

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2024**

УДК 004.925.5
ББК 32.94
М 54

Рецензент:
Старший преподаватель кафедры СПбГУТ
И.И. Иванович

*Рекомендовано к печати
редакционно-издательским советом СПбГУТ*

М 54

Проектирование кабельных сетей телевизионного вещания для
многоэтажных зданий/; СПбГУТ. – СПб., 2024. – с.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 11.03.02 и
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

УДК 004.925.5
ББК 32.94

©., 2024

© Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», 2024.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Оформление курсового проекта	6
ЧАСТЬ 1	7
Обзор методов приема ТВ каналов и подбор приемного оборудования	7
ЧАСТЬ 2	13
Определение частотного плана источников сигналов.	13
Расчет частотного плана ТВ каналов.....	13
ЧАСТЬ 3	16
Подбор необходимого оборудования	16
ЧАСТЬ 4	21
Разработка структурной и функциональной схем ДРС.	21
Расчет уровней ТВ сигналов в ДРС.	21
ЧАСТЬ 5	25
Проведение компьютерного моделирования	25
ЧАСТЬ 6	29
Конструктивно-технологические вопросы реализации ДРС.	29
Технико-экономические показатели.	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	30
ПРИЛОЖЕНИЕ	31
ОБРАЗЕЦ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к расчету параметров домовой распределительной сети телевизионных сигналов предназначены для студентов III курса очной и заочной формы обучения, проходящих подготовку по направлению подготовки 11.03.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи, направленность (профиль) Медiateхнологии и телерадиовещание. В соответствии с рабочим учебным планом, курсовой проект (КП) рассчитан на 36 час. самостоятельной работы студента и направлен на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ПК-1	Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи
ПК-3	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований
ПК-11	Способность осуществлять монтаж, настройку, регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи, обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих, установленным эксплуатационно-техническим нормам

Курсовое проектирование должно способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами за время обучения, и применению этих знаний к комплексному решению конкретной практической задачи. Системой курсовых проектов студент подготавливается к выполнению более сложной задачи - дипломного проектирования. Курсовое проектирование должно также прививать студентам навыки производства расчетов, составления технико-экономических записок.

Курсовой проект должен состоять из графической части и расчетнообъяснительной записки. Графический материал должен быть выполнен с учетом требований ЕСКД. В пояснительной записке должны быть обоснованы все технические решения и представлены расчеты, подтверждающие правильность выбора.

Эти обоснования проекта могут быть представлены в виде сравнительных характеристик выбранного решения с другими имеющимися или возможными вариантами, показом их преимуществ и простоты изготовления на существующем оборудовании, удобства эксплуатации,

ремонта и техники безопасности работы. Изложение пояснительной записки должно быть технически грамотным, четким и сжатым.

Данный курсовой проект представляет собой проектирование и расчет основных параметров домовой распределительной сети (ДРС) кабельного телевидения (КТВ). Все вычисления и технические решения определяются сформулированным техническим заданием (ТЗ), соответствующим варианту.

Основная цель курсового проекта состоит в проектировании ДРС и подборе необходимого оборудования для предоставления услуг КТВ в соответствии с текущими нормами и стандартами.

Актуальность работы и полученных результатов обуславливается тем, что проектирование и непосредственная техническая реализация ДРС имеют повсеместное распространение и являются неотъемлемой составляющей при планировке и прокладке внутридомовых коммуникаций, а также представляют собой значительную область деятельности провайдеров различных услуг (прежде всего кабельного телевидения).

Практическая значимость работы заключается в формировании у студентов навыков по расчету ДРС КТВ, определению требуемого и выбору экономически целесообразного оборудования, и, соответственно, формулировке рекомендаций для последующего проектирования и реализации подобных инфокоммуникационных сетей.

Содержание пояснительной записки:

1. Обзор методов приема и распределения цифровых ТВ сигналов.
2. Определение частотного плана источников сигналов и сигналов в ДРС.
3. Подбор необходимого оборудования соответствующих требованиям:
 - Приемное оборудование;
 - Головная станция (ГС);
 - Каналообразующее оборудование.
4. Разработка структурной и функциональной схем ДРС. Расчет уровней ТВ сигналов в ДРС.
5. Проведение компьютерного моделирования.
6. Конструктивно-технологические вопросы реализации ДРС, а также технико-экономические показатели.
7. Заключение.
8. Список используемых источников.

Оформление курсового проекта

Все части КП должны быть изложены в строгой логической последовательности и взаимосвязи. Каждый параграф КП должен быть выводом, сделанным студентом самостоятельно. Содержание работы следует иллюстрировать рисунками, схемами, таблицами и пр. Следует учитывать, что графический материал должен быть подробно пояснен в текстовой части работы.

Материал должен быть изложен научным языком, без дословного копирования изученной литературы. Цитирование возможно, но оно не должно быть избыточным (не более 2-3 цитат на весь текст).

Текст КП в электронной версии выполняется в текстовом редакторе Microsoft Word. Параметры страниц: верхнее поле – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см; межстрочный интервал – 1,5; количество строк на странице – не более 30 (размер шрифта – 14 пунктов; гарнитура – Times New Roman). Текст должен быть отформатирован по ширине страницы, иметь отступы 1,27 см в начале каждого абзаца. Текст КП излагается на одной стороне листа.

КП оформляется в соответствии с Межгосударственными стандартами: - ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления; - ГОСТ Р 7.0.100-2018 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

Страницы КП нумеруются арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, начиная с первого титульного листа, на котором номер страницы не проставляется. Проставление страниц начинается с введения, и далее в соответствующем порядке, включая приложения. Номер страницы проставляется в центре нижней части листа без точки.

Каждый раздел начинается с новой страницы. Заголовки структурных элементов «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» и др. располагают симметрично тексту и отделяют от текста интервалом в одну строку. Заголовки не подчеркивают. Переносы в заголовках не допускаются.

Все таблицы в тексте должны быть пронумерованы и иметь заголовки (сверху), обозначения оформляются под таблицей. Все рисунки также должны быть пронумерованы, оси на графиках должны иметь обозначения, названия рисунков подписываются внизу, под рисунком. Чертежи по формату, условным обозначениям, шрифтами и масштабу должны соответствовать действующим ГОСТам.

ЧАСТЬ 1

Обзор методов приема ТВ каналов и подбор приемного оборудования

В соответствии с техническим заданием в качестве основного источника телевизионных сигналов будет **спутниковый канал связи стандартов DVB-S/S2**, резервной линией связи будет **эфирный канал связи DVB-T2**.

В состав приемного оборудования DVB-S/S2 входит спутниковая параболическая антенна и спутниковый конвертер. Среди тарелок различают офсетные, прямофокусные, тороидальные антенны.

Самый распространенный вариант — **офсетные** (Рис. 1. а). Имеют несимметричную (овальную) форму и несколько вытянуты по вертикали. Материал изготовления, как правило, алюминий. Он легче, чем сталь, и не подвергается коррозии. Офсетные тарелки можно крепить непосредственно к стене дома, так как устанавливаются они в вертикальном положении. Это не позволяет атмосферным осадкам, влияющим на качество приема, собираться в антенной чаше.

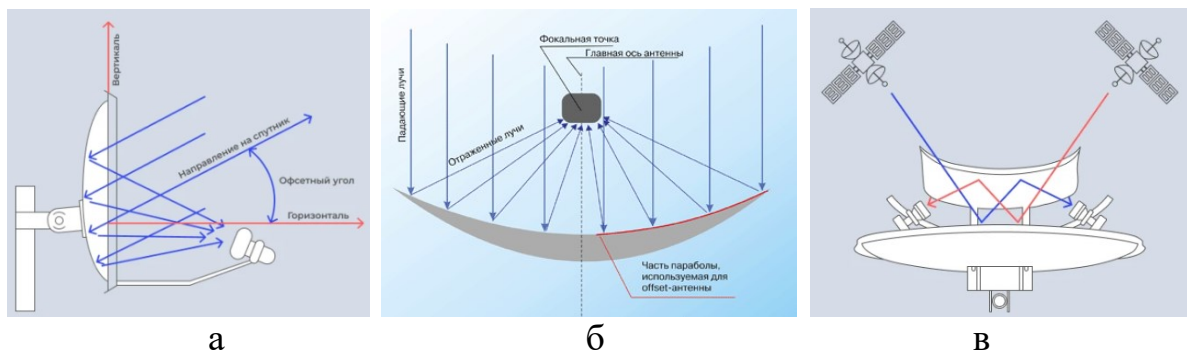


Рис. 1. Варианты спутниковых антенн:
а – офсетная, б – прямофокусная, в – тороидальная.

Прямофокусные (Рис. 1. б). Хороши для приема отдаленных спутников. Они круглой формы, их делают большими, так как часть поверхности затеняется конвертером, который размещен по центру. Угол наклона относительно горизонта антенн этого типа больше, чем у офсетных, поэтому их крепят на выступающих кронштейнах.

Тороидальные антенны (Рис. 1. в) предназначены специально для приема сигнала с нескольких спутников, имеют дополнительный рефлектор и специальную ось для крепления нескольких конвертеров.

Выбор подходящей спутниковой антенны основан на местоположении будущей домовой распределительной сети, и уровня сигнала со спутника. Поэтому предварительно выбирается спутник, с которого будет производиться прием телевизионных сигналов.

Например, будет осуществлен расчет кабельной ДРС на улице Комендантский проспект г. Санкт-Петербург. Координаты домов даны в ТЗ

и соответствуют 60.039165° северной широты, 30.213857° восточной долготы (Рис. 2). Если даны только адреса домов, то для начала необходимо определить координаты по любой интерактивной карте, предпочтительным является сервис: Яндекс карты.

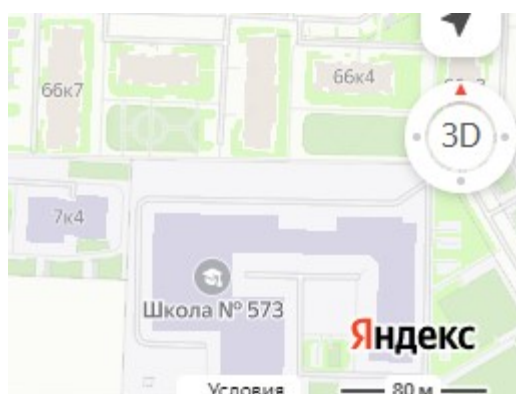
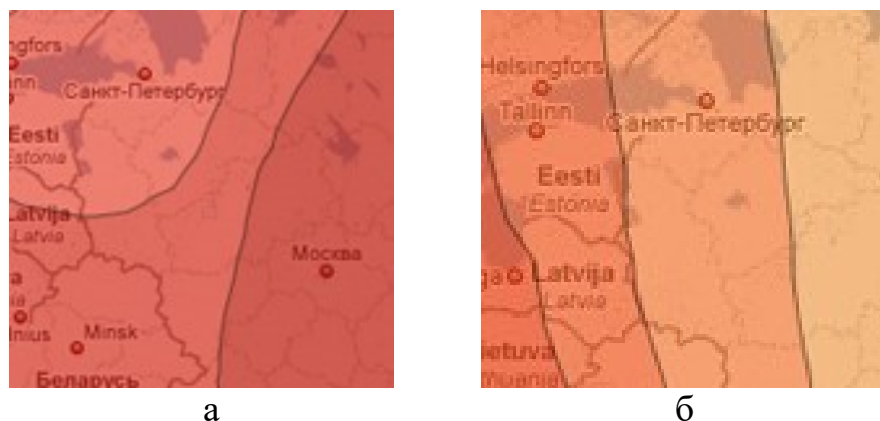


Рис. 2. Обзор карты местности

Далее выберите спутники, которые смогут транслировать сигнал в выбранную вами зону приема. Используйте любые специализированные сайты и программы по подбору зоны покрытия спутника (Рис. 3). Рекомендуется выбрать несколько спутников, так как некоторые спутниковые операторы могут транслировать недостаточное количество ТВ каналов или каналы могут быть закодированы, что будет не соответствовать вашему техническому заданию.



а



б

Рис. 3. Зона покрытия спутников:
а – Eutelsat w4 36° ; б – HotBird 13° .

Разные цвета соответствуют разным уровням спутникового сигнала. От уровня сигнала так же зависит выбор диаметра спутниковой антенны.

Таблица 1

Рекомендуемый размер спутниковой антенны

Цвет	Уровень сигнала	Диаметр антенны
	53 дБВ	48 см
	52 дБВ	50 см
	51 дБВ	55 см
	50 дБВ	60 см
	48 дБВ	80 см
	46 дБВ	100 см
	44 дБВ	120 см
	43 дБВ	130 см
	42 дБВ	150 см
	40 дБВ	180 см

Таким образом, для спутника №1 диаметра антенны составит 60 см, для спутника №2 диаметр антенны составит 100 см. Далее производится расчет параметров установки антенн. Если антенна является офсетная, то угол места (1) и азимут (2) будут определяться по следующим формулам:

$$F = \arctg \frac{\cos(g_2 - g_1) \cdot \cos(v) - 0.151}{\sqrt{1 - \cos^2(g_2 - g_1) \cdot \cos^2(v)}} \quad (1)$$

$$\varphi = 180^\circ + \arctg \frac{\tg(g_2 - g_1)}{\sin(v)} \quad (2)$$

- где g_1 - долгота спутника, g_2 - долгота места приема, v - широта места приема.

Азимут - угол между направлением на север и направлением на спутник, отсчитывается по часовой стрелке.

Угол места - угол между направлением на спутник и плоскостью земли в месте установки антенны.

При выборе места установки антенн необходимо следовать некоторым правилам:

1. Антенну нельзя ставить на высоте менее трех метров.
2. Она обязательно должна смотреть на юг.
3. Можно устанавливать тарелку на крыше, стене дома. Главное, чтобы пространство вокруг было открытым и ничто не мешало приему сигнала. Вокруг не должно быть высоких зданий, деревьев и других препятствий.
4. Тарелку следует ставить в доступном месте, для ее обслуживания, например для уборки снега.

В пояснительной записке привести расчеты угла места и азимута для всех выбранных спутников, а так же характеристики антенны и способ установки (дополнительное оборудование).

Следующим шагом в этой части является выбор спутникового конвертора.

Конвертер спутниковой антенны — это устройство, осуществляющее прием сигнала, которое объединяет малошумящий усилитель, а также понижающий преобразователь частоты. Задача прибора — превращение частоты электромагнитной волны диапазона Ku или C в менее высокие значения промежуточной частоты для передачи сигнала от ресивера по кабелю с минимальными потерями (Рис. 4).

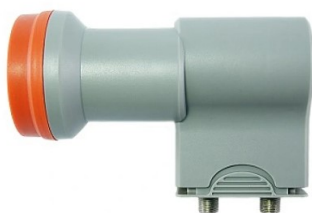


Рис 4. Пример спутникового конвертора

Устройство устанавливается на облучателе спутниковой тарелки, соединяется с системой посредством коаксиального кабеля, по которому далее происходит питание прибора, а также передача необходимых сигналов управления. Конвертеры характеризуются различными частотными диапазонами, а также поляризацией — направленностью вектора электрического сегмента электромагнитной волны, которая распространяется в пространстве. Существуют различные виды поляризации линейная вертикальная и горизонтальная, а так же круговая левая и правая (Рис. 5).

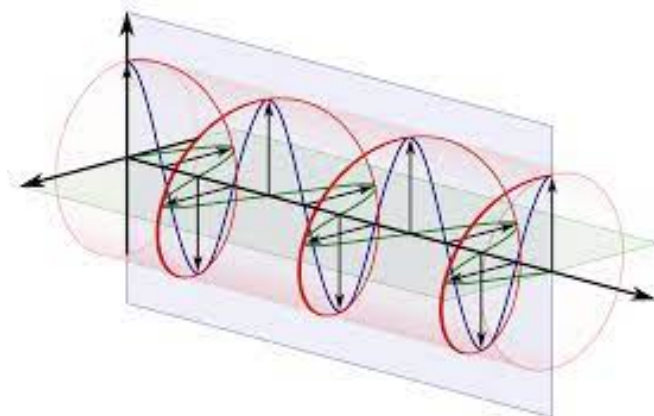


Рис. 5. Варианты распространения электромагнитных волн

Для корректного выбора конвертера необходимо изучить частотный план спутника, параметры транслируемого сигнала. Информацию о сигнале можно найти на том же сайте, который был использован при выборе зоны покрытия. Стоит отметить, что в основном все каналы на спутниках закодированы. В расчете курсового проекта, этот факт можно упустить.

Например, спутник №1 (Eutelsat w4 36°) передает следующий сигнал в стандарте DVB-S со следующими параметрами: **12175L, sr: 4340, fec: 3/4**, где:

12175 МГц – частота сигнала (Ku - диапазон);

L – поляризация левая круговая (Left);

4340 – символьная скорость (symbol rate);

3/4 – скорость кода (Forward Error Correction)

Зная данные входные параметры, выбор конвертора упрощается, это может быть конвертор Ku диапазона с круговой поляризацией, либо универсальный конвертор.

В пояснительной записке указать все подобранные конверторы, и их характеристики.

В состав приемного оборудования DVB-T2 входит эфирная антенна.

Существует три варианта моделей антенн – комнатная, уличная и гибридная. Прежде чем выбрать устройство, стоит оценить мощность сигнала. Комнатный вариант работает корректно в том случае, если ретрансляторная станция находится на небольшом отдалении от дома, к примеру, за окном. Такие изделия отличаются компактностью и стильным дизайном, они оснащены удобными подставками, а некоторые можно вешать на окно для лучшего приема.

Уличные модели используются в местах, где есть только слабый сигнал, устанавливаются преимущественно на крышах. При монтаже стоит позаботиться о защите оборудования от негативного влияния внешней среды, соорудить громоотвод.

Гибридные антенны считаются универсальными, они одинаково хорошо работают на прием, как в комнате, так и на улице.

Сигнал принимается от ближайшей телевизионной башни, которая находится в зоне прямой видимости. Информацию об этом можно получить на сайте: Зона покрытия ЦТВ (Рис. 6).

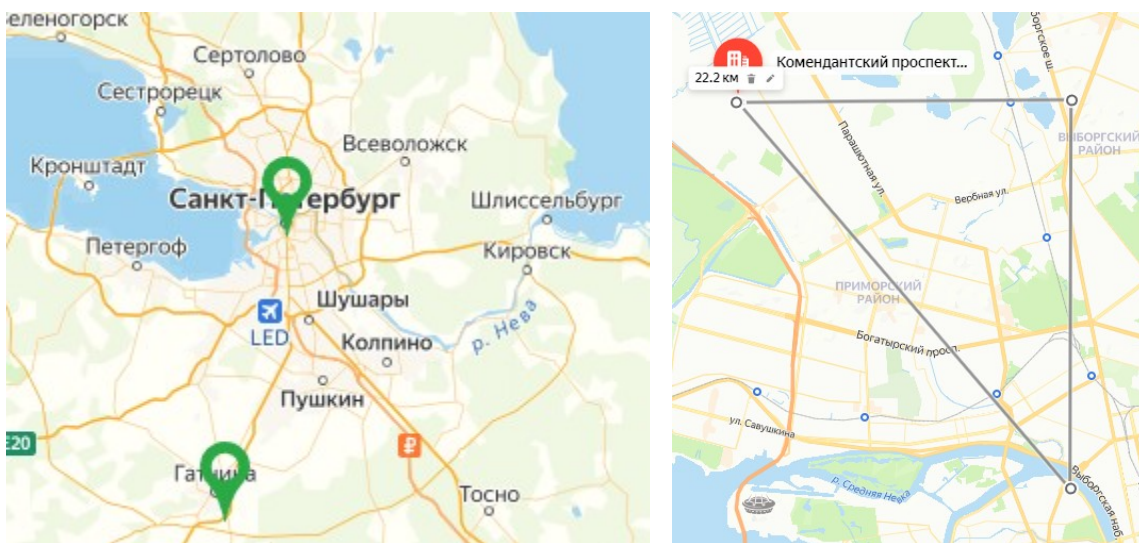


Рис. 6. Зона ближайших ТВ башен. Определение азимута для установки антенны.

По карте можно определить азимут антенны, для этого соедините точку приема сигнала, точку расположения ближайшей башни и точку для создания прямоугольного треугольника.

Зная длины сторон треугольника, рассчитайте угол. Помните, что расчет необходимо делать относительно северного полюса. В примере данный азимут равен 139° северо-восток.

В пояснительной записке укажите азимут установки, способ установки и параметры выбранной эфирной антенны (частотный диапазон и др.).

ЧАСТЬ 2

Определение частотного плана источников сигналов. Расчет частотного плана ТВ каналов

В этой части курсового проектирования необходимо указать все каналы, которые возможно принять с подобранных ранее источников сигналов (спутник, эфир). Параметры сигнала для спутника: номер транспондера, несущую частоту, поляризацию, модуляцию, скорость кода и символьную скорость. Для сигналов эфирного вещания указать частоту и модуляцию. Примеры представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Частотный план спутникового приема

Частотный план Eutelsat 36			
Параметры сигнала		№	Название канала
Транспондер:	4	1	ОТР
Частота, МГц:	11785,02 МГц	2	Звезда
Поляризация:	Круговая левая	3	Муз ТВ
Модуляция:	8PSK (DVB-S2)	4	ТНТ HD
ФЕС:	3/4	5	Ю-ТВ
Символьная скорость:	27500	6	Супер
		7...и т.д.	т.д.
Частотный план HotBird 13			
...			

Таблица 3

Частотный план эфирного приема

№	№ТВК	Название канала	Частота, МГц
1	35	Первый канал	586
2		Россия-1	
3		Матч ТВ	
4...и т.д.		НТВ	
11...	45	Рен-ТВ...	666

Информацию о параметрах сигнала можно найти на тех же сайтах, где были рассмотрены зоны покрытия спутникового и эфирного вещания.

Следующий этап – расчет частотного плана ТВ каналов. В соответствии с ГОСТ Р 52023-2003 в сети КТВ обеспечивается распределение радиосигналов аналоговых и цифровых ТВ программ и дополнительных услуг в частотном диапазоне 5 – 862 МГц. Этот диапазон разбит на поддиапазоны прямого и обратного каналов. В свою очередь, прямой диапазон включает 5 поддиапазонов, границы которых условны: I

(48,5...66 МГц), II (76...100 МГц), III (174...230 МГц), IV(470...582 МГц) и V(582...790МГц).

Так же необходимо задать модуляцию, символьную скорость, скорость кода. Все эти параметры влияют на скорость потока одного телевизионного канала на одной частоте.

Если учесть что для передачи одной ТВ программы различного качества, битрейт также может варьироваться в зависимости от множества факторов, включая используемую технологию передачи, степень сжатия, а также тип контента:

Стандартное разрешение (SD):

- Разрешение: 720x480 (480i/p)
- Битрейт: 3 Мбит/с
- Кодек: MPEG-2 наиболее распространен для SD-телевидения.

Высокое разрешение (HD):

- Разрешение: 1280x720 (720p) или 1920x1080 (1080i)
- Битрейт: 6 Мбит/с
- Кодек: H.264, а также H.265 начинают использоваться на более современных платформах.

Полное высокое разрешение (Full HD):

- Разрешение: 1920x1080 (1080p)
- Битрейт: 12 Мбит/с
- Кодеки: H.264 для большинства кабельных операторов.

Ультравысокое разрешение (4K):

- Разрешение: 3840x2160 (2160p)
- Битрейт: 20 Мбит/с (может быть и выше, если используются высококачественные кодеки).
- Кодек: H.265 (HEVC), который движется в сторону более продвинутых кодеков, таких как AV1.

Для передачи 10 программ в SD качестве необходима минимальная скорость потока в 30 Мбит/с. Она будет обеспечена при следующем условии:

- Модуляция QAM-64;
- Символьная скорость 6875;
- Скорость кода 4/5.

$$\text{Скорость потока} = \text{Символьная скорость} \times \text{Количество бит на символ} \times \text{Скорость кода} \quad (3)$$

Количество бит на символ определяется видом модуляции, в QAM-64 используется 6 бит на символ (так как $2^6=64$). Скорость потока будет равна 33 Мбит/с.

В соответствии с этим, необходимо подобрать такие параметры сигналов, чтобы передать все каналы можно было на достаточном количестве частот, суммарная скорость потока телевизионных программ не

превышала максимальную допустимую скорость потока канала. Вариант распределения частот представлен в таблице 4.

Таблица 4
Частотный план ДРС

№	№ТВК	Название канала	Частота, МГц, вид модуляции, символьная скорость, скорость кода
1	55	1 канал	746, 64-QAM, 6875, 4/5
2		5 канал	
3		ТНТ HD	
4		СТС HD	
5		НТВ HD	
6		ОТР HD	
7...	60	...	786, 64-QAM, 6875, 4/5

Для трансляции 55 ТВК на частоте 746 МГц были подобраны параметры сигнала: 64-QAM, 6875, 4/5, что обеспечит оптимальную скорость потока в 33 Мбит/с, с возможностью передачи 4 канала в высоком разрешении (24 Мбит/с) и 2 канала в стандартном разрешении (6 Мбит/с).

Символьную скорость обычно выбирают 6875, так как это стандартная скорость на всех ТВ приемниках.

Для того чтобы все жители смогли просматривать КТВ, необходимо так же осуществлять аналоговое вещание. Можно дублировать те же самые каналы, что и для цифрового вещания, но только SD. Соответственно таблицу 4 необходимо дополнить.

Таблица 4
Частотный план ДРС

№	№ТВК	Название канала	Частота, МГц,
1	6	1 канал	178
2	8	5 канал	194
3	10	Россия 1	210
4	12	Спас	226
5

Правила построения частотного плана простые: 1 частота = 1 канал, и так же как и для цифрового ТВ не занимать соседние частоты.

В пояснительной записке в виде таблиц указать параметры сигналов принимаемых со спутника и с эфирного канала передачи. А так же частотный план ДРС аналогового и цифрового ТВ с расчетами скорости потока для каждого ТВК.

ЧАСТЬ 3

Подбор необходимого оборудования

В первой части пояснительной записки была выбрана приемная сторона ДРС, поэтому в этой части необходимо подобрать головную станцию и каналобразующее оборудование.

Головная станция – совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих усиление, преобразование и формирование радиосигналов телевидения, радиовещания, обработку других радиосигналов, - часть кабельной распределительной сети. В соответствии с классом системы кабельного телевидения головные станции подразделяют на центральную, узловую и местную. Головная станция включена между выходами источников сигналов и входом линейной сети.

В состав головной станции входит:

- Приемник DVB-T2;
- Приемник DVB-S/S2;
- Мультиплексор;
- Модулятор DVB-C;
- Модулятор PAL/SECAM;
- В некоторых случаях усилитель.

Головные станции могут быть модульными, то есть содержать все функциональные блоки сразу, или же отдельные, один блок – одно функциональное устройство, а затем последовательно соединены (рис 7).

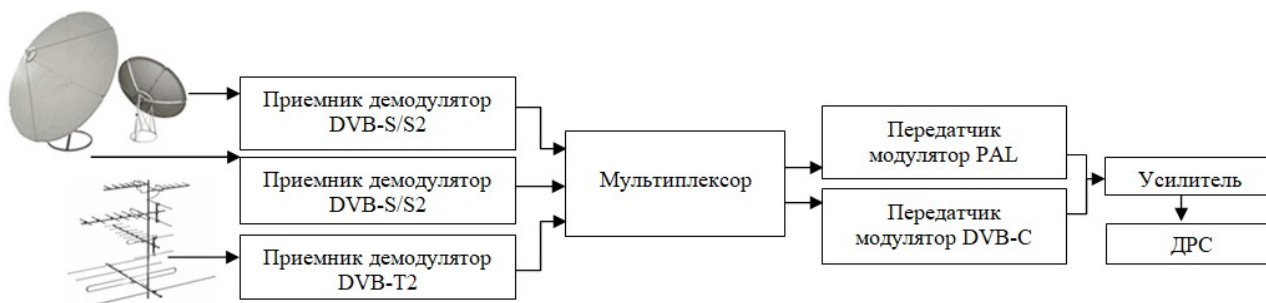


Рис.7. Функциональная схема головной станции ДРС

Выбор оборудования должен осуществляться в соответствии с теми параметрами сигнала, что были выбраны на вход/выход системы в Части 1, 2.

Приемник демодулятор DVB-S/S2 должен полностью поддерживать те параметры сигнала, которые поступают на него от конвертора: частота конвертора, скорость кода, символьная скорость, тип модуляции, поляризация конвертора.

Приемник демодулятор DVB-T2 должен поддерживать данный стандарт, а так же частоты сигнала.

Параметры для модуляторов DVB-C и PAL/SECAM можно посмотреть в таблице 4.

Выбор оборудования осуществляется на специализированных сайтах кабельного оборудования. Для того чтобы корректно определить устройство, которое сможет подойти для решения ваших задач, рекомендуется ознакомиться с техническим описанием.

На рисунке 8 представлен пример устройства выполняющий сразу все функции головной станции: демодуляция, мультиплексирование и модуляция ТВ сигнала.



Рис. 8. Базовое шасси цифровой головной станции

В техническом описании устройства указаны параметры принимающего модуля DVB-S/S2:

- 4 x F входа;
- Входной диапазон частот: 950-2125 МГц;
- Входной уровень RF сигнала: от -65 до -25 dBm;
- Символьная скорость: 2-45 MSps;
- Вид модуляции: DVB-S, QPSK, DVB-S2, 8PSK;
- DVB-S2 FEC: 2/3, 3/4, 3/5, 5/6, 8/9, 9/10;
- DVB-S FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 6/7, 7/8.

В техническом описании устройства указаны параметры принимающего модуля DVB-T2:

- 4 x F входа;
- Диапазон входных частот: 104 - 862 МГц;
- Тип модуляции: QPSK/16QAM/64QAM/256QAM;
- Режим FTT: 1K/2K/4K/8K/16K/32K;
- Защитный интервал: 1/4, 5/32, 1/8, 5/64, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128;
- FEC: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6;

В техническом описании устройства указаны параметры передающего модуля DVB-C:

- 2 x F выхода;
- Диапазон частот на выходе: 48 – 996 МГц;
- Символьная скорость: 2,5 – 6,99 Mbauds;
- Уровень RF сигнала: **94 – 120 дБмкВ**;
- Режимы модуляции: 16/32/64/128/256QAM;

- Режим FFT: 2K/8K;
- Защитный интервал: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.

В техническом описании устройства так же указаны параметры модуля мультиплексора:

- Обработка 24 потоков для ремультимплексирования и скремблирования (48 потоков без скремблирования);
- Совместима с MPEG-2/DVB стандартами;
- Ремультимплексирование и скремблирование потоков MPEG-2/H.264.

Так как в этой ГС отсутствует блок модулятора PAL/SECAM, нужно добавить еще одно устройство - Цифроаналоговый модулятор.

Поток модулятор PAL/SECAM и DVB-C объединяют с помощью делителя. Если сигнал достаточно мощный, на выходе делителя можно пренебречь усилителем, и сразу приступить к подбору каналообразующего оборудования.

К каналообразующему оборудованию относят (Рис. 9):

- Коаксиальный кабель;
- Делитель;
- Абонентский ответвитель;
- Усилитель.

Кабель коаксиальный – электрический кабель, состоящий из центрального проводника и экрана, расположенных на одной оси и разделённых изоляционным материалом или воздушным промежутком. Используется для передачи радиочастотных электрических сигналов (Рис. 9, а).

Распределитель (разветвитель, делитель) – элемент линейной сети, обеспечивающий равное деление энергии радиосигнала (оптического сигнала) на несколько направлений (Рис. 9, б).

Ответвитель – элемент линейной сети, обеспечивающий ответвление части энергии радиосигнала (оптического сигнала) на одно или несколько направлений (Рис.9, в).

Усилитель – предназначен для усиления и распределения телевизионного сигнала в сетях кабельного телевидения (Рис. 9, г).

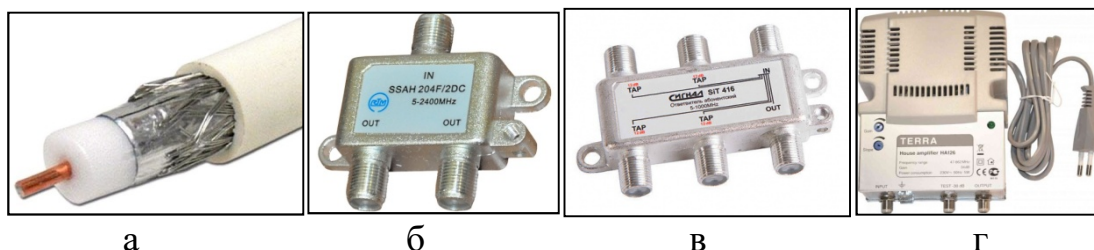


Рис. 9 Каналообразующее оборудование:

а – кабель, б – делитель, в – ответвитель, г – усилитель.

Выбор кабеля основывается от его целей. Если кабель прокладывается на улице или под землей, то необходима лучшая изоляция, высокая

прочность, и наименьшие потери уровня сигнала – магистральные кабели. При прокладке его в доме, распределительный кабели должны иметь хорошую гибкость для возможности прокладки внутри зданий, а также высокую стабильность параметров, в частности коэффициента экранирования.

Магистральные ответвления обычно строятся на основе коаксиального кабеля серии RG-11, в домовые распределительные сети строятся на основе коаксиального кабеля серии RG-6 или RG-11. Эти кабели имеют разные качественные показатели и конструктивные особенности. Серия кабеля строго не определяет, на каком участке распределительной сети он должен использоваться.

При выборе кабеля необходимо смотреть на такой параметр, как коэффициент затухания. Чем он ниже, тем лучше. На разных частотах этот коэффициент разный. Данный параметр можно так же посмотреть в техническом описании к оборудованию. При построении абонентской части ДРС рекомендуется минимизировать длины абонентских кабелей, обращать внимание на качество применяемого оборудования и кабелей. Абонентская разводка с использованием кабеля с большим погонным затуханием на верхних частотах может сделать невозможным качественный прием ТВ программ отдельными абонентами ДРС.

При выборе делителя так же необходимо обращать внимание на уровень затухания. Выбор делителя обусловлен количеством подъездов в доме. Количество выходов делителя, должно быть равно количеству подъездов. При расчете уровней сигнала в следующей части курсового проектирования, делитель может быть изменен и на большее количество выходов.

Выбор ответвителя обусловлен количеством квартир на одном этаже. Если квартир на этаже 4, то необходимо выбрать ответвитель на 4 отводов. В случае, когда количество квартир на этаже 5, или 7, то необходимо выбирать ответвитель на 6 или 8 отводов, так как ответвителей на 5 или 7 не существует.

В параметрах ответвителя указаны два числа (всего 4 числа для НЧ и ВЧ) затухание на отвод, и затухание на проход. Затухание на отводе – этот параметр показывает, на сколько дБ уменьшится уровень сигнала для абонента. Вносимые потери на выходе – этот параметр показывает, на сколько дБ уменьшится сигнал, перед тем как он перейдет далее по тракту передачи. Эти два параметра обратно зависимы, чем больше один из них, тем меньше второй, и наоборот.

Проектирование ДРС ведется в расчете на подключение 100 % абонентов, хотя фактически к муниципальным ДРС подключаются 70...90 % абонентов, к коммерческим — значительно меньше 50%.

Последним устройством каналообразующей сети является домовой усилитель. В его задачи входит усиливать сигнал, если на вход абонента он

не достигает 60 дБ, или АЧХ сигнала имеет наклон низкочастотной и высокочастотной области менее 6 дБ (Рис. 10).

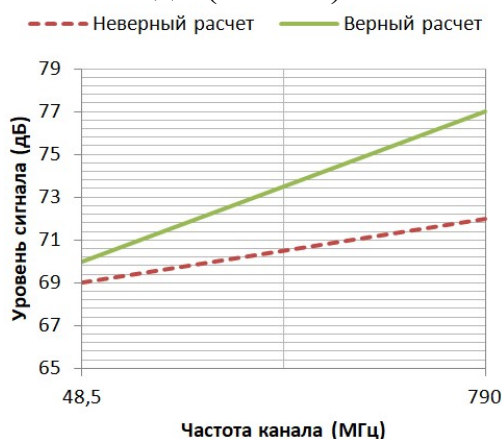


Рис. 10. Амплитудно-частотная характеристика телевизионного сигнала

На рисунке 10 пунктирной линией показан график АЧХ, когда сигнал на частоте 48,5 МГц имеет уровень 69 дБ, а на частоте 790 МГц – 72 дБ, что является неверным расчетом АЧХ (Разница в 3 дБ). Для того что бы выровнять наклон АЧХ в техническом описании усилителя необходимо найти такой параметр, как регулировка наклона АЧХ, то есть это максимальный уровень, на который возможно отрегулировать наклон АЧХ. Необходимо учитывать так же частоты передаваемого сигнала, что бы усилитель подходил под ваш частотный диапазон. Так же усилитель не может поднять уровень сигнала, выше максимального, который так же указан в технических характеристиках. Основным параметром будет являться коэффициент усиления, коэффициент показывает, насколько сигнал будет усилен. На рисунке 10 видно, что сигнал в области НЧ был поднят на 1 дБ, а в области ВЧ на 5 дБ, разница составляет 7 дБ, что является в пределах допустимого (70 – 77).

В расчете курсового проекта следует учитывать, что при большом количестве усилителей, вредный сигнал (шум) так же будет усиливаться, поэтому не допускается применять более 3 усилителей на одной линии тракта передачи.

Головная станция кабельной распределительной сети и элементы линейной сети, выполненной на коаксиальном кабеле, должны иметь несимметричные входы и выходы номинальным сопротивлением 75 Ом.

На последнем этаже, на выходе ответвителя ставится оконечная нагрузка с типом подключения «F» 75 Ом. Устанавливается на неиспользуемых выходах устройств в качестве заглушки-нагрузки коаксиальной линии во избежание рассогласований и помех.

В пояснительной записке указать, какое приемное и передающее оборудование было подобрано, его основные параметры. Каналообразующее оборудование будет изменено в процессе дальнейшего расчета ДРС, здесь лишь стоит его упомянуть.

ЧАСТЬ 4

Разработка структурной и функциональной схем ДРС. Расчет уровней ТВ сигналов в ДРС.

Технологически головное оборудование ДРС устанавливается либо в специальном чердачном помещении, в антивандальном сейфе (тогда используется т.н. «верхняя разводка» между подъездами по чердаку), либо в помещении электрощитовой одного из подъездов жилого дома, (тогда используется т.н. «нижняя разводка» между подъездами по подвальным помещениям).

Рассмотрим в качестве примера вариант верхней разводки.

С крыши (с антенного поля) в чердачное помещение, где обычно устанавливается головное оборудование (ГС) вводятся антенные кабели, подключаемые к входу ГС. С выхода ГС, через отверстия кабельного канала в стене лестничной клетки кабель через последовательно включенные абонентские ответвители распределяет сигналы ТВ программ сверху вниз, по этажам ДРС. Число отводов абонентских ответвителей на каждом этаже должно соответствовать числу абонентов (квартир) данного этажа.

Для расчета уровней сигналов и выбора абонентских ответвителей с требуемым значением затухания в отвод на отдельных участках ДРС, на основании требований ТЗ на проектирование и анализа ситуационного плана должны быть определены:

Типовые значения протяженности отдельных участков на схеме ДРС;

- Расстояние между домами по ТЗ, либо самостоятельный выбор значений (Например, $L=100\text{м}$);
- Расстояние между подъездами по ТЗ, либо самостоятельный выбор значений (например, $l_1 = 30\text{м}$);
- Расстояние между этажами стандартное $l_2= 3\text{м}$;
- Количество этажей в секции дома по ТЗ (6);
- Типовое значение уровня сигналов на выходе головного оборудования ДРС (ГС) 80 – 104 (дБ);

Пример того, как должна выглядеть схема ДРС, представлен на рисунке 11 (Многоквартирный дом с двумя подъездами). В пояснительной записке вместо условных наименований необходимо написать сокращенное наименование выбранного оборудования. Например, вместо «Ответвитель на 3» – «ТАН320», что означает ответвитель на 3 отвода, с ослаблением на отвод 20 дБ. Вместо $U_{\text{абон}}$ указывать конкретные числа уровня сигналов на низких и высоких частотах. Вместе с $U_{\text{вых}}$ указать уровень сигнала 80 – 104 дБ.

В пояснительной записке необходимо представить схему ДРС по каждому дому в соответствии с ТЗ (Рис. 13). А так же структурную

схему соединения соседних домов с указанием расположения ГС (Рис. 11, Рис.12).

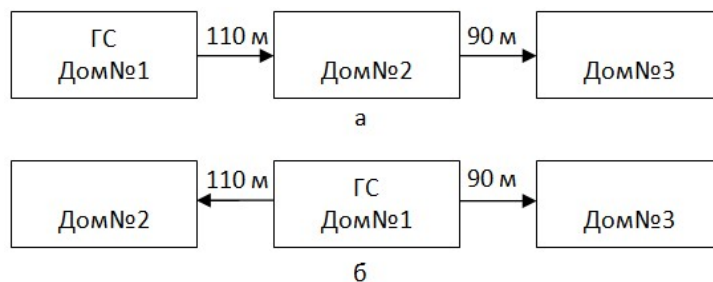


Рис. 11 Структурная схема подключения домов.

а – схема подключения типа - иерархия, б – схема подключения типа - звезда.

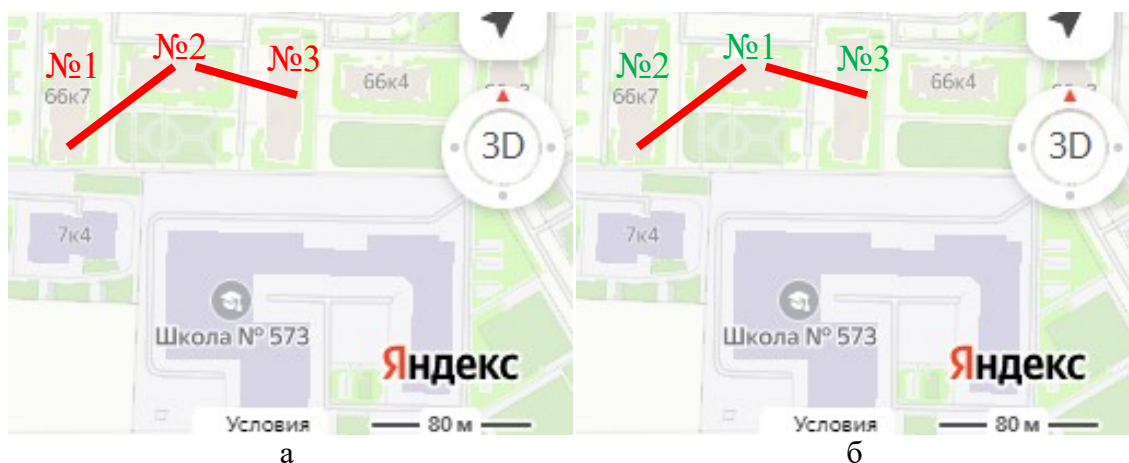


Рис. 12 Структурная схема подключения домов.

а – схема подключения типа - иерархия, б – схема подключения типа - звезда.

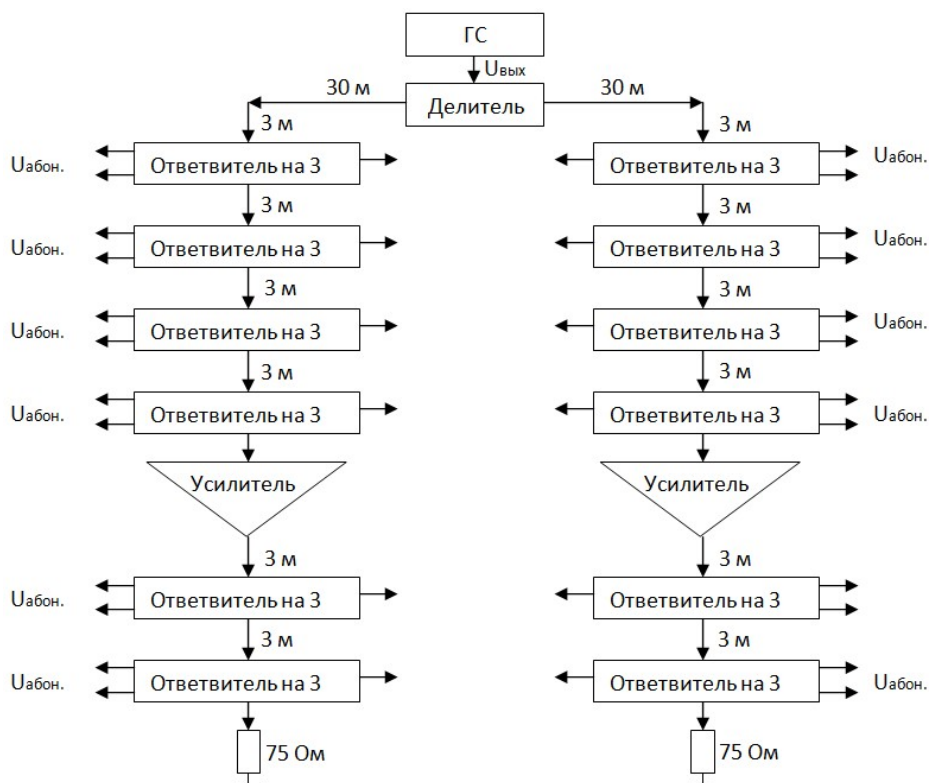


Рис. 13 Схема ДРС дома №1

Пример расчета уровня ТВ сигнала для дома №1, где расположена ГС (Таблица 5):

На выходе ГС уровень сигнала равен 80 – 104 (дБ), что соответствует уровню сигнала на частоте 48,5 и 750 МГц. Сигнал от головной станции поступает на вход делителя. Уровень сигнала уменьшится, в соответствии с параметрами делителя, N .

Затем сигнал проходит 33 метра кабеля, прежде чем достигнет абонентов проживающих на 6 этаже. Таким образом, затухание в кабеле a_k будет рассчитываться по формуле (4):

$$a_k = a_{100} \frac{l_k}{100} \quad (4)$$

Где a_{100} – затухание в кабеле на 100 метров, l_k – длина кабеля. Затем часть сигнала *проходит* ответвитель, а часть подается на отвод абонентам. Сигнал абонента будет находиться по следующей формуле (5):

$$U_{AO} = U_{вых} - N - a_k - A_{OTB} \quad (5)$$

Где A_{OTB} затухание на отвод в ответвителе. Сигнал на проход будет находиться по аналогичной формуле, только вместо A_{OTB} будет $A_{ПР}$ – затухание на проход ответвителя (6):

$$U_{ПР} = U_{вых} - N - a_k - A_{ПР} \quad (6)$$

Для НЧ и ВЧ разные значения затухания, соответственно будут разные величины. В коаксиальных линиях затухание на высоких частотах гораздо сильнее, чем на низких.

Таблица 5

Пример расчета сигнала на 6 этаже

дБ	$U_{вых}$	N	a_{100}	a_k	A_{OTB}	U_{AO}	$A_{ПР}$	$U_{ПР}$
ВЧ (750 МГц)	104	4	18,54	6,12	12,8	81,08	3	90,88
НЧ (50 МГц)	80	3,5	10,5	3,47	12,7	60,33	2,8	70,23

Затем на основе этих данных создается функциональная схема ДРС (Рис. 14).

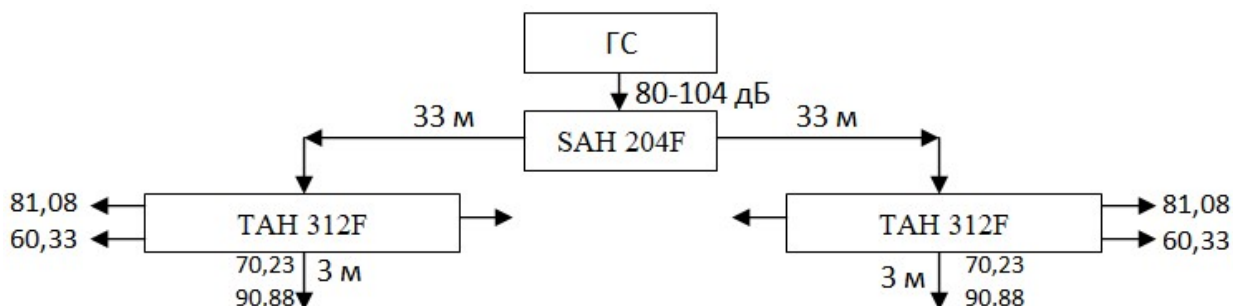


Рис. 14 Функциональная схема ДРС.

После расчета $U_{ПР}$ на 6 этаже, прежде чем сигнал поступит абоненту на 5 этаж, необходимо рассчитать затухание 3 метров кабеля, и затухание в отводе $A_{ОТВ}$.

Как было сказано ранее в части 3 методических указаний в случае, если сигнал у абонента опустится ниже 60 дБ, или разница сигналов на НЧ и ВЧ будет меньше 6 дБ, необходимо будет поставить перед ответвителем усилитель.

Для передачи сигнала в соседний дом затухание в кабеле необходимо будет пересчитать, в соответствии с выбранным кабелем и длиной линии. Сигнал из ГС может идти сразу на второй дом, если на это позволяют технические характеристики ГС, в противном случае, берется делитель на 1 выход больше в случае иерархической топологии сети, или на 2 выхода больше в случае топологии сети звезда.

С большой вероятностью на входе дома №2 сигнал необходимо будет усилить, поэтому вместо ГС (Рис. 13), будет стоять усилитель. Если достаточен, то оставить делитель на подъезды.

При выборе ответвителей помните, что на верхних этажах важно малое затухание на проход, чтобы сигнал как можно дольше «сохранялся» по тракту передачи, на последних этажах, это уже не имеет значение.

В случаях если усилителей достаточно много, попробуйте заменить делитель в основании схемы в 2 раза большим количеством выходов, и проложить параллельную линию до того этажа, где сигнал опустился ниже 60 дБ.

В пояснительной записке предоставить расчеты уровней сигнала для НЧ и ВЧ для верхних этажей всех домов. Структурные схемы подключения и уточненные функциональные схемы ДРС всех домов.

ЧАСТЬ 5

Проведение компьютерного моделирования

Компьютерное моделирование проводится с целью проверки точности теоретических расчетов. Для компьютерного моделирования потребуется бесплатное программное обеспечение: PlaNet 1.4.

Планировщик кабельных сетей PlaNet 1.4 — программа, предназначенная для оказания помощи разработчикам кабельных сетей. Она поможет в выборе схемы построения распределительной сети, определении номенклатуры оборудования и кабелей, расчете стоимости сети, оформлении документации ([ссылка](https://planarchel.ru/catalog/cable_equipment/cable_network_accessories/PlaNet/)).

https://planarchel.ru/catalog/cable_equipment/cable_network_accessories/PlaNet/

Перед непосредственной работой в программе, необходимо сначала внести свои значения для всех устройств подобранных ранее: ГС, делители, ответвители, два вида кабелей, усилители.

Открыть программу «База элементов», найти пункт «Станции головные», слева в меню нажать на плюс, и добавить свою станцию, изменить название, добавить стоимость.

Установить параметры сигнала для НЧ и ВЧ. Например, уровень сигнала равен 80 – 104 (дБ), соответствует уровню сигнала на частоте 48,5 и 750 МГц. Выделить все значения от НЧ до ВЧ нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Интерполировать», у вас автоматически построится АЧХ ГС (Рис. 15). Нажать галочку внизу окна программы.

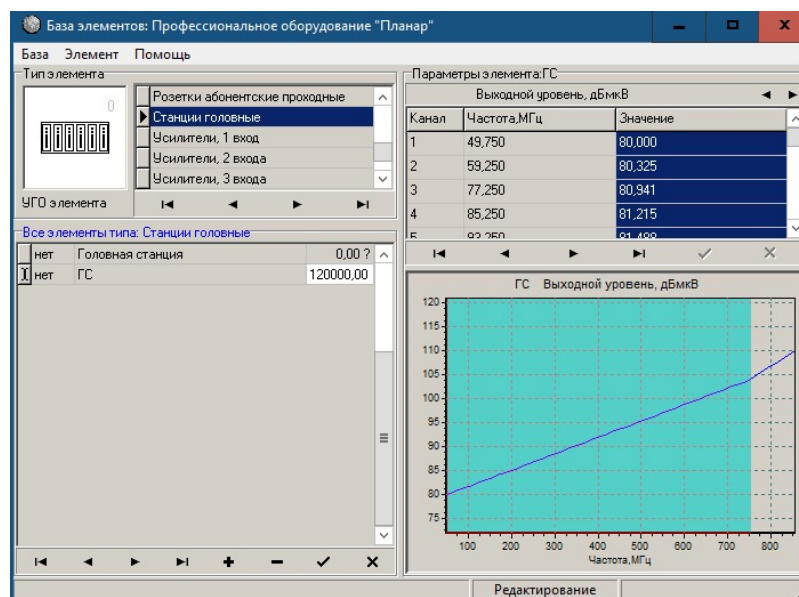


Рис. 15 Результат интерполяции АЧХ ГС

Повторить данный пункт для всех оставшихся устройств. Для ответвителя необходимо переключить «Параметр элемента» наверху окна.

После того, как все данные будут заполнены, нажать на кнопку База/Изменить/Ок. Больше данная программа не понадобится.

Открыть программу «Планировщик кабельных ТВ сетей PlaNet 1.4». Перед началом работы, необходимо обновить базу элементов, для этого нажать кнопку Проект/База элементов/Обновить.

Интерфейс программы простой и интуитивно понятный. В верхнем окне находится основное оборудование для построения кабельной сети: Источники, Усилители, Фильтры, Делители, Ответвители, Кабель, Прочее (Рис. 16).

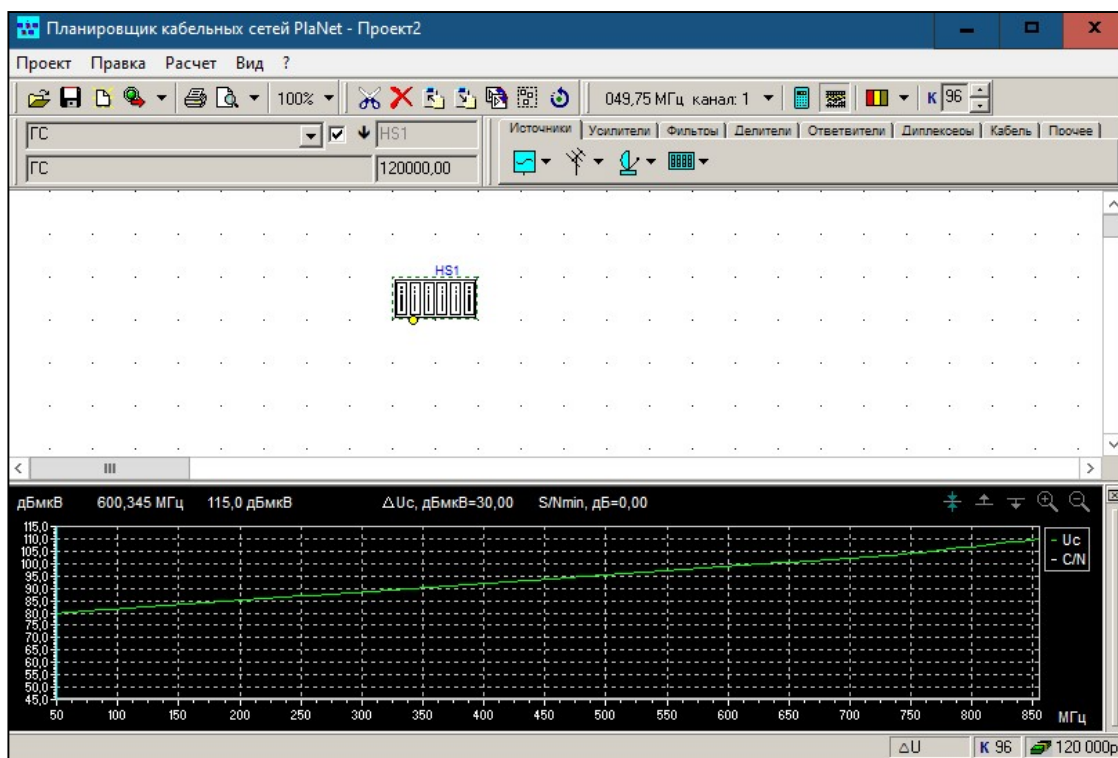


Рис. 16 Интерфейс программы

Внизу программы АЧХ сигнала. В данном примере выбрана ГС с настроенными параметрами, АЧХ соответствует той, что была настроена ранее (Рис. 15).

Чтобы построить схему, необходимо выбрать необходимое оборудование (ГС), поставить на схему, двойным щелчком мыши зайти в свойства, выбрать марку (Для кабеля указать длину).

После установки оборудования, добавить к каждому ответвителю абонентскую розетку из вкладки Прочее/Расчетная точка. Нажать на кнопку «Выполнить перерасчет схемы» (F8), в результате все устройства окрасятся в цветовую гамму соответствующим уровням сигнала. Изменить номер канал с НЧ на ВЧ, нажать F8 (Рис. 17).

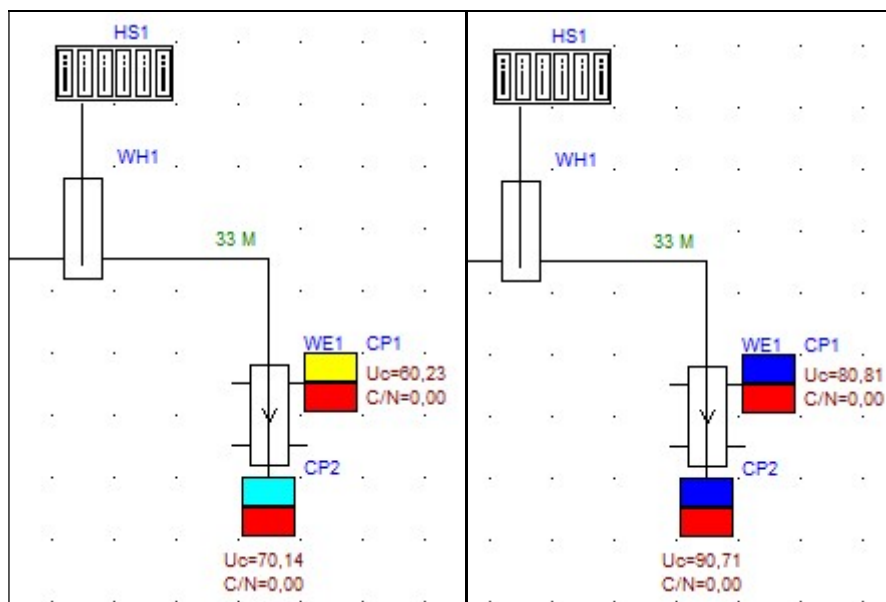


Рис. 17 Результат расчета уровней сигнала для НЧ и ВЧ

Видно, что результаты ничем не отличаются от результатов, полученных в таблице 5, значит теоретические расчеты, и компьютерное моделирование выполнено, верно.

Построение схемы может быть как в одном проекте, так и в трех проектах, для каждого дома отдельно. Для проверки необходимо зафиксировать АЧХ абонента на последнем этаже, сравнить с теоретическим расчетам АЧХ в той же точке (Рис. 18, Рис. 19).

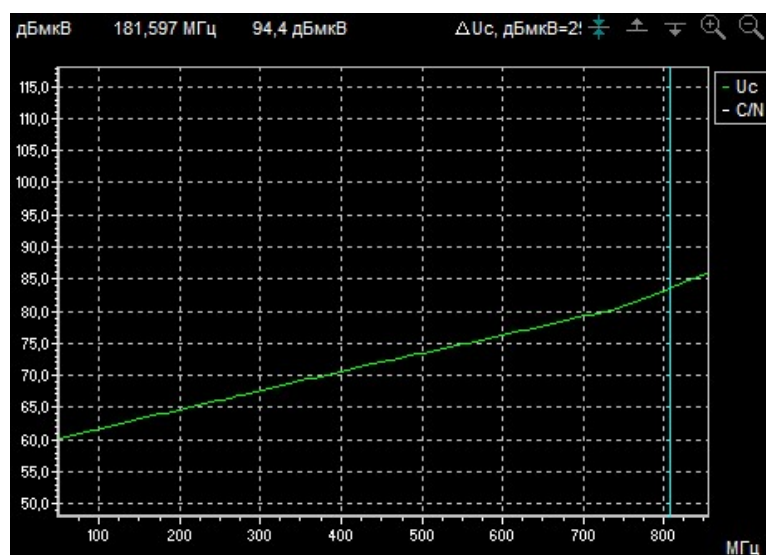


Рис. 18 АЧХ в компьютерном моделировании (Дом №1)

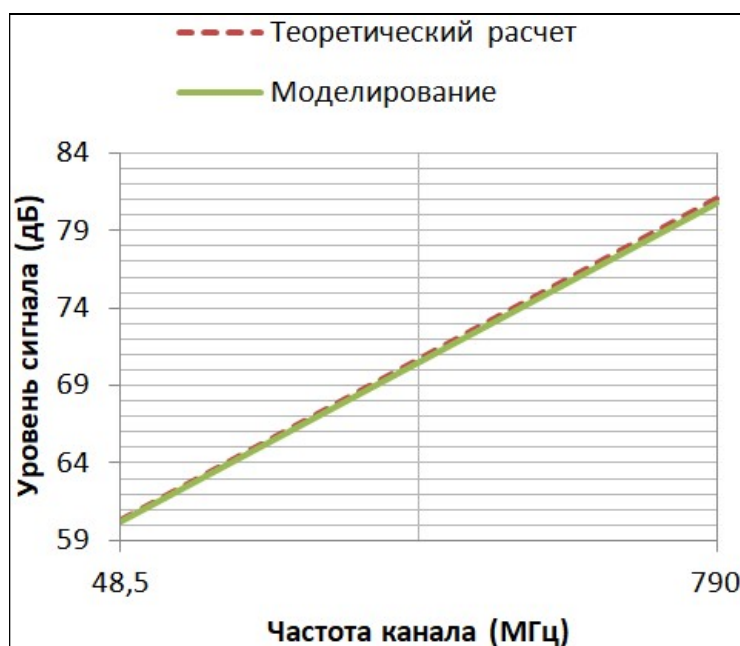


Рис. 19 АЧХ теоретическая - пунктиром, моделирование - сплошной линией (Дом №1).

Программа так же позволяет рассчитывать стоимость оборудования, выводить результаты расчета списком, для удобства просмотра результатов, а так же вывод итоговой схемы ДРС.

В пояснительной записке представить схемы/схему ДРС с помощью любого удобного способа. АЧХ сигналов на последних этажах, сравнивая теоретический и математический расчет. Сохраненный проект/проекты в электронном виде.

ЧАСТЬ 6

Конструктивно-технологические вопросы реализации ДРС. Технико-экономические показатели.

В этой части курсового проекта необходимо составить общую сводную таблицу по всему использованному оборудованию, с указанием цены за штуку, и общей стоимости проекта.

Таблица 6
Оборудование ДРС

Тип	Название	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб
ГС	Базовая станция	1	120 000	120 000
Антенна эфирная	КС47/21-69	1	2 565	2 565
Спутниковая антенна	Supral-0,6	2	2 150	4 300
Ответвитель	ТАН312F	12	136	1 632
Кабель	RG 6 - 32 W	200 м	1 159	2 318
...
Общая стоимость проекта				...

В пояснительной записке по этой части представить таблицу оборудования ДРС с общей стоимостью проекта. Добавить Заключение и Список используемых источников, сайты на которых было выбрано оборудование, и время обращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52023-2003. Сети распределительные систем кабельного телевидения. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний. – Введ. 2003-03-13.
2. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений – Введ. 1993-01-01.
3. ГОСТ Р 51513. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование распределительных сетей приемных систем телевидения и радиовещания. Нормы электромагнитных помех, требования помехоустойчивости и методы испытаний – Введ. 01.07.2001.
4. Мамчев, Г. В. Цифровое телевидение. Теоретические основы и практическое применение : учебник / Г. В. Мамчев, С. В. Тырыкин. - Новосибирск : НГТУ, 2019. - 564 с.
5. Волков С. В. Сети кабельного телевидения. - М.: Горячая линия-Телеком, 2004, — 616 с.
6. Джакония В.Е. (ред) Телевидение. Учебник для ВУЗов/ В.Е. Джакония. - М.: Изд-во Горячая Линия - Телеком, 2007. - 618 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

В приложении представлены реальные изображения ДРС.



Рис. 20 Головная станция



Рис. 21 Процесс прокладки кабеля между двумя домами по воздуху

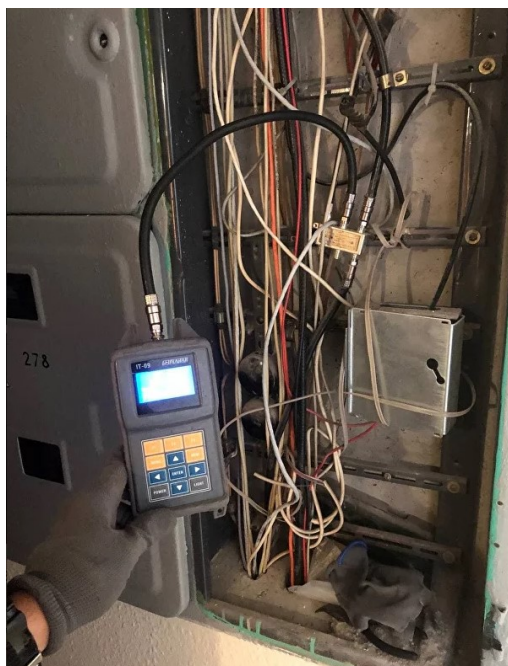


Рис. 22 Прибор для измерения качества и уровня ТВ сигнала



Рис. 23 Прокладка кабеля в жилом доме

ОБРАЗЕЦ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Таблица 7

Пример технического задания

Номер варианта	Образец		
Карта местности			
Координаты домов	53.046552, 158.660787		
Адреса домов	Петропавловск-Камчатский. Кроноцкая улица, 12, 12/1, 12/2		
Количество домов	3		
Расстояние между домами	Определяется по карте		
Расстояние между подъездами	Выбирается самостоятельно		
Количество подъездов в доме	6	4	6
Количество этажей	5	5	7
Количество квартир на этаже	4	8	3
Высота этажа	3 м.		
Количество аналоговых каналов	15		
Количество цифровых каналов	100		
Количество цифровых каналов в HD и выше	10		
Источники сигналов	Спутниковые антенна диапазона 12 ГГц и эфирный канал DVB-T2		

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта*

Электронное издание

Редактор *Л. К. Паршина*
Компьютерная верстка *С. Н. Складовой*

План издания 2025 г., п. ?

Подписано к изданию ??? 2024
Объем ??? уч.-изд. л.
Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, 22