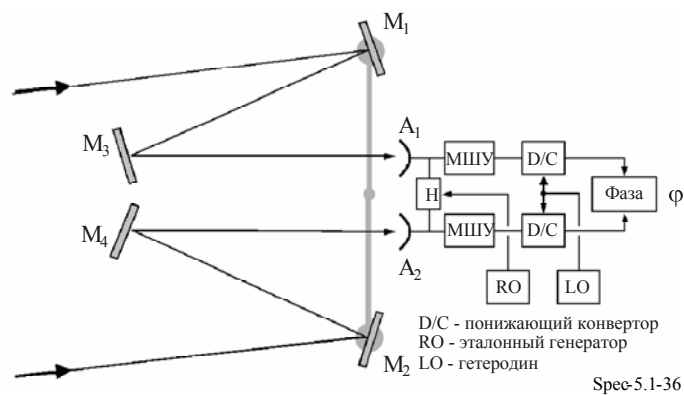
На практике, угол θ невелик. Например, если угол места японских спутников контроля использования спектра составляет 10° или больше, то θ будет меньше 7° . Таким образом, вне зависимости от составляющих оси R движения спутника и приравнивая $X/\cos \theta$ к оси L, получим точное определение долготы. Если спутник находится в точке орбиты в течение нескольких дней, то ошибка определения долготы составит в среднем $0,0006^\circ$ для средней долготы при относительной погрешности эксцентриситета 0,2%.

5.1.6.3.3 Установка интерферометра

Для установки основной линии в интерферометре используются плоские зеркала, как показано на Рисунках 5.1-36 и 5.1-37. Падающая волна в диапазоне частот 11 ГГц отражается зеркалами M_1 и M_3 до того, как будет направлена на антенну A_1 , и то же самое происходит для зеркал M_2 , M_4 и антенны A_2 . Задержка отраженных лучей по фазе на отраженных траекториях рассчитывается геометрически и вычитается из интерферометрической фазы, что позволяет линии M_1M_2 быть основной линией интерферометра. Основная линия должна иметь возможность переориентироваться для контроля спутников в различных орбитальных позициях. Этого можно достичь, меняя позиции зеркал M_1 и M_2 и изменением их наведения без перемещения кабелей и микроволновых компонентов, критичных к фазе. Зеркала M_1 и M_2 являются подвижными, так как они установлены на поворотном сочленении. Общий местный гетеродин (LO) предназначен для интерферометрической связи по фазе, а общий опорный гетеродин (RO) – для компенсации задержек оборудования. Размещение антенн рядом друг с другом позволяет гетеродинам LO и RO распределять сигналы по коротким кабелям, обеспечивая тем самым стабильные измерения фазы. Площадь зеркал составляет 2 м^2 , диаметр антенн 1,8 м, длина основной линии (поворотного сочленения) составляет 13 м.

РИСУНОК 5.1-36

Блок-схема интерферометра



Измеренная интерферометрическая фаза φ (рад) преобразуется в долготу спутника l (градусы) относительно номинальной долготы, а именно:

$$M = \frac{\lambda}{2\pi} (\varphi - \varphi_S - \varphi_C) \frac{r_S}{B \cos \alpha \cos \theta} \quad (5.1-14)$$

$$l = \frac{180}{\pi} \frac{M}{R_S}, \quad (5.1-15)$$

где:

R_S : номинальный радиус орбиты, 42165×10^3 (м);

λ : длина волны принимаемого сигнала (м);

r_S : расстояние AS (м);

- B : длина основной линии A_1A_2 (м);
- α : угол падения;
- θ : смещение оси X ;
- φ_S : интерферометрическая фаза номинальной позиции спутника (рад);
- φ_C : коррекция интерферометрической фазы (рад);
- l : долгота спутника (градусы (положительное значение – для восточной долготы и отрицательное значение – для западной долготы));
- φ : измеренная интерферометрическая фаза (рад).

РИСУНОК 5.1-37

Интерферометрическая станция в Японии

Спец-5.1-37

Постоянная φ_S рассчитывается, исходя из геометрии расположения спутника и интерферометра. Небольшие ошибки в расстановке антенн A_1 , A_2 и зеркал M_3 , M_4 могут привести к постоянной фазовой ошибке, но она может быть скорректирована при помощи φ_C .

Фазовая неопределенность в 360° измеренной фазы приводит к неопределенности долготы спутника с погрешностью $0,1^\circ$. Разрешение этой неопределенности и определение корректирующей постоянной φ_C производится следующим образом: основная линия вращается на один оборот относительно фиксированного центра C . В результате, фаза $\varphi - \varphi_S$ изменяется, как показано на Рисунке 5.1-38, со скачками фазы с 360° на 0° . Эти скачки фазы снова соединяются, как видно из Рисунка 5.1-39.

РИСУНОК 5.1-38

Изменения фазы по мере вращения сочленения

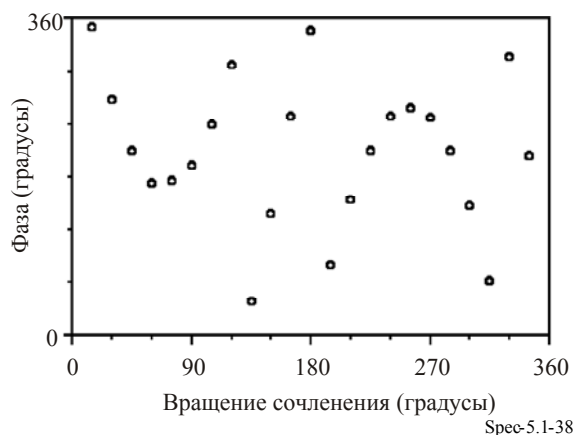
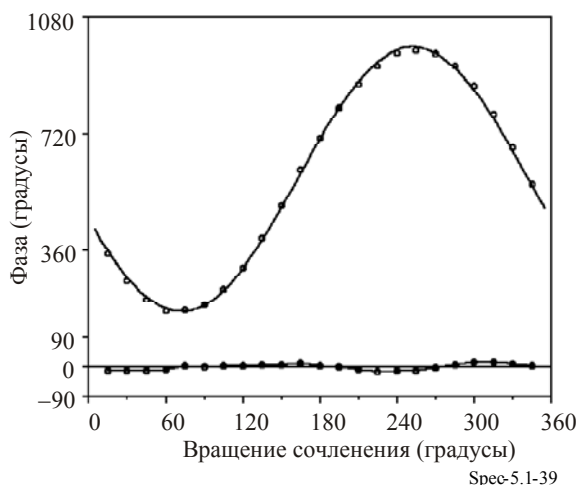


РИСУНОК 5.1-39

Соединение фазовых точек и аппроксимация модели



Угол фазы $\varphi - \varphi_s$ моделируется как функция от угла поворота сочленения, с параметрами в виде азимута спутника, угла места спутника и φ_s . Функция модели приводится в соответствии с соединенными точками фазы, как показано на Рисунке 5.1-39 (сплошная кривая). Таким образом, азимут и угол места, определенные таким образом, позволяют устранить неопределенность фазы и скорректировать фазу на φ_s . Сочленение основной линии выполняет одно вращение перед началом контроля любого неизвестного спутника.

5.1.6.3.4 Пример контроля

На Рисунке 5.1-40 приведен пример контроля долготы. Интерферометр настраивается с помощью оптического слежения и определения параметров орбиты. Рисунок 5.1-41 отображает более длительный промежуток времени, где выполняется маневр удержания положения в направлении Восток-запад в точке, обозначенной меткой "*". Таким образом, точно определяется, насколько занята точка с такой долготой спутника. Если два действующих спутника расположены близко друг от друга, то определение долготы каждого может быть выполнено по отдельности. Тогда разница в значении долготы может быть отображена графически, как показано на Рисунке 5.1-42. Дифференциальный контроль исключают влияние атмосферных флуктуаций, которые обычно имеют место у близко расположенных спутников, поэтому кривая шума на Рисунке 5.1-42 меньше, чем на Рисунке 5.1-41. Это способствует точному определению долготы для близко расположенных спутников.

РИСУНОК 5.1-40

Определение долготы, интерферометр (–) и оптические средства (о), спутник в точке 144° в. д.

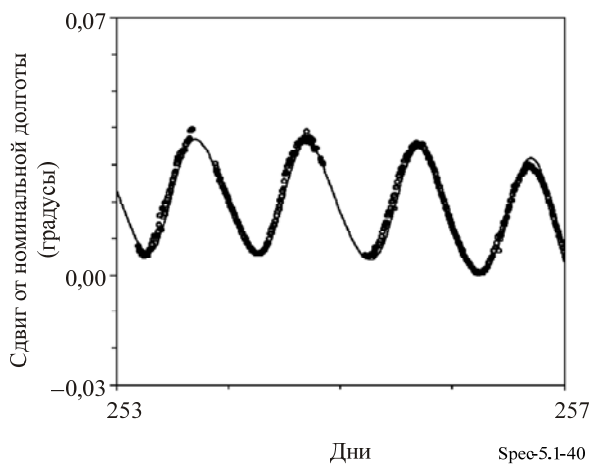


РИСУНОК 5.1-41

Коррекция восток-запад во время контроля, спутник в точке 124° в. д.

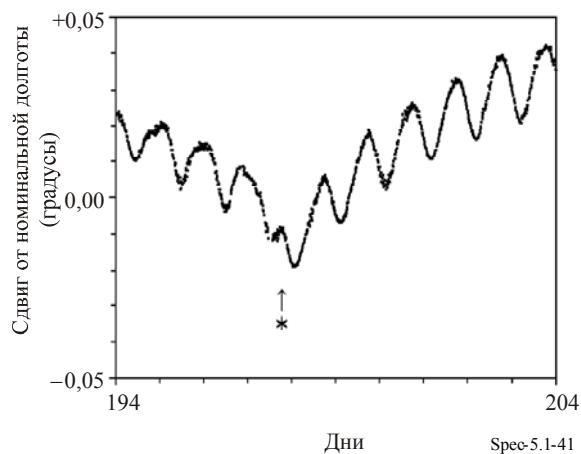
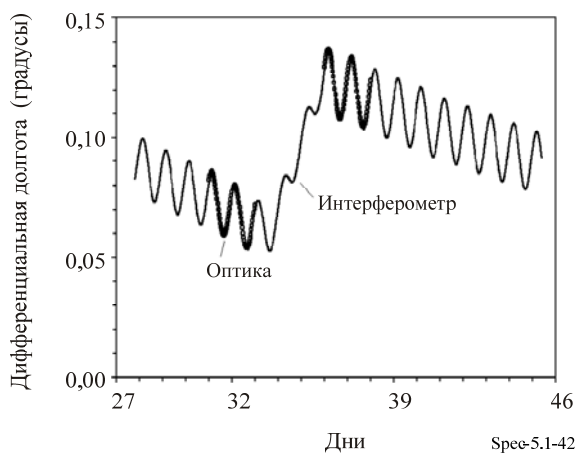


РИСУНОК 5.1-42

Дифференциальное определение долготы двух спутников в точке 110° в. д.



5.1.6.3.5 Резюме

Радиоинтерферометрия с успехом может быть применена для контроля долготы спутников на геостационарной орбите. Для стабильных измерений фазы достаточно использовать антенны с малой апертурой и подвижными зеркалами. Подобный метод контроля целесообразен, когда спутники расположены на ГСО близко друг к другу.

5.1.7 Примеры результатов контроля

5.1.7.1 Запись полос частот в ОБЧ диапазоне

Системы записи радиочастотного спектра особенно подходят для контроля занятости полос частот излучениями низкоорбитальных космических станций в полосах частот ниже 1000 МГц, с использованием всенаправленных антенн.

Структура диаграммы занятости зависит от элементов орбиты спутника и является отличительным признаком. Помимо частоты приема, могут различаться период обращения спутника ($PERIOD_{raw}$), взятый как среднее из нескольких последовательных витков, а также предполагаемое время приема. Для определения периода обращения с удовлетворительной степенью точности ($PERIOD_{fine}$) рекомендуется применять итеративный метод, использующий записи, сделанные в течение нескольких дней на основе следующих уравнений:

$$PERIOD_{raw} = T_2 - T_1, \quad (5.1-15)$$

$$PERIOD_{fine} = (T_x - T_1)/n, \quad (5.1-16)$$

T_x – является средней отметкой времени интервала ("окна") приема в один день или в несколько последующих дней. Делитель n является предполагаемым числом витков в случае уравнения (5.1-16). Это число систематически изменяется до тех пор, пока не будет достигнуто минимальное расхождение между требуемыми результатами для $PERIOD_{fine}$ и $PERIOD_{raw}$. Таким способом погрешность измерения времени обращения спутника всего за 24 часа может быть уменьшена до нескольких десятых долей минуты. Время обращения и характеристики записанного излучения являются надежными данными для идентификации спутника.

Другим способом является применение регулируемой сетки времени обращения, в виде наложения спектрограмм зарегистрированных излучений спутника в течение двух или более дней. Если метки времени совпадают с излучениями спутника, то $PERIOD_{raw}$ определен. Подобный пример приведен на Рисунке, где $PERIOD_{raw} = 112$ минут.

Следующим шагом является определение точного периода времени, для чего необходим поиск в базе данных NASA.

Если результат составляет 112 минут, то база данных будет искать спутники с периодом вращения близким к 112 мин. На Рисунке 5.1-44 изображена база данных NASA-SSR, в которой отмечены спутники, период обращения которых близок к значению 112 мин. С помощью двух связанных линейных элементов нужно рассчитать время видимости этих спутников в месте нахождения станции контроля. Система записи частот может отображать окна их видимости в виде наложения спектрограмм излучений, принятых со спутника.

Если окна видимости соответствуют всем записям излучений спутника, то спутник идентифицирован. На Рисунке 5.1-45 показаны окна видимости для спутника S80/T с периодом обращения 111,9 минут. После того, как стали известны данные орбиты, направленная антенна может отслеживать спутник с этими данными для последующих измерений.

РИСУНОК 5.1-43

Регистрация занятости диапазона частот, приблизительное определение времени обращения

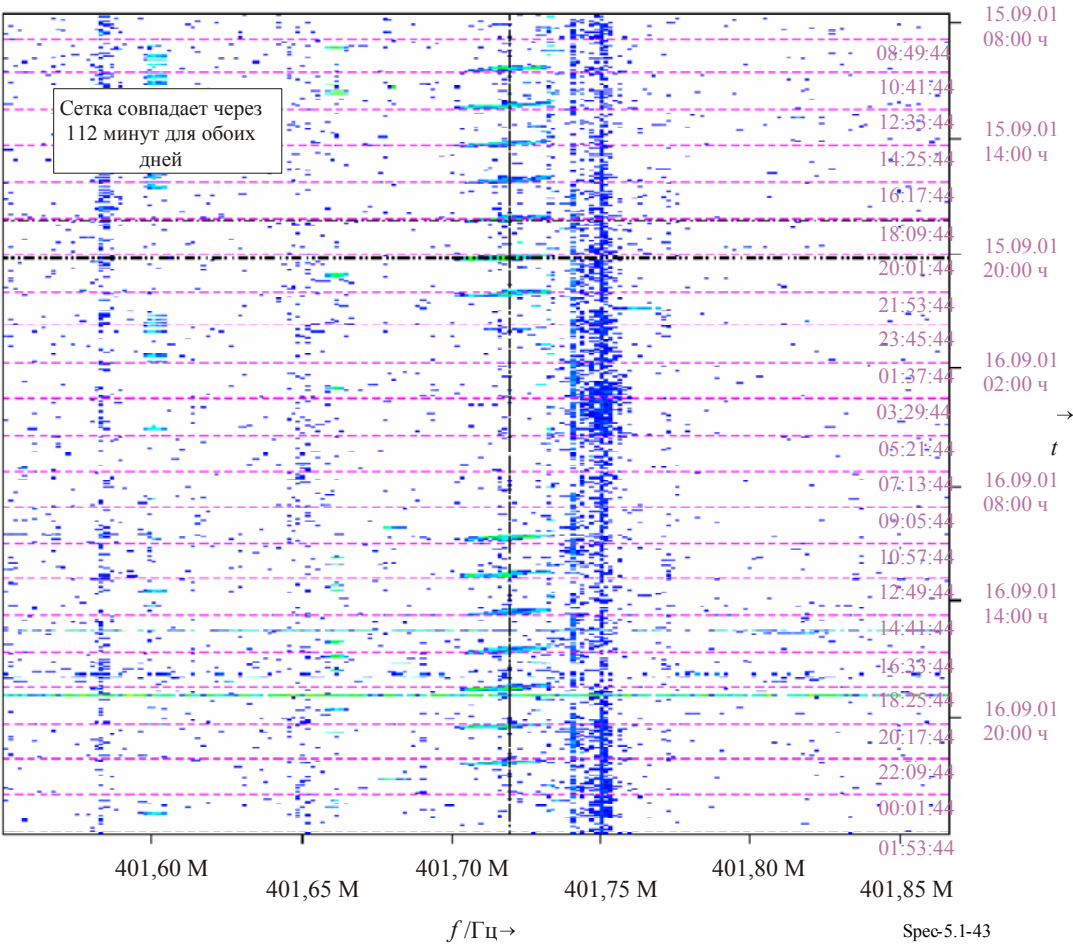


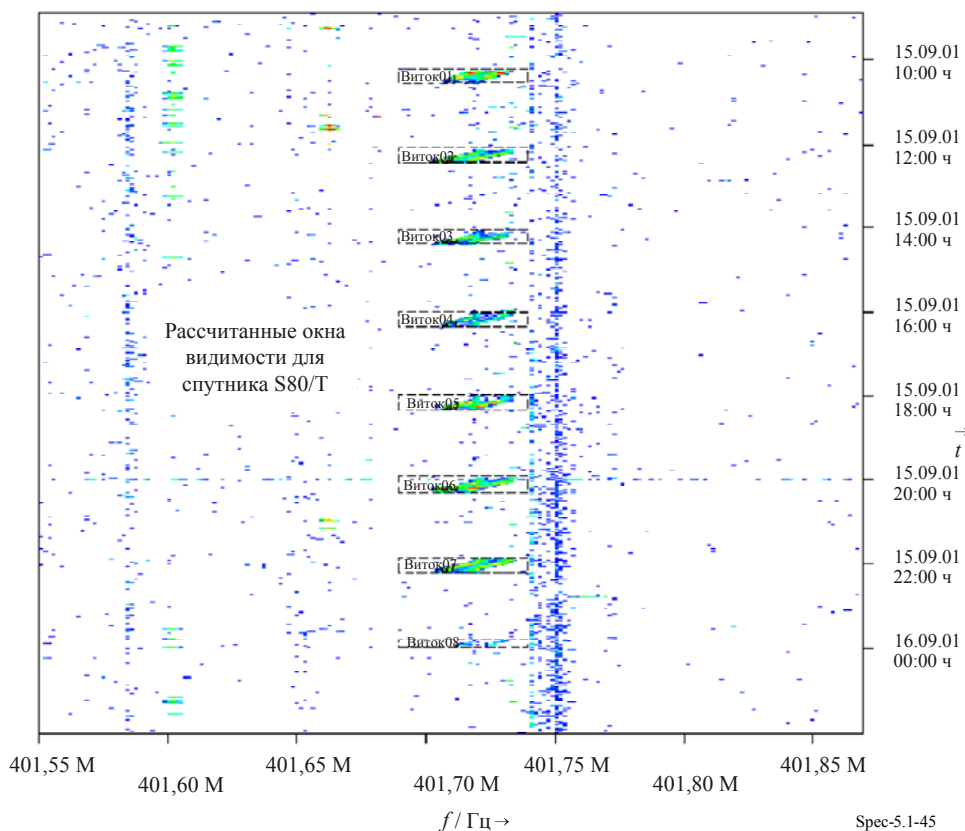
РИСУНОК 5.1-44

Поиск в NASA-SSR

INT-ID	CAT	SRC	PERIOD	INCL	APOG.	PERIG.	RCS	NAME	DATE
1990-114F	21033	CIS	113,7	82,6	1410	1386	2,2032	COSMOS 2119	22.12.90
1989-074B	20233	CIS	113,7	82,6	1410	1386	1,7514	COSMOS 2039	14.09.89
1988-002F	18793	CIS	113,7	82,6	1411	1384	1,9042	COSMOS 1914	15.01.88
1987-074A	18334	CIS	113,7	82,6	1409	1387	2,1058	COSMOS 1875	07.09.87
1987-026B	17583	CIS	113,7	82,6	1411	1385	2,2787	COSMOS 1828	13.03.87
1985-003C	15471	CIS	113,7	82,6	1413	1383	1,3662	COSMOS 1619	15.01.85
1992-052A	22076	US	112,4	66	1344	1332	10,6361	TOPEX/POSEIDON	10.08.92
1990-013C	20480	JPN	112,2	99,1	1744	912	0,3319	JAS 1B (FUJI 2)	07.02.90
1990-013B	20479	JPN	112,2	99,1	1743	912	0,4893	DEBUT (ORIZURU)	07.02.90
1992-052C	22078	FR	111,9	66,1	1325	1305	0,4416	S80/1	10.08.92
1992-052B	22077	KOR	111,9	66,1	1325	1307	0,2912	OSCAR 23 (KITSAT 1)	10.08.92
1994-046A	23191	US	110,6	70	2156	355	3,8606	APEX	03.08.94
2000-075C	26621	SWED	110,5	95,4	1799	701	0,1528	MUNIN	21.11.00
1989-086A	20305	CIS	110,4	82,6	1251	1238	11,6301	METEOR 3-3	24.10.89
1995-059B	23711	US	109,7	100,5	1493	934	13,2018	SURFSAT	04.11.95
1994-003B	22970	GER	109,4	82,6	1208	1185	7,6481	TUBSAT B	25.01.94
1994-003A	22969	CIS	109,4	82,6	1208	1186	41,1628	METEOR 3-6	25.01.94
1991-030A	21232	CIS	109,4	82,6	1208	1188	9,5992	METEOR 3-4	24.04.91
1991-056A	21655	CIS	109,3	82,6	1206	1187	7,8738	METEOR 3-5	15.08.91
1988-064A	19336	CIS	109,3	82,5	1208	1184	8,0195	METEOR 3-2	26.07.88
1985-100A	16191	CIS	109,3	82,6	1212	1180	9,4445	METEOR 3-1	24.10.85

РИСУНОК 5.1-45

Окна видимости при регистрации занятости частоты



5.1.7.2 Расчет элементов орбиты из измерений угла антенны

Идентификация спутника упрощается, а в некоторых случаях оказывается единственно возможной при использовании элементов орбиты, рассчитанных из измерений угла антенны. Вопрос о том, может ли быть получена достаточная точность определения элементов орбиты, в большой степени зависит от точности измерений угла имеющейся в наличии антенны, а также от длины и типа прослеживаемой орбитальной дуги. Следующий пример должен позволить сделать конкретные выводы относительно достижимой точности расчетов, которые могут не быть универсально применимыми. Он основан на сравнении эфемерид космической станции NOAA10, опубликованных с довольно высокой степенью точности и поэтому используемых в качестве эталонных данных, и эфемерид, полученных из измерений угла антенны, и на сравнении периодов времени видимости и азимута и угла места, рассчитанных на основе обеих групп эфемерид для траектории спутника приблизительно 24 часа спустя.

Точность измерения угла имеющейся в наличии параболической отражательной антенны диаметром 12 м при использовании моноимпульсного метода приблизительно составляет $0,12^\circ$ в используемом диапазоне частот 1700 МГц (см. также п. 5.1.3.5). Максимальный угол места прослеживаемой орбиты над горизонтальной плоскостью был равен приблизительно 60° .

Три группы данных измерений угла антенны (азимут/угол места/время) используются для исходного математического определения орбиты, после чего производится расчет элементов орбиты. Затем для улучшения результатов делается параметрический расчет с целью получить решение, которое наиболее близко соответствует величинам измерений угла антенны для серии измерений [Montenbruck, 1989], [Montenbruck and Pflieger T., 1991].

В Таблице 5.1-10 и на Рисунке 5.1-46 показаны результаты этих сравнений. При использовании в качестве средства для идентификации данные в Таблице 5.1-10 могут значительно облегчить опознавание спутника. Однако когда эфемериды в целом используются для предварительного определения азимута и угла места как функции времени, будут наблюдаться отклонения, которые увеличиваются с интервалом времени. Причиной этого являются ограничения точности при расчете элементов орбиты по измерениям угла лишь на одной спутниковой траектории. Наведение на спутник в течение последующих траекторий, однако, существенно улучшается. Расхождение азимута и угла места для траектории спутника спустя 24 часа (после 14 витков), основанное на первоначальном определении орбиты, показано на Рисунке 5.1-46. Расчетные кривые смещены на –1 минуту для компенсации временной задержки.

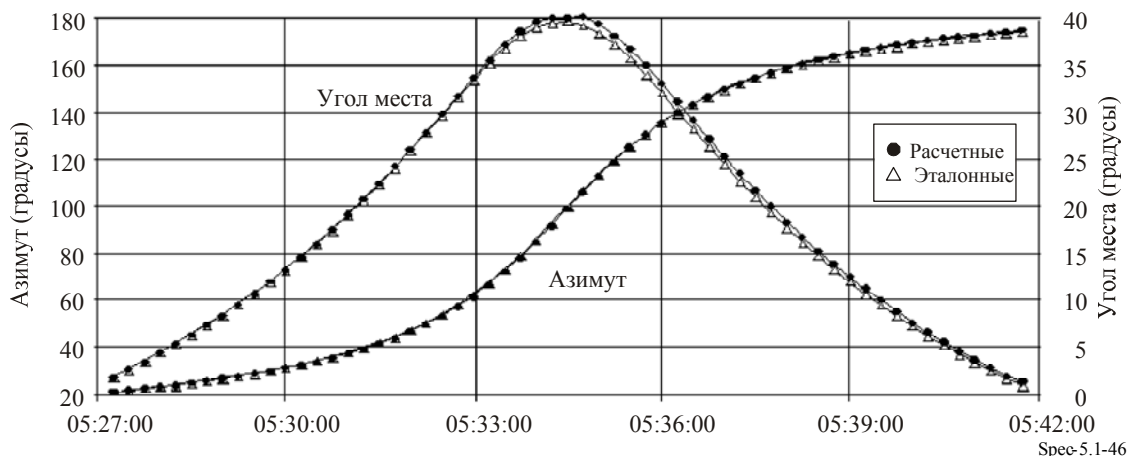
ТАБЛИЦА 5.1-10

**Сравнение эталонных элементов орбиты и расчетных элементов орбиты
(первоначальное определение орбиты)**

Элементы орбиты NOAA10	Эталонные элементы	Расчетные элементы
Перигей (км)	807	808
Апогей (км)	825	830
Главная полуось (км)	7 187	7 190
Эксцентриситет	0,0012156	0,0015
Наклонение (градусы)	98,5121	98,78
Время обращения (мин.)	100,781	100,85

РИСУНОК 5.1-46

**Сравнения углов антенны, рассчитанных из эталонных элементов орбиты и из измеренных
элементов орбиты**

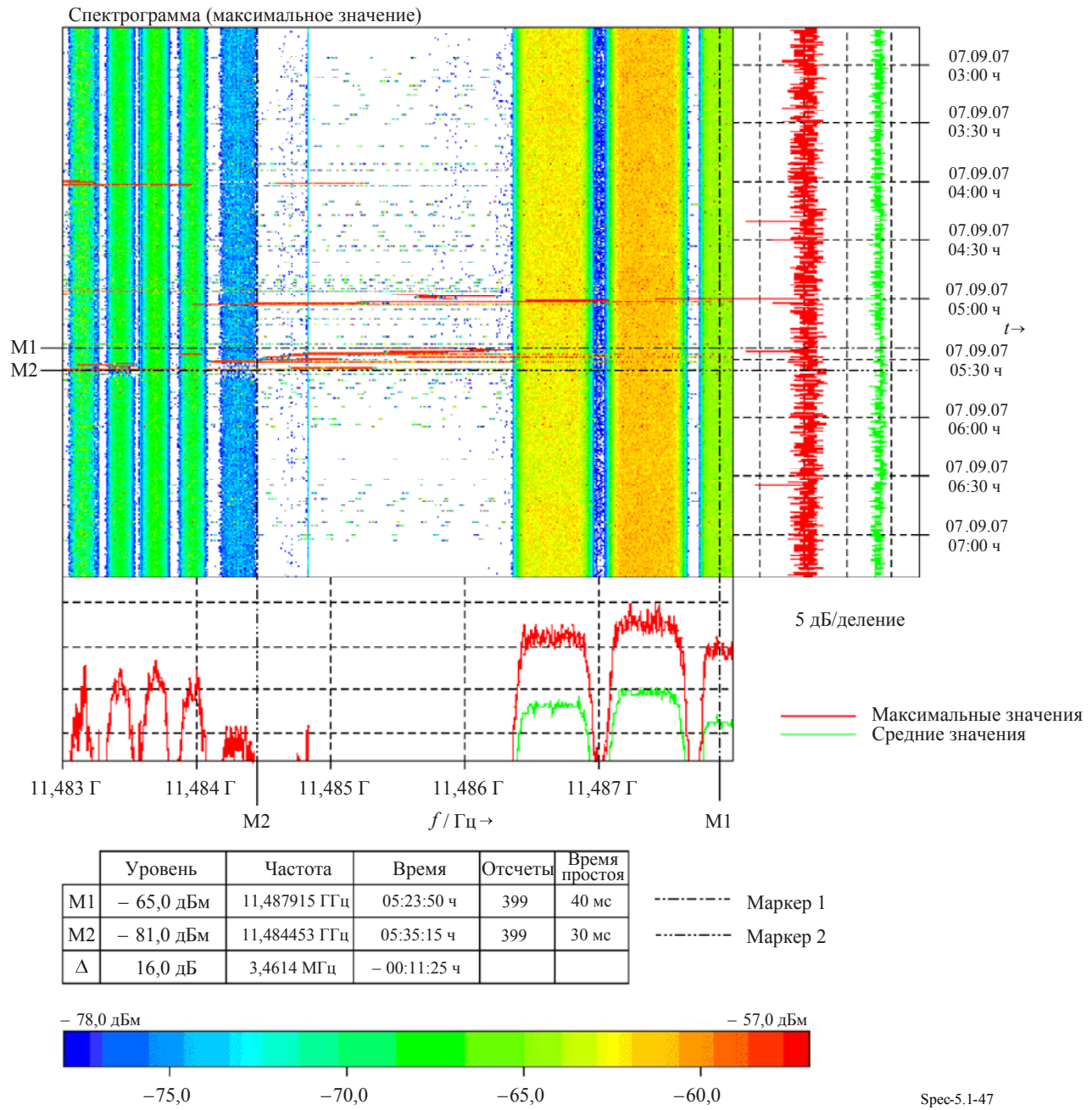


5.1.7.3 Измерения занятости ретранслятора

На Рисунке 5-47 показаны результаты, полученные от измерения занятости ретранслятора с помощью системы записи частот. На спектрограмме показана занятость ретранслятора с неиспользуемой секцией ретранслятора, в середине отображенной полосы радиочастот и временно появляющийся мощный мешающий сигнал.

РИСУНОК 5.1-47

Измерение занятости ретранслятора



Помеха пересекает весь ретранслятор быстро вверх и вниз. Сигнал, принятый направленной антенной, соединен с устройством записи частот в диапазоне ПЧ. Этот сигнал оцифровывается и отображается в онлайн-режиме с использованием БПФ, в виде спектрограммы устройства записи частот. Спектры постоянно сохраняются на жестком диске и доступны для дальнейшей обработки в автономном режиме. Различные уровни мощности на спектрограмме нанесены различными цветами. Отображение диапазона уровней мощности регулируется настройкой цветов. Для большей детализации в спектрограмме может быть изменен диапазон частот и время записи, с тем чтобы путем изменения масштаба изображения, короткий период наблюдения был представлен более подробно, а длительный период наблюдения представил общую картину. Линия отметки частоты и линия отметки времени расположены в правой части изображения, а ниже отображена спектрограмма соответствующего спектра.

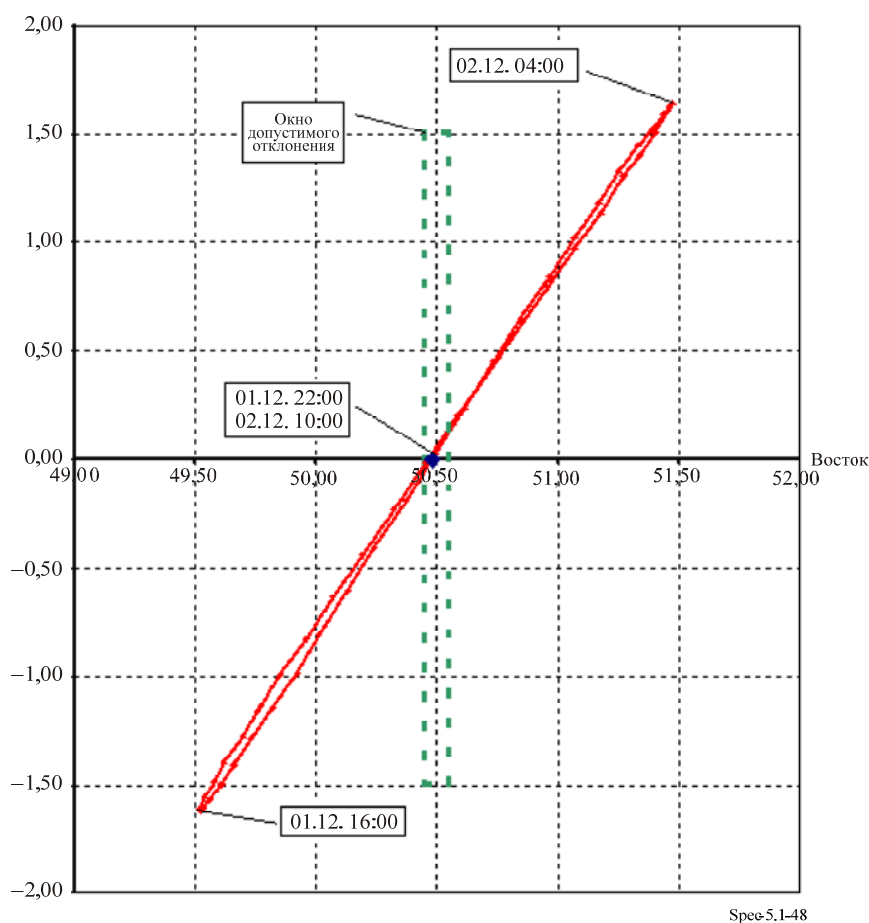
5.1.7.4 Наклонение орбиты геостационарных спутников

Диаграмма на Рисунке 5.1-48 была получена при наблюдении за положением геостационарного спутника с 30 минутными интервалами с использованием параболической антенны диаметром 12 м с шириной луча $0,15^\circ$ по уровню половинной мощности. Основываясь на процедуре моноимпульсного слежения, данные о наведении антенны получаются автоматически при первоначальном ручном определении местоположения спутника. Каждая позиция записывается в течение 24 часов и результаты рассчитываются для получения "восьмерки". Полученная информация показывает отклонение спутника от его номинальной орбитальной позиции и обеспечивает справочные данные для будущих наблюдений.

РИСУНОК 5.1-48

Наклонение орбиты геостационарных спутников ("восьмерка")

Спутник ГСО
(01.12.2003 13:00 UTC – 02.12.2003 13:00 UTC)



5.1.7.5 Результат и способ представления определения местоположения

На Рисунке 5.1-49 представлен результат определения местоположения TDOA и FDOA неизвестной земной станции, работающей в режиме передачи на линии вверх. Результаты, как правило, представляются в виде эллиптической области, которая может быть нанесена на цифровую карту для лучшего восприятия. Форма и ориентация эллипса могут существенно меняться в зависимости от количества проведенных измерений, времени суток, типа модуляции сигнала в рамках испытаний, изменения отношения сигнал/шум S/N и т. д. Факторы, необходимые для построения эллипса, включают:

- Длину большой полуоси.
- Длину малой полуоси.

- Угол большой полуоси (малой полуоси) по отношению к заданному направлению.
- Координаты центра.
- Степень надежности.

РИСУНОК 5.1-49

Результаты определения местоположения земной станции, передающей на геостационарный спутник (1)



Эллипс определения местоположения на Рисунке 5.1-49 может быть представлен в виде Таблицы 5.1-11.

ТАБЛИЦА 5.1-11

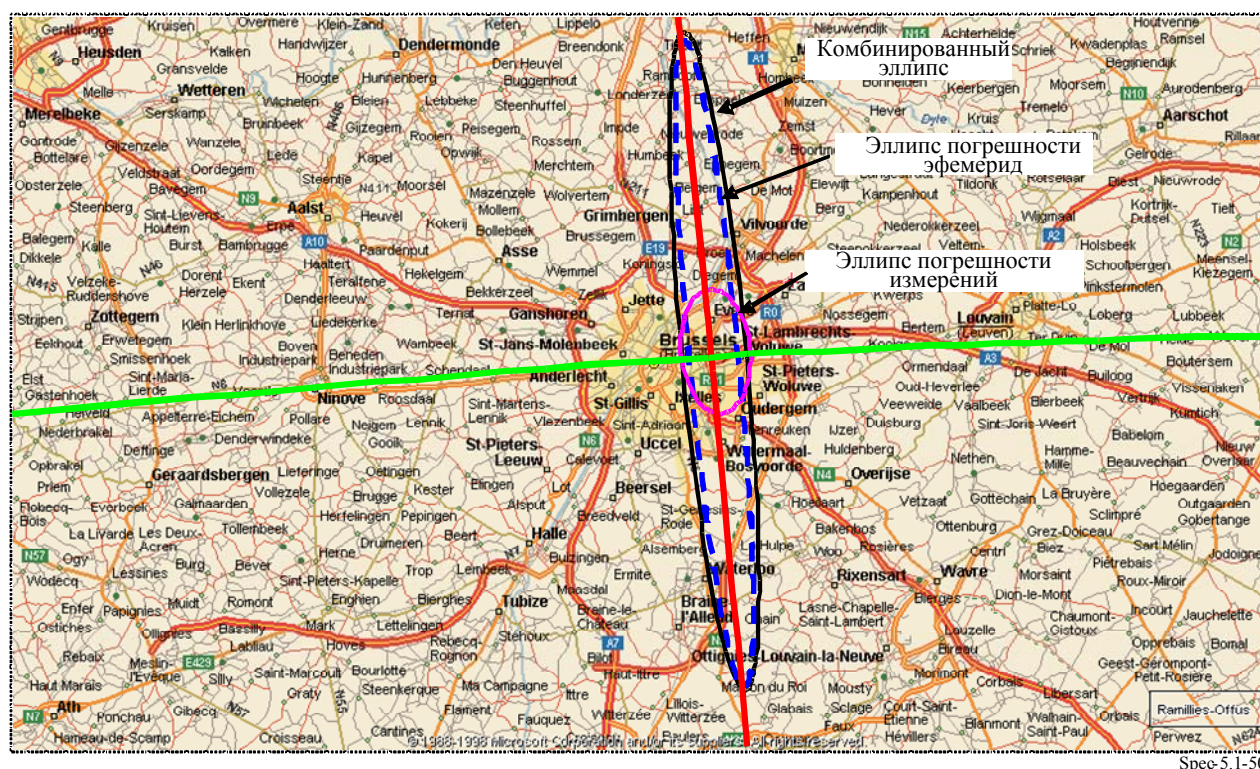
Эллипс определения местоположения, соответствующий Рисунку 5.1-49

Широта (градусы)	38,793 с. ш.
Долгота (градусы)	77,168 з. д.
Большая полуось (км)	8,679
Малая полуось (км)	3,338
Угол (градусы)	51,5
Степень надежности (%)	95

На Рисунке 5.1-50 представлена карта определения местоположения с неправильным эллипсом. Огромный эллипс погрешности эфемерид свидетельствует о неточностях в определении позиции и скорости движения спутника. В этом случае должно быть произведено измерение, исправляющее ошибку эфемерид.

РИСУНОК 5.1-50

Результаты определения местоположения земной станции, передающей на геостационарный спутник (2)



Справочные документы

- BARDELLI, R., HAWORTH, D. and SMITH, N. [1995] Interference Localisation for the EUTELSAT Satellite System. Proc. GLOBECOM-95, Singapore.
- DÜSPOHL, K. [2006] Vertex, Monitoring Ground Station Antennas. 9th International Space Radio Monitoring Meeting, Mainz, Germany.
- KOETS, M. A. and BENTLEY, R. T. [1999] Satellite Based Geolocation Using a Single Geosynchronous Satellite and an Inverse Doppler Technique. Southwest Research Institute, San Antonio, United States of America.
- LEUPELT, U. and GIEFING, A. [1981] 12-m-Cassegrain-Antenne mit umschaltbarem Speisesystem (A 12 m Cassegrain antenna with switchable feeder). *NTZ*, Vol. 34, p. 570-575.
- MAHNER, H. [1970] Telemetrie- und Trackingempfänger für Satelliten-Bodenstationen (Telemetry and Tracking Receiver for Satellite Earth Stations), *Siemens-Zeitschrift* 44, Special Issue "Beiträge zur Raumfahrt", p. 108-112.
- MONTENBRUCK, O. [1989] *Practical Ephemeris Calculations*. Springer Verlag, Heidelberg.
- MONTENBRUCK, O. and PFLEGER, T. [1991] *Astronomy on the Personal Computer*. Springer Verlag Heidelberg.
- NEWELL, A. C., STUBENRAUCH, C. F. and BAIRD, R. C. [1986] Calibration of Microwave Antenna Gain Standards. *Proc. IEEE*, Vol. 74, 1, p. 129-132.
- NEWELL, A. C., BAIRD, R. C. and WACKER, P. F. [1973] Accurate Measurement of Antenna Gain and Polarization at Reduced Distances by an Extrapolation Technique. *IEEE Trans. Ant. Prop.*, Vol. AP-21, 4, p. 418-430.

- SATOH, T. and OGAWA, A. [1982] Exact gain measurement of large aperture antennas using celestial radio sources. *IEEE Trans. Ant. Prop.*, Vol. AP-30, 1, p. 157-161.
- SCHILLER, M. and SIGL, G. [2006] Sinan, Design and Преимущества of a Compact Multiple Band Feed System. 9th International Space Radio Monitoring Meeting, Mainz, Germany.
- SCHWERDTFEGGER, R. [2006] Vertex RSI, Multi-function Earth Station Antennas. 9th International Space Radio Monitoring Meeting, Mainz, Germany.
- STEIN, S. [1981] Algorithms for Ambiguity Function Processing. *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. ASSP-29, 3.
- KAWASE S. [January 2005] Interferometric monitoring of satellite longitudes. *Int. J. Sat. Comm. and Networking*, Vol. 23, p. 67-76.
- KAWASE S. [April 2007] Radio interferometer for geosynchronous-satellite direction finding. *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 43, p. 443-449.

Библиография

- BENTLEY, R. T., JOHNSON, R. and CASTLES, M. P. [1996] Southwest Research Institute, San Antonio, Texas, United States of America.
- BUCERIUS, H. and SCHNEIDER, M. [1966] Himmelsmechanik I-II (Spherical Trigonometry I-II); Bd. 143/144, Bibliographisches Institut; Mannheim, United States of America.
- CAPELLARI, J. O., VELEZ, C. E. and FUCHS, A. J. [1976] Mathematical Theory of the Goddard Trajectory Determination System. Goddard Space Flight Center; Greenbelt, Maryland, United States of America.
- GOULD, R. G. and LUM, Y. F. [1976] *Communications satellite systems: An overview of the technology*. IEEE Press.
- GREEN, R. M. [1985] *Spherical Astronomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HARTL, P. *Fernwirktechnik der Raumfahrt (Remote Control in Astronautics)*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo.
- HERTLER, E. and RUPP, H. *Nachrichtentechnik über Satelliten (Telecommunication via Satellite)*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo.
- ITU [1988] Specifications of transmission systems for the broadcasting-satellite service.
- ITU-R Handbook – *Satellite Communications*, Third Edition, 2002, Wiley, New York, United States of America.
- KAISER, W. and LOHMAR, U. [1981] *Kommunikation über Satelliten (Communication via Satellite)*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo.
- KOCH, G. [1972] Antennenprobleme beim Weltraumfunk (Problems in designing antennas for space communications). *NTG-Fachberichte*, Vol. 43, p. 101-123.
- KRIETENSTEIN, K. [1994] Das Ohr am Orbit, Eine Darstellung von Arbeitsweisen der Funkmeßstelle Leeheim des BAPT (The Ear at Orbit, A Presentation of the Measurement Methods of the Leeheim Monitoring Station for Space Radiocommunication Services of the German Federal Office for Posts and Telecommunications), telekom praxis, 8/94, Schiele & Schön GmbH, 10969 Berlin.
- MAHNER, H. [1970] Telemetrie- und Trackingempfänger für Satelliten-Bodenstationen (Telemetry and tracking receiver for satellite earth stations). *Siemens-Zeitschrift* 44, Special Issue "Beiträge zur Raumfahrt", p. 108-112.
- MIYA, K. [1975] *Satellite Communications Engineering*. Lattice Co., Tokyo, Japan.
- MOENS, C. and ROESEMS, K. [1974] Nachführ- und Datenempfänger für Bodenstationen von Satellitensystemen (Tracking and data receiver for earth stations of satellite systems). *Elektrisches Nachrichtenwesen*, International Telephone and Telegraph Corporation, Vol. 49, 3, p. 315-323.

ÖHL, H. and GÖSSL, H. [1978] Die Eigenschaften der Antennen der zentralen Deutschen Bodenstation (ZDBS) (Characteristics of the antennas of the Federal Republic of Germany's Central Earth Station (ZDBS)). *Mikrowellenmagazin*, Vol. 4, 1, p. 10-14.

SIEMENS-ZEITSCHRIFT [1970] Beiheft, Beiträge zur Raumfahrt (Papers on Astronautics). Vol. 44.

Transmitter Location Systems, LLC [2005] TLS Model 2000 Operation and Maintenance Manual.

UNGER, J. W. H. [1976] *Literature survey of communication satellite systems and technology*. IEEE Press.

WOOD, P.J. [1980] *Reflector antenna analysis and design*. Peter Peregrinus Ltd., Stevenage, United Kingdom.

Рекомендации МСЭ-R

ПРИМЕЧАНИЕ. – В каждом случае следует использовать последнее издание Рекомендаций.

Рекомендация МСЭ-R ВО.650 – Стандарты для традиционных телевизионных систем спутникового радиовещания в каналах, определенных Приложением 30 Регламента радиосвязи.

Рекомендация МСЭ-R S.446 – Рассеяние энергии несущей в системах фиксированной спутниковой службы с угловой аналоговой и цифровой модуляцией.

Рекомендация МСЭ-R S.484 – Удержание станций по долготе геостационарных спутников фиксированной спутниковой службы е.

Рекомендация МСЭ-R S.673 – Термины и определения, относящиеся к космической радиосвязи.

Рекомендация МСЭ-R SM.1681 – Измерение излучений низкого уровня от космических станций на земных станциях радиоконтроля с использованием методов подавления шумов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПЛАНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ТЕНДЕРЫ

Стр.

A1	Вопросы, рассматриваемые регуляторными органами перед объявлением тендера	161
A2	Общий обзор процесса проведения тендера	161
A3	Подготовительный этап: планирование	162
A3.1	Концепция системы контроля использования спектра	163
A3.2	Исследование возможности реализации	163
A3.2.1	Цель исследования возможности реализации	163
A3.2.2	Содержание и структура исследования возможности реализации	164
A3.3	Бизнес-план	165
A3.4	Системное планирование и проектирование	166
A3.4.1	Обзор существующего законодательства и правовых аспектов	166
A3.4.2	Обзор существующих процедур (и методик)	167
A3.4.3	Обзор существующих измерительных возможностей	167
A3.4.4	Оценка рынка	167
A3.4.5	База данных управления использованием спектра	167
A3.4.6	Технический анализ программ	167
A3.4.7	Оценка национальной системы управления использованием спектра и определение национальной системы контроля	168
A3.4.8	Оценка аппаратного и программного обеспечения	168
A3.4.9	Управление проектом на национальном уровне	168
A3.5	Разработка спецификаций для системы	168
A3.5.1	Национальные и региональные центры, станции контроля	168
A3.5.2	Общие спецификации оборудования	172
A3.5.3	Транспортные средства и устройства контроля использования спектра	173
A3.5.4	Программное обеспечение	173
A3.5.5	Общие требования к блокам систем контроля использования спектра	173
A3.5.6	Спецификации услуг	174
A3.6	Профессиональная подготовка	174
A3.7	Техническое обслуживание и ремонт	174
A3.8	Документация	175

Стр.

A4	Этап реализации: процессы тендера	175
A4.1	Образец приглашения к участию в тендерах по контролю использования спектра ..	175
A4.1.1	Приглашение к участию в тендере по контролю использования спектра должно включать в себя следующее:	175
A4.2	Образец предложения претендента	178
A4.2.1	Введение	178
A4.2.2	Общие технические характеристики	178
A4.2.3	Системные функции	178
A4.2.4	Метод реализации системы	178
A4.2.5	Технические гарантии	178
A4.2.6	Подробное описание:	178
A4.2.7	Представление рекомендаций	179
A4.2.8	Структурные схемы системы	179
A4.2.9	Цена	179
A4.3	Образец формата контракта	179
A4.4	Оценка и сравнение предложений, заключение контракта	181
A4.4.1	Процедуры, определенные МСЭ	182
A4.4.2	Процедуры, определенные Всемирным банком ЗАТРАТЫ или ЦЕНА	182
A4.4.3	Процедуры для случая, когда закупающая администрация не должна соблюдать процедуры, определенные МСЭ или Всемирным банком	185
A5	Финальная (завершающая) стадия: Процедура принятия	185
A5.1	Заводские приемо-сдаточные испытания	185
A5.2	Процедура объектовых приемо-сдаточных испытаний	185
A5.2.1	Приемка (или предварительная приемка в случае предварительной и окончательной приемки)	185
A5.2.2	Окончательная приемка	186
	Дополнение 1 к Приложению 1 – Пример технического анализа предложений, подготовленный МСЭ	187
	Дополнение 2 к Приложению 1 – Пример коммерческих и юридических оценок, подготовленный МСЭ	192

A1 Вопросы, рассматриваемые Регуляторными органами перед объявлением тендера

Национальный орган по регламентарным вопросам в области радиосвязи должен разъяснять и применять положения Регламента радиосвязи (РР) МСЭ, которые имеют силу международного договора. Этот регламентарный орган также должен применять национальные положения, которые соответствуют национальным законам и разработанным на их основе правилам, относящимся к радиосвязи. Также должно обеспечиваться соблюдение соответствия положениям разрешений/лицензий различными пользователями беспроводной связи, рассредоточенными по всей стране. Организация, осуществляющая контроль использования спектра, представляет собой эксплуатационную исследовательскую организацию национального полномочного органа, которая предоставляет практические данные, относящиеся к управлению использованием спектра, включая управление и регулирование беспроводных сетей с целью обеспечения работы всех сетей без помех.

Организация, осуществляющая контроль использования спектра, уполномочена со всей необходимой ответственностью способствовать эффективному последовательному и широкому применению радиосвязи в стране. Нижеследующие проблемы относятся к планированию, координации и регулированию использования радиочастотного спектра на национальной основе:

- a) Оптимизация использования радиочастотного спектра путем следования новейшим международным стандартам и установившейся практике в отношении управления использованием спектра и функций контроля использования спектра;
- b) Использование и защита орбитальных/частотных ресурсов для национальных спутниковых и прочих космических систем путем опубликования, заявления и регистрации национальных систем в МСЭ и непрерывного обеспечения защиты от новых систем других стран;
- c) Определение потребностей в спектре для новых беспроводных сетей, и присвоение им подходящих частот(ы), мощности, ширины полосы, параметров излучения, часов работы и других технических параметров в соответствии с эксплуатационными, регуляторными и административными положениями;
- d) Разрешение установки и функционирования радиостанций путем точного определения всех необходимых технических и эксплуатационных параметров, таких как рабочая частота, мощность, характеристики излучения, часы работы и т. д.;
- e) Установление регуляторных положений, технических параметров и стандартов, регулирующих использование каждой полосы частот или конкретной частоты станциями различных служб радиосвязи, с учетом современных международных регламентов и соглашений;
- f) Проведение специальных координационных работ для использования радиосистем/оборудования в особых условиях, таких как стихийные бедствия и т. д.;
- g) Сохранение и обновление всей информации о разрешенных системах радиосвязи, такой как частоты, местоположения станций, мощность, позывные и т. д.

Контроль использования спектра выполняет все эти функции, поскольку он является важной составной частью процессов управления использованием спектра. Он играет значительную роль в планировании, проектировании, обеспечении электромагнитной совместимости и соответствия разрешенным/лицензированным параметрам. В действительности, контроль использования спектра называют глазами и ушами управления использованием спектра.

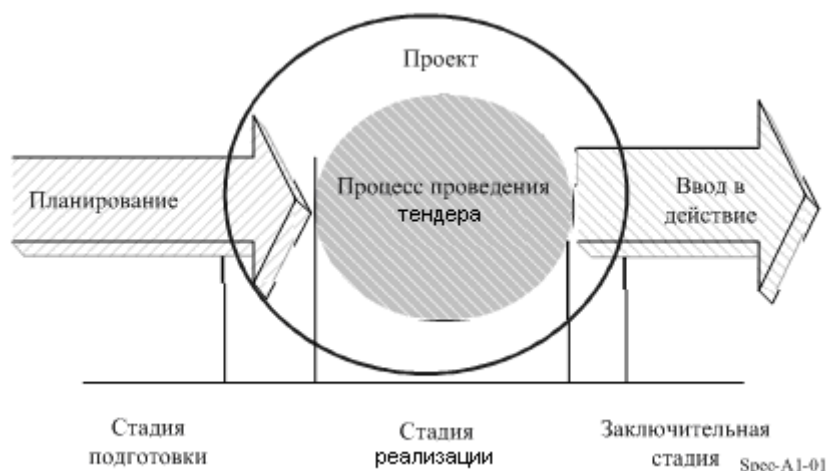
В других главах Справочника по контролю использования спектра приведено множество подробных описаний всех типов станций, оборудования и процедур контроля. В данном Приложении дается обзор методов планирования, исследований и процедур, необходимых для разработки систем контроля как на национальном уровне, так и для фиксированных или подвижных станций контроля.

Если радиочастотный спектр должен использоваться справедливо, экономно, эффективно и рационально, то необходимо обеспечить соответствующую повторяемость частот, а также применение подходящего оборудования и системы контроля.

A2 Общий обзор процесса проведения тендера

Когда администрация страны принимает решение о создании общенациональной системы контроля использования спектра, новой локальной станции контроля, или всего лишь одной подвижной измерительной системы, работа над проектом создания для достижения поставленной цели делится на три этапа (см. Рисунок A1-1).

РИСУНОК А1-1
Три стадии создания проекта



Этап подготовки – планирование:

- Концепция системы контроля использования спектра.
- Исследование возможности реализации.
- Бизнес-план.
- Планирование системы.
- Спецификации для систем.

Этап реализации-процессы тендера:

- Приглашение к началу тендеров по публичным торгам (рассмотрение компетенции претендентов, вопросы дисквалификации по несоответствию условиям контракта).
- Приглашение принять участие в торгах (включая разъяснение спецификации для претендентов).
- Представление предложений претендентами.
- Оценка полученных предложений (включая запрос на разъяснение).
- Решение о подписании контракта.
- Подписание и вступление в силу контракта.

Финальный (завершающий) этап – Процедура приемки работ, эксплуатация:

- Процедуры заводской, предварительной и окончательной приемки.
- Обучение, техническое обслуживание и поставка запасных частей.
- Начало эксплуатации.

А3 Подготовительный этап: планирование

В данном разделе описываются различные этапы, которые могут привести к проведению тендеров на полностью новую систему контроля использования спектра или на ее часть(и), результатом которых является, в итоге, поставка оборудования.

В том случае, когда требуется заменить только часть существующей системы или отдельное оборудование, некоторые из этих этапов не требуются.

В том случае, когда требуется полностью новая система контроля использования спектра, необходимо проработать множество фундаментальных требований, для того чтобы получить систему контроля использования спектра, которая отвечала бы требованиям к контролю, предъявляемым регуляторным органом, имеющемуся бюджету и т. д.

Далее описаны следующие этапы:

- Концепция системы контроля использования спектра
- Исследование возможности реализации
- Бизнес-план
- Планирование и проектирование системы
- Разработка спецификаций для системы.

A3.1 Концепция системы контроля использования спектра

Как представлено в Главе 1 данного Справочника, управление использованием спектра описывается, как полный процесс, который регулирует и управляет использованием радиочастотного спектра. Цель управления использованием спектра состоит в том, чтобы обеспечить максимальную эффективность использования спектра и свести помехи к минимуму. Правила и положения, основанные на соответствующем законодательстве, образуют нормативно-правовую базу для управления использованием спектра. Информационные базы данных, содержащие данные обо всех санкционированных пользователях спектра, образуют административную и техническую основу для этого процесса. Анализ информации в этих базах данных упрощает процесс управления использованием спектра и позволяет принимать решения по распределению спектра, присвоению частот и лицензированию. Помимо всего прочего, контроль использования спектра предоставляет необходимые средства для сохранения целостности процесса управления использованием спектра, и его можно определить как процесс наблюдения за радиочастотным спектром и предоставления отчетов о его использовании.

При определении концепции работы, необходимо рассмотреть следующие элементы:

- Автоматизация процесса управления данными и контроля использования спектра с применением соответствующего компьютерного программного обеспечения. Компьютерное программное обеспечение и оборудование для контроля использования спектра являются специализированными. Следовательно, для этих работ важно предоставление соответствующих материалов.
- Разработка устройств автоматизированного контроля использования спектра, наблюдения радиошума и радиопеленгации, как в стационарном, так и в подвижном вариантах (с возможностями работы до 3 ГГц).
- Специальные средства контроля для микроволновых и других более высоких полос частот и для специальных услуг (до 50 ГГц и выше).
- Разработка специальных средств спутникового контроля для геостационарных (ГСО) и негеостационарных (не-ГСО) спутниковых систем.
- Структура организации (персонала) и ее взаимодействие с другими организациями, в частности, путем управления использованием спектра.
- Существующая и требуемая инфраструктура.
- Обучение персонала для повышения профессионализма организации и наращивания потенциала и т. д.

Эти элементы рассматриваются в последующих разделах.

После того, как концепция работы определена необходимо проанализировать экономическую эффективность для оценки того, будут ли потребности администрации удовлетворены экономически эффективно. Это требуется всегда, вне зависимости от того, планируется ли новая система, или модернизация/модификация существующей.

A3.2 Исследование возможности реализации

A3.2.1 Цель исследования возможности реализации

Исследование возможности реализации – это фундаментальная основа процесса организации тендера. Такое исследование требуется для того, чтобы проанализировать различные возможности, изучить влияние новых разработок на будущие возможности измерений и найти наилучшее решение, включая оценку того, какое влияние на область ответственности управления использованием спектра будет оказано в том случае, если будет решено не покупать новое оборудование.

Это исследование должно также ответить на вопрос о том, какими будут преимущества, достигаемые в ходе технического развития, для органов власти, информационного общества и пользователей спектра?

Во время разработки технического плана измерительных устройств или систем контроля, необходимо учитывать технические возможности, срок жизни и ухудшение характеристик имеющихся устройств или систем.

В ходе планирования и разработки измерительных устройств или систем необходимо определить и учитывать следующие параметры:

- Области охвата контролем, основанные на:
 - области ответственности регуляторного органа,
 - размерах страны,
 - интенсивности использования спектра в стране,
 - потребности в других функциональных элементах процесса управления использованием спектра, таких как подразделения частотного планирования, лицензирования и охраны правопорядка,
 - ответственности службы контроля,
 - запланированное на будущее использование радиосвязи в стране.
- Задачи измерения, вытекающие из регуляторных потребностей.
- Технические спецификации оборудования для решения этих задач.
- Потребность в универсальной измерительной системе или в специально разработанных измерительных системах для выполнения специальных видов измерений.
- Количество и места размещения (удаленных) стационарных станций.
- Функции подвижных станций контроля.
- Количество и тип подвижных станций.
- Покупка готовой системы или комплектация системы из отдельных блоков.
- Интеграция в существующую систему или покупка автономной системы.
- Необходимость в дистанционном доступе к результатам измерений и/или к базам данных управления использованием спектра.
- Степень зависимости от одного поставщика.
- Цена и последующие затраты.

Глубина исследований возможности применения и затраты на внешних участников должны быть пропорциональны размерам инвестиций.

A3.2.2 Содержание и структура исследования возможности реализации

Для достижения цели исследования, в задании должны быть точно определены предполагаемая техническая цель, структура, процедура реализации, требуемые ресурсы (финансовые и людские), возможные альтернативы и ожидаемая дата выполнения задачи.

В отчете по исследованию должны быть даны подробные ответы по следующим темам:

- Определение предмета исследований.
- Нормативно-правовая среда и анализ рынка связи.
- Определение причин и целей исследования:
 - Основная информация и обоснование новой системы контроля.
 - Структура системы контроля, которая должна быть реализована.
 - (Новые) задачи для службы контроля, включая диапазоны частот, которые она должна охватывать, и т. д.
 - Существующее оборудование, которое устарело и не обеспечивает выполнение требуемых измерений.
 - Возможность применения и интеграции существующего измерительного оборудования
 - Предоставление услуг контроля с использованием современных в техническом плане систем.
 - Повышение эффективности и продуктивности работы персонала станций контроля.
 - Число сотрудников, требуемое для работы на новой системе.

- Требуемая техническая квалификация персонала.
- Системы информатики и управления данными.
- Экономические расчеты.
- Варианты реализации проекта.
- Ожидаемые будущие разработки.
- Временной график исследования.
- Планирование ресурсов:
 - Людские ресурсы (для этапов подготовки, внедрения и эксплуатации).
 - Финансовые ресурсы (для этапов подготовки, внедрения и эксплуатации).
- Управление рисками:
 - Определение факторов риска,
 - Классификация рисков,
 - Анализ последствий рисков,
 - На основании анализа, выбор соответствующей политики управления рисками.

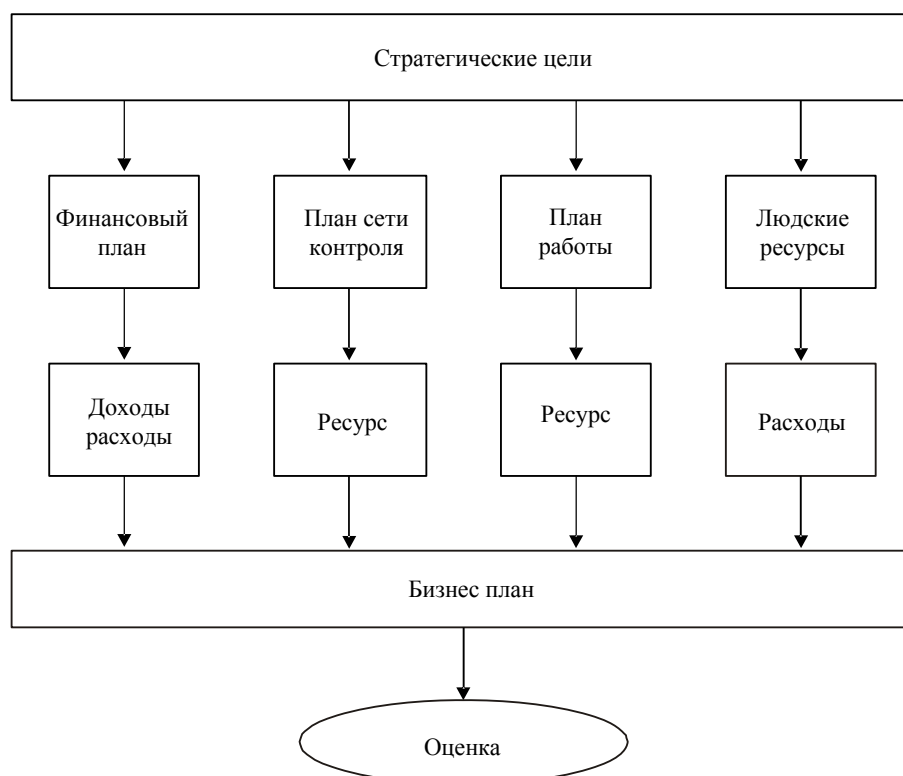
А3.3 Бизнес-план

Исследование требований к системе выполняется либо администрацией, либо консультантами.

Тендер может также потребоваться в случае замены оборудования и в том случае, когда требуется модификация для некоторых частей процесса (см. Рисунок А1-2).

РИСУНОК А1-2

Бизнес-план контроля и управления использованием спектра на национальном уровне



Спец-А1-02

А3.4 Системное планирование и проектирование

В этом разделе предлагаются технический подход и методология для определения перечня условий для организации национальной системы управления и контроля использования спектра, которая учитывает цели, описанные в предыдущих главах. Точно также описанные здесь принципы позволяют сформировать построенную на базовых функциях структуру управления использованием спектра с целью достижения всего, что описано в Справочнике МСЭ-R по управлению использованием спектра на национальном уровне.

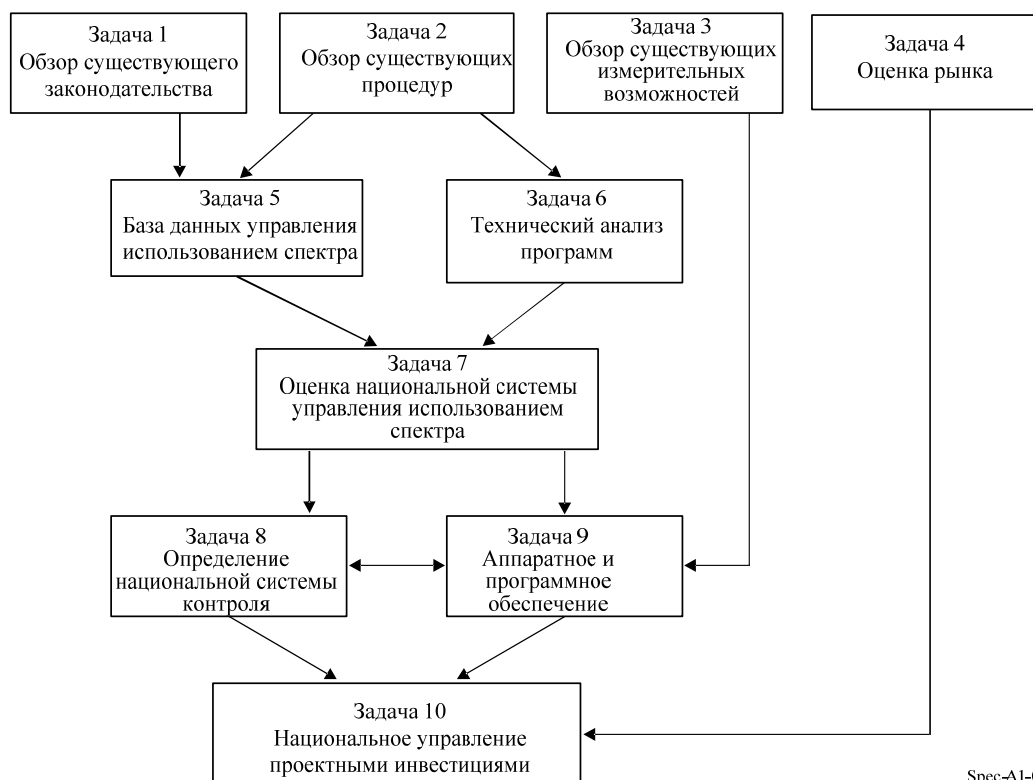
Некоторые функции этой структуры объединяются или, наоборот, разделяются согласно обычаям и ресурсам страны, оказывая влияние на размер данной организации.

Методика, описанная на Рисунке А1-3, основана на десяти различных задачах, учитывающих все правовые и технические аспекты, обусловленные условиями глобального управления использованием спектра.

В данной модели тендера подразумевается, что расходы на оплату пользования землей, строительство сооружений и коммунальных услуг (водоснабжение, канализация, телефон, электричество, топливо и т. д.) несет организация, организующая тендер.

РИСУНОК А1-3

План управления использованием и контроля спектра на национальном уровне



Spec-A1-03

А3.4.1 Обзор существующего законодательства (и правовых аспектов)

Задача 1 дает возможность администрации ознакомиться с новым и существующим на региональном и всемирном уровнях законодательством, управляющим использованием спектра. На основании этих исследований, а также знания действующего в стране законодательства, может быть сформирована соответствующая национальная законодательная база.

A3.4.2 Обзор существующих процедур (и методик)

Эта задача (Задача 2) должна учитываться лицами, ответственными за управление и контроль использования спектра. При ее выполнении нужно рассмотреть и оценить планируемую работу организации регулирования, а также функции управления. Должна быть разработана концепция, которая надлежащим образом гармонизирует запросы на лицензии, распределение и выделение частот, а также связанные с этим платежи. Эта информация будет использоваться для разработки общей системы обработки данных, соответствующей потребностям управления и контроля использования спектра.

A3.4.3 Обзор существующих измерительных возможностей

Во время этапа планирования разработки должны быть рассмотрены возможности существующих измерительных устройств и их соответствие требованиям. Должно быть принято решение о том, какие конкретные возможности являются достаточными для поддержания уровня, требуемого в настоящем, а какие должны быть улучшены в ходе проекта, для того чтобы отвечать будущим потребностям в измерениях.

Кроме того, должна быть рассмотрена возможность интеграции нового закупаемого оборудования в существующую(ие) систему(ы).

Дополнительно должны быть рассмотрены будущие потребности в рабочей силе с учетом новых измерительных задач.

A3.4.4 Оценка рынка

Использование и потребительские свойства радиочастотного спектра является важнейшим условием для хорошей работы рынка связи. Учитывая, что радиочастотный спектр является природным ресурсом, удовлетворение растущего спроса на рынке связи возможно только путем применения новых технологий модуляции (например, переход на цифровые технологии) и открытия новых диапазонов частот. В процессе планирования и разработки системы контроля использования спектра, разработчики должны иметь полную информацию о долгосрочных потребностях рынка связи, характеристиках новых технологий модуляции и новых диапазонов частот, ожидающих своего открытия. Учитывая быстрое развитие систем измерений, следует прилагать усилия, для того чтобы новая система не устарела бы очень быстро после начала работы.

A3.4.5 База данных управления использованием спектра

База данных управления использованием спектра даст возможность качественно выполнять объемный анализ данных. Это необходимо для эффективного управления использованием спектра в стране. Здесь предполагается анализ данных, существующих на бумажных или электронных носителях, и их интеграция в новую систему обработки информации, которая рационализирует потоки информации и обеспечит ее хранение (см. Рекомендацию МСЭ-R SM.1413 – Словарь данных по радиосвязи для целей заявлений и координации).

A3.4.6 Технический анализ программ

Следует определить необходимые функциональные особенности и модули применения, которые должны включать/подразумевать в основном следующие аспекты:

- Присвоение частот;
- Технический анализ систем;
- Помехи и электромагнитная совместимость;
- Расчет выручки от роялти;
- Инспекционный контроль;
- Ратификация – одобрение;
- Отчеты/соотношения.

Эти модули прикладных программ должны быть непосредственно связаны с базой данных административного управления. В Главе 7 Справочника МСЭ-R "Управление использованием спектра на национальном уровне" содержится перечень необходимых требуемых основных и дополнительных модулей.

A3.4.7 Оценка национальной системы управления использованием спектра и определение национальной системы контроля

При решении этих задач определяются возможности контроля использования спектра и требования к эффективной системе контроля на национальном уровне. В идеале, регуляторная система требует создания и национальных, и региональных административных учреждений и различных типов станций контроля. В некоторых случаях эти учреждения и станции контроля могут размещаться в одних и тех же зданиях, но не все станции контроля будут иметь одинаковое оборудование. От некоторых станций контроля потребуется контролировать спектр только в диапазонах ОВЧ/УВЧ, а другие будут контролировать частоты ниже ОВЧ и/или выше УВЧ. Определение местоположения неизвестных передатчиков и источников помех должно быть основным видом деятельности, требующим соответствующих возможностей по радиопеленгации, а для этого нужны подвижные станции.

Главными целями системы контроля являются поддержка основной деятельности, необходимой для национального управления использованием спектра, а также проверка соответствия региональным и всемирным распределениям, сделанным МСЭ, а также распределениям, осуществленным по двусторонним соглашениям. Для того чтобы быть эффективной, система контроля должна охватывать на постоянной основе все крупные населенные пункты страны. Задачи и действия, которые должны выполняться системой контроля, а также необходимое оборудование описаны в настоящем Справочнике. В виде документов будет представлена разработка технических спецификаций и функционирование национальной системы регуляторного контроля. Эти задачи должны учитывать также существующую и/или разрабатываемую базу данных управления использованием частот и связанные с ней пакеты прикладных программ, предназначенные для планирования, которые потребуются для проведения административной политики.

A3.4.8 Оценка аппаратного и программного обеспечения

В соответствии с потребностями в аппаратном и программном обеспечении для обработки данных, а также в оборудовании для транспортных средств инспекционного контроля, указанными в выводах по задачам 5, 7 и 8, эксперты, которые будут решать эти задачи, должны оптимизировать и/или указать полученные решения, основываясь на критериях расходов на техническое обслуживание/профессиональную подготовку.

A3.4.9 Управление проектом на национальном уровне

К моменту завершения проектирования сети, руководитель проекта, инженер по обработке данных и финансовый аналитик оценят капитальные затраты и потребности в инвестициях для сети контроля. Предполагается, что часть национальной сети может быть создана с использованием существующего оборудования или путем расширения существующей инфраструктуры. Кроме того, необходимо оценить бюджетные ограничения, которые могут быть наложены администрацией на программу использования спектра, чтобы разработать концепцию и спецификации системы, разработка которых укладывается в эти ограничения. В случае ограниченного бюджета комитет может рекомендовать разделить программу на этапы, которые будут соответствовать бюджетным требованиям, и удовлетворят безотлагательные потребности контроля использования спектра. В соответствии с этим исследованием (документ по проектным инвестициям) комитет готовит отчет по проекту с тендерной документацией для подачи в национальные полномочные органы.

A3.5 Разработка спецификаций для системы

A3.5.1 Национальные и региональные центры, станции контроля

Администрации небольших стран стремятся иметь национальный центр контроля и соответствующее количество фиксированных и/или подвижных станций контроля, которые управляются национальным центром контроля. Для администраций более крупных стран может быть желательным, в дополнение к национальному центру, иметь региональные центры контроля. В любом случае национальный центр контроля может включать также и национальный центр управления использованием спектра, с тем чтобы обеспечить интегрированное автоматизированное управление и контроль использования радиочастотного спектра.

Подвижные станции контроля дополняют сеть стационарных станций. На практике они имеют те же самые возможности измерения, что и стационарные станции, но их легко развернуть в любом месте страны, для того чтобы иметь возможность контролировать различные области.

В соответствии со своими функциями, некоторые подвижные станции контроля (мини-автобусы для анализа помех, измерения зоны покрытия, измерения радиорелейных сетей) имеют специальные средства измерения. Для определения типов и необходимого числа подвижных станций контроля на этапе планирования необходимо прилагать усилия для получения наиболее оптимальной системы и емкости измерений. В случае подвижных станций в качестве первого критерия для определения необходимого их числа необходимо брать требуемую частоту проведения измерений.

Используемое при планировании емкости системы измерения необходимое число стационарных станций зависит от размеров и рельефа зоны, а также от диапазона частот, в котором должен выполняться контроль использования спектра.

При проектировании подвижной станции контроля, должен быть найден компромисс между полным набором оборудования, бюджетом и ограничениям по весу и объему транспортного средства. Следовательно, необходимо решить, следует ли для решения поставленных задач приобретать транспортное средство общего назначения или специальное транспортное средство.

Кроме того, важным критерием является наличие в стране сервисных центров и поставки запасных частей для выбранных транспортных средств.

A3.5.1.1 Организация станции контроля, количество рабочих мест операторов и оборудование

Должны быть определены следующие пункты:

Центр управления/ станция контроля	Организация/задачи/средства/взаимодействие
Уровень иерархии	Национальный/региональный/локальный/другие
Распределение ответственности	Диапазон частот (например, от ОНЧ до ВЧ и/или ОВЧ/УВЧ и/или СВЧ) Службы, подлежащие контролю; зоны обслуживания Перечень станций контроля, непосредственно подлежащих контролю, а также подвижных станций контроля Перечень подчиненных центров управления более низкого уровня
Организация работы	Существующая компьютерная или сетевая архитектура(ы), программное обеспечение для автоматизации Для данного количества рабочих мест операторов указать: – Часы работы/количество смен – Категории операторов и разделение ответственности между ними – Задачи/отчеты/последующие процедуры по документам (указать) Методы и средства архивирования (данные, звуковые записи, интервалы и т. д.) Средства отчетности Проблемы и процедуры обеспечения безопасности
Описание рабочей позиции	Управление всеми или некоторыми функциями удаленных станций Программа или плановые автоматизированные задачи, выполняемые на удаленных станциях в автономном режиме Проведение расчетов местоположения и отображение результатов Доступ к базе данных для обращения к техническому файлу относительно управления использованием частот (интерактивность) Отображение географической информации Автоматизированная выдача отчетов Ожидаемое время ответа (указать для каждого задания) Максимальное число одновременно осуществляемых сеансов связи с удаленными станциями и типы связи (передача данных, речевая связь, звуковое вещание и т. д.) Максимальное число записей, производимых одновременно (при выполнении в центре управления) Интерфейс человек-машина: язык(и), операционная система и базы данных
Взаимодействие с системой управления использованием частот	Имеется ли компьютеризованная система управления использованием частот? Если да, то какая? Требуется ли взаимодействие с системой управления использованием частот? Доступность местной базы данных управления использованием частот
Географическая информационная система (ГИС)	Какая географическая информационная система доступна и в каком формате может использоваться для интеграции? 2-D (карта дорог, административная карта, топографическая карта), векторный и /или растровый формат 3-D (цифровая модель рельефа местности) Используемые координаты (UTM, географические и т. д.), масштабы и разрешение, требуемые зоны

Центр управления/ станция контроля	Организация/задачи/средства/взаимодействие
Связь	а) Средства для операторов: – Факсимильная связь/телекс/телефон/интернет (индивидуальный или совместного пользования) – Электронная почта (с рабочими местами, центром(ами) управлениями, станцией(ями), системой управления использованием частот и т. д.) – Средства радиосвязи (общего пользования, частные, ВЧ, ОВЧ/УВЧ, СВЧ) б) Средства для удаленных станций или других центров управления: – Частные сети – Частные сети связи пункта со многими пунктами (радио/микроволновые/ТСОП/ЦСИС/аналоговые или цифровые арендованные линии/X.25/VSAT, интернет и т. д.) – Скорость и ширина полосы частот

А3.5.1.2 Задачи измерений

Следует отметить, что каждая страна должна сама определить задачи измерений и соответствующие диапазоны частот, которые должны быть охвачены.

Для того чтобы определить необходимые характеристики измерительного оборудования на каждом рабочем месте оператора, следует уточнить следующие данные:

Измерение частоты

- диапазон частот;
- требуемая точность – имеется ли стандарт центральной частоты;
- классы излучения (метод измерения).

Измерение напряженности поля и плотности потока мощности

- количество и методы измерений на стационарных станциях и на подвижных станциях;
- требуемая точность;
- диапазон частот;
- специальные измерения: измерения зоны покрытия (измерения вдоль маршрута), измерения диаграммы направленности антенн (например, с вертолета).

Измерение занятости спектра, включая занятость канала

- ВЧ, ОВЧ/УВЧ излучения;
- технические спецификации каналов: ширина полосы частот, разнесение, тип модуляции;
- продолжительность записи занятости: непрерывная, время от ... до ..., определенные дни, распределение результатов сканирования;
- требуемая скорость сканирования (программное обеспечение);
- дополнительная информация, подлежащая записи (например, позывные, автоматическое опознавание/декодирование).

Измерение ширины занимаемой полосы

- методы измерений $\beta/2$ и/или "х дБ" с использованием анализатора спектра или программного обеспечения;
- прочие методы.

Измерение модуляции

- глубина модуляции;
- девиация частоты;

- коэффициент ошибок по битам (КОБ);
- другие параметры качества;
- диаграмма спутниковой группировки.

Измерения при радиопеленгации и определении местоположения

- концепция системы;
- тип станции: фиксированная, подвижная и класс точности;
- диапазон частот
- определение местоположения (с помощью триангуляции или SSL) с использованием необходимых цифровых карт местности;
- время отклика;
- пространство, необходимое для антенны радиопеленгатора;
- отображение пеленгов на цифровых картах.

Измерение при идентификации

- классы излучения;
- идентификация (например, декодирование) различных передач;
- "электронная дактилоскопия"/индивидуальные характеристики огибающей передатчика.

Контроль излучений космических аппаратов

- измерение частоты, ширины полосы частот, плотности потока мощности;
- определение орбитальных позиций;
- занятость полос частот на орбитальных позициях.

Мультимедийное вещание

- наземный или спутниковый тип вещания;
- качество принимаемого сигнала (потребности в специальном оборудовании)/декодирование;

Сотовые сети, которые требуется контролировать:

- параметры системы для определения типа сети;
- напряженность поля;
- параметры качества (например, RxQual/CIR/КОБ);
- дополнительная информация, например "хэндовер-передача обслуживания" для сотовой радиосвязи;
- количество каналов;
- максимально допустимое расстояние между пунктами измерения;
- максимальное расстояние между пунктами измерения на одной и той же частоте/канале (справедливо для всех разрешенных скоростей);
- требуется ли специальный инструмент для оценки полученных данных, и желательно ли объединить эту систему с подвижной системой контроля (нанесения на карты)?

Микроволновые линии связи, включая спутниковые линии

Приемное и измерительное оборудование в диапазоне от 1 до 50 ГГц и для каких служб оно используется?

A3.5.2 Общие спецификации оборудования

В отношении выбранных измерений: выбрать оборудование, позволяющее производить эти измерения в каждом центре контроля, на стационарной (удаленной) и /или подвижной станции контроля.

a) Концепция системы и архитектура центра, станция, средства связи, программное обеспечение.

Эксплуатационные характеристики станции контроля непосредственно зависят от качества антенн, приемников или измерителей напряженности поля и радиопеленгаторов.

b) Антенны

Для того чтобы определить тип и количество антенн для каждой станции в соответствии с выбранными измерениями, необходимо знать следующую информацию:

- базовая информация
 - поляризация (разнесение) и диапазоны (поддиапазоны) частот,
 - приблизительное расстояние до района, подлежащего контролю (радиус),
 - географическое направление антенн (градусы),
 - расстояние между антеннами и системой распределения сигналов.
- Система распределения сигналов
 - диапазон частот,
 - количество подключений приемников на антенну.
- Количество антенн, если требуется разнесение антенн
 - режим работы системы распределения сигналов: ручной, полуавтоматический или автоматический.
- Всенаправленные и дипольные антенны
 - активные приемные антенны,
 - передающие/приемные антенны,
 - антенны систем управления воздушным движением.
- Направленные антенны
 - логопериодические антенны с линейной поляризацией,
 - логопериодические антенны с двойной поляризацией,
 - параболические антенны и облучатели.

Для всех антенн: диапазон частот (от 10 кГц до 50 ГГц или выше); идентификация типов антенн в сотрудничестве с поставщиком системы.

c) Приемники, радиопеленгаторы

- диапазоны частот,
- количество каналов приема,
- аналоговый или цифровой тип,
- ручное или автоматическое управление (компьютеры, программное обеспечение).

d) Дополнительное оборудование

Некоторое дополнительное оборудование даст возможность более эффективной работы станции контроля. Одним из примеров является оборудование для подготовки отчетов: копировальные аппараты, осциллографы, аудио-видео записывающая аппаратура, принтеры и т. д. или:

- стандартная частота (10 МГц) и время (рубий, GPS или ГЛОНАСС),
- кондиционер.

Для подвижного контроля:

- система навигации и позиционирования (система счисления пути, GPS, ГЛОНАСС (или другая), или комплексная система навигации);
- компас для определения азимута.

A3.5.3 Транспортные средства и устройства контроля использования спектра

Подвижные станции контроля в полосах ОВЧ/УВЧ должны быть разработаны и установлены на транспортном средстве и должны быть полностью оснащены всем необходимым оборудованием контроля, контрольными антеннами, модемом(ами) антенной(ами) связи, приемником GPS и антенной GPS, кабелями присоединения, источниками питания, приборными шкафами и стойками монтажной арматуры, интерфейсами и оконечными блоками, которые образуют целостную и автономно работающую систему, а также представляет собой надежный компонент, который является составной частью государственной системы контроля использования спектра. Транспортное средство может быть также оборудовано переносными измерительными инструментами для выполнения точечного контроля или для точного определения места размещения источника помех.

При покупке транспортного средства следует учитывать следующие возможности:

- Тип транспортного средства (мини-автобус, джип, легковой автомобиль);
- Тип двигателя (бензиновый, дизельный);
- С приводом на четыре или на два колеса;
- Размер и вес.

A3.5.4 Программное обеспечение

Система управления и система контроля будут содержать значительный объем программного обеспечения, предназначенного для решения задач автоматизации, обработки, оценки и анализа помех. Использование программного обеспечения для сохранения результатов контроля использования спектра в реляционных базах данных и сравнение этой информации с центральной базой данных санкционированных пользователей позволит значительно сэкономить время исследований и, одновременно, повысить их точность.

Прикладные компоненты системы контроля и управляющее программное обеспечение должны разрабатываться в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R, в частности, с Рекомендацией МСЭ-R SM.1537, Справочник по Управлению использованием спектра на национальном уровне (2005 г.) и соответствующими рекомендациями Справочника по контролю использования спектра.

Компоненты прикладного программного обеспечения для контроля использования спектра:

- Программное обеспечение цифровых карт.
- Программное обеспечение радиопеленгации (интегрированное в программное обеспечение цифровых карт).
- Программное обеспечение управления базами данных.
- Программное обеспечение интеллектуальной системы архивации.
- Программное обеспечение интерфейса между базой данных лицензий и результатами контрольных измерений.
- Программное обеспечение оценки результатов измерений (фильтры данных, постобработка и графические дисплеи данных, автоматические эталонные значения и исследование на соответствие базе данных лицензий).

Прикладное программное обеспечение контроля должно иметь удобный в использовании дизайн и должно быть подробно описано в соответствующих справочниках и руководствах.

A3.5.5 Общие требования к блокам систем контроля использования спектра

В Техническом приложении, описывающем Приглашение к участию в тендере, определяются и публикуются задачи измерений, требуемое оборудование и предполагаемые минимальные технические требования.

Оптимальное число фиксированных, подвижных или портативных измерительных систем и разделение между ними задач измерений должно быть определено в процессе планирования реализации проекта. Более подробная информация о технических требованиях к блокам системы контроля содержится в Главе 3 данного Справочника.

A3.5.6 Спецификации услуг

A3.5.6.1 Обследование площадки

От расположения системы контроля использования спектра во многом зависит ее эффективность и связанные с этим расходы. Расположение определяется географическими, топографическими и климатическими условиями, включая местные шумы, а площадки для размещения станций должны выбираться очень тщательно, поскольку это будет гарантировать требуемое качество работы всей системы.

Как правило, изучение места расположения выполняется пользователем. После этого должны быть представлены документы, результаты измерений, топографические карты и т. д.

При разработке концепции работы системы должно быть принято решение о количестве отдельных станций и их задачах, а выбор мест расположения может быть сделан в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R. В ВЧ диапазоне места расположения станций могут выбираться путем оценки прогнозов распространения радиоволн, полученных с помощью компьютеров, но все же необходимо провести дополнительные измерения на месте.

A3.5.6.2 Линии и сеть электросвязи

- Предполагается ли установить линии связи между отдельными станциями? Если да, то, какого типа (физические линии, радиолнии, радиорелейные линии)? Предоставит ли их администрация? Имеются ли доступные линии электросвязи?
- Что должно передаваться по этим линиям (голос, музыка, данные)?
- Подробные сведения о линиях: тип (телефонная сеть общего пользования с коммутацией каналов, выделенная сеть связи, выделенная линия электросвязи с интерфейсами, соответствующими Рекомендациям МСЭ-T (например, V.24), качество (скорость передачи в бодах, бит/с), протяженность, система (двухпроводная, четырехпроводная).
- Подробные сведения о радио или радиорелейных линиях связи: частота, режим, ширина полоса пропускания канала и приемопередающая система. Если есть компьютеры, то они должны быть интегрированы в систему, следовательно, необходимо располагать подробными данными об их типе, объеме памяти, условиях интерфейсов, периферийных устройствах и программном обеспечении. Передатчик (или передатчики) в нормальных условиях должен управляться дистанционно, во избежание помех работе станции контроля.
- Описание структуры: из-пункта-в-пункт, из-пункта-во-множество-пунктов, кольцо, звезда.
- Требуется ли маскировка или шифрование?

A3.6 Профессиональная подготовка

Для того чтобы эффективно использовать средства контроля, важно разработать всеобъемлющую программу профессиональной подготовки. Претенденты должны обеспечить требуемое обучение персонала в виде аудиторных занятий и без отрыва от производства, либо в стране, либо за рубежом. Ниже перечислены две составляющие этой программы профессиональной подготовки:

Заводское обучение должно проводиться на заводе поставщика на оборудовании, идентичном тому, которое приобретается администрацией. Аудиторные занятия должны включать курс основ контроля использования спектра и основ управления использованием спектра, читаемый преподавателями с соответствующей квалификацией и личным опытом.

Обучение на объекте должно проводиться на средствах контроля, принадлежащих администрации, после установки оборудования. Большая часть времени должна использоваться для изучения на месте задач контроля по нарастающей сложности. Должен быть прочтен также заключительный информационный курс о том, как должна использоваться информация о контроле для подтверждения правильности контроля использования спектра на национальном уровне.

Количество и квалификация лиц, участвующих в профессиональной подготовке, а также место проведения и продолжительность обучения должны обсуждаться. Это приводит к отдельным курсам профессиональной подготовки на различных уровнях.

A3.7 Техническое обслуживание и ремонт

В любом случае должна быть разработана концепция проведения технического обслуживания и ремонта, например, что следует ремонтировать на месте, что в централизованном порядке и что силами изготовителя(ей)?

В отношении наличия запасных частей необходимо предусмотреть следующее:

- a) отдельная деталь;
- b) узлы (например, схемные платы);
- c) целые монтажные стойки или съемные блоки;
- d) оборудование, обеспечивающее бесперебойную работу станции. Не забывая о среднем времени наработки на отказ (MTBF).

Необходимо также проверить период времени, на который рассчитывается обеспечение запасными частями, не забывая о различных значениях среднего времени наработки до ремонта (MTTR).

A3.8 Документация

Документация на оборудование/систему предоставляется на необходимом языке(ах).

Подробная документация должна быть предоставлена в качестве части проекта.

A4 Этап реализации: процессы тендера

A4.1 Образец приглашения к участию в тендерах по контролю использования спектра

В зависимости от типа процедуры проведения тендера, приглашение к участию в тендере по контролю использования спектра представляет собой объявление, которое приглашает претендентов выполнить проект. Как правило, национальным законодательством предписан его вид, требуемое содержание и правила применения процедуры проведения тендера. Приглашение к участию в тендере дает краткое описание основ проекта, объема работы и обязанностей претендентов и заказчика. Оно может также содержать данные обследования площадок и некоторые сроки для уточнения тендерной документации. Технические требования системы контроля подробно описываются в приложении к приглашению к участию в тендере.

Процедуры проведения тендера, включая публикацию, зависят от национального законодательства.

A4.1.1 Приглашение к участию в тендере по контролю использования спектра должно включать в себя следующее:

A4.1.1.1 Вводная часть

Этот раздел тендерной документации содержит информацию, необходимую претендентам для подготовки и представления конструктивных предложений, которые соответствуют требованиям покупателя. Во вводной части описываются важнейшие этапы представления заявки, вскрытия заявок и их оценки. А также правила подписания контракта.

- Доступность данных от заказывающей администрации, которая опубликовала приглашение к участию в тендере на поставку и установку новой системы.
- Описание проекта.
- Доступность и иногда цена технического приложения пригласительного документа.
- Инструкции относительно требуемого формата и содержания тендерной документации.

Очень важно ясно и разборчиво заполнять регистрационные формы, поскольку это гарантирует, что зарегистрированный претендент получит информацию обо всех возможных модификациях, дополнениях или разъяснениях относительно содержания тендерной документации.

- Условия участия и обязательная предварительная оценка того, что претенденты обладают финансовыми, техническими и производственными возможностями выполнить контракт и отвечают определенным квалификационным критериям:
 - Подтвержденные рекомендации (опыт выполнения аналогичных контрактов с перечислением названия предыдущих клиентов)
 - Квалификация персонала, оборудование и средства для строительства ли производства
 - Финансовая и экономическая стабильность
 - Система гарантии качества.

– Разрешение производителя, если производитель не является поставщиком.

– Запросы:

Претенденты, которым требуются какие-либо разъяснения относительно приглашения к участию в тендере, должны направить свои запросы по факсу или электронной почте:

- Название, адрес и средство электросвязи.
- Финальная дата для представления письменных запросов претендентами (до проведения претендерного совещания).
- Финальная дата отправления соответствующих ответов от администраций всем зарегистрированным претендентам.

– Претендерное совещание (дата, время и место проведения совещания по разъяснению, как правило, не менее чем за три недели до окончательного срока подачи заявок).

Претендент должен взять на себя все затраты, связанные с подготовкой и подачей своей заявки, и покупатель ни в коем случае не должен нести ответственность за эти расходы

– Техническое посещение мест установки:

Два варианта:

Вариант 1: Претенденты, которые считают нужным, могут выполнить осмотр площадки, для того чтобы удостовериться в том, что оборудование, которое они собираются предложить, соответствует требованиям к тендеру. Затраты на посещение площадки или площадок должен нести сам претендент.

Вариант 2: Во многих тендерах закупающая администрация требует, чтобы претенденты посетили площадки. По каждой осмотренной площадке администрация предоставляет официальный отчет о площадке, подписанный обеими сторонами. Эти документы должны быть представлены вместе с предложением. Невозможность претендента посетить площадку является причиной для дисквалификации.

– Инструкции для претендентов:

Тендерная документация должна содержать всю информацию, необходимую для того, чтобы потенциальный претендент подготовил заявку на оборудование и работы, которые должны быть выполнены. Ожидается, что претенденты изучат все инструкции, формы, условия, спецификации и другую информацию в тендерной документации. Невозможность представить всю информацию или представить заявку, которая не во всех отношениях отвечает требованиям тендерной документации, будет рискованно для претендента и может привести к невозможности рассмотрения его заявки.

– Подача предложений:

- Адрес для представления заявки;
- Количество оригиналов и копий тендерной документации;
- Заверение заявки подписью лица, обладающего полным правом подписи от имени претендента;
- Опечатавание и маркировка заявок;
- Крайний срок представления заявки (любая заявка, полученная покупателем после крайнего срока представления заявки, отклоняется и возвращается претенденту невскрытой);
- Язык и оформление заявки (рабочий язык, техническая документация, содержащая заявку, справочники и инструкции, интерфейс программного обеспечения и т. д.).

– Формы заявок

– Предложение, цены и валюты;

– Соответствие международным стандартам, удовлетворяющим требованиям рекомендаций МСЭ по данному вопросу;

– Современный проект и использование новейших методов (высокий стандарты качества и надежности);

– Доставка;

- Гарантии;
- Конкретная информация, которая должна содержаться в предложении.

В соответствии с национальными законами и принципами, применяемыми администрациями: "Предложения должны содержать следующую информацию, но не обязательно должны ею ограничиваться":

Например:

- Предлагаемая организация работы (организационная(ые) схема(ы), план работ и т. д.)
- Подробное описание плана работ и окончательной поставки продукции.
- Имена и анкетные данные всех работников, выполняющих определенные задачи.
- Декларация соответствия/не соответствия.
- Отклонения от спецификаций, в частности, если претендент может подтвердить, что предложенная им альтернатива будет во всех отношениях также соответствовать требованиям и будет также способна удовлетворять потребности администрации, полностью отвечая техническим спецификациям. Такое альтернативное предложение должно быть полностью объяснено.
- Обучение без отрыва от производства. Предложение должно четко указывать: анкетные данные обучающего персонала, задачи, целевая группа, желаемая квалификация в начале обучения и число слушателей.
- Гарантия предложения (здаток заявителя или банковская гарантия).
Этот документ содержит гарантии от банка претендента: в том случае, когда клиент откажется от условий, предложенных в его заявке в течение ее срока действия, банк уплатит закупающей организации стоимость гарантии (обычно от 2% до 5% от цены, предложенной претендентом).
- Гарантия успешного выполнения работ (будет требоваться только от победившего претендента).
- Срок действия предложений. Предложения должны действовать в течение определенного времени после крайнего срока представления документов, указанного покупателем.
- Оригинал технических и коммерческих предложений должен быть подписан официальным лицом, имеющим право подписывать контракты от имени претендента; как правило, должна быть заверена каждая страница оригинала.

– Оценка предложений:

- Дата, время и место вскрытия запечатанных предложений;
- Подробное описание правил учета и метода оценки предложений.

– Условия дисквалификации:

- Предложение отклоняется, если оно является не полным, например, отсутствует гарантия заявки или срок действия предложения.

Заявки могут быть отклонены:

- После того, как техническая оценка покажет, что один или несколько рекомендованных технических параметров оказываются менее минимального требования, указанного в запросе тендерной документации.

Претенденты должны быть уведомлены о принятом решении в течение времени, указанного в тендере, или времени, определенного законодательством (по факсу и затем письмом).

A4.1.1.2 Основные статьи контракта

- Предмет контракта,
- Обязанности заказчика,
- Обязанности претендента,
- Условия оплаты: сроки и способ оплаты,
- Условия гарантии,
- Процедуры в случае нарушения контракта,
- Процедуры на случай *форс-мажорных обстоятельств*,

- Процедуры разрешения спорных случаев,
- Работа с конфиденциальной информацией,
- Изменения контракта,
- Другие инструкции.

A4.1.1.3 Технические требования

- Предмет тендера,
- Описание системы,
- Дополнения, т. е. что будет включать в себя проект, например программное обеспечение, инфраструктура, услуги.
- Другое дополнение, например, гарантийное обслуживание, запасные части, поддержка и обновление программного обеспечения.
- Минимальные технические требования для каждого параметра системы и каждого средства измерений.

A4.2 Образец предложения претендента

A4.2.1 Введение

- Представление претендента и описание его квалификации,
- Преимущества предлагаемой системы,
- Как приспособить предлагаемую систему для удовлетворения будущих потребностей,
- Возможности интеграции в существующую систему заказчика,
- Возможность участия в дальнейшем развитии,
- Список предлагаемых субподрядчиков,
- Срок действия предложений.

A4.2.2 Общие технические характеристики

- Выполняемые задачи измерений (например, в соответствии с действующими стандартами),
- Рабочий диапазон частот,
- Точность измеренных данных.

A4.2.3 Системные функции

- Характеристики системы,
Информация о том, как они соответствуют техническим требованиям к тендеру.

A4.2.4 Метод реализации системы

- Обозначение местных субподрядчиков, установок и начала работы.

A4.2.5 Технические гарантии

- Срок гарантии (на систему, программное обеспечение),
- Период поставок запасных частей после окончания гарантийного срока.

A4.2.6 Подробное описание:

- Выполняемые задачи,
- Представление поставляемой продукции,
- Общие характеристики системы,
- Технические спецификации каждого измерительного инструмента системы,

- Настройки в соответствии с требованиями,
- Дистанционное и местное управление,
- Сохранение и передача данных,
- Возможности для дальнейшего развития,
- Характеристики программного обеспечения и интеграция с управлением использованием спектра,
- Решения для энергоснабжения,
- Типы и характеристики антенн,
- Тип(ы) и технические данные транспортных(ого) средств(а),
- Решения, касающиеся здравоохранения и безопасности,
- Калибровка и самотестирование,
- График реализации и сроки поставки,
- Ожидаемые задачи от заказчика,
- Профессиональная подготовка,
- Решение спорных вопросов,
- Другое. (например, предложение по контрактам на техническое обслуживание и программное обеспечение).

A4.2.7 Представление рекомендаций

- Финансовая и экономическая стабильность,
- Заверенные рекомендации,
- Система контроля качества,
- Копия регистрационных документов компании,
- Разрешение производителя,
- Перечень утвержденных субподрядчиков.

A4.2.8 Структурные схемы системы

A4.2.9 Цена

- Отдельные цены и суммарная цена,
- Сроки и условия оплаты.

A4.3 Образец формата контракта

Контракт это имеющее обязательную юридическую силу соглашение сторон, выполнение которого подчиняется закону. Невыполнение контракта определяется законом, и может быть предусмотрено возмещение ущерба.

Контрактная документация должна четко определять объем работ, который должен быть выполнен, товары, которые должны быть поставлены, права и обязанности заказчика и поставщика или подрядчика.

Вводные положения

- Названия и адреса сторон, заключающих контракт,
- Преамбула контракта,
- Сфера применения, характер и цель контракта,
- Термины, используемые в контракте,
- Рабочий язык.

Правовой статус сторон, их права и обязанности

- Права и обязанности поставщика, в отношении:
 - Заключения договоров субподряда,
 - Доставки и установки системы и элементов системы,
 - Гарантии,
 - Ремонта и технического обслуживания системы,
 - Ремонта, технического обслуживания и разработки программного обеспечения,
 - Соответствующих услуг,
 - Учебных пособий для профессиональной подготовки.
- Права и обязанности заказчика:
 - Общие инструкции,
 - Право заказчика на надзорные действия,
 - Обязательное сотрудничество,
 - Обязательная оплата,
 - Обязательства, связанные с профессиональной подготовкой.
- Применяемые законы и место разрешения споров.

Предмет контракта

- Предмет контракта,
- Программное обеспечение и связанные с ним права,
- Положения, связанные с выполнением контракта,
- Соответствие положениям, законам, регламентам и т. д.
 - Место установки и дата завершения,
 - Метод выполнения,
 - Дата завершения контракта.
- Процедура приемки:
 - Заводская приемка до проведения процедуры приемки,
 - Общие правила для процедуры приемки системы,
 - Место проведения процедуры приемки,
 - Протокол, который должен быть составлен во время процедуры приемки,
 - Процедура приемки стационарных и подвижных станций,
 - Приемка программного обеспечения и полной системы.
- Упаковка, доставка и страховка
- Обновления продукта
- Дополнительные услуги:
 - Профессиональная подготовка,
 - Услуги, предоставляемые по гарантии.

Обязательства по контракту относительно качественных показателей, правила работы при невозможности обеспечения качественных показателей

- Ответственность поставщика в случае несоответствующего качества:
 - Обязанности поставщика,
 - Штрафы для поставщика при невыполнении обязательств,
 - Обязательства поставщика по исправлению недостатков,
 - Гарантийные обязательства поставщика.
- Ответственность заказчика в случае несоответствующего качества
- Невозможность выполнения.

Цены и условия оплаты

Все цены должны включать в себя все, что требуется по тендерной документации.

Цены, которые должны быть уплачены за производство, установку системы, а также за соответствующие дополнительные услуги:

- Общая цена контракта,
- Оплата цены контракта
 - Дополнительные обязательства по оплате.

Цены должны быть указаны без учета налогов, в зависимости от национальных правил.

Прочие условия и заключительные положения

- Обязанности сторон по взаимодействию, работе с конфиденциальной информацией,
- Разрешение споров, выполнение законодательных правил, определяемых законом,
- Форс-мажор,
- Дополнение(я) к контракту,
- Действие и срок завершения контракта,
- Другие контракты, заключенные между сторонами,
- Лица, ответственные за работу по контракту, должным образом уполномоченные Сторонами,
- Заранее оцененные убытки,
- Компенсация.

Приложения к контракту

Приложения к контракту будут основаны на процедурах, определенных либо МСЭ, либо Всемирным банком, либо закупающей администрацией.

В любом случае конкурсное предложение всегда будет являться приложением к контракту.

A4.4 Оценка и сравнение предложений, заключение контракта

Для оценки и сравнения предложений закупающая администрация должна следовать заранее определенному процессу оценки, например:

- Процедурам, определенным Международным союзом электросвязи (МСЭ),
- Процедурам, определенным Всемирным банком,
- Процедурам для случая, когда закупающая администрация не обязана следовать процедурам, определенным МСЭ или Всемирным банком.

Комиссия по оценке тендерных предложений, назначенная закупающей организацией, будет оценивать заявки с финансовой, юридической и технической точек зрения. Методика оценки будет определяться закупающей администрацией и должна быть подробно описана в отчете комиссии об оценке.

Предложения, представленные претендентами, могут вскрываться в присутствии представителей претендентов в определенное время и в месте, указанном в приглашении к участию в тендере. Предложения могут быть отклонены, если к ним не приложена гарантия заявки.

Во время оценки закупающая администрация может попросить у претендентов дать пояснения их предложений.

A4.4.1 Процедуры, определенные МСЭ

Оценка предложений:

- Оценочная группа, созданная МСЭ или МСЭ и закупающей администрацией
- Техническая оценка и коммерческая оценка выполняется отдельно, сначала выполняется техническая оценка:
 - Техническая оценка должна охватывать следующие основные пункты:
 - Измерительный приемник, антенная система, рабочая станция, программное обеспечение, дополнительная система радиопеленгации, заводские приемные испытания (FAT), доставка, обучение (в Приложении 1 показан пример технического анализа предложений, выполненного МСЭ)
 - Коммерческая оценка должна охватывать следующие основные пункты:
 - Цена, сроки и условия оплаты и коммерческие условия, юридическая оценка (см. Приложение 2 – Пример коммерческих и юридических оценок, подготовленный МСЭ),
 - Понимание технических проблем,
 - Возможности,
 - Опыт экспертов,
 - Общая цена,
 - Неполные предложения должны быть отклонены,
 - Конфиденциальность – никакие данные, касающиеся рассмотрения, разъяснения или оценки, не должны быть переданы претендентам или любому другому заинтересованному лицу),
 - Претенденты должны быть максимально возможно быстро уведомлены о принятых решениях по факсу и затем письмом.

Отклонение предложений:

- МСЭ оставляет за собой право отклонить любое предложение и объявить новый тендер,
- Отсутствуют обязательства принимать наиболее дешевое предложение.

A4.4.2 Процедуры, определенные Всемирным банком

ЗАТРАТЫ или ЦЕНА

ПРИМЕЧАНИЕ. – Здесь используется терминология Всемирного банка.

Если Всемирный банк (ВБ) (МБРР или IDA) предоставляет одному из своих членов кредитное соглашение, то ВБ предоставляет заемщику набор УКАЗАНИЙ, называемый "Отчет по оценке предложений". Эти указания упрощают оценку предложений заемщика в соответствии с Директивой: *Подписание контрактов, финансируемых из заемных средств Международного банка реконструкции и развития (МБРР) или из кредитов Международной ассоциации развития (IDA) от января 1995 года (пересмотренной в январе 1996 г., августе 1996 г. и сентябре 1997 г.)*, см. параграф 2.53, и, особенно, параграфы 2 и 4 Приложения 1.

(См. dbusiness@worldbank.org)

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 В соответствии с параграфом 1.6 Директивы и примечанием на странице 9, некоторым странам не разрешено получать прибыль от контрактов, финансируемых ВБ.

2 Положение заемщика может исключать страны или территории из тендера, если заемщик может применять критерий, указанный в параграфе 1.8.

3 Совет безопасности ООН в соответствии с Главой VII Хартии ООН может запретить ВБ давать займы вблизи определенных стран.

Отчет по оценке предложений (PER) описывает процедуры для заемщика по оценке полученных предложений. Более того, в любом случае важно применять процедуры оценки и запроса, описанные в разделе "Инструкции" тендерной документации. Отчет PER содержит извещение и приложения к нему, которые должны быть переданы в ВБ.

Заемщик во время подготовки проекта должен изучить оценочные Таблицы, содержащиеся в Указаниях, для того чтобы определить потребности в персонале, необходимом для оценки предложений. ВБ может дать подробное разъяснение процедур, которые должны быть выполнены. ВБ поощряет заемщика нанять консультантов, имеющих соответствующий опыт, для оценки предложений, связанных со сложным проектом. Участие консультанта, в конечном итоге, может быть профинансировано из займа, если это позволено соглашением (Директивы, Приложение 1, параграф 2-С).

Отчет PER содержит:

Преамбула

Формы – использование

Типовые формы для оценки предложений

ИЗВЕЩЕНИЕ

- а) Если проект подлежит предварительному изучению со стороны ВБ (согласование с ВБ до принятия решения о начале проекта), заемщик (министерство, организация или служба) должны передать отчет PER в ВБ в приложении к извещению. Это письмо должно указывать выводы по оценке и содержать всю дополнительную информацию, позволяющую упростить оценку со стороны ВБ.
- б) Для проектов, подлежащих процедуре *последующего* изучения со стороны ВБ (для принятия решения о начале проекта согласования с ВБ не обязательно), оценочный отчет и подписанная копия контракта должны быть представлены в ВБ до какого либо запроса на оплату или одновременно с ним (Директивы, Приложение 1 и кредитное соглашение).

ТАБЛИЦА 1. – Идентификация.

Описание кредитного соглашения, в частности, оценки стоимости и процедуры оценки ВБ (административные данные)

ТАБЛИЦА 2. – Процедуры оценки.

Публикация тендерной документации (административные данные).

ТАБЛИЦА 3. – Представление предложений и вскрытие конвертов

В соответствии с параграфом 2.44 Директивы, эта Таблица содержит дату, время, количество предложений, срок действия предложений. Если процедура проведения тендера состоит из двух этапов (технического и экономического), то эта Таблица должна быть представлена на каждом этапе. Протокол вскрытия конвертов должен быть направлен в ВБ и каждому поставщику.

ТАБЛИЦА 4. – Цены предложений (Публичные чтения).

Все изменения цен, объявленные публично, включая скидки, возможности, варианты и т. д., должны быть описаны в Таблице 4.

ТАБЛИЦА 5. – Предварительное изучение.

Соответствие тендерным обязательствам, включая технические спецификации. Процесс оценки должен начинаться сразу же после вскрытия конвертов с предложениями. Предварительное изучение образует предмет выявления и отклонения предложений, которые являются неполными, неприемлемыми и не соответствующими важнейшим положениям тендера и которые, следовательно, не могут быть оценены. При этом изучении следует учитывать следующее:

- Проверка – выявление недостатков предложения,
- Критерий происхождения,
- Гарантии предложения,
- Соответствие положениям тендера и техническим спецификациям.

Принципы оценки следующие:

- Заемщик должен оценивать предложения только в отношении тендерных обязательств и информации.
- В процессе оценки заемщик может попросить поставщиков предоставить более полную информацию по неоднозначным пунктам или несоответствиям, замеченным в их предложениях. Эти запросы представляются в письменном виде, но поставщики не могут изменять цены и типы поставляемого оборудования, перерабатывать предлагаемые услуги, за исключением ошибок в расчетах (Директивы, Приложение 4, параграф 10). Не может быть изменен ни один параметр цены или предложения.

ТАБЛИЦА 6. – Безусловные корректировки и скидки.

Для каждого поставщика в данной Таблице показаны цены предложения, корректировки (ошибки в расчетах), скидки и общая сумма предложений.

ТАБЛИЦА 7. – Обменный курс.

Указывается обменный курс, используемый для оценки.

ТАБЛИЦЫ 8А и 8В. – Курс обмена валют.

В соответствии с валютой, выбранной заемщиком и указанной в тендере, в этих Таблицах определяется общая сумма предложения в валюте заемщика.

ТАБЛИЦА 9. – Дополнение для указания пропущенных параметров, корректировок и изменений валюты.

Таблица 9 показывает полную цену предложения.

- Пропуски, ошибки, обнаруженные в предложениях, следует сбалансировать дополнительными ценами. (Элементы, пропущенные в предложении, могут быть удовлетворены другими предложениями со средними ценами). В то же время здесь можно указать внешние источники, например, прайс-листы, Таблицы цен транспортировки и т. д.
- Корректировки: инструкции по проведению тендеров указывают критерий реализации и эксплуатации.

Предложения, включая мелкие изменения по отношению к инструкции по проведению тендеров, могут считаться приемлемыми, если после подробного анализа им можно присвоить денежное значение, которое добавляется к ценам предложения в виде штрафа, с целью упрощения сравнения.

Методика оценки, учитывающая эти факторы, должна быть описана со всеми подробностями в отчете об оценке и должна полностью соответствовать инструкции по проведению тендеров.

Иногда Всемирный банк разрешает использовать систему баллов для закупаемых товаров. В таком случае корректировки выражаются в баллах (см. Директивы, параграф 2.6.5). Для того чтобы получить подробную оценку предложения при помощи системы баллов заемщик может запросить рекомендации Всемирного банка (ВБ).

ТАБЛИЦЫ 10А и 10В. – Права приоритета для национальных поставщиков и работ.

Если тендер допускает национальные предпочтения, можно учитывать национальные традиции и к тендерным положениям добавляется допуск на предпочтение.

ТАБЛИЦА 11. – Окончательная оценка и предложение по подписанию контракта.

В Таблице 11 суммируются все данные, содержащиеся в вышеприведенных Таблицах: цены на вступительном собрании, исправление ошибок, скидки, корректировки, и указывается победитель тендера.

Приложение I: Инструкции по оценке предложений.

Приложение II: Собрание по вскрытию предложений. Информация о предложениях.

Приложение III: Не допустимые страны.

Приложение IV: Пример предварительного изучения.

Приложение V: Отчет об оценке предложений. Содержание.

A4.4.3 Процедуры для случая, когда закупающая администрация не должна соблюдать процедуры, определенные МСЭ или Всемирным банком

До начала оценки, оценочный комитет принимает решение, о том какая методика должна использоваться для принятия решения о том, какой из претендентов получит право подписать контракт. Могут использоваться следующие методики:

- Подход на основе подсчета баллов по формулам.
- Метод взвешивания.
- Соответствует да/нет.
- Соответствие с учетом предложенных цен.

A5 Финальная (завершающая) стадия: Процедура принятия

A5.1 Заводские приемо-сдаточные испытания

Поставщик должен (за свой счет) произвести на месте производства все необходимые испытания и/или проверки оборудования и любой части этого оборудования, как это определено контрактом, согласно документам о заводских приемо-сдаточных испытаниях, которые представляются поставщиком с поправками администрации или без них (взаимное соглашение).

A5.2 Процедура объектовых приемо-сдаточных испытаний

Поставщик представляет администрации документ(ы) по объектовым приемо-сдаточным испытаниям и должен дать обоснованное предварительное извещение о таком испытании и/или проверке и о предполагаемом месте и времени их проведения. Испытания проводятся, для того чтобы продемонстрировать, что все изделия оборудования представлены; что они правильно собраны и взаимосвязаны; что они правильно функционируют в соответствии с техническими условиями (визуальная проверка и технические испытания). Окончательные испытания системы в целом, включая каналы связи, следует проводить с учетом соответствующей ответственности поставщиков администрации и подрядчика.

За приемо-сдаточными испытаниями системы обычно следует гарантийный срок продолжительностью в один год, в течение которого от поставщика можно потребовать выполнения гарантийных обязательств. В других случаях некоторые администрации производят предварительную приемку после успешного проведения приемо-сдаточных испытаний, а по завершении некоторого периода времени (обычно гарантийного срока) выполняется окончательная приемка.

A5.2.1 Приемка (или предварительная приемка в случае предварительной и окончательной приемки)

Приемка должна производиться в отношении оборудования или любой его части, когда:

- приемо-сдаточные испытания успешно завершены, и функциональные гарантии удовлетворяются;
- приемо-сдаточные испытания не были успешно завершены или не проведены по причинам, не зависящим от поставщика;

Приемка не должна откладываться, если существуют незначительные несоответствия или проблемы. Лучше произвести приемку, отметить несоответствия и проблемы и исправить их во время гарантийного срока.

Следующий перечень является примером содержания отчета о процедуре объектовых приемо-сдаточных испытаний, касающихся фиксированных станций ВЧ/ОВЧ/УВЧ диапазонов:

a) Предмет

Данный документ описывает процедуры приемки станции контроля спектра в соответствии с условиями контракта.

b) Визуальная проверка

Операции, которые должны выполняться для проверки наличия всех элементов, перечисленных в договорном заявлении о конфигурации:

- Антенные системы, коммутация, кабели, защита от молний;
- Мачты, башни (оттяжки, окраска, освещение);
- Проверка зданий, проводки, устройств обеспечения безопасности, стоек, каркасов, компьютеров, приемников, электропитания;
- Интегрирование программного обеспечения;
- Справочники по оборудованию, программному обеспечению и системе;
- Маркировка (обозначение оборудования);
- Документация будет проверена, а перечень представленных документов приложен к отчету о приемке.

c) Технические испытания

- Проверка электропитания (питание от сети переменного тока и система бесперебойного питания);
- Функции радиопеленгации в диапазонах ВЧ/ОВЧ/УВЧ: фиксированная частота, сканирование, определение местоположения;
- Измерения, предписанные МСЭ в диапазонах ВЧ/ОВЧ/УВЧ: фиксированная частота, сканирование частот, сканирование памяти;
- Анализ сигналов;
- Ручные и автоматические операции: систематический контроль передатчиков, коэффициент занятости частоты, поиск неизвестных передатчиков;
- ВІТЕ – встроенное испытательное оборудование.

Результаты испытаний, выполненных во время приемки, будут внесены в отчет по приемо-сдаточным испытаниям, подписанным администрацией и поставщиком.

A5.2.2 Окончательная приемка

В случае приемки, после которой следует гарантийный срок, определенный гарантийными обязательствами, данный раздел не применяется. В случае предварительной приемки, после которой последует окончательная приемка, обеими сторонами подписывается сертификат предварительной приемки, соответствующий административным условиям по определению гарантийного срока (как правило, один год), и после этого промежутка времени предоставляется сертификат об окончательной приемке.

Дополнение 1

к Приложению 1

Пример технического анализа предложений, подготовленный МСЭ

ТАБЛИЦА А1-1

Функциональные параметры	Спецификации	Требования	КОМПАНИЯ Y Основная	КОМПАНИЯ X
Управление	Контроль и наблюдение радиосигналов	Рабочие функции, для целей профессиональной подготовки	СООТВЕТСТВУЕТ	Вариант 1: только программное обеспечение – НЕ СООТВЕТСТВУЕТ Вариант 2: Оборудование + программное обеспечение Ниже рассматривается только Вариант 2
1 Диапазон частот приемника контроля:	Диапазон частот: 100 кГц – 2,5/3 ГГц	Диапазон частот должен охватывать все службы радиосвязи, работающие в указанных полосах частот	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ с некоторыми оговорками (см. замечания в последней строке)
2 Приемные антенны:	Диапазон частот: 100 кГц – 2,5/3 ГГц	В соответствии с характеристиками системы	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
3 Режимы работы:	Ручной и автоматический	Система должна предоставлять возможность различать ручной и автоматический контроль	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
4 Измерение параметров технического сигнала:	1) Частота 2) Напряженность поля и плотность потока мощности 3) Ширина полосы 4) Глубина модуляции (АМ) 5) Сдвиг по частоте (ЧМ) 6) Анализ спектра 7) Измерение загруженности спектра	– Измерения в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R и РР. – Измерения в реальном времени и дифференциальные измерения. – Перехват, демодуляция, запись и анализ сигналов. – Свободное определение порога для приема сигнала.	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ

ТАБЛИЦА А1-1 (окончание)

Функциональные параметры	Спецификации	Требования	КОМПАНИЯ Y Основная	КОМПАНИЯ X
5 Демодуляция:	CW, AM, FM, SSB, NFM, WFM		СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
6 Функции слежения:	1) Отслеживание дискретной частоты 2) Отслеживание частоты по полосе 3) Произвольный выбор шага изменения частоты	Ручной и автоматический выбор частоты.	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
7 Сбор данных:	Хранение результатов измерений и составление отчетов.	Интерфейс для присоединения периферийного оборудования, например, принтеров и ПК.	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
8 Прикладное программное обеспечение:	1) Интерфейс человек-машина: – Удобный в использовании – Ясно определенные функции – Спектр радиочастот – Простое считывание результатов – Преобразование единиц – Визуализация статистических таблиц загрузки 2) Моделирование процесса радиопеленгации 3) Потенциальный рост системы: – Возможность простой установки оборудования радиопеленгации – Простота технического обслуживания – Автоматическое тестирование – Простота использования – Универсальность		СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ

ТАБЛИЦА А1-2

Функциональные параметры	Спецификации	Требования	КОМПАНИЯ Y Основная	КОМПАНИЯ X
Профессиональная подготовка	1 Курс по сборке и установке. 2 Курс по эксплуатации и обслуживанию. 3 Руководящие материалы для обучения (в печатной и электронной форме).	Пять дней для двух инженеров Курс № 1 будет проведен на заводе. Курс № 2 включает профилактическое и коррекционное техническое обслуживание.	СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ
Словарь терминов, сокращений и акронимов	На английском и французском языках.	Дополнительно на испанском языке.	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
Источник питания	220В ± 5%, 50 Гц		СООТВЕТСТВУЕТ	Не указано
Документация	1 Планы установки. 2 Справочники по эксплуатации и обслуживанию для системы и для ее компонентов.	Концептуальная диаграмма системы. Описание системы и оборудования. Планы сборки и установки. Эксплуатационные приемочные испытания станции. Процедуры, выполняемые для обнаружения и корректировки дефектов системы. Эксплуатационные процедуры регулярного коррекционного и профилактического обслуживания. Процедуры для обнаружения неисправностей системы и их исправления.	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ
Поставка товаров и услуг	Подрядчик принимает ответственность за поставку товаров и услуг, указанных в соответствующих контрактах.		*	
Поддержка и запчасти	Поставка деталей и запасных частей (взаимозаменяемых и не взаимозаменяемых), необходимых для обслуживания системы в течение двух лет после окончательной приемки работ по контракту.		*	10 лет после окончательной приемки.

* *Примечание.* – Соответствует согласно заявлениям КОМПАНИИ Y в "списке соответствия".

ТАБЛИЦА А1-2 (окончание)

Функциональные параметры	Спецификации	Требования	КОМПАНИЯ Y Основная	КОМПАНИЯ X
Заводские приемные испытания	Подтверждение технических спецификаций оборудования.		Один специалист МСЭ, три рабочих дня.	Нет указаний относительно заводских приемных испытаний.
Транспортировка и доставка	Максимум [180] дней на площадке, включая ответственность за упаковку, транспортировку и установку.		*	Четыре месяца после заказа. Доставка в Женеву.
Установка	Подрядчик несет ответственность за установку оборудования и выполнение всех необходимых испытаний для гарантии надлежащих условий и работы системы.	Установка, испытания, интеграция и эксплуатация.	*	
Выполнение предварительного тестирования перед приемкой	Испытать надежность установки и работу системы и оборудования.		*	
Выполнение финального тестирования перед приемкой	Протокол приемки.		*	СООТВЕТСТВУЕТ
Гарантии	Гарантия качества, касающаяся безотказной работы, материалов и программного обеспечения в течение 12 месяцев после даты окончательной приемки.		*	СООТВЕТСТВУЕТ

* *Примечание.* – Соответствует согласно заявлениям КОМПАНИИ Y в "списке соответствия".

ТАБЛИЦА А.1-3

Функциональные параметры	Спецификации	Требования	КОМПАНИЯ Y Основная	КОМПАНИЯ X
Ответственность по страховке	Подрядчик подписывает страховой полис, который покрывает любые риски, которые могут возникнуть до получения сертификата предварительной приемки (охватывает период времени с момента, когда оборудование покидает завод до его предварительной установки, после того как оно доставлено).			
1) Общее представление технической части 2) Компьютерная рабочая станция (п. 2 технического задания)			1) Очень хорошо 2) ОК Перечень вариантов:	1 Плохое представление предложения, трудно найти нужную/соответствующую информацию. 2 Минимальная конфигурация рабочей станции. 3 Нет заводских приемных испытаний. 4 Предложение по обучению не соответствует ТЗ.

Дополнение 2

к Приложению 1

Пример коммерческих и юридических оценок, подготовленный МСЭ

1 Коммерческая оценка – вскрытие коммерческих предложений

1.1 Суммарная цена на момент вскрытия для каждого предложения, указанная Группой по оценке следующая:

Претенденты (в алфавитном порядке)	Суммарная цена на момент вскрытия в долларах США
Компания X	[999 999,00] – 1-е предложение
	[999 999,00] – 2-е предложение
Компания Y	[999 999,00] – базовое предложение
	[999 999,00] – Дополнительное предложение

1.2 КОМПАНИЯ X представила наиболее подробное коммерческое предложение. КОМПАНИЯ Y представила в своих предложениях большую часть требуемой информации. Однако степень подробности (например, разбивка по цене) была неудовлетворительной и, следовательно, потребовала дополнительных разъяснений.

1.3 Общая оцененная цена (ТЕР) каждого из двух предложений, определенная Комитетом по коммерческой оценке, имеет следующий вид:

Претендент	Базовое предложение	Дополнительное предложение 1	Дополнительное предложение 2
КОМПАНИЯ X	[999 999,00] долл. США	[999 999,00] долл. США	[999 999,00] долл. США
КОМПАНИЯ Y	[999 999,00] долл. США	[999 999,00] долл. США	–

1.4 КОМПАНИЯ Y не представила подробной разбивки по цене. Следовательно, потребовались дополнительные разъяснения общей цены ее предложения. КОМПАНИЯ X не представила всей требуемой информации (подробные цены на блоки по пунктам 1 и 2).

1.5 КОМПАНИЯ X и КОМПАНИЯ Y существенно различаются по соответствующим ценам на момент вскрытия предложений. В случае КОМПАНИИ X наиболее заметная разница проистекает из того факта, что базовое предложение содержит только обучение. Следовательно, в соответствии с рекомендацией Комитета ТЕС..., подробнее – см. в Отчете Комитета ТЕС "Техническая оценка".

1.6 Цены, указанные компанией... содержат 10% скидку от общей цены заказа.

1.7 Цена указана в долларах США при поставке в Женеву (учитывая, что МСЭ не указал пункт назначения). МСЭ требуется цены, в формате DDU – в соответствии с документом Incoterms 2000, включая обыкновенную упаковку (пункт назначения будет определен). Этот пункт должен быть разъяснен в процессе согласования контракта.

1.8 **Сроки и условия оплаты.** Обе компании предложили условия оплаты. Следовательно, сроки и условия оплаты будущего контракта **должны быть согласованы** с выбранной компанией.

1.9 Оба предложения содержат **коммерческие условия**. В случае переговоров по условиям контракта с обеими компаниями, МСЭ может обсудить все изменения к предложению и дополнительные условия оплаты контракта в соответствии с правилами и положениями МСЭ (см. для КОМПАНИИ X страницы с ii по jj главы N коммерческого предложения, и в предложении КОМПАНИИ Y страницы с kk по ll главы M).

2 Юридическая оценка – Соответствие образцу формата контракта (Часть II Приглашения к участию в тендере)

Общая информация	КОМПАНИЯ X			КОМПАНИЯ Y	
	1-е предложение	2-е предложение	3-е предложение	1-е предложение (основное)	2-е предложение
Действие предложения					
Соответствие контракту	Да (α)	Да	Да	Да	Да
Соответствие техническим требованиям	Да	Да	Дополнительно	Нет	Да
Всего человеко-дней	5	5	–	–	15
Суммарное рабочее время	7,5 час./день 3–5 дней	7,5 час./день 3–5 дней	–	9 час./день 2 дней	9 час./день 6 дней/4 недели
Цена человеко-дня	9 999,00	9 999,00	–	–	9 999,00
Всего человеко-дней	6	6		10	10
Суммарное рабочее время	7,5 час./день 5 дней (37,5 час.)	7,5 час./день 5 дней (37,5 час.)		6 час./день 1 день (6 час.)	6 час./день 5 дней/3 недели (90 час.)
Цена человеко-дня	9 999,00	9 999,00		9 999,00	9 999,00
Элементы, которые могут повысить суммарную точную фиксированную цену	Нет, если пункты ограничены таблицей цен с I по III, представленной с предложением	Нет, если пункты ограничены таблицей цен с I по III, представленной с предложением		Аудитория и оборудование для обучения не предусмотрены	Аудитория и оборудование для обучения не предусмотрены
Услуги, которые, как ожидает претендент, будут предоставления со стороны МСЭ	Должно быть предоставлено пригодное место для установки	Должно быть предоставлено пригодное место для установки		Оснащение аудитории и обеспечение необходимого для обучения оборудования	Оснащение аудитории и обеспечение необходимого для обучения оборудования
Обязательства по началу и выполнению работы	Дата завершения контракта	Дата завершения контракта		Дата завершения контракта	Дата завершения контракта
Сроки/условия поставки	N месяцев	N месяцев		M недель	L недель
Суммарная фиксированная точная цена в долю США					

2.1 α – Относительно соответствия требованиям:

КОМПАНИЯ X отмечает, что:

- Перевод программного обеспечения системы на французский язык предлагается отдельно, поскольку все потребители по всему миру пользуются программным обеспечением на английском языке;
- Для перевода программного обеспечения на французский язык потребуется одноразовая оплата;
- Руководства по оборудованию и обучению будут представлены на французском языке;
- Обучение коррекционному и профилактическому техническому обслуживанию будет обеспечено, если учащиеся имеют дипломы инженеров и соответствующий опыт работы.

Второе предложение КОМПАНИИ Y (дополнительное) полностью отвечает требованиям.

2.2 Относительно предлагаемого **Образца формата контракта**. В случае переговоров по условиям контракта с обеими компаниями, МСЭ может обсудить все изменения и дополнения к Образцу формата контракта и условия оплаты. Наиболее важное беспокойство вызывают следующие статьи:a) **Материально-правовая норма** (соответствие законодательству, законам, регламентам):

КОМПАНИЯ X предлагает, чтобы "все споры разрешались в соответствии с условиями контракта и дополнительными соглашениями, либо в соответствии с материально-правовыми нормами, действующими в стране XYZ, без указания иных материально-правовых норм".

Это требование не соответствует правилам и регламентам МСЭ.

Примечание: Указать "соответствует" образцу формата контракта.

b) Арбитраж:

КОМПАНИЯ X предлагает, чтобы "попытки рассматривались, как неудачные, если одна из двух сторон письменно информирует об этом другую сторону". Если попытка разрешить спор потерпела неудачу, то спор должен разрешаться по Правилам арбитража и примирительных процедур Международной торговой палаты (ССТ) в [CITY] тремя арбитрами ... (см. страницу k/k главы N коммерческой части) – *Эта статья может быть обсуждена.*

c) Инспекционная заводская проверка и доставка:

См. комментарии/предложение КОМПАНИИ X, параграф n, страница m главы N дополнительного предложения.

d) Гарантии:

Обе компании указали подробные условия гарантии и потребовали изменений. Некоторые из предложенных изменений не соответствуют стандартному контракту МСЭ, но могут быть обсуждены.

e) *Форс-мажор*:

КОМПАНИЯ X предложила изменить эту статью. См. Главу N, страницу i/k "...в случае *форс-мажора*, он должен быть подтвержден Торговой палатой, ..." Некоторые из предложенных изменений не соответствуют стандартному контракту МСЭ, но могут быть обсуждены.



Отпечатано в Швейцарии
Женева, 2009 г.
ISBN 92-61-12614-6

Авторы фотографий: PhotoDisc