

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

“ К защите”
Заведующий кафедрой «КГ и Д»
доц. Нуралиев Ф. М.
" ____ " _____ 2013 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ТЕМА: ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМА HD-ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ
СИГНАЛОВ В ФОРМАТЕ DVB-S2 ЧЕРЕЗ СПУТНИКОВЫЕ КАНАЛЫ

Выпускник	_____	<u>Шукуров Т.С.</u>
	подпись	ф.и.о.
Руководитель	_____	<u>Алимов И.С.</u>
	подпись	ф.и.о.
Рецензент	_____	_____
	подпись	ф.и.о.
Консультант по БЖД	_____	_____
	подпись	ф.и.о.

Ташкент – 2013

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Факультет ТТ Кафедра КГ и
Д

Направление 5525500 “Аудио-видео
технологии”

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Зав. кафедрой Нуралиев Ф. М.
« » 2013 г.

З А Д А Н И Е

на выпускную квалификационную работу Т. С. Шукурова

1. Тема работы: Организация приема HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы
2. Утверждена приказом по университету от 04.02. 2013 г. № -110
3. Срок сдачи законченной работы 25.05.2013 г.
4. Исходные данные к работе: рабочая полоса частот – KU-диапазон (11-12 ГГц), сигнал в стандарте DVB-S2 – HDTV, разрешение изображения-1920 на 1080 точек.
5. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): Концепции внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Республике Узбекистан; Спутниковые системы для телевизионного вещания; Организация приема HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы; Безопасность жизнедеятельности.
6. Перечень графического материала: упрощенная структурная схема спутниковой системы цифрового телевизионного вещания; полосы частот для спутниковых систем; обобщенная структурная схема цифрового приемника; структура приемной части цифровых ТВ сигналов в стандарте DVB-S; технические характеристики форматов высокой четкости.
7. Дата выдачи задания 05.02.2013 г.

Руководитель _____
(
подпись)

Задание принял _____
(подпись)

8. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

№	Наименование раздела	Ф. И. О. руководителя	Подпись, дата	
			Задание выдал	Задание получил
1.	Введение	Алимов И.С.	05.02.13	05.02.13
2.	Концепции внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Республике Узбекистан	Алимов И.С.	15.02.13	15.02.13
3.	Спутниковые системы для телевизионного вещания	Алимов И.С.		
4.	Организация приема HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы	Алимов И.С.		
5.	Безопасность жизнедеятельности Совершенствование технологического процесса за счёт оптимизации освещенности рабочего места			
6.	Заключение	Алимов И.С.		

9. График выполнения работы

№	Наименование раздела	Срок выполнения	Отметка руководителя о выполнения
1.	Введение	05.02-19.02	
2.	Спутниковые системы для цифрового телевизионного вещания	20.02-15.03	
3.	Системы спутникового вещания в стандарте DVB-S2	15.03-05.04	
4.	Организация приема HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы	05.04.-05.05	
5.	Безопасность жизнедеятельности Совершенствование технологического процесса за счёт оптимизации		

	освещенности рабочего места		
б.	Заключение	20.03-25.05	

Выпускник _____ « ____ » _____ 2013 г.
подпись

Руководитель _____ « ____ » _____ 2013 г.
подпись

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению структуры цифрового телевизионного вещания по спутниковым каналам в формате DVB-S2 и приему HD-цифровых телевизионных сигналов через спутниковые каналы, кроме этого рассмотрены вопросы по безопасности жизнедеятельности.

Аннотация

Битирув малакавий иш рақамли телевизион сигналларни сунъий йўлдош орқали DVB-S2 форматда узатиб, қабул қилиш ва HD- рақамли телевизион сигналларнисунъий йўлдош орқали қабулини таҳлил этишга бағишланган, бундан ташқари ҳаёт хавфсизлиги саволлари ҳам кўриб чиқилган.

Abstract

Exhaust qualification work is dedicated to study of the structure digital television вещания on satellite links in format DVB-S2 and acceptance HD-digital

television signal through satellite links, except this considered questions on safety of vital activity

ВВЕДЕНИЕ

Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2012 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2013 год.

Уже в этом году следует обеспечить реализацию проектов по развитию цифрового телевидения путем установки 5 цифровых телевизионных передатчиков в Джизакской, Ташкентской, Ферганской и Хорезмской областях и увеличить охват населения республики цифровым телевидением с 42 до 45 процентов.

Предстоит завершить строительство более 2 тысяч километров волоконно-оптических сетей широкополосного доступа по современной технологии с предоставлением услуг видеотелефонии, Интернет-телевидения, высокоскоростного Интернета, просмотра каналов HDTV и других.

Актуальность данной работы заключается в том, что передача и прием телевизионных сигналов через спутниковое (SAT) вещание было и остается самым быстрым, надежным и экономичным способом подачи ТВ сигнала высокого качества в любую точку обширного пространства.

Целью данной работы является анализ организации методов и алгоритмов HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы.

Искусственные спутники земли (ИСЗ) состоит из космической платформы и полезной нагрузки. Общая масса спутника в 2500...3000 кг, в то

время как масса полезной нагрузки составляет 450...500 кг. Конфигурация геостационарных спутников тесно связана с радиотехническими и конструктивными параметрами полезной нагрузки.

Конструкция ИСЗ должна выдерживать статические и динамические нагрузки, возникающие при запуске ракеты-носителя, при включении апогейного двигателя, и различного рода орбитальные возмущения. Динамические нагрузки, вызываемые работой стартовой установки, очень велики и состоят из механических и акустических ударов и вибраций, связанных с работой двигателя и возникающих в процессе движения.

Обычно конструкция ИСЗ условно делится на две части:

главную и вспомогательную (или обеспечивающую).

Главную конструкцию (корпус) на ИСЗ выполняют из легких алюминиевых сплавов. Она содержит простую оболочку цилиндрической или конической формы с рамой или ребрами жесткости, а также различные фасонные опоры и переключатели для ячеистых панелей солнечной батареи, плоскостей антенн и других устройств.

ГЛАВА I. ВНЕДРЕНИЯ НАЗЕМНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО И ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

1.1. Последовательность перевода станций аналогового вещания на цифровой формат. Техническое регулирование переходного процесса

Внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Республике Узбекистан была разработана 2005 году и определяет подходы к решению основных вопросов создания наземных цифровых сетей радиовещательной службы (телевизионного и звукового вещания) в Узбекистане, которые в перспективе заменят существующие аналоговые сети.

Основной целью и задачей было:

- определение основных путей и этапов внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового радиовещания, направлений развития наземного цифрового радиовещания в Узбекистане;

- выработка рекомендаций по внедрению цифровых технологий на сетях телевизионного и звукового вещания в Узбекистане на основе тенденций их внедрения в мире;

- обеспечение развития и модернизации существующей сети телевизионного и звукового вещания;

- создание технических и экономических предпосылок, и условий для ускоренного внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Узбекистане.

Обосновано необходимость замены существующих аналоговых сетей, которая связана как с прогрессом в области цифровых телекоммуникационных технологий, дающих возможность слияния средств вещания, связи, информационных служб и компьютерных систем, так и с потребностью в более эффективном использовании радиочастотного спектра. Проведен сравнительный анализ существующих стандартов цифрового телевизионного

звукового вещания. В результате анализа опыта зарубежных стран и тенденции развития цифрового радиовещания (звукового и телевизионного), для внедрения и развития в Узбекистане ЦТВ выбран европейский стандарт DVB.

В результате анализа тенденции развития ЦТВ в мире и существующего состояния сети телерадиовещания Республики Узбекистан определены основные этапы внедрения ЦТВ и круг вопросов, которые должны быть решены в первую очередь.

Переход к телевизионному вещанию в цифровом формате требует решения целого ряда социальных, технических, организационных и правовых задач, в том числе:

- обеспечение возможности получения всем населением страны пакета обязательных общедоступных телевизионных каналов и радиоканалов и выбора других пакетов телевизионных каналов и радиоканалов;

- частотно-территориальное планирование цифрового вещания и конверсия радиочастотного спектра;

- определение технической политики вещания;

- модернизация существующих сетей телевещания;

- определение этапов и сроков перехода на цифровой формат вещания;

- обеспечение функционирования инфраструктуры аналогового эфирного вещания до полного перехода на цифровые технологии;

- определение новых правил взаимоотношений между субъектами рынка телерадиовещания путем совершенствования нормативной правовой базы;

- определение правил лицензирования деятельности в области оказания услуг связи для целей телерадиовещания;

- расширение масштабов промышленного производства телерадиовещательного оборудования, создание новых и использование неиспользуемых производственных мощностей, создание дополнительных рабочих мест, в том числе в сфере научно-технической деятельности.

1.2. Последовательность перевода станций аналогового вещания на цифровой формат

Очередность ввода стартовых мультиплексов необходимо определять с учетом доступности частот в течение разных стадий переходного периода и с учетом готовности регионов к вводу НЦТВ.

Увязка между соседними регионами необходима, чтобы не блокировать свободные частоты в регионе, который должен приступить к процессу перехода до того, как в приграничном к нему регионе освободятся частоты отключенных аналоговых станций. Если два соседних региона осуществляют переход в одно и то же время или разные стадии перехода перекрываются по срокам, необходимо согласовать использование частот и сроки отключения аналоговых станций в приграничных районах между двумя регионами.

В начале для всех регионов определяется статистика по количеству доступного спектра для внедрения НЦТВ. При этом целесообразно учитывать кол-во полных покрытий из числа свободных каналов в регионе, количество выделений, составляющих одно покрытие, и количество выделений, не имеющих каналов для организации стартового мультиплекса.

В первую очередь внедрения НЦТВ включаются регионы, имеющие хотя одно полное покрытие из числа свободных каналов.

Ко второй очереди относят регионы, в которых есть частотный ресурс, но его недостаточно для создания стартового мультиплекса для всей территории региона. В этом случае для поиска необходимого частотного ресурса необходимо проведение детальных исследований с использованием временных частотных схем и подбором каналов, не соответствующих плану.

Если в результате исследований не удастся найти требуемый частотный ресурс, то необходимо рассмотреть вариант отключение аналоговых станций для обеспечения региона свободными каналами. Причем при выборе программ для начальных мультиплексов в данных регионах, необходимо учитывать

возможность включения в мультиплекс таких программ, которые позволят освободить каналы, занятые аналоговым вещанием.

В регионах, где предполагается проводить единовременное переключение ряда каналов на цифровой формат с отключением некоторых аналоговых станций. В таких регионах необходимо предварительно запускать один тестовый мультиплекс на период подготовки и настройки приемной сети для приема цифрового вещания (установка и тестирование приставок, налаживание антенного хозяйства и т.д.).

В третью очередь включаются проблемные регионы с точки зрения запуска цифрового телевидения без выключения действующих аналоговых станций.

Учитывая, что частотный ресурс отсутствует, как правило, из-за нехватки частот в областных центрах и крупных городах, то для поиска частотного ресурса позволяющего начать внедрение цифрового телевизионного вещания в данных регионах, необходимо проводить дополнительные исследования загруженности частотного спектра в диапазонах частот, предполагаемых для использования вещательной службы.

Дополнительные исследования по поиску свободного ресурса для внедрения ЦТВ в регионе предполагают разработку временных частотных схем, позволяющих начать вещание в цифровом формате, используя каналы, защищаемые аналоговым вещанием на время переходного периода. Возможны исследования частотной ситуации в регионе для подбора каналов, не распределенных в данном регионе, но возможных к использованию для цифрового наземного телевизионного вещания с определенными условиями.

При разработке частотных схем и подбора каналов для возможности запуска цифрового наземного телевизионного вещания в регионе необходимо учитывать целесообразность включения в стартовый мультиплекс тех программ, которые позволят затем освободить каналы, занятые этими

программами в аналоговом вещании, облегчая, тем самым, задачу поиска каналов для запуска следующих цифровых мультиплексов.

При разработке последовательности перевода аналоговых станций в цифровой стандарт целесообразно учитывать существующий международный опыт. Например, в Великобритании наземное цифровое телевизионное вещание началось сразу по всей стране, в первый день вещания охват населения составил 70%.

Сейчас в Европе получил распространение другой способ - регион за регионом. Примером служит Германия, где этот метод был успешно применен на практике.

Конечной целью НЦТВ в Германии является обеспечение приема ТВ-сигнала национальных, региональных и местных программ как приемниками со стационарными наружными антеннами, так и портативными и мобильными приемниками.

Схема переходного периода в Германии состояла из трех этапов:

1. Один канал аналогового вещания региона, имеющий мощный передатчик и большую зону охвата, переключается на цифру для демонстрации высокого качества цифрового вещания.

2. Все мощные передатчики национальных коммерческих вещателей переключаются на цифровое вещание, передатчики малой мощности остаются в аналоговом режиме работы для передачи программ общественного ТВ-вещания.

3. Все каналы переходят на цифровое вещание, и наземное аналоговое телевидение выключается.

Интересен опыт Нидерландов - страны с небольшой территорией и дефицитом частотного пространства для наземного цифрового телевизионного вещания. Лицензии на НЦТВ, которое началось в апреле 2003 года, были выданы при условии отсутствия интерференционных помех аналоговому

вещанию в Нидерландах и окружающих странах. Была разработана следующая схема, обеспечивающая наиболее быстрый переход:

1. Параллельная передача в некотором регионе местной региональной программы общественного телевидения в формате DVB-T на временной частоте.

2. После полугодичного переходного периода аналоговое вещание местной программы прекращается, а освободившаяся частота используется для передачи 3 национальных и 1 региональной программы общественного телевидения в формате DVB-T. На втором этапе одновременно идет вещание в этом регионе 3 национальных программ в аналоговом и цифровом формате в течение полугодия.

3. После полугодичного переходного периода параллельного вещания национальных программ аналоговое вещание в этом регионе прекращается.

Описанная схема применяется последовательно в разных регионах страны, чтобы достичь полного перехода к НЦТВ.

Изучая и оценивая процесс прекращения аналогового вещания и перехода к цифровому телевидению в отдельных регионах европейских стран, надо, конечно, принимать во внимание местные особенности развития телевидения. Так, быстрое отключение аналогового вещания в Берлине - это, несомненно, успех выбранной тактики перехода к цифровому вещанию. Однако надо иметь в виду, что в Берлине широко распространено кабельное и спутниковое телевидение. Из 1,8 млн берлинских домовладений только 160 тыс. (9%) принимали сигналы аналогового наземного вещания в качестве основных, еще 90 тыс. (5%) - использовали для приема программ аналогового ТВ второй и третий домашние телевизоры. К августу 2003 года в Берлине было продано уже около 180 тыс. приставок, что и позволило отключить аналоговое вещание. В странах, где наземное вещание смотрят, например 90% населения, переходный период может затянуться. Однако накопленный опыт подтверждает эффективность новых подходов к развертыванию систем НЦТВ.

1.3. Техническое регулирование переходного процесса

Важную роль в техническом регулировании переходного процесса играют вопросы стандартизации, особенно в рамках Европейского сообщества принято более 100 нормативных документов, регламентирующих вопросы развития телерадиовещания.

Таким образом, во избежание технических проблем на национальном уровне целесообразно разработка серии национальных стандартов, например стандартов для синхронных сетей, пунктов ретрансляции, мобильного телевидения и т.д.

В период перехода к цифровому телерадиовещанию должны быть приняты меры по поддержанию сети распространения и трансляции пакета обязательных общедоступных телевизионных каналов и радиоканалов, а также по строительству в конкурентных условиях сетей трансляции телевизионных каналов и радиоканалов свободного и условного доступа. При этом предлагается исходить из того, что строительство сетей телерадиовещания должно осуществляться за счет участников рынка связи, а государство должно создать понятную и приемлемую нормативную правовую базу, отвечающую потребностям вещателей, операторов и потребителей услуг телерадиовещания.

При создании сетей связи операторы должны руководствоваться:

- требованиями вещателей к качеству доставляемого до потребителя сигнала;
- правилами оказания услуг связи;
- правилами присоединения и взаимодействия сетей связи операторов;
- необходимостью завершения строительства сети в установленный срок в случае трансляции сигналов обязательных общедоступных каналов;
- принятыми национальными стандартами в области телерадиовещания и связи.

Для реализации модели функционирования рынка телерадиовещания необходимо принятие срочных мер государственного регулирования отношений между субъектами рынка, а также обеспечение экономически взвешенных и обоснованных действий участников рынка.

Существующие документы, регулирующие использования радиочастотного спектра для радиовещания, ориентированы на работу отдельных аналоговых станций, передающих одну программу. Цифровое вещание отличается от аналогового как наличием многопрограммности, так и конфигурацией сетей вещания. Учет этих особенностей требует в ряде случаев корректировки существующих правовых актов.

Важнейшим вопросом является обеспечение равных прав граждан на получение социально значимой информации.

В целях сохранения и обеспечения единого информационного пространства и освещения государственной политики в сфере социально-экономического развития, сохранения и развития культурного наследия страны необходимо сформировать пакет телевизионных каналов и радиоканалов, предоставляющих совокупность социально значимой информации (социальный пакет).

В такой пакет телевизионных каналов целесообразно включить:

- национальный информационный канал;
- национальный информационно-развлекательный канал;
- национальный канал, освещающий события культурной жизни общества;
- детский канал;
- спортивный канал;
- региональный канал.

Данные каналы должны быть доступны для населения в режиме свободного доступа, что должно предусматриваться в лицензионных условиях

операторов, осуществляющих трансляцию. Остальные каналы свободного и условного доступа распространяются на рыночных условиях.

1.4. Новые возможности предоставления услуг в цифровом телевизионном вещании

Одним из важнейших компонентов глобальной информационной структуры является вещание, самая массовая по охвату населения информационная служба. Внедрение же полностью цифровых технологий в эту отрасль и в особенности создание цифрового интерактивного ТВ вещания будет иметь неоценимое воздействие на социальное и экономическое развитие общества.

Сегодняшние цифровые технологии позволяют преобразовать традиционное аналоговое ТВ вещание в новую важную для информационного общества структуру, то есть цифровое многофункциональное ТВ вещание с обеспечением ряда инфокоммуникационных услуг. За счет цифрового сжатия сигналов ТВ программ, эта задача решается не только, не требуя дополнительных полос частот, а даже, наоборот, – с возможным высвобождением части аналоговых ТВ каналов в дефицитных диапазонах частот до нескольких десятков мегагерц. Эффективное использование этих полос также внесет существенный вклад в информатизацию общества, при создании новых систем наземного и спутникового вещания, подвижных и фиксированных служб.

Какие же возможности предоставляет нам цифровое телевизионное вещание?

Вот краткий перечень преимущественных возможностей, которые могут быть реализованы при создании полнофункциональной системы цифрового телевизионного вещания отражена на таб. 1.1

Табл.1.1. Преимущественные возможности цифрового ТВ

Преимущества при вещании	Новые возможности предоставления услуг
Многопрограммность	е-коммерция
ТВЧ	е-торговля
системы с большим экраном	е-банки
вещание мультимедиа	е-медицина
вещание данных (включая Интернет)	е-образование
интерактивность	е-управление
измерение аудитории (медиаметрия)	е-игры
экологическая защита зрителей	е-архивы
архивирование	
оповещение	

Переход от аналогового к цифровому вещанию должен сопровождаться ростом эффективности использования радиоспектра. Каждый канал ТВ вещания, переводимый в режим цифрового вещания, должен кардинально увеличивать число, качество и номенклатуру услуг предоставляемых пользователю, т.е. канал должен обладать прозрачностью для всех видов данных в составе транспортного потока. Эти свойства кратко определяются как многопрограммность и многофункциональность системы цифрового ТВ вещания. Сигналы ЦТВ рассматриваются как часть общего телекоммуникационного «контейнера», в котором передается самая разная информация. Для приема такого контейнера предполагается применять новое интеллектуальное программно-управляемое устройство - Set Top Box (STB), которое позволяет принимать цифровые потоки из различных физических

каналов – спутниковых, кабельных или наземных. Изображение может выводиться на обычный телевизор, звук – на домашнюю стереосистему, а файлы – на персональный компьютер. При наличии обратного канала и специального программного обеспечения телезритель получает возможность выбирать любую из предлагаемых дополнительных услуг ЦТВ.

Таким образом, цифровое телевизионное вещание открывает новые потенциальные возможности предоставления услуг, которые будут рассмотрены в докладе.

Выводы

На этой главе рассмотрены внедрения наземного цифрового телевизионного и звукового вещания в Республике Узбекистан. Также исследована последовательность перевода станций аналогового вещания на цифровой формат. Техническое регулирование переходного процесса в Узбекистане.

ГЛАВА II. СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

2.1. Структура спутниковых систем связи

Начинается новая эра дальнейшего развития спутникового телевизионного вещания. Для приема передач в системе MPEG-2, MPEG-4, необходима совершенно новая аппаратура. Но настоящее и будущее — за спутниковым цифровым телевидением. Любая спутниковая система связи (рис.2.1) включает следующие составляющие:

- космический сегмент, который состоит из нескольких спутников-ретрансляторов;
- наземный сегмент - включающий центр управления системой, центр запуска, командно-измерительные станции, центр управления связью и шлюзовые станции;
- абонентский (пользовательский) сегмент, служащий для организации связи с персональными спутниковыми терминалами;
- узловые (шлюзовые) станции спутниковых систем сопряжения с наземными сетями связи.

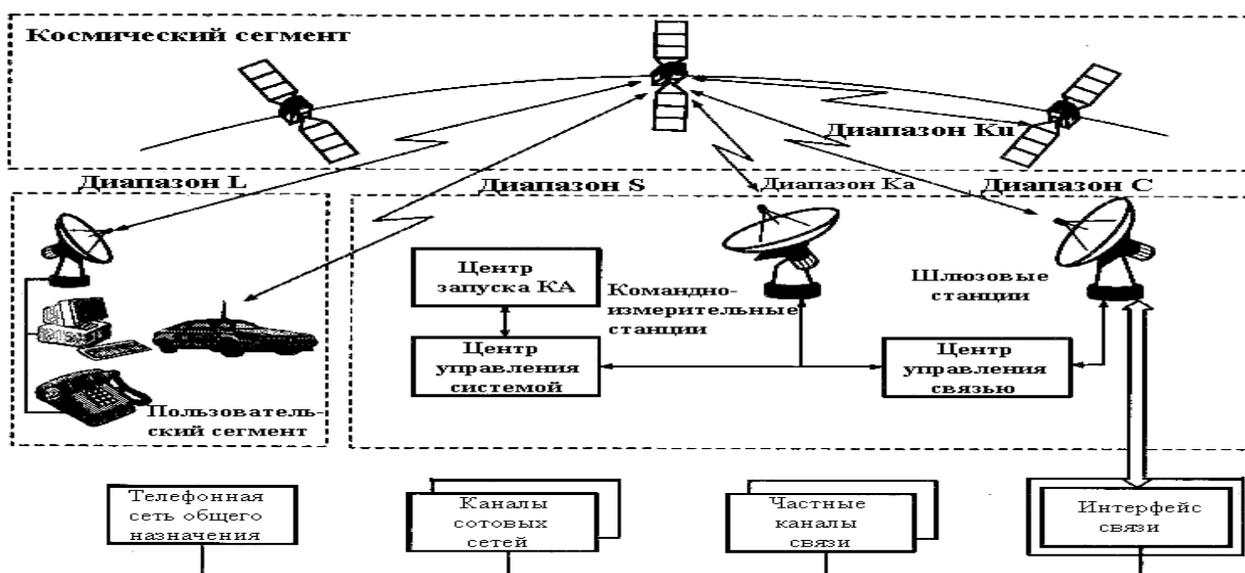


Рис. 2.1. Структура спутниковой системы связи.

Расположение спутников-ретрансляторов на орбитах и использование частот, обеспечивающих отсутствие взаимных помех друг другу, решается в рамках Международного консультативного комитета по радио (МККР) и Международного комитета по регистрации частот (МКРЧ). Для спутниковых систем выделены следующие полосы, которые также показаны на рис 2.1. и таблице 2.1.

Таблица 2.1. Полосы частот для спутниковых систем

Наименование диапазонов	Полоса частот , ГГц
L	1,452-1,500 и 1,61-1,71
S	1,93-2,70
C	3,40-5,25 и 5,725-7,075
Ku	10,70-12,75 и 12,75-14,80
Ka	14,40-26,50 и 27,00-50,20
K	84,00-86,00

2.2. Космический сегмент

Спутники-ретрансляторы входящие в космический сегмент, образуют космическую группировку и как правило, размещаются равномерно на определенных орбитах.

Спутник-ретранслятор состоит из следующих основных элементов:

- центральный процессор;
- радиоэлектронное оборудование бортового ретрансляционного комплекса (БРТК);
- антенные системы;
- системы ориентации и стабилизации;
- двигательная установка;
- система электропитания (аккумуляторы и солнечные батареи).

Необходимое число спутников в низкоорбитальной группировке, для надежного охвата всей территории Земли, составляет обычно несколько десятков. Как известно, с увеличением высоты орбиты уменьшается необходимое количество спутников, т. к. увеличивается время и зона видимости, что в свою очередь снижает стоимость орбитальной группировки. Однако при этом усложняются и становятся более дорогими персональные спутниковые терминалы из-за увеличений расстояний. Таким образом, при выборе спутниковой системы персональной связи необходим компромисс между числом и стоимостью орбитальной группировки с одной стороны и сложностью, соответственно и стоимостью персонального спутникового терминала - с другой.



Рис. 2.2. Общая структурная схема спутника-ретранслятора

2.3. Наземный сегмент центра запуска и управления системой

Центр запуска определяет программу запуска и после запуска производит измерения траектории на активном участке полета, которые транслируются в центр управления системой для последующей корректировки. Затем управление передается центру управления системой, которое осуществляется при помощи командно-измерительных станций по следующей программе:

- разворачиваются солнечные батареи,
- кратковременно включаются корректирующие двигатели для перевода на основную орбиту,
- снимается телеметрическая информация для контроля состояния бортового оборудования.

Центр управления системой (ЦУС) на основе телеметрической информации, поступающей от каждого орбитальной группировки, осуществляет слежение, расчет их координат, сверку и коррекцию времени, диагностику работоспособности бортовой аппаратуры, передачу служебной информации и т.д. Состоит Центр управления системой, как правило, из территориально разнесенных командно-измерительных станций, что позволяет обеспечить с достаточно высокой оперативностью:

- контроль запуска и точность вывода спутника на заданную орбиту,
- контроль состояния каждого спутника,
- контроль и управление орбитой отдельно,
- контроль и управление в нештатных режимах работы,
- вывод спутника из состава орбитальной группировки.

Передачу служебной информации на спутник осуществляют через территориально-разнесенные основные и резервные станции командно-измерительной системы.

2.4. Центр управления связью и шлюзовые станции

В состав шлюзовых станций входит не менее трех приемопередающих комплексов со своими следящими параболическими антеннами. Необходимость нескольких приемопередающих комплексов связано с обеспечением непрерывности связи при переходе от одного спутника к другому. Например, если первый комплекс вступает в связь с i -м спутником, то второй комплекс с $i+1$ -м. Затем первый комплекс, после ухода из зоны видимости i -го спутника, вступает в связь с $i+2$ -м, а второй комплекс после ухода из зоны $i+1$ -го спутника, вступает в связь с $i+3$ -м спутником и т.д. Третий комплекс находится в резерве.

Основное назначение шлюзовой станции состоит в организации дуплексной телефонной связи, передачи факсимильных сообщений и данных больших объемов. Для выполнения этих функций в состав шлюзовых станций входят быстродействующие ЭВМ с банком данных персональных терминалов, а так же коммутационное оборудование (интерфейс связи) для соединения с различными наземными системами связи.

Центр управления связью осуществляет через национальные шлюзовые станции анализ и контроль связи, а так же управление.

Спутниковые системы персональной связи предназначены для оказания следующих видов услуг:

- связь между собой абонентов, имеющих персональные спутниковые терминалы;
- дуплексную связь абонентов персональных спутниковых терминалов с абонентами телефонной сети общего назначения, пейджинговых и сотовых сетей, а так же частных каналов связи, при условии их подключения к интерфейсам связи шлюзовых станций;
- определение местоположения (координат) абонентов спутниковых систем персональной связи.

При организации спутниковых систем персональной связи применяют переносные персональные спутниковые терминалы (весом до 700 г) и мобильные терминалы (весом до 2,5 кг). Данные терминалы способны устанавливать связь между абонентами за 2 с, как и в системе сотовой связи.

Существующие спутниковые терминалы подразделяются на следующие типы:

- портативные терминалы (спутниковый ТЛФ),
- переносные персональные терминалы,
- мобильные терминалы для автотранспортных, авиа - и морских средств,
- малогабаритные пейджинговые терминалы,
- терминалы для коллективного пользования.

Спутниковые системы персональной связи работает в диапазоне 137-900 и 1970-2520 МГц, что практически соответствует диапазону частот сотовой связи 450-1800 МГц. Мощность передатчика при спутниковой связи невелика (например, для спутникового терминала системы Iridium 15-400 мВт) и не превышает мощности сотового радиотелефона. Следует отметить, промышленные образцы персональных спутниковых терминалов еще дорабатываются. Однако спектр предоставляемых услуг достаточно широк, а форма приближается к обычному сотовому радиотелефону.

Все более широкое распространение в последнее время получают системы связи на основе технологии VSAT (система связи с малыми спутниковыми терминалами) с абонентами диаметром до 2,5 м. Скорость передачи информации в VSAT - терминалах может колебаться от 64 Кбит/с до 2048 Кбит/с, а сам терминал устанавливается в непосредственной близости от рабочего места пользователя.

Глобальные спутниковые системы связи представляют стандартный набор услуг:

- телефонную связь,
- передачу факсимильных сообщений,

- передачу данных,
- персональный радиовывоз (пейджинг),
- определение местоположения абонента,
- глобальный роуминг.

Все эти услуги реализуются в режиме предоставления канала по запросу, причем время его предоставления не превышает 2 с.

Процесс контроля положения ИСЗ на орбите включает в себя следующие процедуры: измерение положения спутника по датчикам; сравнение результатов измерения с требуемыми значениями; вычисление поправок, которые должны быть сделаны для уменьшения ошибок; введение этих поправок включением в работу соответствующих двигательных установок.

Существует несколько методов получения данных по крену ИСЗ и тангажу (ось вращения стационарного спутника, параллельная оси Земли). Один из способов измерения и удержания ИСЗ, используемый в диапазоне Ки и дающий высокую точность, основан на применении специального пилот-луча, сформированного на земной станции и направленного в сторону приемной антенны космической станции. Этот сигнал фиксируется и обрабатывается на борту для получения информации по непосредственной ориентации бортовых антенн. Вдобавок если пилот-сигналы подавать от двух достаточно разнесенных земных станций, то прямым измерением можно выявить ошибку вращения радиолуча, а затем устранить недостатки ИСЗ.

Оказывается, что только теоретически при периоде обращения геостационарного спутника вокруг Земли, равного 24 ч, и совпадении направления своей оси вращения с направлением вращения Земли наблюдателю ИСЗ представляется неподвижным. В действительности возникает неизбежное отклонение реальных параметров орбиты от идеальных под воздействием внешних и внутренних дестабилизирующих факторов.

В первую очередь к ним относятся тяготения Луны и Солнца, аналогичные приливам и отливам морей и океанов на Земле. Другими факторами являются: гравитационный градиент (разность сил земного притяжения, вызванная разностью расстояний от центра массы Земли до различных частей ИСЗ); неровности формы и неравномерности поля сил тяжести Земли; магнитное поле Земли; давление солнечного излучения; некомпенсируемые движения внутренних двигателей, зубчатых передач, рычагов. Все силы, кроме внутренних крутящих моментов, хотя и малы, но оказывают постоянное воздействие. Внутренние крутящие моменты велики, но являются кратковременными.

В результате перечисленных дестабилизирующих факторов спутник не может лететь по математической орбите. Геостационарный спутник постоянно уходит с идеальной орбиты, совершает колебательные движения в виде «восьмерки», т. е. отклоняется по широте и долготе от точки стационарного положения.

На борту любого спутника имеются двигательные установки, которые по командам оператора с Земли стабилизируют его положение на геостационарной орбите. При необходимости с помощью двигателей-толкачей спутник изменяет свое положение на орбите в направлениях север — юг и запад — восток. Именно для работы двигателей коррекции на борту спутника находится определенное количество горючего.

В некоторых случаях горючее используется для изменения позиции спутника на геостационарной орбите.

Наземная служба наблюдения постоянно работает не для того, чтобы удерживать спутник на идеальной орбите (это практически невозможно), а управляет им так, чтобы он оставался в допустимом окне, т. е. уходил не более чем на определенный угол от заданного положения на геостационарной орбите над экватором. Регламент радиосвязи рекомендует, чтобы нестабильность

положения современных геостационарных ИСЗ по долготе и широте не превышала $\pm 0,1^\circ$. Углу $0,1^\circ$ соответствует расстояние около 74 км.

Из-за маневров орбита геостационарных спутников будет не круговой, а слегка эллиптической. Геометрическое расстояние спутника от центра Земли колеблется в течение суток — он приближается и удаляется. При этом перигей на 10...20 км ниже, а апогей на 10...20 км выше точного радиуса геостационарной орбите.

Траектория движения спутника является эллипсом, центр которого смещен на 10...20 км по радиусу от центра Земли наружу и на 20...40 км в направлениях запад — восток. Этот эллипс называется относительной эллиптической орбитой. Его не следует путать с почти круговым абсолютным эллипсом, по которому спутник движется вокруг Земли.

При контроле орбиты спутника окно допуска используется полностью, чтобы минимизировать расход топлива на сохранение позиции. Чтобы уменьшить число корректирующих маневров, допускается определенная болтанка спутников по долготе и широте в течение суток, так же как и определенный дрейф в пределах окна допуска.

Из-за неизбежных ошибок при выполнении маневров и определении орбиты спутники движутся по не совершенно одинаковым траекториям и не совсем в фазе. По этой причине число спутников, которые можно разместить в окне допуска, ограничено. Сегодняшняя техника позволяет безопасно удерживать в окне $0,1^\circ$ от четырех до шести спутников. С использованием бортовых измерений на спутниках их количество в окне допуска будет увеличиваться.

Управляющий центр учитывает и наклонение относительной эллиптической орбиты относительно экваториальной плоскости Земли. Эта степень свободы позволяет еще безопаснее удерживать спутники в окне допуска, так как даже при смещениях отдельных относительных орбит в восточно-западном направлении спутники постоянно остаются на удалении.

На борту спутника могут быть установлены автономные устройства стабилизации положения на геостационарной орбите. Существует два основных способа стабилизации геостационарного спутника: стабилизация вращением и трехосная, или непосредственная, стабилизация.

Стабилизация вращением — простейший вид стабилизации ИСЗ в пространстве за счет вращения части ИСЗ с частотой 80...100 об/мин. При этом появляются гироскопическая жесткость и стабилизация углового положения, характеризующегося ориентацией оси вращения. Коррекция положения ИСЗ может быть выполнена путем периодических включений двигателя малой тяги, так как возмущающие факторы снижают частоту вращения части спутника, влияют на направление оси вращения.

Более широкое распространение получили ИСЗ двойного вращения, когда в конструкции спутника используются вращающийся барабан и противовращательная платформа, т. е. направление вращения платформы постоянно противоположно направлению вращения барабана. За счет этого платформа имеет почти нулевую угловую скорость, занимает стабильное положение на ГСО.

Трехосная стабилизация осуществляется путем управления угловым положением спутника относительно каждой из его осей. Такое управление выполняется в результате непосредственного измерения угловых перемещений относительно всех трех осей, или за счет применения приборов с кинетическим моментом, например типа маховика, который действует одновременно как гироскоп и стабилизатор вращения. Быстроходный вращающийся маховик позволяет удерживать направление на Солнце панелей солнечных батарей, обеспечивая гироскопическую жесткость одной, двух или трех осей ИСЗ. Для поддержания постоянной ориентации спутника в условиях возмущений, которые всегда имеют место на геостационарной орбите, эти приборы снабжаются чувствительными элементами и датчиками.

Наиболее широкое распространение получили спутники с вращающимся маховиком, который благодаря гироскопическим свойствам стабилизирует одну ось спутника. Управление ориентацией таких спутников осуществляется изменением скорости вращения маховика, эпизодического использования двигателя малой тяги и стабилизации для поддержания постоянной ориентации оси собственного вращения маховика.

Приемной зоной считается участок поверхности Земли, на границах которого уровень сигнала уменьшается на 3 дБ по сравнению с центром.

Затухание сигнала в свободном пространстве L (дБ) определяется по формуле

$$L = 20 Lg \left(4\pi \frac{d}{\lambda} \right) \quad (2.1)$$

где d – расстояние от поверхности Земли до спутника;

λ - длина волны передатчика

В интервале частот 11...12 ГГц затухание сигнала достигает 205...207 дБ. Причем для обеспечения необходимого количества приема в течение 99% времени при расчетах необходимо увеличить затухание на 4...5 дБ (с учетом действия атмосферных осадков).

Усиление параболической антенны G (дБ) вычисляют по выражению

$$G = 10 Lg \left(\pi \frac{D}{\lambda} \right)^2 Ka ; \quad (2.2)$$

где D — диаметр приемной антенны; Ka — коэффициент использования поверхности (КИП) зеркала антенны (обычно среднее значение равно 0,6).

Если известна плотность потока мощности сигнала у поверхности Земли, то мощность сигнала определяют умножением этой плотности потока на эффективную площадь поверхности зеркала параболической антенны.

Приемные спутниковые установки имеют полосу пропускания 25...37 МГц. Они оборудованы входными малошумящими усилителями с температурой

шума $T_{ш}$ 120...130 К и антеннами, температура шума которых равняется 50...70 К.

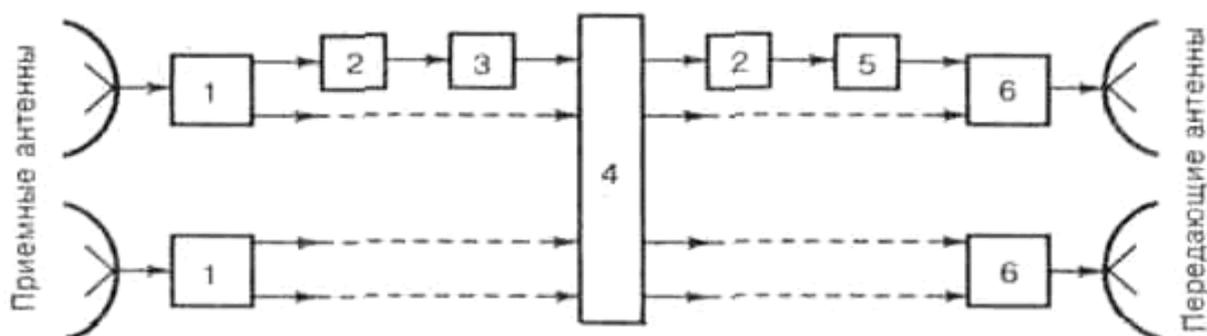


Рис.2.3. Упрощенная структурная схема бортового ретранслятора космической станции

Зная суммарную шумовую температуру и полосу пропускания, можно определить мощность шума $P_{ш}$ (Вт) на входе приемника:

$$P_{ш} = k T_{ш} \Delta f \quad (2.3)$$

Где k – постоянная Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); $T_{ш}$ - суммарная температура шума установки, включая шумы антенны; Δf - полоса пропускания, Гц.

Сужением полосы злоупотреблять не следует, так как при ее уменьшении до 12...14 МГц и меньше начинает исчезать звуковое сопровождение, сигнал которого обычно передается на поднесущей частоте 5,5...8,0 МГц. Затем пропадает цветность, поднесущие сигналов которой находятся в интервале 4,2...4,5 МГц, и, наконец, существенно теряется четкость с появлением других искажений.

Сигнал, принятый антенной космической станции, поступает на входное устройство (1), в качестве которого на ИСЗ применяют усилители на малощумящих лампах бегущей волны (ЛБВ) или транзисторах. В смесителе (2) с помощью гетеродина осуществляется преобразование принятого сигнала

в сигнал промежуточной частоты, который усиливается в устройстве (3) (рис. 2.3).

На бортовом ретрансляторе космической станции могут использоваться устройства разделения, коммутации, объединения сигналов (4), цель которых — подавать сигналы, адресованные тем или иным земным станциям, на передающие антенны с соответствующей зоной обслуживания. Коммутация сигналов может осуществляться в пределах как одного ствола, так и нескольких стволов.

Стволом ретранслятора или земной станции спутниковой связи называют приемопередающий тракт, в котором радиосигнал (радиосигналы) проходит через общие усилительные элементы (общий выходной каскад передатчика) в некоторой выделенной стволу общей полосе частот. Очевидна некоторая условность такого определения, во всяком случае для земных станций. Так, несколько стволов могут иметь общие элементы — антенну, волноводный тракт, малошумящий входной усилитель. С другой стороны, на земной станции полоса одного ствола может разделяться фильтрами для последующего детектирования сигналов от различных земных станций, проходящих через общий ствол ИСЗ.

Более четкое значение понятия «ствол» сохраняется для бортового ретранслятора. Диапазон частот, в котором работает система связи, принято разделять на некоторые участки полосы (шириной 35...40, 80...120 МГц), усиление сигналов в которых осуществляется отдельным трактом — стволом. В настоящее время вместо понятия «ствол» используют определение «транспондер».

Число транспондеров, одновременно действующих на ИСЗ, составляет обычно от 6 до 12, достигая на наиболее мощных ИСЗ нескольких десятков. Сигналы этих транспондеров разделяются по частоте, пространству и поляризации. Числом транспондеров, их полосой пропускания и ЭИИМ

определяется в основном важнейший суммарный показатель ИСЗ — его пропускная способность, т. е. число организуемых через ИСЗ каналов — телефонных и радиотелевизионных. Пропускная способность, по существу, является характеристикой системы, а не ИСЗ.

Пропускная способность транспондера ИСЗ зависит в некоторой степени не только от основных показателей — полосы пропускания и эквивалентной изотропно-излучаемой мощностью (ЭИИМ), но и от других параметров, определяющих искажения передаваемых сигналов — линейности амплитудной характеристики, величины АМ — ФМ преобразования и др. Эти параметры влияют на взаимные помехи между сигналами различных земных станций, на достоверность приема сигналов и тем самым на энергетические потери, обусловленные прохождением сигналов через неидеальный тракт бортового ретранслятора ИСЗ.

После коммутатора (4) сигнал поступает на усилитель (2), смеситель (5), на оконечный усилитель мощности (6) и передающую антенну. На схеме не показаны резервные элементы и устройства переключения на резерв. Эти устройства достаточно сложны, поскольку степень резервирования различна для каждого элемента тракта в зависимости от его надежности, важности для жизнеспособности ИСЗ, продолжительности срока службы (рис. 2.3).

В околоземном пространстве на высотах ГСО спутник подвергается воздействию ряда факторов космической среды, сокращающих срок его службы. В самых трудных условиях эксплуатируются устройства, элементы и материалы, расположенные вне герметичных отсеков на внешней поверхности ИСЗ. Приборы, находящиеся внутри ИСЗ (в гермоконтейнерах), главным образом «атакует» проникающая радиация — корпускулярные излучения большой энергии: космические лучи, в частности тяжелые ядра. Наиболее интенсивными первичными факторами, влияющими на внешнюю поверхность ИСЗ и его работоспособность, являются космический вакуум, потоки плазмы,

корпускулярные и магнитные излучения, микрометеориты. Они способствуют созданию собственной атмосферы ИСЗ и его электризации на ГСО.

2.5. Приемные спутниковые антенны



Прием сигналов спутникового телевидения осуществляется специальными приемными устройствами, составной частью которых является антенна. Для профессионального и любительского приемов передач с ИСЗ наиболее популярны параболические антенны, благодаря свойству параболоида вращения отражать падающие на его апертуру параллельные оси лучи в одну точку, называемую фокусом. Апертура — это часть плоскости, ограниченная кромкой параболоида вращения.

Параболоид вращения, который используется в качестве отражателя антенны, образуется вращением плоской параболы вокруг ее оси. Параболой называется геометрическое место точек, равноудаленных от заданной точки (фокуса) и заданной прямой (директрисы) (рис. 1.4). Точка F — фокус и линия AB — директриса. Точка M с координатами x, y — одна из точек параболы. Расстояние между фокусом и директрисой называется параметром параболы и обозначается буквой p . Тогда координаты фокуса F следующие: $(p/2, 0)$. Начало координат (точка O) называется вершиной параболы.

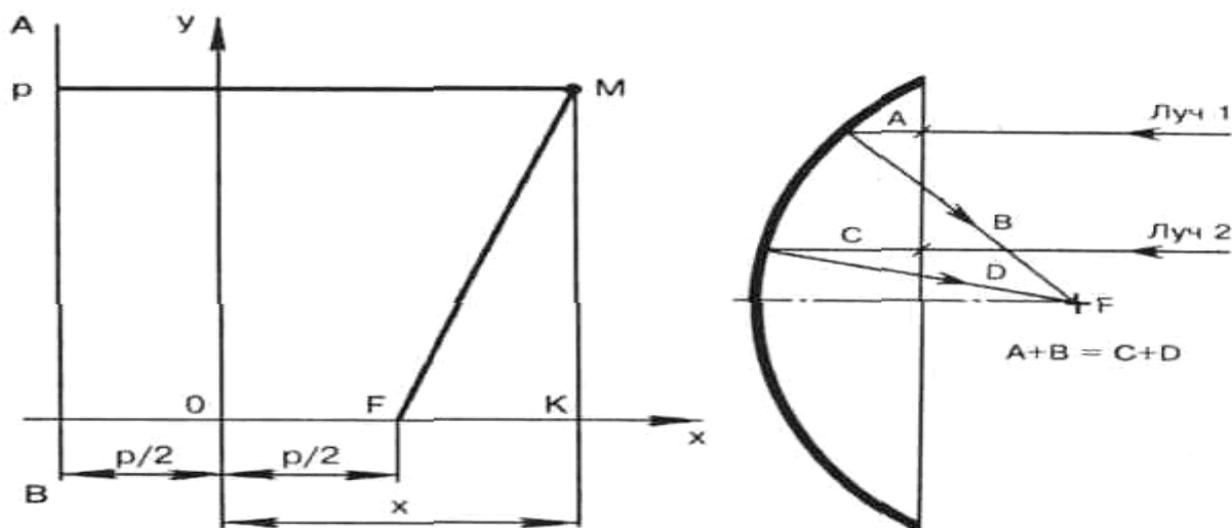


Рис.2.4. Определение основных параметров параболы и фокусного расстояния

амплитуд у облучателя для волн, отразившихся от кромки параболоида и от зоны, близкой к вершине.

Длиннофокусные параболоиды имеют меньшую глубину, установка облучателя является более удобной и амплитудное распределение становится более равномерным. Так, при диаметре апертуры 1,2 м и параметре 200 мм глубина параболоида равна 900 мм, а при параметре 750 мм — всего 240 мм. Если параметр превышает радиус апертуры, фокус, в котором должен находиться облучатель, располагается вне объема, ограниченного параболоидом и апертурой. Оптимальным считается вариант, когда параметр несколько больше, чем радиус апертуры.

Спутниковая антенна — единственный усиливающий элемент приемной системы, который не вносит собственных шумов и не ухудшает сигнал, а следовательно, и изображение. Антенны с зеркалом в виде параболоида вращения делятся на два основных класса: симметричный параболический рефлектор и асимметричный (рис. 2.6, 2.7). Первый тип антенн принято называть прямофокусными, второй — офсетными.

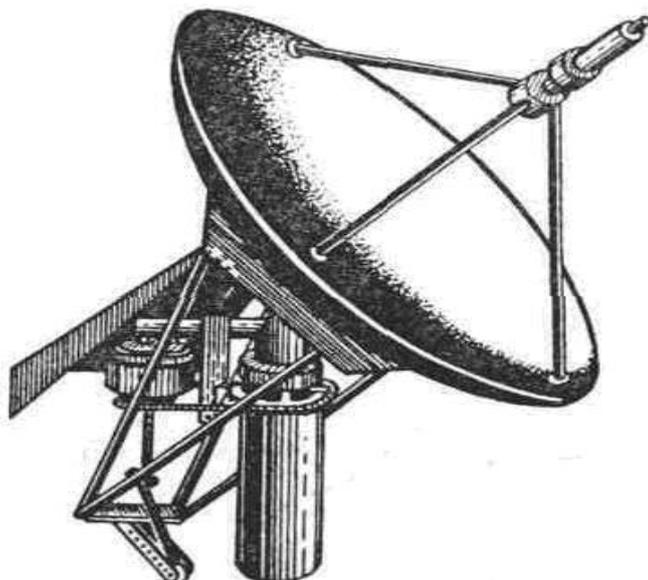


Рис.2.6. Конструкция осесимметричной параболической антенны

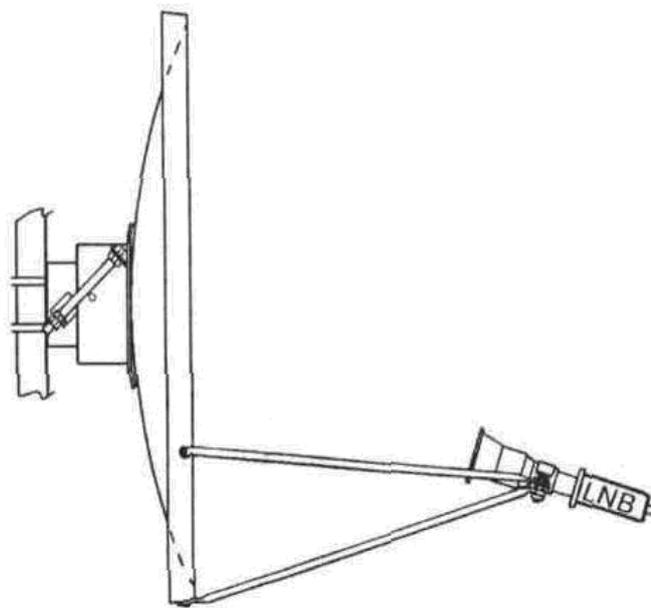


Рис.2.7. Конструкция офсетной параболической антенны

Офсетная антенна является как бы вырезанным сегментом параболы. Фокус такого сегмента расположен ниже геометрического центра антенны. Это устраняет затенение полезной площади антенны облучателем и его опорами, что повышает ее коэффициент полезного использования при одинаковой площади зеркала с осесимметричной антенной. К тому же, облучатель установлен ниже центра тяжести антенны, тем самым увеличивая ее устойчивость при ветровых нагрузках.

Выводы

На этой главе рассмотрены вопросы, спутниковые системы для цифрового телевизионного вещания, структура спутниковых систем связи и типы приемные спутниковые антенны. Подробно приведены полосы частот выделенные для спутниковых систем.

Спутники-ретрансляторы входящие в космический сегмент, образуют космическую группировку и как правило, размещаются равномерно на определенных орбитах. А также анализирована параболические антенны, для приема сигналов со спутника.

ГЛАВА III. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМА HD-ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ В ФОРМАТЕ DVB-S2 ЧЕРЕЗ СПУТНИКОВЫЕ КАНАЛЫ

3.1. Спутниковые системы цифрового телевизионного вещания

В действующих спутниковых системах связи уровни передаваемой мощности и спектральные характеристики сигналов имеют достаточно малые резервы для их оптимизации, в то время как методы кодирования-декодирования сигналов не достигли теоретических пределов. Поэтому для повышения энергетической и спектральной эффективности сигналов необходимо внедрение в создаваемых спутниковых мультисервисных телекоммуникационных сетях новейших методов многопозиционной модуляции и защиты от ошибок.

Сегодня наибольшее распространение получили системы цифрового спутникового вещания, соответствующие стандарту DVB-S, ставшему, своего рода, эталоном. В качестве основного метода модуляции в DVB-S применяется квадратурная фазовая модуляция (QPSK), благодаря которой удалось добиться высокой надежности передачи сигналов при относительно невысокой стоимости и простоте приемных устройств. Однако данный метод не позволяет использовать энергетический и частотный ресурсы транспондера с высокой эффективностью, что объясняется известным несовершенством стандарта DVB-S, разработанного достаточно давно для внедрения системы непосредственного телевизионного вещания со спутников (НТВ). Следует также отметить, что DVB-S был оптимизирован для режима работы с одной несущей на транспондере, хотя и допускает применение в режиме с несколькими частотно разделенными несущими.

При разработке проекта наряду с DVB-S были проанализированы современные стандарты цифрового спутникового вещания, такие, как

ISDB-S, DVB-DSNG и др., обеспечивающие более высокую эффективность использования энергетического и частотного ресурсов транспондера, но требующие применения более сложного и дорогостоящего оборудования.

Спутниковая система цифрового телевидения с интеграцией служб ISDB-S была разработана с учетом эксплуатации DVB-S как средства доставки нескольких различных программ мультимедиа и оптимизирована для вещания с применением статистического мультиплексирования. Она рассчитана на передачу данных различных служб с различным качеством и имеет средства адаптации к разнообразным условиям и возможностям вещания. Поэтому ISDB-S содержит более широкий набор схем модуляции и помехоустойчивого кодирования, которые могут гибко выбираться и комбинироваться. В системе допускается использование более спектрально-эффективной восьмипозиционной фазовой модуляции в сочетании с решетчатым сверточным кодированием, что позволяет обеспечить максимальную скорость передачи полезных сигналов 54,4 Мбит/с в полосе канала 36 МГц. Такая пропускная способность достаточна для передачи до 11 программ стандартного телевидения со скоростью 5,5 Мбит/с или 13 программ качества VHS со скоростью до 4 Мбит/с.

В европейской системе спутникового сбора новостей DVB-DSNG предусмотрено еще большее увеличение спектральной эффективности при сохранении максимально возможной совместимости с системой DVB-S. В каналах с достаточным энергетическим запасом можно использовать режимы передачи, основанные на модуляции 8-PSK и 16-QAM. Сочетание трех видов модуляции с пятью кодовыми скоростями внутреннего кодера позволяет получить различные режимы передачи, наилучшим образом удовлетворяющие специфическим особенностям конкретного спутникового канала.

Разработанный для системы цифрового спутникового вещания однокристалльный широкополосный радиомодем обеспечивает передачу информации со скоростью до 155 Мбит/с.

Выбор наиболее эффективной системы передачи цифровой информации необходим, потому что создаваемая на первом этапе сеть распределения ТВ-программ в дальнейшем должна стать базой для внедрения на ее основе мультисервисной телекоммуникационной сети, которая требует максимально возможных скоростей передачи транспортных потоков. Цифровые потоки видео-, аудиосигналов различных телевизионных программ, потоки данных объединяются в мультиплексоре. В поток вводятся сигналы синхронизации, позволяющие различить их после демодулятора. В стандарте MPEG-2 различают три вида цифровых потоков: пакетный элементарный поток (ПЭП), программный поток (ПП) и транспортный поток (ТП). Пакетный элементарный поток относится к какому-то одному виду информации-сигналу изображения или звука, либо данным. Программный поток объединяет элементарные потоки, имеющие общую тактовую частоту, т.е. формируется при передаче n-телевизионных, m-радиовещательных и k-потоков данных. В стандарте предусмотрена возможность объединения до 16 потоков видео, 32 аудио и до 16 потоков данных. В каналах формируется транспортный поток, в котором присутствует пакет длиной 188 байт, из них 187- информационные и 1 байт синхронизации.

На рис. 3.1 приведена упрощенная структурная схема спутниковой системы цифрового телевидения.



Рис. 3.1. Упрощенная структурная схема спутниковой системы цифрового телевизионного вещания

Цифровой поток данных, сформированный из различных источников (телетекст, видеоинформационный и др.) поступает на мультиплексор. Для объединения и последующего разделения сигналов на вход мультиплексора поступают синхронизирующие сигналы (на схеме не показаны). Перед модулятором передатчика обычно устанавливается фильтр. Его назначение вызвано различными причинами. Для устранения межсимвольных искажений при демодуляции сигнала могут использоваться различные варианты фильтров Найквиста. Часто используют аппроксимации частотных характеристик фильтров, близких к фильтру с АЧХ вида «корень квадратный из спектра типа приподнятый косинус» [3.4]. Такие фильтры устанавливают как на передающей, так и на приемной стороне. Используют также фильтры, минимизирующие спектр радиосигнала, для уменьшения помех соседним радиоканалам.

В спутниковых каналах сигналы достаточно стабильны при спокойном состоянии тропосферы. Однако при возмущениях в ней опасно применять сигналы со сложными видами модуляции, поэтому, как правило, используют хорошо зарекомендовавшую не только в спутниковых каналах 4-позиционную фазовую манипуляцию) - в английской аббревиатуре - 4-ФМ.

Однако в последнее время появились попытки применить в спутниковых каналах сигналы с фазовой манипуляцией с увеличенным алфавитом сигналов - 8-ФМ (8-позиционные сигналы фазовой манипуляции), - что потребовало использования нового вида помехоустойчивых кодов-«турбокодов» [3.5, 3.11]. В начале 2002 г. развернуты работы нового стандарта DVB-S2, в основе которого лежит многопозиционная фазовая модуляция (8-ФМ, 16-ФМ или 16-КАМ) и методы турбокодирования.

Турбо кодирование позволяет приблизиться к пределу Шеннона, при этом проигрыш в системе передачи колеблется от 0,27 до 0,5 дБ. С помощью турбо кодов можно достичь величины вероятности ошибки по битам 10^{-5} при отношении энергии сигнала к спектральной плотности шума на выходе УПЧ-2, равном 0,7 дБ. Фактически турбокоды являются блочными кодами с большой длиной блока. Поскольку в демодуляторе на приемной стороне используется квазикогерентная обработка сигналов, то для устранения неопределенности фазы опорного колебания на приемной и передающей стороне дополнительно применяется дифференциальное кодирование и декодирование.

Кроме того, при квазикогерентном приеме в демодуляторе имеются устройства синхронизации, предназначенные для образования сигналов опорного колебания и тактовых импульсов.

Для повышения помехоустойчивости приема сигналы с выхода мультиплексора поступают на модулятор не непосредственно, а дважды дополнительно кодируются помехоустойчивым кодом (при использовании сигналов 4-ФМ обычно внутренний код - сверточ-ный и внешний блочный - Рида-Соломона, а при применении сигналов ФМ-8 используются уже упомянутые турбокоды) Для упрощения рисунка такие кодеры и декодеры не показаны.

Приемные станции могут быть трех видов: 1-профессиональные с цифровым декодером, 2-е преобразователями вида 4-ФМ/КАМ (4-ФМ - четырехпозиционная фазовая модуляция, КАМ-квадратурная амплитудно-фазовая модуляция с числом уровней 64 или 256 для кабельных сетей или для индивидуальных приемных устройств спутникового телевидения).

В первом типе станций сигнал после декодирования поступает в профессиональную студию либо в кабельную распределительную сеть телевизионных программ, или в бытовой интегрированный кабельный декодер, в котором выделяются также каналы телетекста и звукового вещания,

во втором типе станций - на индивидуальный спутниковый ресивер-декодер. Разработаны бытовые и профессиональные спутниковые декодеры с весьма универсальными схемами. Профессиональные цифровые декодеры обычно рассчитаны на применение в любых конфигурациях стандартов и сигналов.

Структурная схема приемной индивидуальной установки цифровой спутниковой системы изображена на рис. 3.2, в которую входит параболическая антенна с диаметром 0,6... 1,2 м, перед рефлектором которой помещается наружный блок (конвертер).

3.2. Структурная схема спутниковой системы цифрового телевидения

В соответствии со структурной схемой рис. 3.2 принятый антенной сигнал проходит через блок выбора поляризации, далее поступает в малошумящий усилитель, смеситель, на второй вход которого поступает сигнал гетеродина. После преобразования сигнал выделяется фильтром первой промежуточной частоты и далее усиливается УПЧ1.

Таким образом, в конвертере происходит преобразование частоты сигнала, принятого антенной в полосе частот 10,95... 11,7 ГГц или 11,7... 12,5 ГГц спутниковой системы диапазона Ku, в сигнал первой УПЧ в полосе 0,95... 1,75 ГГц или 0,95...2,05 ГГц и усиление этого сигнала.



Рис. 3.2. Структурная схема приемной индивидуальной установки спутниковой цифровой системы ТВ:

1 - поляризатор; 2 - МШУ; 3 - смеситель; 4 - первый гетеродин;

5 - УПЧ наружного блока; 6 - УПЧ внутреннего блока; 7 - второй смеситель; 8 - второй гетеродин; 9 - блок управления; 10 - полосовой фильтр; 11 - УПЧ2

Кратко рассмотрим требования к конвертеру телевизионных сигналов и его техническим характеристикам. Конвертер - это наиболее важный узел приемной установки. Его основные задачи: уменьшение общего коэффициента шума, осуществление широкополосного усиления, преобразование частоты и обеспечение сравнительно большого динамического диапазона, так как в противном случае могут возникать нелинейные искажения сигнала. Конвертеры размещают в герметизированном корпусе и помещают в фокусе приемной антенны. Входящий в него волноводно-полосковый переход предназначен для обеспечения согласования входа малошумящего усилителя (МШУ) с поляризатором. Малошумящий усилитель имеет обычно три усилительных каскада. Каскады в качестве усилительных элементов содержат полевые арсенид галлиевые малошумящие транзисторы, выполненные по технологии ТВПЭ (транзисторы с высокой подвижностью электронов), имеющие малый коэффициент шума. Особенностью каскадов таких МШУ является отсутствие резисторов во входных цепях, поскольку наличие их вызвало бы увеличение коэффициента шума малошумящего усилителя.

Канализация сигнала во входную цепь и передача ее на вход последующего каскада осуществляется микро-полосковыми линиями. Стационарный режим каскадов обеспечивается отдельными источниками питания через элементарные LC-фильтры низких частот. Благодаря принятым мерам удается получить коэффициент шума неохлаждаемого МШУ 0,7...1,0 дБ, при неравномерности АЧХ около 2 дБ, линейной ФЧХ и коэффициенте усиления около 25...35 дБ.

Фильтр смесителя выполняется по микрополосковой технологии. Потери преобразования смесителя с гетеродином составляют обычно 5...6 дБ (с учетом потерь, вносимых полосовым фильтром). УПЧ1 имеет широкую полосу

пропускания и малые собственные шумы. Для усиления сигнала в УПЧ1 имеются обычно четыре резисторных каскада на биполярных транзисторах с включением усилительных элементов по схеме с общим эмиттером, коэффициент усиления УПЧ1 составляет обычно 30...35 дБ. Питание конвертера осуществляется по центральной жиле кабеля, соединяющего его с внутренним блоком. Длина соединительного коаксиального кабеля между конвертером и внутренним блоком может достигать нескольких десятков метров.

Внутренний блок цифровой приемной установки - ресивер -согласно схеме (рис. 3.2) содержит дополнительный каскад УПЧ1, преобразователь и усилитель второй промежуточной частоты с полосой пропускания 27/36 МГц. Уровень выходного сигнала УПЧ2 составляет обычно 1 В. Гетеродин второго преобразователя частоты - перестраиваемый с шагом 10 кГц с синтезатором частот, работающим в полосе 0,95...2,15 ГГц + 480 МГц. Сигнал с выхода ресивера после демодуляции поступает на цифровой декодер. Структурная схема бытового цифрового приемника-декодера приведена на рис. 3.3.

В демодуляторе производится преобразование высокочастотного модулированного сигнала в цифровой поток, который поступает на демультимплексор, разделяющий его на три составляющих: видео, аудио и поток данных. В этом же блоке осуществляется дескремблирование (устранение псевдослучайной последовательности кодирования, наложенной на сигнал в передатчике). Видеосигналы декодируются из стандарта MPEG в декомпрессированные цифровые сигналы в блоке 5, из которых после цифроаналогового преобразователя 6 выделяются исходные видеосигналы в виде составляющих яркостной (Y) и трех цветовых составляющих - красной (R), зеленой (G) и голубой (B).

Блок 6 осуществляет также функции преобразователя стандартов, т.е. на его выход в соответствии с желанием пользователя можно подключить телевизионный приемник, работающий в одном из трех стандартов

аналогового телевизионного вещания -PAL, SECAM или NTSC. Имеется выход для подключения наземной сети телевидения. С выхода аудиодекодера 4, совмещенного с цифроаналоговым преобразователем, можно получить как аналоговые, так и цифровые сигналы. Микропроцессор 8 управляет работой блока 3 (демультиплексора-дескремблера) и выделяет телефонный сигнал в случае реализации интерактивной системы связи, а также образует интегрированные пакеты данных других служб, подводимые далее в блок 12.

Микропроцессор имеет выход для подключения стандартного интерфейса RS-232. Модуль цифрового управления и инфракрасный датчик обеспечивают возможность дистанционного управления приемником-декодером.

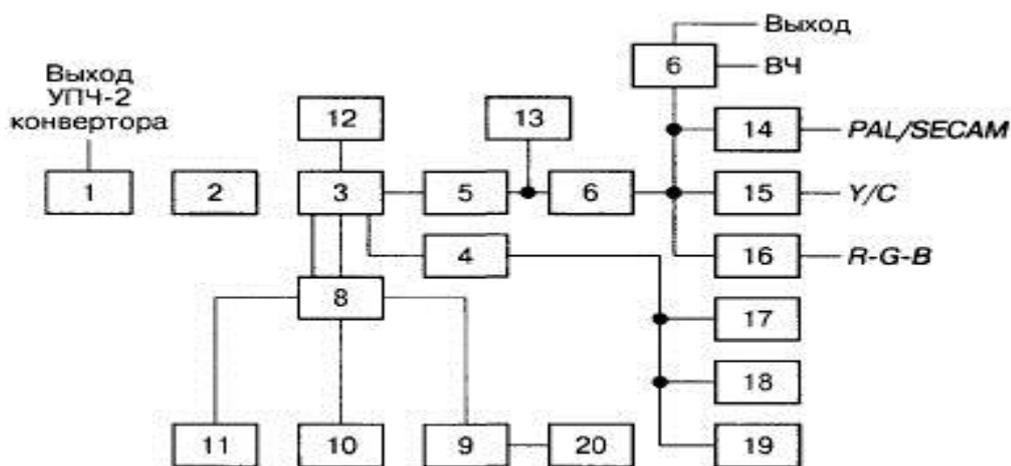


Рис. 3.3. Структурная схема цифрового приемника:

1 - ресивер; 2 - демодулятор (прямое исправление ошибок); 3 - демультиплексор/дескремблер; 4 - аудиодекодер MPEG-2; 5 - видеодекодер MPEG-2; 6 - кодер системы цветного телевидения; 7 - модулятор; 8 - микропроцессор; 9 - модем; 10 - ИК датчик; 11 - модуль цифрового телевидения; 12-пакеты данных формата MPEG-2; 13 - цифровое видео 4:2:2; 14 - SECAM/PAL; 15 - Y/C; 16 - R-G-B; 17 - аналоговое аудио; 18 - цифровое видео AES/EBU; 19 - RS 232; 20 - телефонная линия

Впервые технические параметры спутниковых ресиверов ряда фирм Западной Европы в обобщенном виде были представлены в работе.

Главным отличием современных спутниковых ресиверов является возможность приема только одних цифровых телевизионных программ

либо комбинированных аналого-цифровых.

В табл. 3.1 приводятся основные технические данные ресиверов.

Таблица 3.1. Основные технические данные ресиверов

Параметр	Тип					
	DRS9400 VIA	EM TECH EM300 PvR	Humax PvR-8000	Humax C1- 5100 VA- 5200 VACI- 5300	Medio-Com VACI-Gold	XSAT CDTV410
Диапазон частот, ГГц	0,95...2,15	0,95...2,15	0,95...2,15	0,95...2,15	0,95...2,15	0,95...2,15
Уровень входного сигнала, дБВ	-55...-95	Нет данных	-55...-95	-55...-95	Нет данных	-55...-95
Скорость приема	2...45	1...45	1...45	1...31	2...45	2...30,5
Переключ. поляриз. В	13...19	13...19	13...18	13...18	Нет данных	13...18
Параметр	Тип					
Управление Гетеродина МШУ, кГц	0...22	20...24	18...26	18...26	22	22
Разрешение (пикселей)	780x576 ...352x288	720x576 (PAL)	720x576	720x576	720x576(PAL) 720x480(NTSC)	720x576
Питание, В (Гц)	176...264 (50... 60)	90...260 (50... 60)	90...250 (50... 60)	90...250 (50...60)	90...250 50)	90...240 (50...60)
Габаритные размеры, мм	233x676x60	340x260x60	400x297x65	370x280x60	370x270x70	310x170x65
Масса, кг	0,95	1,5	3,5	2,8	2,7	1,3

Один из вариантов структурной схемы приемного тракта цифрового спутникового телевидения по стандарту DVB-S показан на рис. 3.4. Электромагнитные колебания сантиметрового диапазона принимаются параболической антенной и переносятся в конверторе на первую промежуточную частоту. Затем в тюнере осуществляется второе преобразование частоты и выбор одного из каналов, принимаемых с данного спутника. На выходе тюнера получается сигнал на промежуточной частоте, который проходит усилитель, управляемый схемой АРУ, и поступает на аналоговый квадратурный демодулятор.



Рис. 3.4. Структурная схема приемного тракта спутникового цифрового телевидения

Демодуляция производится путем умножения сигнала на две квадратурные составляющие несущей частоты и последующей фильтрации. Вторая квадратурная составляющая формируется с помощью фазовращателя (ФВ) на 90° . Полученные сигналы I и Q преобразуются в цифровую форму двухканальным АЦП, число разрядов которого от 3 до 6 на канал. Далее два цифровых сигнала поступают на блок цифровой обработки (БЦО), в котором из них выделяются передаваемые символы, а также восстанавливаются несущая частота и тактовые импульсы (ТИ) символьной синхронизации для АЦП.

В блоке коррекции ошибок в первую очередь выполняются декодирование сверточного кода и преобразование декодированных

канальных символов в байты, объединяемые в пакеты транспортного потока. Затем производятся демультиплексирование и декодирование кода Рида-Соломона. Эти операции, также как и вся последующая обработка сигналов, аналогичны рассмотренным выше для приемника кабельного телевидения.

Стандарт DVB-S Спутниковое ТВ (SAT) вещание было и остается самым быстрым, надежным и экономичным способом подачи ТВ сигнала высокого качества в любую точку обширного пространства. Все вещательные искусственные спутники Земли (ИСЗ) размещаются на так называемой геостационарной орбите (ГО) - круговой орбите высотой ~36000 км в плоскости экватора. Находясь на ГО, спутник неподвижен относительно поверхности Земли, т.к. вращается с той же угловой скоростью, что и Земля. Зона видимости геостационарной ИСЗ - около одной трети земной поверхности.

Для SAT вещания выделены специальные участки радиочастотного спектра в сантиметровом диапазоне волн, где допускается повышенная плотность потока мощности с ИСЗ. Наиболее освоен участок КУ-диапазона с частотами 11,7:12,5 ГГц. Вещательную мощность ИСЗ в данной точке приема принято характеризовать эквивалентной изотропно излучаемой мощностью (Р ЭИИМ), представляющей собой произведение выходной мощности передатчика ИСЗ на коэффициент усиления передающей антенны в данном направлении. Р ЭИИМ обычно выражается в дБ×Вт (dBW) и обычно составляет 45:60 dBW. В соседних диапазонах 10,7:11,7 ГГц и 12,5:12,75 ГГц вещают спутники так называемой фиксированной спутниковой службы с типовыми значениями Р ЭИИМ 38:52 dBW. Одной из особенностей применения ИСЗ является ограниченность энергетического потенциала спутникового ретранслятора, в силу чего в SAT вещании традиционно используют методы обработки, требующие минимального отношения несущая/шум (C/N) на входе демодулятора в обмен, например, на полосу частот сигнала. В аналоговом вещании это был

выбор частотной модуляции (вместо аналоговой), а в цифровом вещании приходится применять мощное каскадное помехоустойчивое кодирование и модуляцию с невысокими кратностями (например, QPSK вместо более высокоскоростной 16 QAM). Дополнительной особенностью цифрового SAT вещания является тот факт, что многопрограммное вещание осуществляется за счет мультиплексирования в цифровом потоке, а работа передатчика ИСЗ осуществляется только на одной несущей в нелинейном режиме, что позволяет повысить его выходную мощность на 2,5:4 dB. Такое повышение энергетики эквивалентно уменьшению диаметра рефлектора приемной антенны в 2 раза в сравнении с приемом сигналов аналогового вещания. В 1994г. в рамках консорциума DVB Project был создан Европейский стандарт спутниковой цифровой системы многопрограммного ТВ вещания - стандарт DVB-S , работающий в полосе частот 11/12 ГГц (European Standard EN 300 421 v.1.1.2, 1997-08). Для целей SAT вещания выделены полосы частот в диапазонах 12, 29, 40 и 85 ГГц. В диапазонах 40 ГГц и 85 ГГц выделен спектр частот шириной в 2 ГГц.

В октябре 1996г. был принят проект Рекомендации по общим функциональным требованиям к многопрограммным системам SAT вещания в полосе частот 11/12 ГГц, а уже в октябре 1999г. был выработан проект новой Рекомендации, учитывающей, что в мире существуют четыре схожие по архитектуре системы: стандарт DVB-S (Система А), DSS (Система В), G1-MPEG-2 (Система С) и ISDB-S (Система D).

Система А (стандарт DVB-S) разработана европейским консорциумом DVB Project и предназначена для доставки служб многопрограммного ТВ вещания или ТВЧ в частотных диапазонах фиксированной и радиовещательной SAT служб (10,7:12,75 ГГц) с их непосредственным приемом на домашние интегральные приемники-декодеры, а также на приемники, подключенные к системам с SAT коллективными ТВ антеннами SMATV (Satellite Master Antenna TV), и систем кабельного

телевидения (СКТ) при первичном и вторичном распределениях программ ТВ вещания. В настоящее время практическое все цифровое SAT ТВ вещание на все пять континентов осуществляется по стандарту DVB-S.

Существует два основных способа цифровой передачи SAT сигналов:
- передача N сжатых цифровых сигналов на N несущих;
- мультиплексирование N сжатых цифровых сигналов и их передача на одной несущей.

3.3. Анализ стандарта спутникового вещания DVB-S2

Стандарт DVB-S2 разработан в 2003 г., является спецификацией второго после DVB-S поколения стандарта спутникового вещания. Система DVB-S2 удовлетворяет требованиям различных спутниковых вещательных приложений:

- ТВ-вещание стандартного (SDTV) и высокого разрешения (HDTV);
- интерактивные услуги - доступ в Интернет, приложения клиента;
- профессиональные приложения (распространение цифрового ТВ и репортажные услуги, доставка ТВ-программ до наземных передатчиков);
- распространение контента.

Преимущества стандарта DVB-S2 над DVB-S :

- рост емкости сигнала в сравнении с DVB-S примерно 30% (для пользователей спутникового интернет это означает уменьшение тарифов, для ТВ – увеличение числа каналов + улучшение качества картинки);
- гибкость стандарта DVB-S2 :
- он работоспособен при любых параметрах ныне действующих транспондеров, предоставляя большой выбор по спектральной эффективности;
- DVB-S2 способен вместить любой формат входного потока, включая один

или несколько транспортных потоков MPEG, непрерывные битовые потоки, пакеты IP, а также и ATM; - Повышенная стабильность и помехоустойчивость сигнала.

DVB-S2 – такой формат спутникового ТВ вещания с которых идёт вещание HDTV -каналов. Для HDTV из-за высоких требований к пропускной способности каналов практически нет других вариантов, кроме использования DVB-S2 стандарта. Спутниковые операторы, предлагающие услуги связи через VSAT-терминалы, или уже имеют DVB-S2 -транспондеры на спутниках, или планируют запуск DVB-S2 в ближайшее время.

При запуске ИСЗ может быть выведен на различные орбиты, которые характеризуются следующими основными параметрами: углом наклона плоскости орбиты к плоскости экватора, формой орбиты и высотой над поверхностью Земли.

По углу наклона орбиты разделяются на следующие:

- 0 град — экваториальные;
- 90 град — полярные;
- больше 0 град и меньше 90 град — наклонные.

Необходимо отметить, что ИСЗ не может двигаться по любой орбите вокруг Земли. Он может находиться лишь на той орбите, плоскость которой проходит через центр массы Земли.

По форме орбиты разделяются на круговые и эллиптические, а по высоте — на низкие с малым периодом обращения (1...3 ч) и высокие с большим периодом обращения.

На орбите ИСЗ вращается на расстоянии от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч километров над поверхностью Земли. После вывода на орбиту спутник продолжает вращаться вокруг Земли с постоянной скоростью без посторонней помощи по инерции, а под действием силы тяжести (гравитационной силы Земли) F_G он постоянно находится на заданной орбите (рис. 2.5). Чем ближе спутник к поверхности Земли, тем больше сила

F_G . Для того, чтобы спутник оставался на орбите, необходимо увеличение скорости его движения по орбите. И наоборот, для спутника, находящегося на более удаленной от Земли орбите, требуется меньшая скорость его движения для удержания его на орбите.

Если ИСЗ выведен на экваториальную орбиту с периодом обращения 24 ч и движется в сторону вращения Земли, то такой ИСЗ для наблюдателя с Земли будет казаться неподвижным. Это происходит на расстоянии от поверхности на орбите спутника чуть больше 3 км/с, что обеспечивает совпадение периодов вращения спутника вокруг Земли и Земли вокруг своей оси. В этом случае говорят, что спутник стационарен по отношению к Земле. Такая орбита ИСЗ называется геосинхронной или геостационарной и отличается высокой стабильностью. Именно такие орбиты используются для спутникового вещательного телевидения. С точки зрения использования числа ИСЗ и охвата единым вещательным телевидением всех стран мира самыми выгодными являются геостационарные орбиты (рис. 3.6).

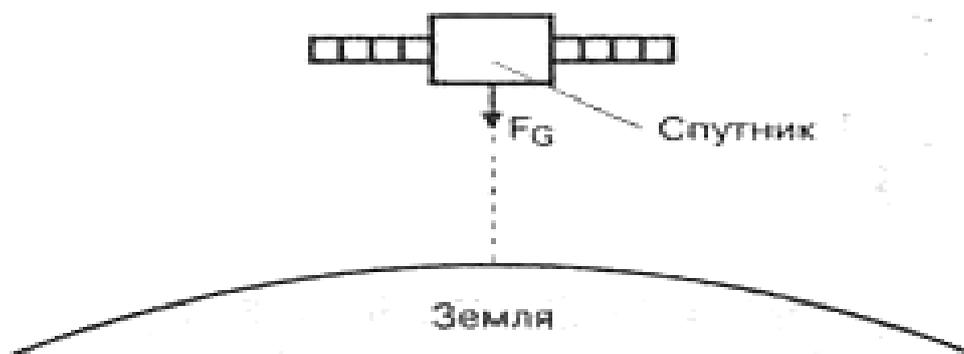


Рис.3.5. ИСЗ на заданной орбите

ИСЗ, находящиеся на геостационарной орбите, имеют ряд преимуществ в обеспечении связи:

- связь может быть круглосуточной;

- антеннам земных станций не требуются системы автоматического сопровождения спутника, а механизм привода антенны для перехода на прием сигналов другого спутника может быть достаточно простым;
- из-за постоянства расстояния между спутником и наземной станцией сигнал будет устойчивым на всей трассе передачи информации;
- практически отсутствует доплеровский сдвиг частоты.

Зона покрытия спутника на геостационарной орбите составляет около одной трети земной поверхности, за исключением областей, находящихся выше 75 град северной и южной широт. Следовательно, три ИСЗ, размещенные на геостационарной орбите со сдвигом 120 град, позволяют создать глобальную систему спутниковой связи, которая позволяет охватить вещательным телевидением около 98% всей поверхности Земли (рис. 3.6).

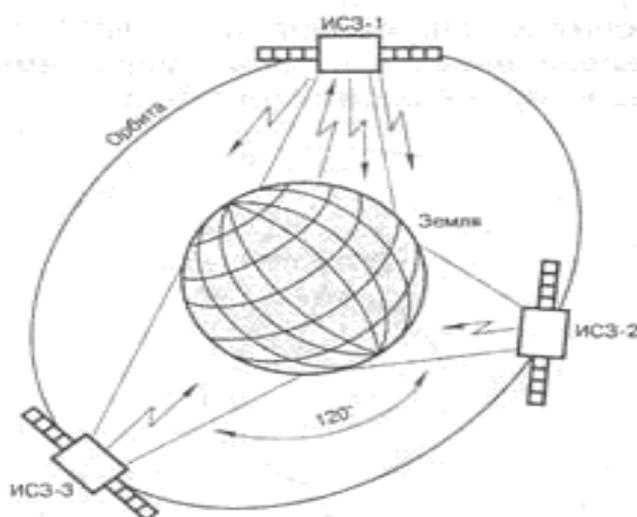


Рис.3.6. ИСЗ на геостационарной орбите

К числу высокостабильных также относится наклонная орбита ИСЗ с углом наклона к поверхности Земли 63,5 град и 24- часовым периодом обращения вокруг Земли.

Базовая спутниковая система связи состоит из двух наземных станций передатчика и приемника и ИСЗ, находящегося на геостационарной орбите

(рис.3.7). Спутник, который называют активным ретранслятором, действует как преобразователь частоты, так как принимает сигналы от передающей станции (линия связи Земля — спутник) на одной частоте, передает их обратно (линия связи спутник – Земля) на наземную станцию на другой, более низкой, частоте. Для прохождения ионосферы окружающей Землю частоты линий связи Земля – спутник и спутник – Земля выбираются выше 100 МГц.

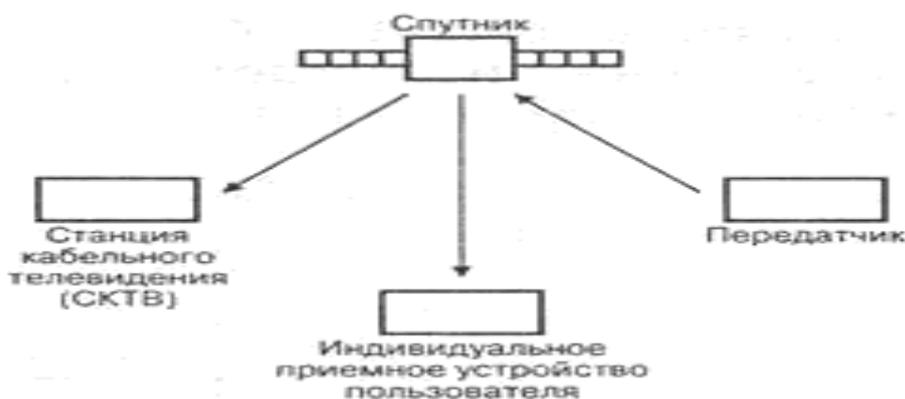


Рис.3.7. Базовая спутниковая система

Схема охвата вещательным телевидением земной поверхности может быть представлена следующим образом. Сигналы с телевизионного центра, ведущего передачу, поступают на специальный передатчик, который с помощью высоконаправленной антенны передает их на ИСЗ. Принятые на спутнике сигналы усиливаются и модулируют сигналы двух передатчиков ретранслятора. Один передатчик излучает энергию в направлении следующего активного ретранслятора (направленное излучение), другой в направлении Земли (ненаправленное излучение). На Земле эти сигналы принимаются специальными приемными устройствами, усиливаются и передаются на телевизионный центр, где окончательно и формируются телевизионные сигналы. Сформированный сигнал изображения вместе с сигналом звукового сопровождения поступают на передатчик телевизионного центра для телевизионного вещания. Кроме того, по радиорелейным и

кабельным линиям связи сигнал может быть передан на другие телевизионные центры.

Если спутниковая передача ориентирована на индивидуальных пользователей, то излучаемый спутником сигнал направлен не на конкретную приемную антенну, а на некоторую площадь или зону обслуживания. Для представления распределения передаваемой спутником мощности электромагнитного излучения используются контурные карты и каждый спутник формирует свою собственную зону обслуживания на поверхности Земли.

Запуск ИСЗ на 24-часовую геосинхронную или полусинхронную (наклон 63,5 град) орбиты связан с рядом трудностей, создаваемых воздействием гравитационных полей Луны и Солнца, а также необходимостью удерживать эти спутники на орбите и ориентировать их по отношению к Земле. В связи с этим к современным спутникам предъявляют очень жесткое требование — точность его положения на орбите должна составлять не менее 99,9 %.

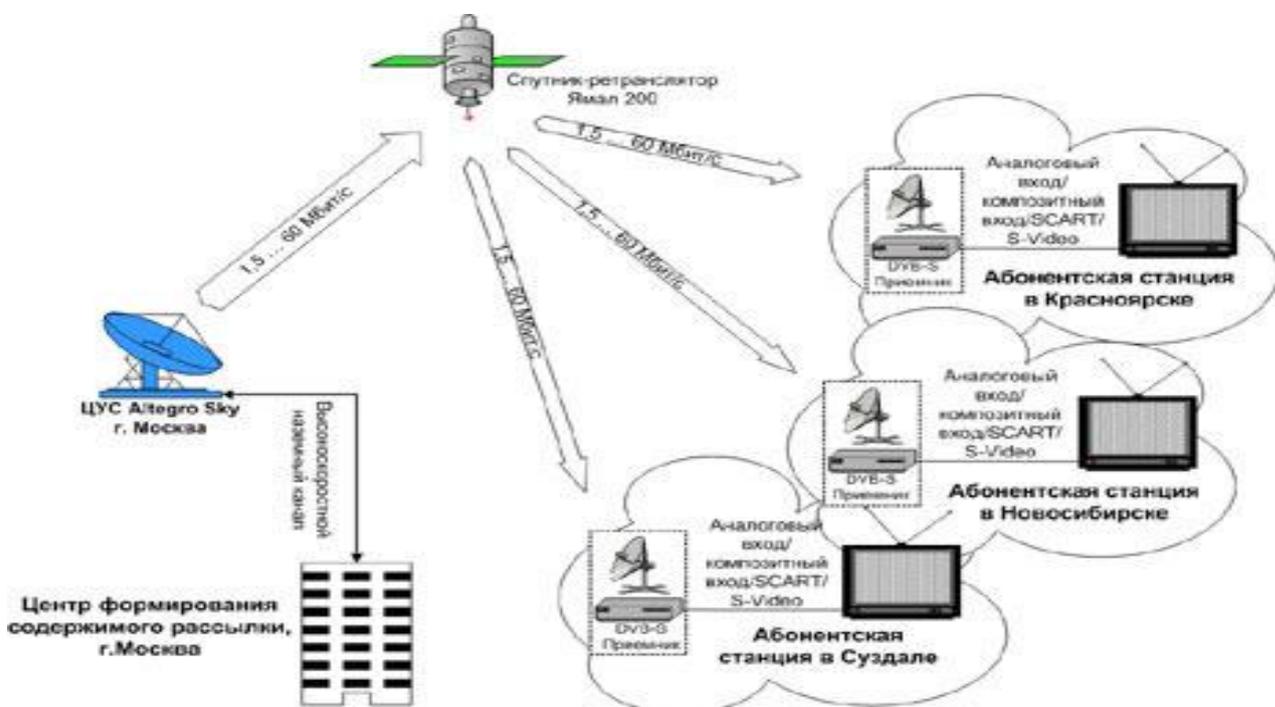


Рис. 3.8. Формирование и распространение спутниковых ТВ-программ

Для передачи изображения удовлетворительного качества необходима скорость 1 Мбит/с на одну программу, для хорошего качества 2 Мбит/с на одну программу, отличного качества - 6 Мбит/с. Удовлетворительным считается качество видео CD (размер кадра 352x288 точек), хорошим - качество улучшенного видео CD (размер кадра 480x576 точек), отличным - качество DVD (размер кадра 720x576 точек).

В связи с высокой стоимостью космического сегмента, особенно в дневные часы обычной практикой при реализации Бизнес ТВ является аренда на 1-2 часа пропускной способности 1 - 2 Мбит/с ежедневно либо несколько раз в неделю.

В состав абонентского комплекта для приема телевизионного вещания входит простая спутниковая приемная антенна диаметром от 1 до 1,5 метра, малошумящий усилитель, спутниковый приемник, подключаемый напрямую к телевизору. В случае, если транслируемые программы содержат информации, предназначенную только для сотрудников компании, необходимо применять различные способы ограничения доступа абонентов к содержимому передаваемого ТВ сигнала.



Рис. 3.9. Схема терминала для приема ТВ сигналов на обычный телевизор

Все вещательные искусственные спутники Земли (ИСЗ) размещаются на так называемой геостационарной орбите (ГО) – круговой орбите высотой ~36000 км в плоскости экватора. Находясь на ГО, спутник неподвижен относительно поверхности Земли, т.к. вращается с той же угловой скоростью, что и Земля. Зона видимости геостационарной ИСЗ – около одной трети земной поверхности. Для SAT вещания выделены специальные участки радиочастотного спектра в сантиметровом диапазоне волн, где допускается повышенная плотность потока мощности с ИСЗ. Наиболее освоен участок КУ-диапазона с частотами 11,7...12,5 ГГц. Вещательную мощность ИСЗ в данной точке приема принято характеризовать эквивалентной изотропно излучаемой мощностью (ЭИИМ), представляющей собой произведение выходной мощности передатчика ИСЗ на коэффициент усиления передающей антенны в данном направлении. Р ЭИИМ обычно выражается в дБ×Вт (dBW) и обычно составляет 45...60 dBW. В соседних диапазонах 10,7...11,7 ГГц и 12,5...12,75 ГГц вещают спутники так называемой фиксированной спутниковой службы с типовыми значениями Р эквивалентной изотропно-излучаемой мощностью (ЭИИМ) 38...52 dBW. Одной из особенностей применения ИСЗ является ограниченность энергетического потенциала спутникового ретранслятора, в силу чего в SAT вещании традиционно используют методы обработки, требующие минимального отношения несущая/шум (C/N) на входе демодулятора в обмен, например, на полосу частот сигнала. В аналоговом вещании это был выбор частотной модуляции (вместо амплитудной), а в цифровом вещании приходится применять мощное каскадное помехоустойчивое кодирование и модуляцию с невысокими кратностями (например, QPSK вместо более высокоскоростной 16 QAM). Дополнительной особенностью цифрового SAT вещания является тот факт, что многопрограммное вещание осуществляется за счет мультиплексирования в цифровом потоке, а работа передатчика ИСЗ осуществляется только на одной несущей в нелинейном режиме, что позволяет повысить его выходную

мощность на 2,5...4 dB. Такое повышение энергетики эквивалентно уменьшению диаметра рефлектора приемной антенны в 2 раза в сравнении с приемом сигналов аналогового вещания.

В 1994г. в рамках консорциума DVB Project был создан Европейский стандарт спутниковой цифровой системы многопрограммного ТВ вещания - стандарт DVB-S, работающий в полосе частот 11/12 ГГц (European Standard EN 300 421 v.1.1.2, 1997-08). Для целей SAT вещания выделены полосы частот в диапазонах 12, 29, 40 и 85 ГГц. В диапазонах 40 ГГц и 85 ГГц выделен спектр частот шириной в 2 ГГц.

В октябре 1996г. был принят проект Рекомендации по общим функциональным требованиям к многопрограммным системам SAT вещания в полосе частот 11/12 ГГц, а уже в октябре 1999г. был выработан проект новой Рекомендации, учитывающей, что в мире существуют четыре схожие по архитектуре системы: стандарт DVB-S (Система А), DSS (Система В), G1-MPEG-2 (Система С) и ISDB-S (Система D).

Система А (стандарт DVB-S) разработана европейским консорциумом DVB Project и предназначена для доставки служб многопрограммного ТВ вещания или ТВЧ в частотных диапазонах фиксированной и радиовещательной SAT служб (10,7...12,75 ГГц) с их непосредственным приемом на домашние интегральные приемники-декодеры, а также на приемники, подключенные к системам с SAT коллективными ТВ антеннами SMATV (Satellite Master Antenna TV), и систем кабельного телевидения (СКТ) при первичном и вторичном распределениях программ ТВ вещания. В настоящее время практическое все цифровое SAT ТВ вещание на все пять континентов осуществляется по стандарту DVB-S.

Существует два основных способа цифровой передачи SAT сигналов:

- передача N сжатых цифровых сигналов на N несущих;

- мультиплексирование N сжатых цифровых сигналов и их передача на одной несущей.

3.4. Выбор оборудования для приема спутникового ТВ сигнала в стандарте DVB-S2

Начать формирование комплекта лучше всего с антенны. При определении диаметра антенны можно порекомендовать произвести в месте ее установки замер уровня сигнала с различных спутников и, исходя из полученных значений, выбрать нужный размер. В процессе эксплуатации антенны под влиянием внешних условий (например, ветра) происходит ее деформация, что может привести к уменьшению коэффициента усиления. При выборе антенны это необходимо учитывать. Обычно рекомендуется приобретать антенну с небольшим запасом по диаметру (коэффициенту усиления). В которой учитывается мощность передаваемого сигнала в зоне покрытия того или иного спутника, а также уровень шума используемого конвертора.

Надо обратить внимание на материал, из которого изготовлена антенна. Как уже отмечалось ранее, в настоящее время антенны выполняются из стали, алюминиевого сплава, из стекло- и термопластика.

Главным преимуществом стальных антенн является низкая стоимость. Металл очень хорошо держит приданную ему форму, а это для рефлектора очень важно, Основным же недостатком стали является нестойкость к атмосферным воздействиям.

Коэффициент усиления зеркальной антенны в большой степени зависит от проводимости рабочей поверхности зеркала, причем речь идет не обо всей толщине зеркала, а лишь о поверхностном слое толщиной в несколько микрометров. Известно, что с увеличением частоты высокочастотных колебаний глубина проникновения токов в металл уменьшается (так называемое явление скин-эффекта) и составляет всего несколько микрометров

для частот 10 — 12 ГГц. Поэтому, через некоторое время стальная антенна внешне может выглядеть как новая, но это вовсе не значит, что ее рабочие характеристики остались прежними. Ведь рабочий слой ее поверхности, отражающий электромагнитные волны, может быть поврежден коррозией. Способы защиты стальных изделий известны — оцинковка, грунтовка, покраска. Таким образом, можно сделать следующий вывод: покупайте стальную антенну, если для вас важна, прежде всего, ее низкая цена, а длительность ее качественной работы вас волнует меньше.

Алюминиевые антенны являются наиболее приемлемыми по показателю «цена — качество». Их стоимость несколько превышает стоимость стальных антенн, и они имеют отличные электрические характеристики. На поверхности рефлектора образуется тонкая оксидная пленка, надежно защищающая его от атмосферных воздействий. Жесткость антенны обеспечивается применением специальных алюминиевых сплавов. Недостатком же является необходимость защищать поверхность зеркала от ударов при перевозке и эксплуатации.

Стеклопластиковые антенны весьма трудоемки в изготовлении и требуют высокой точности профиля зеркала. Они ударопрочны, но имеют серьезный эксплуатационный недостаток: клеевые структуры изменяют свою форму под действием солнечного тепла, ухудшая электрические характеристики антенны.

Антенны из литого термопластика отлично сохраняют свою форму, стойки к атмосферным воздействиям, ударопрочны, обеспечивают высокие характеристики. К недостаткам следует отнести довольно большой вес конструкции. Важным фактором является качество нанесенного проводящего покрытия и его долговечность. Здесь особое внимание следует обратить на фирму-производителя. Как правило, антенны из литого термопластика самые дорогостоящие и имеют небольшой диаметр рефлектора.

Мы выбрали антенну диаметром 1,2 м. Уровень сигнала на приемной точке - 52,0 дБВт/м², при уровне шума конвертора - 0,55 дБ.

Осуществлять прием в С- и Ku-диапазонах возможна при трех вариантах. В первом на антенне необходимо установить два конвертора, каждый со своим облучателем и поляризатором. При этом, если облучатель хотя бы одного конвертора окажется не в фокусе антенны, то это несколько снизит коэффициент направленного действия антенны. Во втором варианте необходимо установить С/Ku-ротор, в состав которого входят облучатели для С- и Ku-диапазонов, разделяющие принимаемый поток на две части. С/Ku-роторы выпускаются совмещенными с электромеханическими поляризаторами. Эта конструкция делает систему более дешевой и упрощает процесс монтажа. Однако в этом случае увеличиваются потери мощности сигналов Ku-диапазона. В третьем варианте возможна установка совмещенного конвертора для С- и Ku-диапазонов, однако пока они имеют более низкие характеристики.

Следующий шаг — выбор приемника. Прежде, чем принять решение относительно какой-либо модели, необходимо разобраться, какими функциональными возможностями он должен обладать. Остановимся на основных функциональных возможностях, которыми должен обладать спутниковый приемник. Важным фактором является диапазон частот входного сигнала, который должен соответствовать ПЧ1 на выходе конвертора. В случае использования приемника с полосой частот 700 — 2150 МГц и универсального конвертора возможен прием во всем Ku-диапазоне (10,70-12,75 ГГц). Если антенна имеет фиксированную подвеску и направлена на один спутник, то для переключения вида поляризации спутниковый приемник должен обеспечить наличие коммутирующего напряжения 13/18 В, подаваемого по коаксиальному кабелю в конвертор. Если планируется использование подвески с электроприводом, то необходимо иметь возможность управления магнитным или механическим поляризатором.

Для переключения поддиапазонов конвертора в спутниковом приемнике предусмотрен тоновый сигнал 22 кГц, а для управления различными

внешними устройствами — 0 (12) В. В современных моделях применяются протоколы DiSEqC, которые позволяют организовать управление несколькими конверторами, электроприводом и т. д.

В спутниковом приемнике могут быть предусмотрены следующие сервисные возможности:

- таймер для включения и выключения приемника в определенное время;
- «родительский ключ» для исключения допуска детей к некоторым программам;
- память на определенное число каналов (99 — 1500 и более);
- дисплей на передней панели, экранная графика, телетекст и др.

Цифровые спутниковые приемники существенно отличаются от аналоговых моделей. Рассмотрим базовую структурную схему, представленную на рис.3.10.

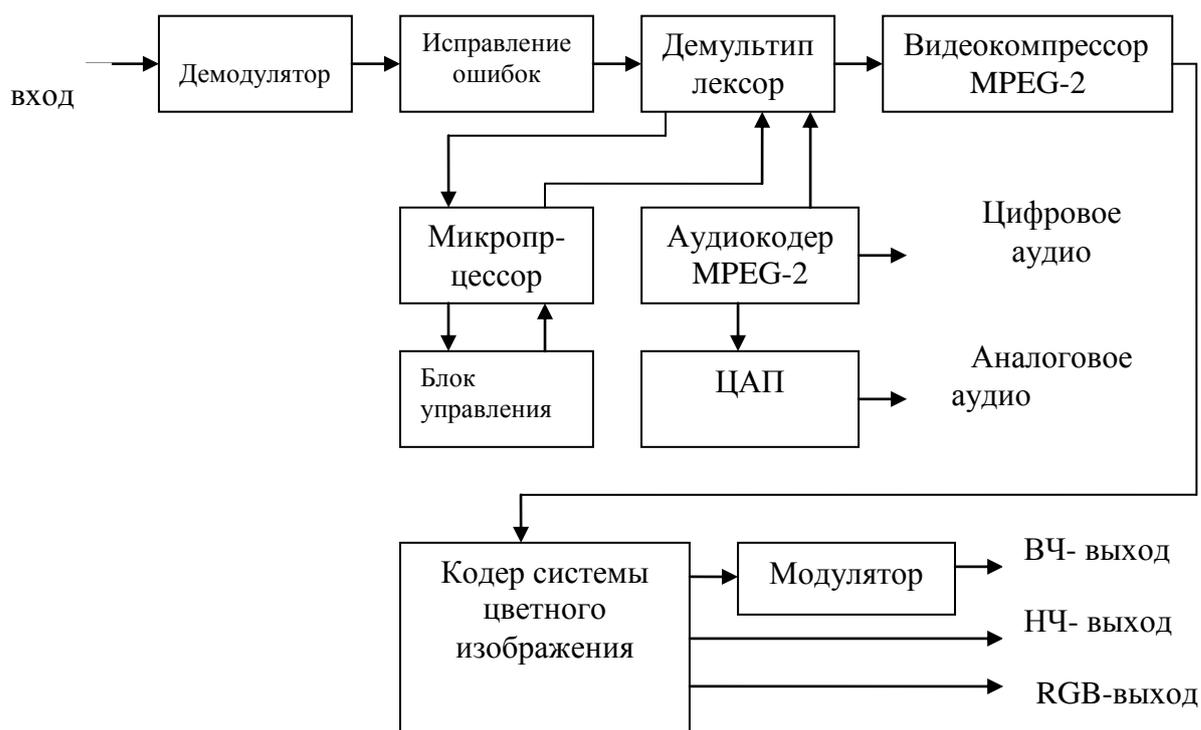


Рис.3.10. Обобщенная структурная схема цифрового приемника

После того, как выделенный сигнал проходит цепи демодуляции, он преобразуется в информационный поток в виде цифровых пакетов и поступает в устройство исправления ошибок. В демультимплексоре производится разделение информационного потока на два канала: аудио и видео. Декодер поддерживает самые различные форматы и имеет большое количество выходов: цифровое видео, аналоговое видео, цифровое аудио, аналоговое аудио, RGB-выход и др.

Управление работой демультимплексора осуществляет микропроцессор, обрабатывая команды пользователя, переданные через блок управления (пульт дистанционного управления или модуль приемника). В цифровом приемнике нет понятия “плохое качество изображения” — качество картинки на экране телевизора при использовании профессиональной и бытовой аппаратуры одинаково высокое.

В том случае, если уровень ошибок превышает предельно допустимый, изображения на экране телевизора просто не будет, так как не смогут работать алгоритмы восстановления.

Конечной целью совместных усилий является создание модульной архитектуры приемника, которая состояла бы из универсальных чипов, применяемых не только в спутниковом телевидении, но и в системах MMDS-вещания, цифровых кабельных сетях и других видах телекоммуникаций. Ключ к успеху модульного подхода лежит в оптимальном разделении субблоков и организации связи между ними при помощи универсального гибкого интерфейса и программного обеспечения.

3.5. Структура приемной части цифровых ТВ сигналов в стандарте DVB-S2

В системе используется двухдиапазонная антенна с двумя конверторами, сигналы, с выхода которых поступают на мультисвитч. На него же по общему

коаксиальному кабелю подаются сигналы управления (рисунок 3.2). В результате на приемник подаются сигналы С- и Ku-диапазонов. В данной схеме предусмотрено декодирование сигнала внешним декодером на промежуточной частоте. С этой целью широкополосный недемультированный сигнал ПЧ подается в декодер. К выходу декодера подключается телевизор. Если в системе предусмотрен позиционер, то сигналы управления подаются на него с приемника по специальной соединительной линии.

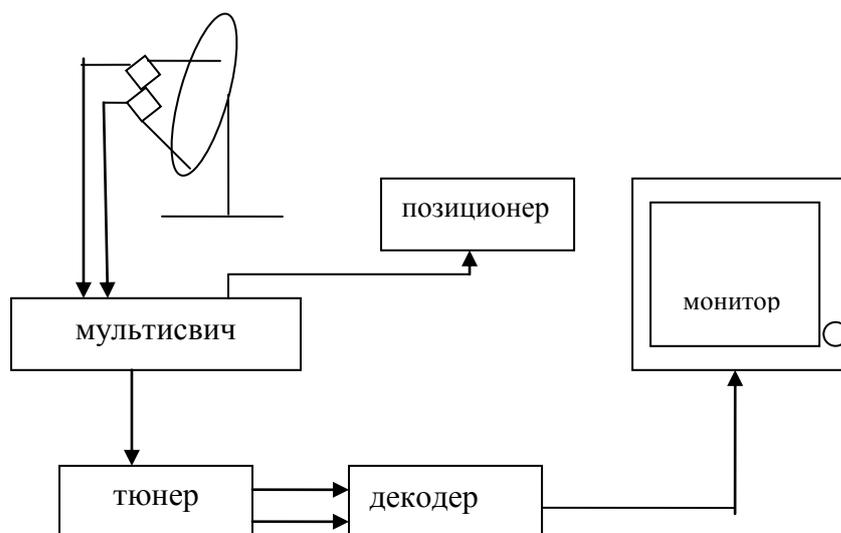


Рис.3.11. Структура приемной части цифровых ТВ сигналов в стандарте DVB-S2

В настоящее время используется, по крайней мере, девять различных систем цифрового скремблирования. Очевидно, что универсальный цифровой приемник должен уметь работать с любой системой скремблирования. Эта проблема решается несколькими путями. Один из них — создание универсального модуля условного доступа, в котором система скремблирования задается программным путем. Такие модули встраиваются в некоторые современные профессиональные и полупрофессиональные приемники. Система скремблирования задается в них через меню.

К базовому декодеру может подсоединяться один или несколько модулей условного доступа (рис.3.12). Демодулированный поток данных последовательно проходит все модули условного доступа.

Каждый модуль расшифровывает те элементарные потоки в программах пакета, в которых используется соответствующая система скремблирования. Для управления электроприводом разработан специальный протокол. В соответствии с ним после адресной информации, определяющей необходимое устройство, передается число импульсов, кратное необходимому количеству оборотов электродвигателя. В настоящее время наибольшее распространение получили системы, использующие протокол mini-DiSEqC (уже сейчас существуют версии 1.0, 2.0, 3.0). С его помощью станет возможным полное управление всем спектром оборудования.

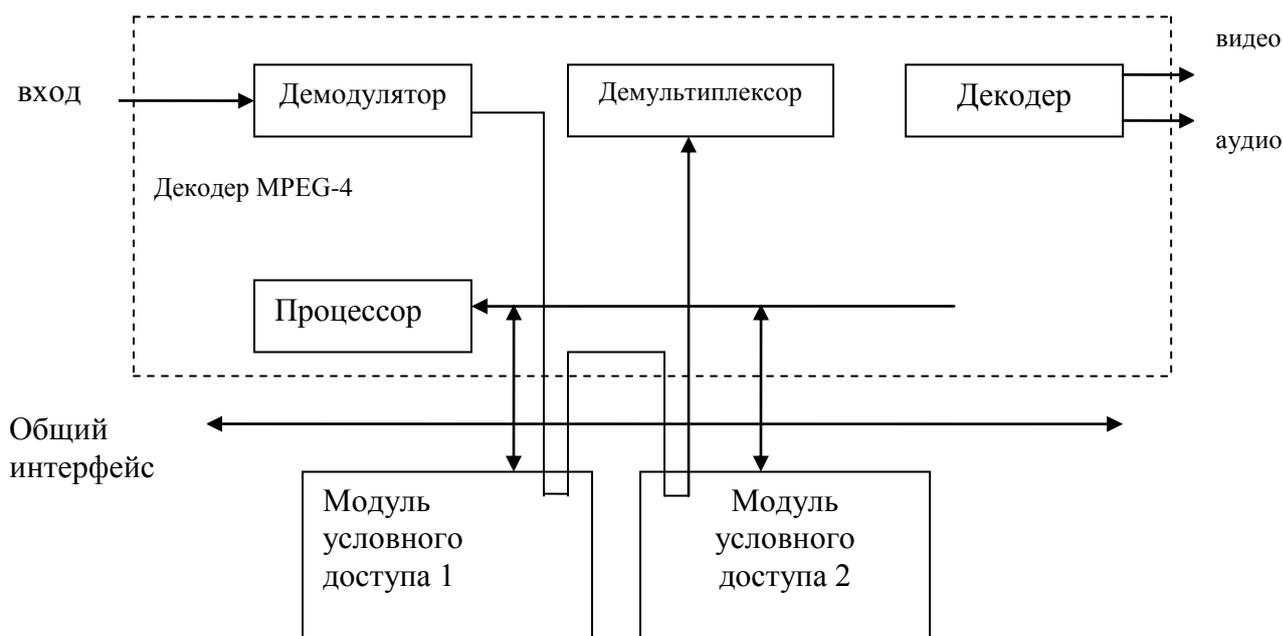


Рис.3.12. Организация условного доступа с общим интерфейсом

3.6. Анализ параметров DVB-S и DVB-S2

Стандарт DVB-S2, разработанный в 2003 году, является последующей модификацией стандарта систем спутникового цифрового телевидения DVB-S. Он объединил в себе преимущества последних достижений в области канального кодирования (коды LDPC) и возможности использования множества типов модуляции (QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK). Система DVB-S2 удовлетворяет требованиям различных спутниковых вещательных приложений, среди которых:

- ТВ-вещание стандартного (SDTV) и высокого разрешения (HDTV) изображений;
- интерактивные услуги - доступ в Интернет и др.;
- профессиональные приложения (репортажные услуги, доставка ТВ-программ до наземных передатчиков и др.).

Новый стандарт поддерживает модуляции QPSK (2 бит/Гц), 8PSK (3 бит/Гц), 16APSK (4 бит/Гц) и даже 32APSK (5 бит/Гц). По сравнению с QAM схема модуляции APSK позволяет легко компенсировать нелинейность транспондера. Другими принципиальными отличиями и преимуществами по сравнению с DVB-S являются: возможность комбинировать в одной несущей различные потоки данных; имеется поддержка режимов с переменным и адаптивным кодированием и модуляцией.

По сравнению с предыдущим стандартом при равных условиях передачи DVB-S2 позволяет передавать на 30% больше данных в тех же полосах частот. Другими словами, DVB-S2 требует на 30% меньше ширины полосы частот, чем эквивалентный сигнал в DVB-S. Это очевидным образом сказывается на стоимости аренды космического сегмента. В стандарте DVB-S2 с целью получения выигрыша по информационной скорости или по отношению сигнал/шум используются более эффективные коды: код Боуза-Чоудхури-

Хоквингема (VCH) вместо кода Рида-Соломона и вместо сверточного кода код с низкой плотностью проверок на четность LDPC (Low Density Parity Check Codes).

В канале, использующем для передачи информации стандарт DVB-S2, в отличие от DVB-S коэффициент ошибок BER известен только на выходе канала, при этом значение PER 10^{-7} свидетельствуют о практически безошибочной передаче (одна пакетная ошибка за час работы при скорости транспортного потока 5 Мбит/с). Так как эти два стандарта несовместимы для измерения параметров модема стандарта DVB-S2 требуется другая опция измерительного приемника.

Для спутниковых каналов телевизионного вещания характерен низкий уровень промышленных помех и помех от других передатчиков, так как в этих каналах используются остронаправленные антенны. Основным фактором, создающим ошибки при приеме цифровых сигналов, является низкое отношение сигнал/шум на входе приемника, что обусловлено большим расстоянием до передатчика. В то же время ширина полосы частот спутниковых каналов связи значительно шире, чем каналов наземного и кабельного телевидения.

Получаемые для каналов связи с различной шириной полосы частот скорости передачи канальных символов (второй столбец) и двоичных символов даны в табл. 3.1. Скорость передачи полезных данных (последний столбец) зависит от параметров канального кодирования. При повышении избыточности сверточного кода помехоустойчивость растет, но скорость передачи полезных данных уменьшается.

Ширина канала, МГц	Скорость передачи, Мсимв/с	Полная скорость передачи, Мбит/с	Скорость передачи полезных данных, Мбит/с
54	45	90	41,5 ... 72,6
36	30	60	27,7 ... 48,4
33	27,5	55	25,3 ... 44,4
27	22,5	45	20,7... 36,3

Таблица 3.2. Ширина полосы частот скорости передачи канальных символов

Стандарт DVB предусматривает использование существующих каналов спутникового телевидения с шириной полосы частот 27 МГц в диапазоне частот 11. ..12 ГГц. В перспективе предполагается использование диапазона 20. ..21 ГГц с более широкой полосой частот отдельных каналов. Для повышения помехоустойчивости используется двухступенчатое помехоустойчивое кодирование.

На второй ступени (внутреннее кодирование) применяются сверточные коды с относительными скоростями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8. Используется в основном фазовая манипуляция несущей 4-ФМн. В зависимости от относительной скорости сверточного кода пороговое отношение сигнал/шум на входе приемника равно 4,5...6,4 дБ.

Рассмотрим последовательность операций, выполняемых при передаче цифрового телевидения по спутниковым каналам. Первые 6 пунктов такие же, как для кабельного ТВ-вещания. Далее выполняются следующие операции:

- сверточное кодирование и формирование двухбитовых символов ФМн.
- преобразование символов в импульсы напряжения, подаваемые затем на модуляторы квадратурных составляющих I и Q. Чтобы ограничить спектр промодулированного сигнала, фронты и срезы импульсов сглаживаются ФНЧ.
- передача по спутниковому каналу связи.

Независимо от того, поступает ли цифровой телевизионный сигнал с наземного передатчика, со спутника или по кабелю, большинство функций приемного устройства во всех случаях остаются схожими.

Кодирование исходного сигнала - это всегда MPEG-4 компрессия, несмотря на то, что в зависимости от форматов вещания модуляционные схемы, канальное кодирование и т.п. в различных странах разные.

3.7. Телевидение высокой четкости

HDTV (High Definition TV) - это новое направление развития телевидения в мире. Его другими словами называют - телевидение высокой четкости (ТВЧ).

Если обычное ТВ (PAL или SECAM) предполагает разрешение изображения 720 на 576 точек, то HDTV позволяет смотреть телепрограммы, фильмы с разрешением 1920 на 1080 точек. Таким образом, размер изображения в ТВЧ в 5 раз больше чем в обычном телевидении, или можно сказать, что ТВЧ в пять раз четче обычного ТВ.

В отличие от обычного телевизионного изображения, изображение ТВЧ:

- полностью передает цветовую информацию;
- свободно от малейшего намека на мерцания;
- соперничает по качеству с широкоэкранными 35-мм кинофильмами;
- создает более сильное ощущение глубины;
- обеспечивает доставку потребителям кристально чистого изображения.

Идея телевидения с более высоким количеством строк по экрану родилась уже очень давно. С середины 60-х годов теперь уже прошлого, XX столетия. Разработка нового телевизионного стандарта высокой четкости велась больше по законам войны, в основе которой лежали и технологические, и политические, и экономические причины. В войне участвовали все

технологические сверхдержавы - США, СССР, Япония и европейцы, выступавшие тогда консорциумом.

В создании HDTV-форматов участвовали все сверхдержавы мира. Неясно, кто же первым начал разрабатывать стандарт высокой четкости, однако с начала 60-х годов этой проблемой все вышеперечисленные страны начали заниматься практически одновременно.

Сделавший очень многое для развития телевидения как нового вида электронного СМИ и создавший в свое время телевизионный стандарт в 625 строк (что для тех лет было само по себе ТВЧ, так как в США вещали всего в 343 строки), Советский Союз разработал два стандарта четкого ТВ - чересстрочные 1525 и 1250. Руководство страны, по всей видимости, считало, что если стандарт 625i, разработанный в СССР, Европа когда-то приняла для себя, то примет и технологически родственный ему стандарт ТВЧ 1250i. Для этого было немало предпосылок, и, собственно, почти так и произошло. Целиком и полностью подготовленный с научной и технологической точки зрения формат был готов к запуску, но сломалась экономика, и тут было не до ТВЧ, а так и не вышедший из стен лабораторий советский стандарт дал толчок развитию первой волны HDTV в Европе. В России же вопрос о ТВЧ вернулся тогда, когда о «родном» стандарте никто уже речь не заводил, а потому, если у нас и появится в ближайшее время ТВЧ, то это будет американский стандарт 1080i.

Европа впервые применила телевидение высокой четкости для демонстрации матчей своего Чемпионата по футболу в 1988 году, и с тех пор спорт считается одним из главных зрелищ достойных HD-разрешения.

Впрочем, эффектный технологический старт не дал коммерческого успеха европейскому HDTV.

Японская вещательная компания NHK в 1964 году начала разработку подобного стандарта и устройств под него. А к началу 80-х NHK предложила миру готовый стандарт HDTV. За 12 лет интенсивных разработок была

создана полная линейка HDTV-аппаратуры: телекамера, видеомагнитофон и цветной монитор с диагональю экрана 80 см. Формат имел 1125 строк, 60 чересстрочных кадров в секунду и формат изображения 16:9. В проекте приняли участие Sony, Toshiba и NEC. Тогда же ими была разработана и вещательная спутниковая система MUSE с сигналом в диапазоне 11,7 - 12,5 ГГц. Трансляции NHK начались в 1985 году и, несмотря на просто гигантскую стоимость HDTV-телевизора тех лет. Действие той системы закончилось лишь в самом конце 90-х годов, когда на смену MUSE пришел более дешевый в эксплуатации американский формат HDTV 1080p.

В Соединенных Штатах за 18 лет поисков пришли к тому стандарту HDTV, который Федеральная комиссия по связи (FCC) определила как ATSC. Стандарт совместим с 18 форматами ТВ, причем только 6 из них относятся к HDTV. Все форматы, входящие в ATSC, изначально совместимы с аналоговыми телеприемниками, предотвращая, таким образом, потерю аудитории, смотрящей TV по старинке.

Домашний HD-кинотеатр с источником высоко четкого сигнала в виде BD или HD DVD-плеера это близкое будущее домашнего кино.

Конец 90-х годов ознаменовался концом всех промежуточных форматов высоко четкого вещания, все технологические, финансовые и интеллектуальные ресурсы были сосредоточены на более перспективной технологии MPEG-2, что в свою очередь подтолкнуло разработчиков к созданию систем HDTV-вещания второго поколения.

В современном кабельном и спутниковом ТВ используются те же стандарты PAL и SECAM, но в оцифрованном виде и с применением сжатия по алгоритму MPEG-2. В большинстве случаев цифровое телевидение значительно лучше эфирного, поскольку на качество изображения практически не влияют помехи. Но надо отметить, что настолько сжимают передаваемые сигналы, что качество спутникового или кабельного канала становится хуже, чем канала, принятого на эфирную антенну.

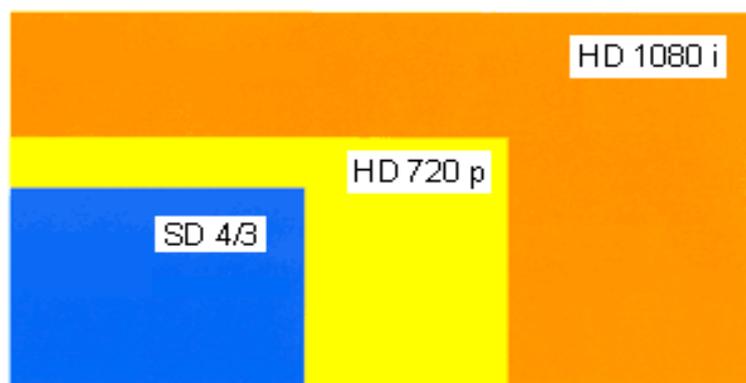


Рис. 3.13. Сравнение экранов HDTV и стандартного экрана

Во всех форматах эфирного телевидения (кроме западноевропейского PAL Plus) соотношения сторон картинка - 4 к 3. А в телевидении высокой четкости соотношение сторон 16 к 9. Поэтому обычная картинка на HDTV телевизоре будет либо растягиваться на весь экран с искажением пропорций, либо обрабатываться специальным алгоритмом, чтобы минимизировать это искажение, либо на телевизоре будут отображаться пустые черные полосы по краям.

Абоненты цифрового телевидения могут самостоятельно выбирать способ отображения стандартной картинка 4:3 на HD телевизоре, т.е. могут либо обрезать изображение сверху и снизу, либо показывать все изображение, но с пустыми полосами слева и справа (рис 3.3).

Существует два основных стандарта HD, которые различаются в основном количеством горизонтальных линий и условно называются "1080" и "720". В свою очередь каждый из стандартов в зависимости от скорости делится на подразделы. Стандарт "1080" предполагает полное разрешение – 1992x1080 точек. Развертка каждого кадра может быть как прогрессивной, так и чересстрочной. В зависимости от частоты кадров этот стандарт подразделяется на три категории:

- 1080/24p (24 кадр/с) – идеальный формат для электронного кинематографа, так как соответствует традиционной частоте кадров, принятом в кино. Кроме того, этот формат удобен для универсализации процесса видео- и

кинопроизводства. Так, отсняв и обработав материал в этом формате, можно сделать HD мастер-кассету, которую, затем, легко можно перевести в стандарты PAL и NTSC.

- 1080/25p (25 кадр/с) – удобен для видеопостпроизводства и создания мастер-продукции в формате PAL.
- 1080/30i – основной формат для создания телевизионных программ высокой четкости и вещания в NTSC.

Стандарт "720" предполагает полное разрешение – 1280x720 точек. Развертка каждого кадра - только прогрессивная. Теоретически это стандарт может иметь любую частоту кадров. Однако в настоящее время практически поддерживается только 60/59.94 кадров/с. Этот стандарт хорошо подходит для создания передач новостийного или спортивного характера. На сегодняшний день практическая реализация этих стандартов в студийном оборудовании сводится к пяти форматам, которые приведены в таблице 3.3. Среди этих форматов наибольшее распространение получили два – Sony HDCAM и DVCPRO HD. До недавнего времени видеопроизводство в HD формате требовало дорогостоящего оборудования, которое было доступно не многим студиям. Однако с появлением недавно двух систем на базе настольных компьютеров коренным образом изменило ситуацию и позволило существенно удешевить процесс видеопостпроизводства материалов HD формата.

Таблица 3.3. Технические характеристики форматов высокой четкости

HD формат	YUV	Глубина цветности (бит)	Степень сжатия	Скоростной поток (Мбит/с)
Philips D6	4:2:2	10	без сжатия	–
D5 HD	4:2:2	10	5:1	235
D5 HD	4:2:2	8	4:1	235
Sony HDCAM	3:1:1	8	4:1	140
DVCPRO HD	4:2:2	8	6.7:1	100

3.8. Исследование особенностей формата телевидение высокой четкости

Формат телевидение HDTV (High Definition TV) - это новое направление развития телевидения в мире. Его другими словами называют - телевидение высокой четкости (ТВЧ).

Если обычное ТВ (PAL или SECAM) предполагает разрешение изображения 720 на 576 точек, то HDTV позволяет смотреть телепрограммы, фильмы с разрешением 1920 на 1080 точек. Таким образом, размер изображения в ТВЧ в 5 раз больше чем в обычном телевидении, или можно сказать, что ТВЧ в пять раз четче обычного ТВ.

Идея телевидения с более высоким количеством строк по экрану родилась уже очень давно. С середины 60-х годов теперь уже прошлого, XX столетия. Разработка нового телевизионного стандарта высокой четкости велась больше по законам войны, в основе которой лежали и технологические, и политические, и экономические причины. В войне участвовали все технологические сверхдержавы - США, СССР, Япония и европейцы, выступавшие тогда консорциумом.

В создании HDTV-форматов участвовали все сверхдержавы мира. Неясно, кто же первым начал разрабатывать стандарт высокой четкости,

однако с начала 60-х годов этой проблемой все вышеперечисленные страны начали заниматься практически одновременно.

Сделавший очень многое для развития телевидения как нового вида электронного СМИ и создавший в свое время телевизионный стандарт в 625 строк (что для тех лет было само по себе ТВЧ, так как в США вещали всего в 343 строки), Советский Союз разработал два стандарта четкого ТВ - чересстрочные 1525 и 1250. Руководство страны, по всей видимости, считало, что если стандарт 625i, разработанный в СССР, Европа когда-то приняла для себя, то примет и технологически родственный ему стандарт ТВЧ 1250i. Для этого было немало предпосылок, и, собственно, почти так и произошло. Целиком и полностью подготовленный с научной и технологической точки зрения формат был готов к запуску, но сломалась экономика, и тут было не до ТВЧ, а так и не вышедший из стен лабораторий советский стандарт дал толчок развитию первой волны HDTV в Европе. В России же вопрос о ТВЧ вернулся тогда, когда о «родном» стандарте никто уже речь не заводил, а потому, если у нас и появится в ближайшее время ТВЧ, то это будет американский стандарт 1080i.

Европа с ТВЧ-вещанием стартовала просто поразительно. Европейцы, взяв за основу стандарт 1250i, предложили за технологическую основу стандарт уже работавшего на тот момент спутникового телевидения MAC и построили на его основе систему HD-MAC. Проект назвали «Эврика-95», а ядром разработчиков системы выступили Philips, Thomson и Bosh. Кроме них, в проекте участвовали Nokia, Grundig и целый ряд научно-исследовательских и учебных институтов - всего 12 исследовательских групп.

Европа впервые применила телевидение высокой четкости для демонстрации матчей своего Чемпионата по футболу в 1988 году, и с тех пор спорт считается одним из главных зрелищ достойных HD-разрешения.

Японская вещательная компания NHK в 1964 году начала разработку подобного стандарта и устройств под него. А к началу 80-х NHK предложила

миру готовый стандарт HDTV. За 12 лет интенсивных разработок была создана полная линейка HDTV-аппаратуры: телекамера, видеомагнитофон и цветной монитор с диагональю экрана 80 см. Формат имел 1125 строк, 60 чересстрочных кадров в секунду и формат изображения 16:9. В проекте приняли участие Sony, Toshiba и NEC. Тогда же ими была разработана и вещательная спутниковая система MUSE с сигналом в диапазоне 11,7 - 12,5 ГГц. Трансляции NHK начались в 1985 году и, несмотря на просто гигантскую стоимость HDTV-телевизора тех лет. Действие той системы закончилось лишь в самом конце 90-х годов, когда на смену MUSE пришел более дешевый в эксплуатации американский формат HDTV 1080p.

В Соединенных Штатах за 18 лет поисков пришли к тому стандарту HDTV, который Федеральная комиссия по связи (FCC) определила как ATSC. Стандарт совместим с 18 форматами ТВ, причем только 6 из них относятся к HDTV. Все форматы, входящие в ATSC, изначально совместимы с аналоговыми телеприемниками, предотвращая, таким образом, потерю аудитории, смотрящей TV по старинке.

Домашний HD-кинотеатр с источником высокочеткого сигнала в виде BD или HD DVD-плеера это близкое будущее домашнего кино.

Конец 90-х годов ознаменовался концом всех промежуточных форматов высокочеткого вещания, все технологические, финансовые и интеллектуальные ресурсы были сосредоточены на более перспективной технологии MPEG-2, что в свою очередь подтолкнуло разработчиков к созданию систем HDTV-вещания второго поколения.

Выводы

В настоящее время используется, по крайней мере, девять различных систем цифрового скремблирования. Очевидно, что универсальный цифровой приемник должен уметь работать с любой системой скремблирования. Эта проблема решается несколькими путями. Один из них — создание универсального модуля условного доступа, в котором система скремблирования задается программным путем.

На этой главе подробно рассмотрены вопросы выбора оборудования для приема спутникового ТВ сигнала в стандарте DVB-S2. Рассмотрены разновидности и преимущество этих оборудований.

Идея телевидения с более высоким количеством строк по экрану родилась уже очень давно. В создании HDTV-форматов участвовали все сверхдержавы мира. Во всех форматах эфирного телевидения (кроме западноевропейского PAL Plus) соотношения сторон картинки - 4 к 3. А в телевидении высокой четкости соотношение сторон 16 к 9

На этой главе полностью исследована передача и прием через спутниковые каналы ТВ сигналов высокой четкости. И анализированы параметры DVB-S и DVB-S2, а также Стандарты HD – телевизионных сигналов.

Глава IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1. Связь человека с окружающей средой и параметрами рабочего места

Рабочее место - это зона, в которой совершается трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей. Рабочие места могут быть индивидуальными и коллективными, универсальными, специализированными и специальными.

Общие требования, которые должны соблюдаться при проектировании рабочих мест, следующие:

- достаточное рабочее пространство для человека;
- оптимальное положение тела работающего;
- достаточные физические, зрительные и слуховые связи между человеком и машиной;
- оптимальное размещение рабочего места в помещении;
- допустимый уровень действия факторов производственных условий;
- оптимальное размещение информационного и моторного поля;
- наличие средств защиты от производственных опасностей.

Конструирование должно обеспечивать зоны оптимальной и легкой досягаемости моторного поля рабочего места и оптимальную зону информационного поля рабочего места. Угол обзора по отношению к горизонтали должен составлять 30-40°.

Выбор рабочего положения должен учитывать усилия, затрачиваемые человеком, размах движений, необходимость перемещений, темп операций. Выбор рабочей позы должен учитывать физиологию человека, а параметры рабочего места определяются выбором положения тела при работе (сидя, стоя, переменнo).

Рабочие места для выполнения работ «сидя» организуются при легкой работе и средней тяжести, а при тяжелой - рабочая поза - "стоя".

В конструкции оборудования и организации рабочего места необходимо предусматривать возможности регулирования отдельных элементов, чтобы обеспечить оптимальное положение работающего.

Проектирование оборудования должно обеспечить его соответствие антропометрическим и биомеханическим характеристикам человека на основе учета динамики изменения размеров тела при его перемещении, диапазона движений в суставах.

Для учета в конструкции оборудования антропометрических данных необходимо:

- определить контингент людей, для которых предназначено оборудование;
- выбрать группу антропометрических признаков;
- установить процент работающих, которому должно удовлетворять оборудование;
- определить границы интервала размеров (усилий), которые должны быть реализованы в оборудовании.

При проектировании используют антропометрические размеры тела, причем учитываются различия в размерах тела мужчин и женщин, национальные, возрастные, профессиональные. Для определения границ интервалов, в которых учитывается процент населения, используется система перцентелей. Конструкция оборудования должна обеспечивать возможность использования по меньшей мере для 90% потребителей.

Для работы в положении "сидя" используются различные рабочие сиденья. Различают рабочие сиденья для длительного и кратковременного пользования. Общие требования для сидений длительного пользования следующие: сидение должно обеспечивать позу, уменьшающую статистическую работу мышц; создавать условия для возможности изменения рабочей позы; не затруднять деятельность систем организма; обеспечивать свободное перемещение относительно рабочей поверхности,

иметь регулируемые параметры; иметь полумягкую обивку. Для кратковременного пользования рекомендуются жесткие стулья и различного типа табуреты.

В условиях растущей механизации и автоматизации производственных процессов особое значение приобретают средства отображения информации об объекте управления. Широкое использование получила информационная модель, то есть организованная по определенным правилам информация о состоянии объекта управления. К информационным моделям предъявляются следующие требования:

- содержание информационной модели должно адекватно отображать объект управления;
- информационная модель должна обеспечивать оптимальный информационный баланс;
- форма и композиция информационной модели должна соответствовать задачам трудового процесса и возможностям человека по приему информации.

Практика позволяет наметить последовательность разработки информационной модели: определение задач системы, очередность их решения и источников информации; составление перечня объектов управления и их признаков; распределение объектов по степени важности; распределение функции между автоматикой и человеком; выбор системы кодирования объектов и составление общей композиции модели; определение исполнительных действий человека.

В процессе конструирования информационной модели определяются места размещения средств информации на рабочем месте, выбираются размеры знаков и компоновка. Средства отображения размещаются в поле зрения наблюдателя с учетом оптимальных углов и зон наблюдения. Размеры знаков наблюдения определяются с учетом максимальной точности и скорости восприятия информации, а также яркости знаков,

величины контраста, использования цвета. Оптимальной яркостью считаются значения, при которых обеспечивается максимальная контрастная чувствительность. Величина ее будет тем больше, чем меньше размер объекта различения. Оптимальная зона величины контраста равна 60-90%.

В работе глаза имеет место определенная инерционность, что требует учета времени экспозиции зрительного сигнала и временных интервалов для ощущения раздельности сигналов следующих один за другим. В большинстве случаев время экспозиции сигнала должно быть не менее 50 мс. Каждая разновидность индикаторов имеет свою область использования: индикаторы с подсветкой применяются для отображения качественной информации, требующей немедленной реакции оператора; стрелочные индикаторы используются для чтения измеряемых параметров; интегральные индикаторы для совмещения информации сразу о нескольких параметрах.

Структуру и динамику управляемого объекта обычно представляют с помощью микросхемы. В ряде случаев используется табло для отображения информации и восприятия ее коллективом операторов.

При проектировании рабочего места должны учитываться правила экономики движений: при работе двумя руками движения их должны быть одновременными и симметричными; движения должны быть плавными и закругленными, ритмичными и привычными для работающего. Конструкция оборудования должна учитывать правила, касающиеся скорости и точности рабочих движений. Например, наиболее быстрое движение к себе; в горизонтальной плоскости скорость рук больше, чем в вертикальной; точность движений лучше в положении сидя, чем стоя и т.д. Органы управления, используемые на рабочем месте, должны соответствовать общим требованиям эргономики: направление движения органов управления должно соответствовать движению связанного с ним индикатора; соответствие расположения органов управления последовательности работы оператора; удобство использования; создание в органах управления

механического сопротивления и т.п. Помимо этого, к каждому виду органов давления соответствует своя область использования и особые требования к размерам, форме, усилию и т.п.

На автоматизированном рабочем месте оператора-связиста (оператор в диспетчерской) в общем случае используются:

- средства отображения информации индивидуального пользования (блоки отображения, устройства сигнализации и так далее);
- средства управления и ввода информации (пульт дисплея, клавиатура управления, отдельные органы управления и так далее);
- устройства связи и передачи информации (модемы, телеграфные и телефонные аппараты);
- устройства документирования и хранения информации (устройства печати, магнитной записи и так далее);
- вспомогательное оборудование (средства оргтехники, хранилища для носителей информации, устройства местного освещения).

На автоматизированном рабочем месте должна быть обеспечена информационная и конструктивная совместимость используемых технических средств, антропометрических и психофизиологических характеристик человека.

При организации рабочего места должны быть учтены не только факторы, отражающие опыт, уровень профессиональной подготовки, индивидуально-личностные свойства операторов-связистов, но и факторы, характеризующие соответствие форм, способов представления и ввода информации психофизиологическим возможностям человека.

При оптимизации процедур взаимодействия операторов-связистов с техническими средствами в условиях автоматизации эргономические факторы выступают в качестве основных, обуславливающих вероятностно-временные характеристики и напряженность работы. Эти факторы являются

чувствительными к вариациям индивидуально-личностных свойств оператора.

Рабочая мебель должна быть удобной для выполнения планируемых рабочих операций. Конструкция рабочей мебели: стола, стула имеет огромное значение для создания здоровых условий и высокопроизводительного труда. Рабочая мебель конструируется с учетом антропометрических данных человека, технических, эстетических и экономических факторов.

В комплекте рабочей мебели большое значение имеет конструкция производственного стула, так как от него зависит поза работника, а следовательно, и затрата энергии и степень его утомляемости. Рабочее сиденье должно иметь требуемые размеры, соответствующие антропометрическим данным человека и быть подвижным. Наиболее удобны стулья и кресла с регулируемым наклоном спинки и высотой сиденья. Изменяя высоту сиденья от уровня пола и угол наклона спинки, можно найти положение, наиболее соответствующее трудовому процессу и индивидуальным особенностям работника.

Как правило, все поверхности письменных и рабочих столов должны быть на уровне локтя при рабочем положении человека. При выборе высоты стола необходимо учитывать сидит человек во время работы или стоит.

Неудобная высота стола снижает эффективность работы и вызывает быстрое утомление. Отсутствие достаточного пространства для коленей и ступней вызывает постоянное раздражение работника. Минимальная рабочая высота стола должна быть не менее 725 мм. Как показывает практика, для рабочего среднего роста высота рабочего стола принимается 800 мм. Для работника другого роста можно изменить высоту рабочего стула или положение его подножки так, чтобы расстояние от предмета обработки до глаз рабочего по высоте было равным примерно 450 мм.

Размещение технических средств и кресла оператора в рабочей зоне должно обеспечивать удобный доступ к основным функциональным узлам и блокам аппаратуры для проведения технической диагностики, профилактического осмотра и ремонта; возможность быстро занимать и покидать рабочую зону; исключение случайного приведения в действие средств управления и ввода информации; удобную рабочую позу и позу отдыха. Кроме того, схема размещения должна удовлетворять требованиям целостности, компактности и технико-эстетической выразительности рабочей позы.

Дисплей должен размещаться на столе или подставке так, чтобы расстояние наблюдения на экране не превышало 700 мм (оптимальное расстояние 450 – 500 мм). Экран дисплея по высоте должен быть расположен так, чтобы угол между центром экрана и горизонтальной линией взгляда составлял 20°. В горизонтальной плоскости угол наблюдения экрана не должен превышать 60°. Пульт дисплея должен быть размещен на столе или подставке так, чтобы высота клавиатуры пульта по отношению к полу составляла 650 - 720 мм. При размещении пульта на стандартном столе высотой 750 мм необходимо использовать кресло с регулируемой высотой сиденья (450 - 380 мм) и подставку для ног.

Документ (бланк) для ввода оператором данных рекомендуется располагать на расстоянии 450 - 500 мм от глаза оператора, преимущественно слева, при этом угол между экраном дисплея и документом в горизонтальной плоскости должен составлять 30-40°. Угол наклона клавиатуры должен быть равен 15°.

Экран дисплея, документы и клавиатура пульта дисплея должны быть расположены так, чтобы перепад яркостей поверхностей, зависящий от их расположения относительно источника света, не превышал 1:10 (рекомендуемое значение 1 : 3). При номинальных значениях яркостей

изображения на экране 50 - 100 кд/м² освещенность документа должна составлять 300 - 500 лк.

Рабочее место следует оборудовать таким образом, чтобы движения работника были бы наиболее рациональные, наименее утомительные.

Устройства документирования и другие, нечасто используемые технические средства, рекомендуется располагать справа от оператора в зоне максимальной досягаемости, а средства связи слева, чтобы освободить правую руку для записей.

4.2. Производительность труда и работоспособность человека

Уровень развития производительных сил проявляется в производительности труда. Производительность труда - это плодотворность, продуктивность производственной деятельности людей, измеряемая количеством времени, затрачиваемым на единицу продукции, или количеством продукции, производимой в единицу рабочего времени (час, день, месяц, год).

Повышение производительности труда - объективный экономический закон развития человеческого общества. В процессе труда живой труд использует результаты прошлого, овеществленного труда (предметы и средства труда) для производства новых продуктов. Рост производительных сил означает экономию не только живого, но и овеществленного труда.

Факторы, влияющие на производительную силу труда, разнообразны. Многие из них действуют на протяжении всего развития человеческого общества, однако значение отдельных факторов, определяющих производительную силу труда, меняется на разных этапах. Первоначально ведущую роль играли природные условия. От них в значительной мере зависели продуктивное использование других факторов и общая производительность труда в целом. Позднее все большую роль

приобретает средняя степень искусства работника, умение эффективно использовать свои профессиональные навыки и производственный опыт. Промышленная революция оттесняет природные условия и квалификацию на задний план. Она резко повысила роль орудий труда, технологии, общих и профессиональных знаний. Постепенно все большее значение приобретает не только характер и размеры средств производства, но и эффективность их применения, научная организация труда. Теперь уже от этих факторов в первую очередь зависит плодотворность труда. Научно-техническая революция повышает роль информации и науки, их технологического применения в производстве.

Важно подчеркнуть, что возможность превращения потенциальной силы труда в реальную производительность труда зависит от характера господствующих производственных отношений, а также воздействия юридических и политических институтов. Революции в развитии производительных сил (неолитическая, промышленная, научно -техническая) знаменуют качественные этапы повышения производительности труда.

На эффективность трудовой деятельности человека существенно влияет режим труда и отдыха. Рациональным режимом является режим, при котором обеспечивается высокая

производительность труда и устойчивая работоспособность без признаков чрезмерного утомления в течение длительного времени.

Правильность режима труда и отдыха оценивается на основе исследования состояния физиологических функций человека и динамики его работоспособности в процессе рабочего дня. Чем эффективнее режим, тем длительнее период устойчивой работоспособности, короче периоды вработываемости и спада работоспособности.

На производстве чередование периодов труда и отдыха достигается введением обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных

регламентированных перерывов, устанавливаемых с учетом динамики работоспособности, тяжести и напряженности труда.

Так при работах, требующих большого напряжения и внимания, быстрых и точных движений, целесообразны частые, но короткие (5-10-минутные) перерывы. При работах, связанных со значительными усилиями и участием крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные (10-12-минутные) перерывы. При особо тяжелых работах (кузнецы, металлурги) следует сочетать работу в течение 15-20 мин с отдыхом той же продолжительности. Для определения длительности времени отдыха внутри смены используется формула:

$$T_{\%п} = \frac{(РФП - ФПО) * 100 \%}{ПЭВ_{см} - ФПО}$$

где: $T_{\%п}$ - время отдыха в процентах к оперативному времени (длительности всех операций в смене),

РФП - рабочий физиологический показатель, т.е. абсолютное значение частоты сердечных сокращений (ЧСС),

МОД - минутный объем дыхания,

МЭЗ - мощность энергозатрат.

ФПО - физиологический показатель при отдыхе (для ЧСС 70 мин; МЭЗ 70 Вт; МОД 8 л.),

ПЭВ - предельно допустимая величина среднесменного физиологического показателя.

Кроме регламентируемых перерывов, существуют микропаузы-перерывы, возникающие самопроизвольно между операциями. Они поддерживают оптимальный темп работы и высокую работоспособность и составляют 9-10% рабочего времени.

Работоспособность и жизнедеятельность организма зависит от суточного режима труда и отдыха, то есть от чередования периодов работы, отдыха и сна. В соответствии с суточным циклом работоспособности наивысший уровень ее отмечается в утренние и дневные часы: с 8 до 12 и с

14 до 17. В вечерние часы работоспособность понижается, достигая своего минимума ночью. Эти закономерности должны учитываться при определении сменности работы, начала и окончания работы в сменах, перерывов на отдых и сон. Динамика работоспособности изменяется в течение недели: наивысшая работоспособность приходится на 2-й, 3-й и 4-й день работы, в последующие дни она понижается. В понедельник работоспособность понижена вследствие вработываемости.

Элементами рационального режима труда и отдыха является производственная гимнастика, психофизиологическая разгрузка. В основе производственной физкультуры лежит феномен активного отдыха, описанный И.М. Сеченовым: утомленные мышцы лучше отдыхают при работе других мышечных групп. Задачей производственной физкультуры является возобновление рабочего стереотипа в начале рабочей смены и сохранение его в течение рабочего дня. С этой целью применяется вводная гимнастика (5-7 мин), физкульт-паузы (по 5-10 мин 1-4 раза в смену) и физкультурные минутки (2-3 мин).

Для снятия усталости и нервно-психологического напряжения используются специально оборудованные помещения, где эффект психоэмоциональной разгрузки достигается за счет интерьера помещения, функциональной музыки и других факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт DVB-S2 разработана и предназначена для доставки служб многопрограммного ТВ вещания или ТВЧ в частотных диапазонах фиксированной и радиовещательной SAT служб (10,7...12,75 ГГц) с их непосредственным приемом на домашние интегральные приемники-декодеры, а также на приемники, подключенные к системам с SAT коллективными ТВ антеннами SMATV (Satellite Master Antenna TV), и систем кабельного телевидения (СКТ) при первичном и вторичном распределениях программ ТВ вещания. В настоящее время практическое все цифровое SAT ТВ вещание на все пять континентов осуществляется по стандарту DVB-S.

В данной работе рассмотрены вопросы системы спутникового вещания в стандарте DVB-S2, структурная схема спутниковой системы цифрового телевидения, и детально описано стандарт спутникового вещания DVB-S2, а также в работе рассмотрены вопросы организации приема HD-цифровых телевизионных сигналов в формате DVB-S2 через спутниковые каналы.

Рассмотрена основные параметры HD-цифровых телевизионных сигналов, особенности формата телевидение высокой четкости.

Также рассмотрены вопросы по БЖД, совершенствование технологического процесса за счёт оптимизации освещенности рабочего места.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном основным итогам 2012 года и приоритетным направлениям социально-экономического развития Узбекистана на 2013 год
2. Вячеслав Саввов «Телевидение высокой четкости» М.: Радио и связь, 2006.
3. Сети телевизионного и ОВЧ ЧМ вещания: Справочник / М.Г. Локшин, А.А. Шур, А.В. Кокорев, Р.А. Краснощеков. – М.: Радио и связь, 2008.
4. ETS 300744 / Digital Broadcasting Systems for Television, Sound and data Service. Framing, structure, channel and modulation for digital terrestrial television, 1996.
5. Севальнев Л.А. Эфирное вещание цифровых телевизионных программ со сжатием данных // Теле-Спутник. – 2000. - № 10.
5. Дин Мермелл «Секреты HDTV».
6. Кантор Л.Я., Соколов А.В., Кривошеев М.И. и др. Принимаем непосредственно из космоса / Под общ. ред. А.В. Гороховского и А.В. Соколова. – М.: ЗАО Журнал «Радио», 2002.
7. Вячеслав Саввов «Телевидение высокой четкости»// «625». – 1999. - № 5
8. Мамаев Н.С. Внедрение цифрового наземного вещания в России и ряде стран Европы// «625». – 2002. - № 4.
9. Розенблат М. О результатах испытаний мультимедийной транспортной сети в режиме DVB-T // Broadcasting. – 1003. № 1.
10. Мамаев Н.С., Мамаев Ю.Н., Теряев Б.Г. Цифровое телевидение. – М.: Телеком, 2001.
11. Широков В.Л., Ярошенко В.А. MMDS: практика внедрения беспроводного доступа в Интернет // Информ-Курьер-Связь. – 2001. - № 12. Оборудование спутникового, наземного и кабельного телевидения // Каталог фирмы «Терра», 2003.

13. Воробьев М.С., Кудрин А.П., Сазонов Н.И., Толкачев А.Б., Хашимов А.Б. Приемные распределительные системы телевидения. – Челябинск, 2002.

14. Денисенко В.Ф. Охрана труда. Учебное пособие для ВУЗов.

М.: Высш.шк.; 2005г

Интернет ресурсы:

1. <http://www.625-net.ru/>

2. <http://www.mpeg.com/>

ПРИЛОЖЕНИЕ