

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ВИДЕОКОНТЕНТА ВНУТРИ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
очной формы обучения, группы 07001308
Заика Елизаветы Валерьевны

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент
кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Сидоренко И.А.

Рецензент
начальник отдела эксплуатации
технической инфраструктуры
Белгородского филиала
ПАО «Ростелеком»
Петренко М.В.

БЕЛГОРОД 2017

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**
(НИУ «БелГУ»)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль: «Системы радиосвязи и радиодоступа»

Утверждаю
Зав. кафедрой

« ____ » _____ 201_ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Заика Елизаветы Валерьевны
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР «Сравнительный анализ технологий распространения видеоконтента внутри многоквартирного дома»

Утверждена приказом по университету от « ____ » _____ 201_ г. № ____

2. Срок сдачи студентом законченной работы ____ . _____

3. Исходные данные:

объект – многоквартирный девятиэтажный жилой дом, в составе которого 3 подъезда, по 4 квартиры на каждом этаже (108 абонентов).

Направляющие среды – коаксиальный кабель, витопарный кабель, волконно-оптический кабель.

Параметры видеоконтента: HD и UHD.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

4.1. Анализ состояния систем кабельного телевидения и перспектив развития отрасли;

4.2. Анализ технических требований к перспективным системам КТВ;

4.3. Технический обзор домовых распределительных сетей с использованием волоконно-оптической технологии GPON, определение параметров и состава оборудования;

4.4. Технический обзор домовых распределительных сетей с использованием коаксиальных кабелей (технология EoC – Ethernet over Coaxial), определение параметров и состава оборудования;

4.5. Технический обзор домовых распределительных сетей с использованием кабелей “витая пара” (технология GigabitEthernet), определение параметров и состава оборудования;

4.6. Расчет экономических показателей;

4.8. Сравнительный анализ технологий и вывод о целесообразности применения каждой из них на практике.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
- 5.1. Схема сети кабельного телевидения в общем виде;
 - 5.2. Схема домовой распределительной сети с применением технологии GPON(A1, лист 1);
 - 5.3. Схема домовой распределительной сети с применением технологии EoC(A1, лист 1);
 - 5.4. Схема домовой распределительной сети с применением технологии GigabitEthernet(A1, лист 1);
6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1. – 4.5, 4.8	<i>канд. техн. наук, доцент каф. ИТСиТ Сидоренко И.А.</i>		
4.6	<i>канд. техн. наук старший преподаватель каф. ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания 28.04.2017г

Руководитель

*канд. техн. наук, доцент
доцент кафедры Информационно-телекоммуникационных
систем и технологий»
НИУ «БелГУ»*

И.А. Сидоренко

_____ (подпись)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В РОССИИ	5
1.1 Системы кабельного телевидения в общем виде	10
1.2 Описание технических требований	15
2 ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ДОМОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	19
2.1 Коаксиальные системы EoC	20
2.2 Волоконно-оптические технологии PON	27
2.3 Технологии Gigabit Ethernet с применением витопарного кабеля	38
3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	46
4 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАССМОТРЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

					<i>11070006.11.03.02.001.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	Зайка Е.В.				Сравнительный анализ технологий распространения видеоконтента внутри многоквартирного дома	Лит	Лист	Листов
Проверил	Сидоренко И.А.						2	58
Рецензент	Петренко М.В.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001308</i>		
Н. Контроль	Сидоренко И.А.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

ВВЕДЕНИЕ

В современной системе средств массовой информации России телевидение, несомненно, занимает ключевое место, однако с развитием компьютерной техники и сети Интернет, с появлением различных портативных устройств и новейших информационных сервисов, телевидение стало утрачивать монополию на домашний досуг. Традиционное вещательное телевидение морально устарело и более не пользуется спросом у молодого поколения россиян. В связи с этим массовые системы распространения видеоконтента нуждаются в развитии новейших технологий.

В сентябре 2015 года Министерство связи и массовых коммуникаций представило «Стратегию развития телерадиовещания в Российской Федерации до 2025 года». Исходя из содержания документа и потребительского спроса, можно сделать вывод: цифровое телевидение практически вытеснило аналоговое, а так же движется в направлениях персонализации, интерактивности предоставляемых услуг, конвергенции с сетями широкополосного доступа и повышения четкости видеоконтента (HD и UltraHD).

Основной проблемой развития телерадиовещания в перспективных направлениях является недостаток пропускной способности сетей. Например, для транспортировки контента в формате UltraHD требуется восьмикратная пропускная способность сетей по сравнению с уже традиционным Full HD. Понимая грядущую перспективу, телекоммуникационные компании и профессиональные поставщики видео контента продолжают модернизировать свои существующие транспортные интерфейсы с целью увеличения их пропускной способности.

В рамках данной работы будут рассмотрены и сравнены варианты построения домашних сетей для распределения видеоконтента современного формата в многоквартирном доме с использованием различных технологий

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

(волоконно-оптические технологии PON, коаксиальные системы EoC, технология Gigabit Ethernet с применением витопарного кабеля). Объектом рассмотрения данной работы является распределительная домовая сеть в 9-ти этажном многоквартирном доме на 3 подъезда, по 4 квартиры на каждом этаже (108 абонентов).

Цель работы: по результатам сравнительного анализа составить развернутый вывод с указанием достоинств и недостатков каждой из технологий построения домовой распределительной сети для доставки видеоконтента до потребителя и дать обоснованные рекомендации по выбору перспективной технологии.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнения следующих задач:

- 1) произвести технический обзор каждой из технологий;
- 2) провести сравнительный анализ данных технологий по различным параметрам: физические особенности среды распространения сигнала, пропускная способность сети (возможность транспортировки HD и UHD контента), возможность предоставления IP-сервисов (в том числе услуг передачи данных), возможность и простота реализации внутриквартирной сети доступа к видеоконтенту, финансовые затраты на построение сети, перспективность и возможность модернизации;
- 3) составить вывод о целесообразности применения каждой технологии в реальных условиях с учетом требований, предъявляемых к современным и перспективным распределительным сетям.

Данная выпускная квалификационная работа имеет объем 53 листа и содержит в себе 17 рисунков и 14 таблиц.

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1 СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В РОССИИ

Телевизионный канал вещания – это, во-первых, набор аудиовизуальных материалов (контента), созданных и подобранных в соответствии с концепцией вещания, и организованных в сетку программ. Во-вторых, телевизионный канал – это определенные организационные и технические возможности доставки этого контента до аудитории, т. е. совокупность технических каналов и средств, с помощью которых может осуществляться транспортировка контента. Иными словами, телевизионный канал – это организованный во времени поток видео контента, выбранного в соответствии с определенной тематикой и доставляемого с помощью определенных организационной структуры и технических средств. Таким образом, телевидение представляет собой совокупность телевизионных каналов – множество видео потоков и средств их доставки до телезрителя. [1]

С развитием компьютерной техники и интернета, телевидение утратило монополию на домашний досуг, хотя, оставаясь самым доступным и массовым медиа, продолжает удерживать лидирующие позиции в медиапотреблении россиян (рисунок 1.1). Но развитие инфраструктуры фиксированного и мобильного доступа в интернет, распространение персональных мобильных устройств с возможностью подключения к Сети (планшетов, смартфонов), рост популярности социальных сетей и других новых медиа, онлайн-видео сервисов и иных цифровых медиауслуг с каждым годом ужесточает конкуренцию на медиарынке.

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Медиапотребление в России (города 100+), мин

Медиа	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ТВ	227	234	226	222	228	226	220	238	239	244	246
Интернет	5	6	7	14	30	39	47	59	60	68	74
Радио	142	125	127	161	199	197	169	165	163	163	161
Пресса	18	16	14	15	15	15	15	15	14	12	12
- Газеты	12	10	9	10	9	10	9	9	8	7	7
- Журналы	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	5
Всего	392	381	374	412	472	477	451	477	476	487	493

Рисунок 1.1 – Сравнительная таблица медиапотребления в России [1]

Телевидению приходится бороться за внимание аудитории в условиях более насыщенной медиатехнологиями домашней среды.

Современные стратегии развития телевидения как индустрии в значительной степени определяются законодательно, технологическим прогрессом, потребительским спросом. В сентябре 2015 года Министерство связи и массовых коммуникаций представило «Стратегию развития телерадиовещания в Российской Федерации до 2025 года». Документ носит рекомендательный характер, его основная цель – обозначить приоритетные направления развития рынка. В качестве главных пунктов разработчики стратегии во главе с заместителем министра А. К. Волиным выделяют следующие:

1) К 2020 году произойдет расширение зоны кабельного приема, обусловленное реализацией программы по строительству оптоволоконных линий связи в небольших населенных пунктах.

2) К 2025 году полностью обновится парк телевизоров и почти все приемники будут поддерживать функцию Smart TV.

3) К 2025 году до половины компонентов, используемых при производстве телевидения, станут отечественными.

4) Отток рекламы с традиционного телевидения будет продолжаться, а сама реклама будет все более целевой.

5) Запуск новых спутников связи обеспечит надежность и

бесперебойность распространения телевизионного сигнала по всей стране.

б) Оборудование альтернативных операторов спутниковой связи будет использоваться как резервное.

7) Государственное финансирование аналоговой трансляции сигнала полностью прекратится в 2018 году, однако решение об ее использовании остается за телеканалами. [1]

Исходя из вышеизложенных пунктов, можно отметить, что цифровое телевидение практически вытеснило аналоговое, а также движется в направлениях персонализации, интерактивности предоставляемых услуг, конвергенции с сетями широкополосного доступа и развития качества контента.

Переход на цифровые стандарты и интеграция с сетями Интернет позволили предоставить абонентам множество новых привлекательных услуг на основе технологий интернет-телевидения (IPTV). Например, таких как: интерактивное ТВ, которое позволяет потребителю самостоятельно формировать собственную программу просмотра контента, отвечающую его потребностям, в удобное для него время, запись и хранение телевизионных передач на жестких дисках и многое другое. Также производителям видео контента открываются возможности анализа потребительского спроса и контекстной рекламы.

Другим направлением развития телевидения является усовершенствование качества изображения и повышения четкости картинки. Для развития HD-телевидения «Триколор ТВ» в 2014 году запустил программу обмена устаревшего оборудования на приемники нового поколения с поддержкой HDTV. Оператор ставил перед собой цель улучшить качество телесмотрения российского зрителя за счет предоставления абонентам оптимальных условий для перехода к более современному HD-стандарту. К ноябрю 2016 года программой обмена воспользовались уже более 3 млн абонентов, а число HDTV-подписчиков оператора превысило отметку 8 млн, что говорит о востребованности услуг телевидения высокой четкости. [2]

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Главная причина перехода на новые стандарты телевидения — более разнообразный и качественный видео контент, предоставляемый HD-абонентам.

Бурный рост этой технологии продолжился за счет перевода практически всей абонентской базы спутникового ТВ на HD-формат вещания (рисунок 1.2).

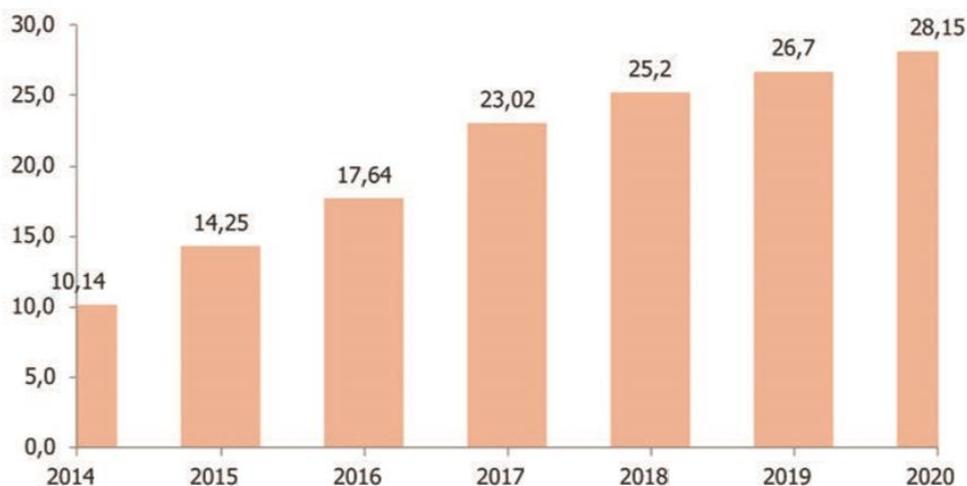


Рисунок 1.2 – Прогноз абонентской базы HDTV в России на период до 2020 года, млн. чел. [3]

«Триколор ТВ» в 2015 году первым в стране начал коммерческое вещание в формате Ultra HD (4K). Общее количество проданных в 2015 году на российском рынке телевизоров с поддержкой UHD составило около 6,5 млн штук, а в 2016 году произошел небольшой рост на 5% — до 6,8 млн штук. Если рассматривать российский рынок телевизоров с точки зрения разрешения экрана представленных на нем моделей, то, несмотря на господство FullHD (1080x1920 пикселей), на нем уже смело можно выделить UltraHD телевизоры (с разрешением экрана 3840x2160 пикселей и более), объем продаж которых в 2015 году составил 474 тысячи штук. [3] Согласно прогнозу Cisco, к 2020 году более 40% подключенных к Интернету телевизоров будут поддерживать 4K. Также ожидается, что IP-видео по запросу в 4K составит 21% от общего VOD-трафика (видео по запросу). [4]

Однако, не смотря на рост продаж, сегодня сегмент UltraHD телевизоров составляет около 10%. Другими словами, лишь каждый десятый телевизор, который покупают в России, имеет разрешение UltraHD (4K). Существует ряд факторов, замедляющих распространение телевидения сверхвысокого разрешения.

Для абонента важнейшим мотивирующим фактором для перехода к новой телевизионной технологии, будь то HD, 4K или любая другая, является большой выбор контента, созданного с применением этой технологии, и широкая доступность этого контента, которого в формате 4K на сегодняшний день производится мало, число его растет медленно. В России же пока в 4K вещают только 3 канала. [5]

Другой весьма важной проблемой 4K-телевидения является недостаток пропускной способности сетей. Только по разрешению 4K требует ширину канала в 4 раза больше, чем традиционный формат HD. Однако эта оценка не учитывает особенности 4K: из-за крайне высокого разрешения и высокой четкости при воспроизведении на традиционной скорости 24 кадра в секунду картинка «смазывается», следовательно, для получения оптимального эффекта 4K-видео необходимо транслировать и воспроизводить 48-50 кадров в секунду, что повышает требования к ширине канала еще вдвое. Таким образом, для представления 4K-контента в максимально хорошем качестве требуется восьмикратная пропускная способность сетей по сравнению с традиционным Full HD. А удовлетворение этого требования неизбежно приведет к огромным затратам для производителей контента и, в первую очередь, для транслирующих компаний. [5, 6]

Понимая грядущую перспективу, телекоммуникационные компании и профессиональные поставщики видео контента продолжают модернизировать свои существующие транспортные интерфейсы с целью увеличения их пропускной способности, которая крайне необходима для передачи видео контента в ультравысоком разрешении. Однако сегодня не существует единого

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подхода к построению домовых распределительных сетей видеоконтента, особенно высокой и ультравысокой четкости. Именно поэтому тема ВКР, посвященная сравнительному анализу технологий построения распределительных сетей видеоконтента, является актуальной.

1.1 Системы кабельного телевидения в общем виде

Системы кабельного телевидения (СКТВ) являются наиболее широко распространенным средством доставки телевизионных программ до абонентов. В условиях многоэтажной застройки они обеспечивают значительно лучшее качество и стабильность ТВ сигнала, чем эфирное радиовещание.

Традиционно системы кабельного телевидения - это коллективные системы с очень большим количеством абонентов, от многоквартирного дома до целого города. Система кабельного телевидения (рисунок 1.3) состоит из трех частей: источники сигналов, головная станция, распределительная сеть.

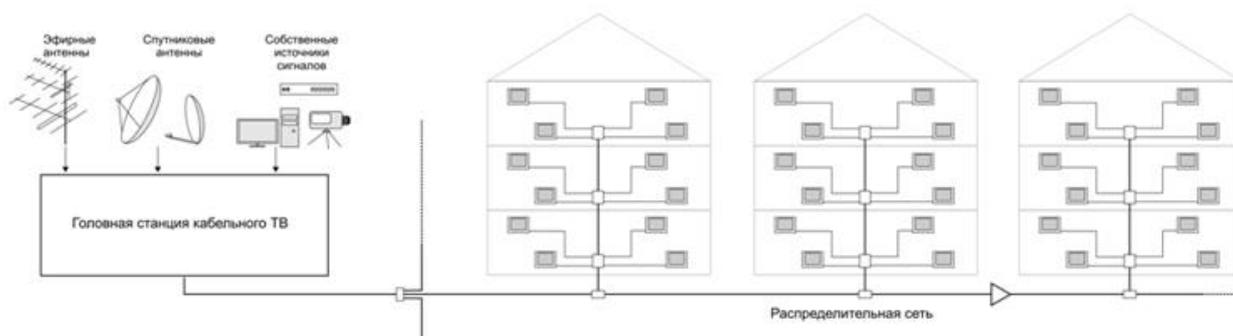


Рисунок 1.3 – Иллюстрация состава системы кабельной сети в общем виде

Распределительная сеть представляет собой систему из кабелей, усилителей и делителей. Ее назначение - доставить сигнал головной станции до каждой абонентской розетки, при этом компенсировав потери на деление и на затухание в кабелях и, по возможности, сохранив качество сигнала.

В рамках данной работы необходимо рассмотреть некоторые термины и определения, касающиеся распределительных сетей кабельного телевидения. Итак, согласно ГОСТ Р52023-2003 [7]:

1) Система кабельного телевидения - система, включающая в себя технические средства и кабельные линии связи, обеспечивающая услуги связи (телевидение, радиовещание, другие сообщения электросвязи). Системы кабельного телевидения (СКТ) подразделяют на классы.

2) Распределительная сеть (кабельная распределительная сеть - КРС) - совокупность технических средств и устройств головной станции и линейной сети, обеспечивающих передачу радиосигналов в системе кабельного телевидения. Входом распределительной сети является вход головной станции, выходом распределительной сети - выход абонентской розетки.

3) Головная станция (ГС) - совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих усиление, преобразование и формирование радиосигналов телевидения, радиовещания, обработку других радиосигналов, - часть кабельной распределительной сети.

4) Транспортная сеть - совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между выходом центральной головной станции и входами узловых головных станций.

5) Магистральная сеть - совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между выходом узловой головной станции (местной головной станции) и домовыми вводами.

6) Домовой ввод - узел подключения домовой сети к магистральной сети или к местной головной станции.

7) Домовая сеть (ДС) - совокупность технических средств, устройств и кабельных линий линейной сети между домовым вводом и выходом абонентской розетки. [7]

Также существует деление систем кабельного телевидения на следующие классы (таблица 1.1):

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

**Таблица 1.1 - Классы систем кабельного телевидения и состав оборудования
кабельных распределительных сетей (согласно ГОСТ Р52023-2003)**

Класс системы	Область применения	Виды сигналов на входе КРС	Состав оборудования КРС	Условия работы
1	2	3	4	5
СКТ-1	Одно или несколько близстоящих зданий	1) Радиосигналы наземного телевидения и радиовещания; 2) Сигналы спутникового телевидения и радиовещания; 3) Радиосигналы системы MMDS; 4) Радиосигналы кабельных модемов.	Местная (локальная) КРС в составе: - местная ГС, - одна или несколько домовых сетей.	Однонаправленная или двунаправленная передача радиосигналов.
СКТ-2	Район	1) Радиосигналы наземного телевидения и радиовещания; 2) Сигналы спутникового телевидения и радиовещания; 3) Радиосигналы системы MMDS; 4) Радиосигналы кабельных модемов; 5) Сигналы местных студий.	Районная КРС в составе: - местная ГС - гибридная или коаксиальная магистральная сеть; - домовые сети.	Двунаправленная передача радиосигналов; Предоставляемые услуги определяются оборудованием системы.
СКТ-3	Город (округ города)	1) Оптические сигналы волоконно-оптической транспортной сети; 2) Радиосигналы наземного телевидения и радиовещания; 3) Сигналы спутникового телевидения и радиовещания;	Городская КРС в составе: - узловая ГС; - гибридная магистральная сеть; - домовые сети.	Двунаправленная передача радиосигналов; Предоставляемые услуги определяются оборудованием системы.

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5
		4) Радиосигналы системы MMDS; 5) Радиосигналы кабельных модемов; 6) Сигналы местных студий.		
СКТ-4	Регион (город)	1) Сигналы городских (центральных) студий; 2) Оптические сигналы волоконно-оптических соединительных линий; 3) Радиосигналы наземного телевидения и радиовещания; 4) Сигналы спутникового телевидения и радиовещания; 5) Радиосигналы системы MMDS; 6) Радиосигналы кабельных модемов.	Региональная КРС в составе: - центральная ГС; - волоконно-оптическая транспортная сеть; - узловые ГС; - гибридные магистральные сети; - домовые сети.	Передача радиосигналов по транспортной сети на узловые головные станции системы СКТ-3 и на оптические узлы систем; Предоставление широкого набора услуг.

Необходимо отметить, что вышеприведенная классификация систем кабельного телевидения условна, состав оборудования может быть изменен в процессе эксплуатации. [7]

Так как объектом рассмотрения в данной работе является система класса СКТ-1, а конкретно ее фрагмент - домовая сеть многоквартирного дома, необходимо привести структурную схему построения кабельных распределительных сетей систем кабельного телевидения (рисунок 1.4) в общем виде.

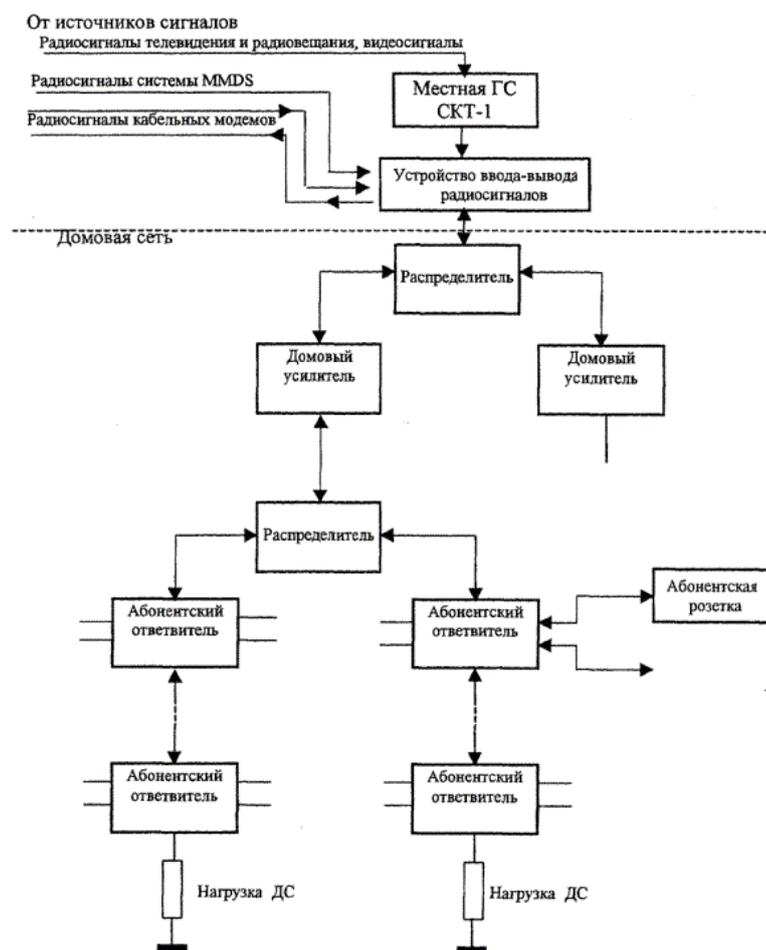


Рисунок 1.4 – структурная схема местной кабельной распределительной сети СКТ-1 (согласно ГОСТ Р52023-2003) [7]

Домовая распределительная сеть строится по топологии типа “дерево”. Телевизионный сигнал с выхода домового усилителя разводится с помощью распределителя по стоякам или по подъездам многоквартирного дома, а затем, с помощью абонентских ответвителей, доводится до конечных точек сети – абонентских розеток. [8]

Существует ряд требований к современным системам кабельного телевидения:

- Широкополосность – система КТВ должна иметь большую ширину полосы пропускания, достаточную для размещения в ней множества телевизионных каналов. Для этого все устройства и приборы кабельной системы должны работать во всей отведенной полосе частот, не внося значительных искажений в передаваемые сигналы. Само по себе понятие

"широкополосный" не обозначает какой-либо определенной службы и не определяет какой-либо специальной технологии передачи. Это определение применимо и к коаксиальному кабелю, и к оптическому волокну, и ко множеству разнообразных эфирных систем передачи.

- Интерактивность – означает возможность двустороннего взаимодействия абонента и головной станции по сети кабельного телевидения в реальном времени. Эта возможность реализуется путем выделения полосы частот для обратного канала (то есть от абонента). Такая система обеспечивает одновременную и независимую передачу сигналов и данных в обоих направлениях, то есть, является двунаправленной.

- Возможность обслуживания большого числа абонентов – количество абонентов, которым система способна предоставить обслуживание, должно быть максимально возможным при условии обеспечения заданного качества сервиса для всех абонентов. Это требование диктуется финансовой целесообразностью проекта системы.

- Цифровые методы передачи и обработки сигнала – предоставляют возможность конвергенции сетей кабельного телевидения с мультисервисными сетями. Единая цифровая широкополосная сеть доступа – универсальная сеть с возможностью удовлетворения всех информационных потребностей абонента.

Таким образом, современные системы кабельного телевидения – это широкополосные двунаправленные системы, предоставляющие абоненту возможность высококачественного (в форматах HD и UHD) просмотра вещательных телевизионных программ и по запросу, доступ к услугам цифровых сетей передачи данных. [8]

1.2 Описание технических требований

Для определения технических требований к распределительным сетям кабельного телевидения, необходимо рассмотреть параметры и особенности передачи по сетям связи самого транспортируемого видео контента.

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Переход на новые форматы вещания представляет серьезный вызов для телекоммуникационной отрасли и производителей оборудования. Проблему представляет (рисунок 1.5) именно трансляция и передача UHD TV видео. Несжатый 4K UHD видеопоток имеет битрейт порядка 12 Гбит/с, что почти в 8 раз выше битрейта стандартного HDTV. Такой видеопоток требует очень высокой пропускной способности и даже самые современные системы телевещания и беспроводной связи не могут справиться с UHD TV без совершенствования технологий сжатия. [9]

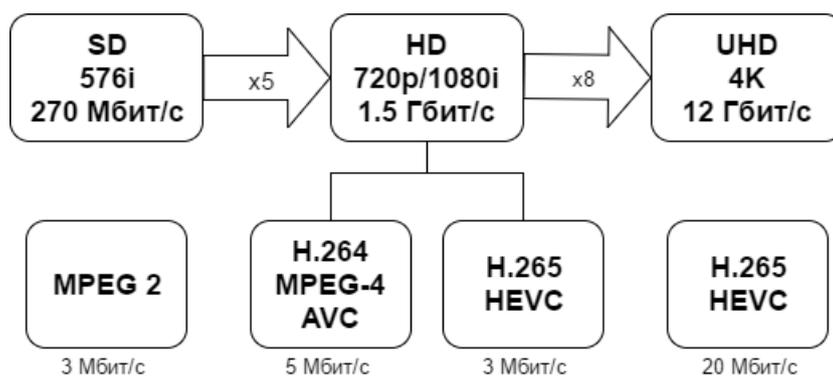


Рисунок 1.5 – Иллюстрация объемов трафика для различных форматов видеопотока.

Существующие стандарты кодирования видео не обладают достаточной эффективностью и гибкостью для решения этой проблемы. Выходом может стать внедрение нового стандарта кодирования видео – H.265 HEVC (High Efficiency Video Coding). Он создан на основе широко распространенного в настоящее время стандарта H.264/MPEG-4 AVC, но имеет ряд особенностей и улучшений, благодаря чему позволяет достигать существенного выигрыша в битрейте (до 50% и более по сравнению с H.264). Новый кодек является важным ключом к переходу на более высокое качество изображения и поможет уменьшить нагрузку на сети. H.265 при вдвое меньшем битрейте обеспечивает такое же визуальное качество, что и нынешний H.264 / MPEG-4 AVC. [10]

Таким образом, использование стандарта сжатия H.265 (HEVC) наряду с освоением выпуска российскими производителями телевизоров 4K с размером

экрана от 55 до 85 дюймов создаёт предпосылки для перехода в нашей стране к телевидению ультравысокой чёткости UHD TV. При использовании сжатия по стандарту H.265 (HEVC) можно организовать несколько программ 4K в одном частотном канале цифрового кабельного ТВ (8 МГц). [10]

Требование интерактивности реализуется посредством цифровой технологии многопрограммного интерактивного телевизионного вещания в IP-сети с помощью пакетной передачи сжатых видео потоков по IP-протоколам, называемой IPTV. Абонент IPTV имеет возможность оперативно в любой момент времени менять состав услуг, получаемых от оператора по своему желанию, самостоятельно формируя индивидуальную абонентскую подписку. Конечно, интерактивность может быть реализована и на базе кабельной DVB-C сети с обратным каналом, но такие решения не распространены. Рассмотрим подробнее состав возможных услуг, которые может предоставить IP-телевидение. [11]

Существует три основных метода передачи трафика в IP-сетях, это - Unicast, Broadcast и Multicast.

- Unicast трафик (одноцелевая передача пакетов) используется прежде всего для персональных сервисов. Каждый абонент может запросить персональный видеоконтент в произвольное время. Unicast трафик направляется из одного источника (головная станция IPTV) к одному IP-адресу назначения (абонентский терминал, как правило, IPTV приставка). Для случая Gigabit Ethernet сети теоретическая максимальная ширина потока данных может приближаться к 1 Гб/сек. Если предположить, что в магистральной части сети можно выделить не более половины полосы (500 Мбит/с) для сервисов, которым требуется unicast трафик, то можно посчитать, что видеопоток в формате HD (5 Мбит/с), например, могут одновременно получать не более 100 абонентов. Для случая UHD (20 Мбит/с) – не более 25.

- Broadcast трафик (широковещательная передача пакетов) принимается всеми абонентскими устройствами в сети независимо от желания пользователя.

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

По этой причине этот вид передачи используется в основном для узкополосной служебной информации и не пригоден для трансляции видеоконтента.

- Multicast трафик (групповая передача пакетов) доставки видеоконтента неограниченному числу абонентов, не перегружая сеть. Это наиболее часто используемый тип передачи данных в IPTV сетях, когда одну и ту же программу смотрят большое число абонентов. В отличие от unicast трафика, multicast адреса не могут быть назначены индивидуальным абонентским устройствам. [11] В отличие от случая broadcast передачи, за абонентом остается выбор - принимать данные или нет. Абонент, желающий принимать видеоданные, «подписывается» на эту услугу. Для реализации multicast передачи в IP-сети должно использоваться оборудование, поддерживающее данный режим передачи. Именно этот метод передачи видеотрафика в IP-сетях является перспективным.

Вывод: в данном разделе были рассмотрены перспективные направления развития отрасли телерадиовещания в России, приведены основные термины и определения систем кабельного телевидения, определены и описаны технические требования к современным и перспективным распределительным сетям.

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ДОМОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Современное разнообразие телекоммуникационных услуг и непрерывно растущие объемы трафика требуют значительных пропускных способностей мультисервисных сетей, которые, в основном, обеспечиваются использованием волоконно-оптических технологий на магистральных и транспортных участках сетей оператора.

FTTx (Fiber To The X - оптическое волокно до...) — понятие, описывающее общий подход к организации кабельной инфраструктуры сети доступа, в которой от узла связи до определённого места (точка «х») проложен оптический кабель, а далее, до абонента распределительная сеть может быть выполнена на основе трех различных видов кабеля, представляющих разные среды транспортировки сигнала:

- коаксиальный;
- волоконно-оптический;
- витая пара.

Существуют различные конфигурации FTTx:

- FTTN (Fiber to the Node) – волокно до сетевого узла. К конечным потребителям от сетевого узла идут отдельные подключения длиной не менее 300 метров по коаксиальному кабелю или витой паре.

- FTTC (Fiber to the Curb) – волокно до микрорайона, квартала или группы домов. К данному варианту относят системы, в которых оптоволоконно оканчивается менее чем за 300 м от устанавливаемой в помещении пользователя аппаратуры.

- FTTB (Fiber to the Building) – волокно до здания.

- FTTH (Fiber to the Home) – волокно до жилища, будь то квартира или отдельный частный дом. [13]

Для наглядности информация представлена на рисунке 2.1.

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Рисунок 2.1 – иллюстрация различных конфигураций семейства технологий FTТх.

При рассмотрении структуры любых видов сетей необходимо принимать во внимание эксплуатационные параметры кабелей, стоимость прокладки и состава необходимого оборудования, спектр предоставляемых услуг (главным образом, доставка видеоконтента высокой и сверхвысокой четкости), перспективы технологии.

2.1 Коаксиальные системы ЕоС

В настоящее время на домовых участках сетей кабельного телевидения в качестве основного средства используется коаксиальный кабель.

Классическая структура коаксиального кабеля (рисунок 2.2) образована двумя металлическими проводниками с общей осью – внешним и внутренним. Внешний проводник имеет вид замкнутого цилиндра, по центральной геометрической оси которого проходит внутренний проводник, который отделяется от внешнего проводника слоем диэлектрического материала. Внешний проводник, помимо транспортировки сигнала, выполняет роль экрана, защищая внутреннюю структуру от влияния внешних электромагнитных излучений.

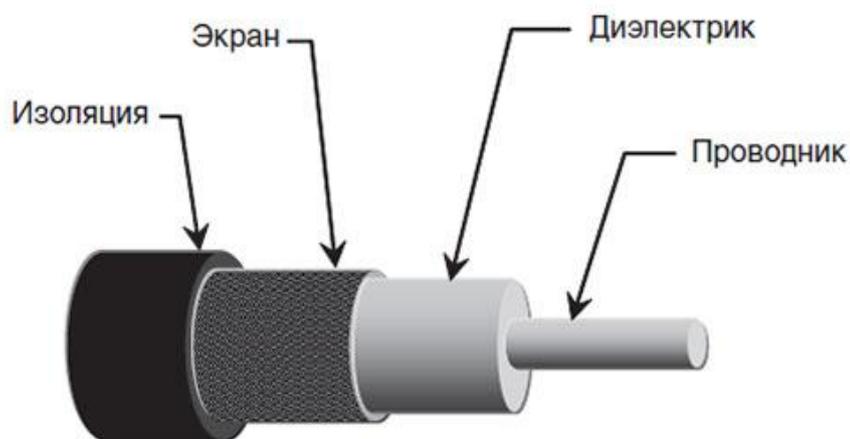


Рисунок 2.2 – Структура простейшего коаксиального кабеля

Любой коаксиальный кабель имеет подобную структуру и является модификацией вышеприведенной конструкции. На этой основе создано множество разнообразных видов кабеля, предназначенных для различных условий применения. Различия кабелей заключается, в основном, в используемых материалах и технологиях производства, которые определяют его механические (прочность, гибкость, гидроизоляция и др.) и электрические свойства. Наиболее важными электрическими характеристиками являются:

- полоса частот (МГц);
- потери передачи в заданной полосе частот (дБ);
- волновое сопротивление (Ом);
- показатель возвратных потерь (дБ);
- сопротивление по постоянному току (Ом);
- коэффициент экранирования (дБ).

Тип коаксиального кабеля характеризует его назначение и рекомендуемую область применения, и, в соответствии с этим, можно классифицировать по следующим типам:

- магистральные;
- распределительные (домовые);
- абонентские. [8]

В рамках данной работы необходимо подробнее рассмотреть

распределительные и абонентские коаксиальные кабели.

Распределительные кабели применяются для магистральных ответвлений на домовые сети, а также для разводки внутри домовой сети по стоякам либо подъездам. Такие кабели должны иметь высокую гибкость для прокладки внутри зданий и высокий коэффициент экранирования для исключения внешних электромагнитных помех. Поэтому магистральные ответвления обычно строятся на основе коаксиального кабеля серии RG-11, а домовые распределительные сети – на основе RG-11 или RG-6. [8]

С помощью абонентских кабелей создают ответвление от стояковых фидерных кабелей домовой сети в квартиру абонента, оканчивающееся терминальными точками. Кабели абонентских отводов должны быть еще более гибкими, так как именно на этом участке сети часто возникает необходимость огибания множества углов помещений и резких поворотов. Для абонентских отводов, как правило, используется кабель серии RG-59.

Домовые распределительные сети с использованием коаксиального кабеля реализуются на базе семейства гибридных оптико-коаксиальных технологий (HFC – Hybrid Fiber Coax). По сетям HFC можно предоставлять абоненту услуги аналогового и цифрового телевидения (включая HDTV), различные IP-сервисы: скоростная передачи данных, IPTV, телефонии. Распределение трафика внутри многоквартирного дома осуществляется посредством уже существующих сетей кабельного телевидения. Реализация IP-сервисов обеспечивается технологией Ethernet over Coaxial (EoC), которая обеспечивает доставку кадров Ethernet по коаксиальному телевизионному кабелю домовых распределительных сетей. [15]

Технология EoC имеет ряд достоинств:

- возможность развертывания сети на основе уже построенной кабельной системы (не требуется прокладка нового кабеля);
- совместимость с существующими сервисами (цифровое или аналоговое телевизионное вещание);

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- возможность предоставления абонентам мультисервисных IP услуг (голос, видео, передача данных).
- скорость передачи данных до 350 Мбит/с;
- простота подключения абонентов, наращивания сети и диагностики неисправностей;
- возможность динамического распределения полосы пропускания между абонентами. [16]

Существуют разновидности технологии EoC, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Разновидности технологий Ethernet over Coaxial (EoC) [16]

Технология		HomePNA 3.1 (Home CNA)	MoCA v.1.1	HomePlugAV
Среда передачи		Коаксиальный кабель	Коаксиальный кабель	Коаксиальный кабель
Скорость передачи (физический уровень)		320 Мбит/с	270 Мбит/с	350 Мбит/с
Используемые частоты	IP трафик	12 — 44 МГц	875 — 1525 МГц	7,5-65 МГц
	КТВ	47 — 862 МГц	47-862 МГц	85-1000 МГц
Максимальное количество абонентских устройств		64	16	64
Максимальное расстояние		до 1800 м	120 м	500 м
Поддержка QoS		Да	Да	Да
Стандарт		ITU-T G.9954 2007 г.	Multimedia over Coax Alliance 2007	IEEE P1901

Оборудование Ethernet over Coax поддерживает все необходимые на сегодняшний день механизмы управления трафиком для сетей доступа, что позволяет операторам строить мультисервисные сети. Частотный диапазон EoC согласован с традиционным частотным диапазоном кабельного телевидения

(рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Иллюстрация использования частотного диапазона ЕоС

В качестве наиболее привлекательного стандарта для использования на российских кабельных сетях был выбран стандарт HomePlug AV. Оборудование, работающее по данному стандарту использует для передачи данных диапазон частот 7,5-65 МГц и может быть встроено в большинство российских сетей КТВ без замены или перенастройки существующих усилителей обратного канала.

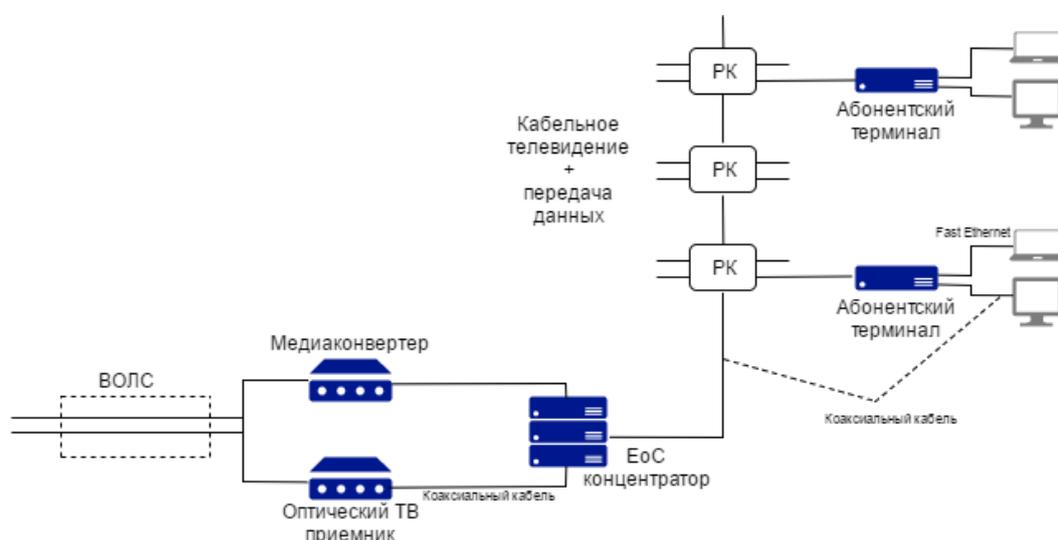


Рисунок 2.4 – Схема распределительной сети ЕоС в общем виде

Распределительная домовая сеть (рисунок 2.4) имеет древовидную архитектуру. Оптический сигнал, приходя в узел, преобразовывается в электрический посредством медиаконвертеров и далее следует по коаксиальным ветвям через распределительные коробки (ПК) на этажах до абонентских терминалов. Максимальное число абонентов на один ЕоС концентратор – 64. [17]

Согласно исходным данным, объектом рассмотрения является распределительная домовая сеть на 108 абонентов (3 подъезда, 9 этажей, 4 квартиры на одном этаже). Схема распределительной сети в многоквартирном доме представлена на рисунке 2.5.

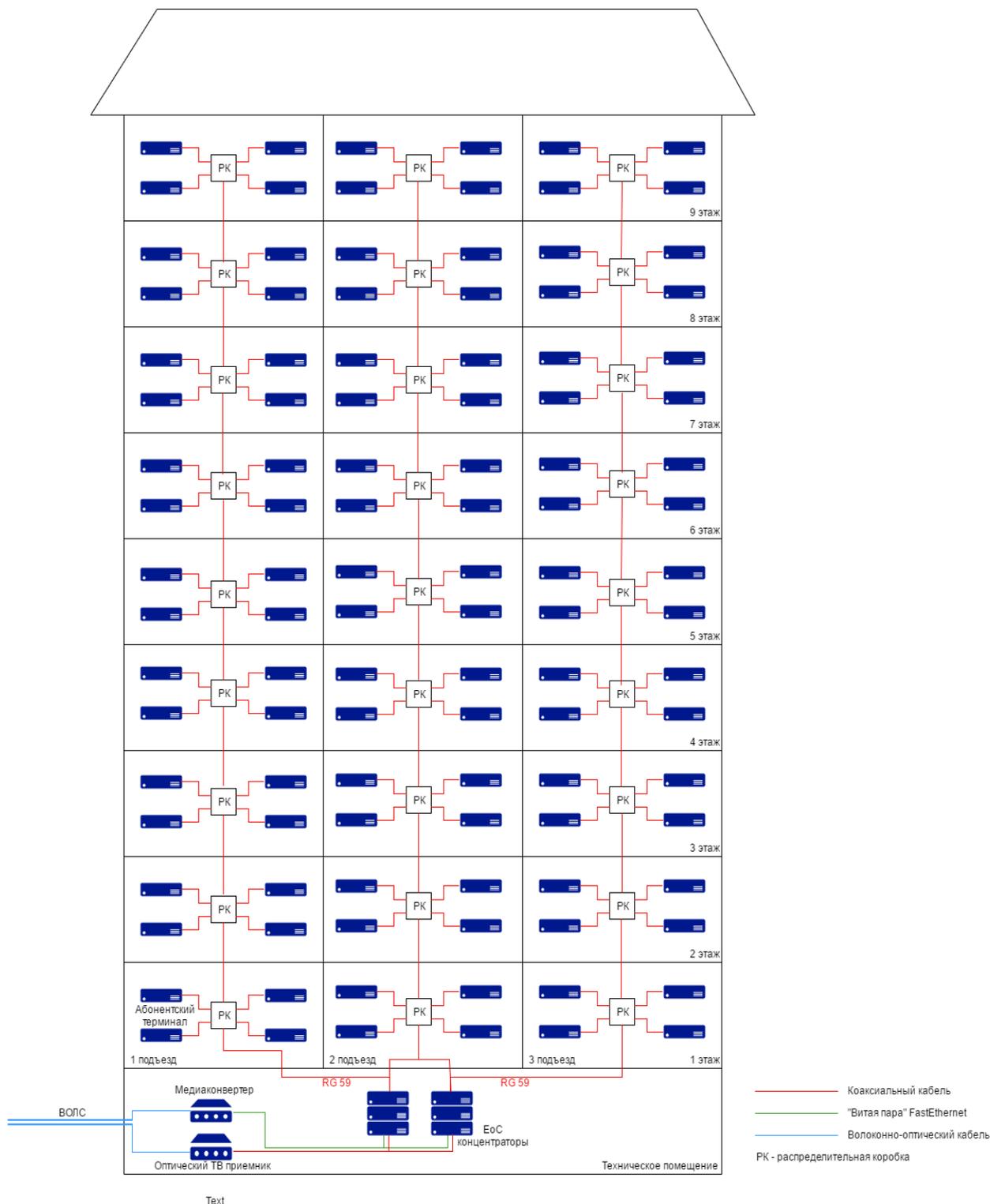


Рисунок 2.5 – Схема распределительной сети ЕоС многоквартирного дома

Для реализации вышеприведенной схемы (рисунок 2.5) может быть выбрано следующее оборудование:

1) Медиаконвертер Allied Telesis AT-MC1008/SP-60 1000T to SFP. Предназначен для преобразования сигнала между портом Gigabit Ethernet для витой пары и модулем SFP (для многомодового или одномодового оптического волокна). Поддерживает любые виды трафика. Оснащен портами: 1000T Gigabit Ethernet и SFP (до 80 км).

2) Оптический приемник OR-826H-2 TVBS предназначен для работы в сетях FTTH, осуществляет преобразование оптического сигнала в радиочастотный широкополосный сигнал 45-1000 МГц, усиление сигнала. Оснащен входным SC/APC портом и двумя выходными RF-портами для подключения коаксиального кабеля.

3) Активный концентратор ARCOTEL EOC-MO350-2G. Устройство обеспечивает одновременную передачу данных и телевизионного сигнала по коаксиальной сети для 64 абонентов, поэтому потребуется два концентратора. Устройство имеет следующие характеристики (таблица 2.2):

Таблица 2.2 – Характеристики активного концентратора ARCOTEL EOC-MO350-2G

1	2
Интерфейсы Ethernet	1 GE Uplink, 1 GE MGMT
Интерфейсы ТВ	RFTV — вход ТВ, Cable — выход EoC + ТВ
Поддерживаемые стандарты	IEEE802.3, IEEE802.3X, IEEE802.3u
Протокол EoC	HomePlug AV/IEEE P1901
Скорость передачи физический уровень, Мбит/с	350
Частотный диапазон, МГц	7,5~65
Частотный диапазон ТВ, МГц	85 – 1000
Одновременная работа абонентских устройств	до 64 устройств

Окончание таблицы 2.2

1	2
Модуляция	OFDM, 1024/256/64/16/8-QAM, QPSK, BPSK
Управление	Поддержка SNMP, управление через NMS, локальное управление через WEB-интерфейс или CLI; Поддержка онлайн, офлайн и авто конфигурирования устройств.

3) Коаксиальные сплиттеры (разветвители) устанавливаются на каждом этаже многоквартирного дома для распределения сигнала между квартирами.

4) Коаксиальный кабель категории RG-59, предназначенный для прокладки внутри зданий, в том числе в квартире абонента.

5) Абонентское устройство ARCOTEL EOC-S100-4F обеспечивает доставку и распределение сигнала по квартире абонента, полностью совместимо с головным устройством ARCOTEL EOC-MO350-2G. Устройство оснащено интерфейсами: 4 порта FastEthernet, 2 RF порта (CABLE-входной, TV-выходной). [16, 17]

6) Медный кабель “витая пара” категории 5е для обеспечения соединения между абонентским устройством ARCOTEL EOC-S100-4F и ПК абонента.

2.2 Волоконно-оптические технологии PON

Средой передачи волоконно-оптических систем связи являются оптические кабели. Основными структурными компонентами оптического кабеля являются (рисунок 2.6):

- осевой элемент (1);
- сердцевина - скрученные оптические волокна (световоды из кварцевого стекла) (2);

						Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	

- защитная оболочка (5).

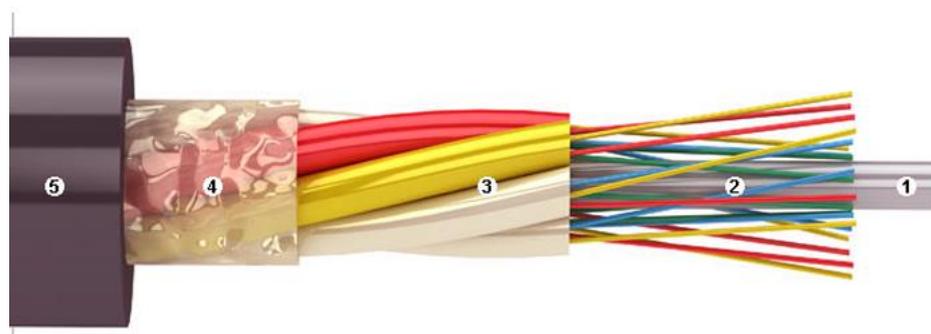


Рисунок 2.6 – Структура волоконно-оптического кабеля

Также, при необходимости, волоконно-оптический кабель может содержать силовые элементы (3), придающие кабелю прочность, гидроизоляционные (4) и прочие элементы для защиты оптических волокон от воздействия окружающей среды и механических повреждений. Наличие или отсутствие различных армирующих элементов обусловлено назначением конкретного типа кабеля (условия применения, способы прокладки и др.). [14]

Согласно стандарту ISO/IEC 11801 оптические волокна делятся на классы (таблица 2.3). Главными параметрами, характеризующими конкретный класс оптического волокна (ОВ), являются величина затухания, скорость передачи сигнала и дистанция.

Таблица 2.3 - Классы оптических волокон (согласно ISO/IEC 11801)

Класс ОВ	Длина волны, нм	Затухание, дБ/км	Скорость передачи,	Макс. длина линии
1	2	3	4	5
OM1	850/1300	3.5/1.5	10 Мбит/с 100 Мбит/с	2 км 10 км
OM2	850/1300	3.5/1.5	1 Гбит/с	550/550м
OM2 plus	850/1300	3.5/1.5	1 Гбит/с 10 Гбит/с	750/2000м 110 м

Окончание таблицы 2.2.1

1	2	3	4	5
OM3	850/1300	3.5/1.5	10 Гбит/с	300 м
			40 Гбит/с	100 м
			100 Гбит/с	100 м
OM4	850/1300	3.5/1.5	40 Гбит/с	125 м
			100 Гбит/с	
OS1	1310/1550	1.0/1.0	1 Гбит/с	100 км
			10 Гбит/с	40 км
			40 Гбит/с	10 км
			100 Гбит/с	40 км

- класс OS1 - одномодовое оптическое волокно типа 9/125;
- класс OM1 - многомодовое оптическое волокно типа 62.5/125;
- класс OM2 - многомодовое оптическое волокно типа 50/125;
- класс OM2 plus - многомодовое оптическое волокно типа 50/125 Laser Grade;
- класс OM3 – высокоскоростное многомодовое оптическое волокно типа 50/125;
- класс OM4 – оптимизированное многомодовое оптическое волокно типа 50/125. [14]

Домовые сети с использованием оптических волокон реализуются на базе семейства технологий FTTH (Fiber to the Home). Наиболее целесообразным вариантом реализации распределительной сети являются технологии xPON (Passive Optical Network). Пассивная оптическая сеть представляет собой волоконно-оптическую двунаправленную распределительную сеть доступа, основанную на древовидной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах.

Для передачи прямого и обратного каналов используется одно оптическое волокно, полоса пропускания которого динамически распределяется между абонентами, или два волокна в случае резервирования. Нисходящий поток от

центрального узла (OLT – Optical Line Terminal) к абонентам (ONU – Optical Line Unit) идет на длине волны 1490 нм и 1550 нм для видео. Восходящие потоки от абонентов идут на длине волны 1310 нм с использованием протокола множественного доступа с временным разделением (TDMA).

В сетях xPON (на рисунке 2.7 показана схема сети xPON) используется способ передачи "точка-многоточка", а оптическая сеть имеет древовидную архитектуру, которая используется и в сетях кабельного телевидения. Так как архитектура сети PON и СКТВ совпадает, то прямой канал вещания КТВ может передаваться на длине волны 1550 в том же самом волокне, что и данные. Это позволяет кабельным операторам эффективно использовать часть уже построенной волоконно-оптической инфраструктуры. [18, 19]

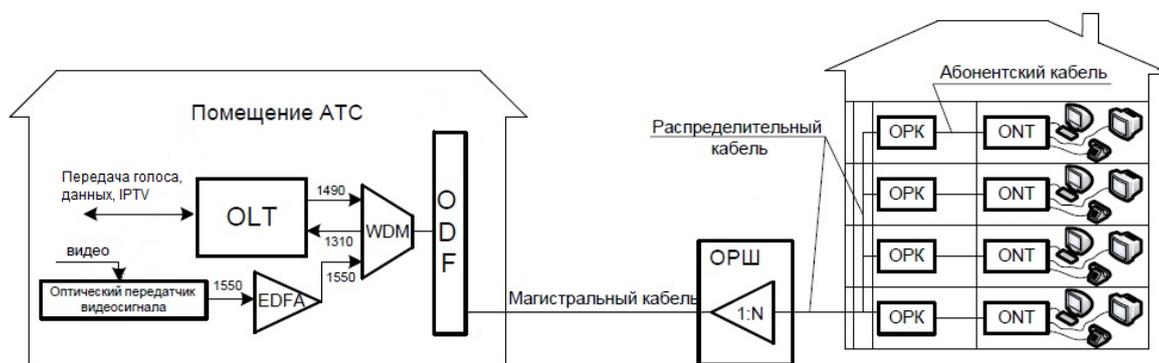


Рисунок 2.7 – схема архитектуры xPON сетей

АТС содержит активное шлюзовое оборудование PON, в качестве которого выступает OLT (Optical Line Terminal), связывает оконечное оборудование абонентов с сетью Интернет и другим медиаконтентом для организации услуги передачи голоса, данных и видео.

Входные порты OLT подключаются к оптическому кроссу ODF с помощью оптических шнуров. Оптический кросс предназначен для распределения магистральных кабелей по направлениям, коммутации со стационарным оптическим кабелем. Как правило, оптический кросс располагается в том же помещении АТС, где и размещается стойка с OLT.

На участке сети PON от АТС до оптического распределительного шкафа

(ОРШ), производится магистральное распределение оптического кабеля. В распределительной сети PON от ОРШ до оконечных устройств абонентов (ONT, ONU) связь осуществляется через пассивные оптические разветвители (сплиттеры), которые устанавливаются в оптических распределительных коробках (ОРК). [19]

Абонентский узел ONT (ONU) — Optical Network Terminal (Unit)) содержит входной оптический интерфейс PON и может иметь различные выходные интерфейсы: FXS, FXO, 10/100/1000 Base-T, E1, BRI, RF.

Очевидно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, так как на участке от центрального узла до разветвителя используется всего одно волокно и один приемо-передающий модуль в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONU и приема информации от них. Древоподобная архитектура и высокая плотность абонентских портов позволяет гибко масштабировать сеть.

Также важным достоинством данной технологии является отсутствие потребности в питании промежуточных между абонентом (ONU) и провайдером (OLT) узлов. Немаловажным является и тот факт, что настройка всего активного оборудования PON, входящего в конкретную пассивную сеть, производится дистанционно с головной станции (OLT), что значительно упрощает администрирование и техническое обслуживание сети.

Существует несколько разновидностей технологий xPON (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Разновидности технологий xPON

Параметр	BPON	EPON(GEPON)	Turbo GEPON	GPON
1	2	3	4	5
Стандарт	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	-	ITU-T G.984

Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4	5
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	622/155, 622/622	1000/1000	2488/1244	1244/1244, 2488/1244, 2488/2488
Структура кадров, протоколы	ATM	Ethernet	Ethernet	Ячейки ATM и кадры GEM (включающие кадры Ethernet и TDM)
Максимальное число абонентов	32	32 (64)	64	64 (128)
Максимальный радиус сети, км	20	10 (20)	20	20
Длина волны, прямой/обратный поток (видео), нм	1490/1310, (1550)	1490/1310, (1550)	1490/1310, (1550)	1490/1310, (1550)

Общая скорость передачи данных (которая делится между абонентами) составляет 2,5 Гбит/с. Дальнейшее развитие GPON уже в ближайшие годы предполагает переход на скорости 10 Гбит/с. Учитывая архитектуру сети, модернизация будет состоять лишь в замене активного (станционного и абонентского) оборудования, что не вызовет трудностей.

На сегодняшний день наиболее распространены технологии:

- GPON (Gigabit PON) – ITU G.984;
- GEPON (Gigabit Ethernet PON) – IEEE 802.3ah. [18, 19]

Ключевое отличие технологий GPON и GEPON – скорость передачи нисходящего потока: GPON — 2.5 Гбит/с., GEPON – 1.25 Гбит/с. В технологии GPON используется простейшее NRZ кодирование без избыточности, благодаря чему скорость передачи «полезной нагрузки» соответствует линейной скорости 2.5 Гбит/с. Скорость передачи «полезной нагрузки» в технологии GEPON – 1

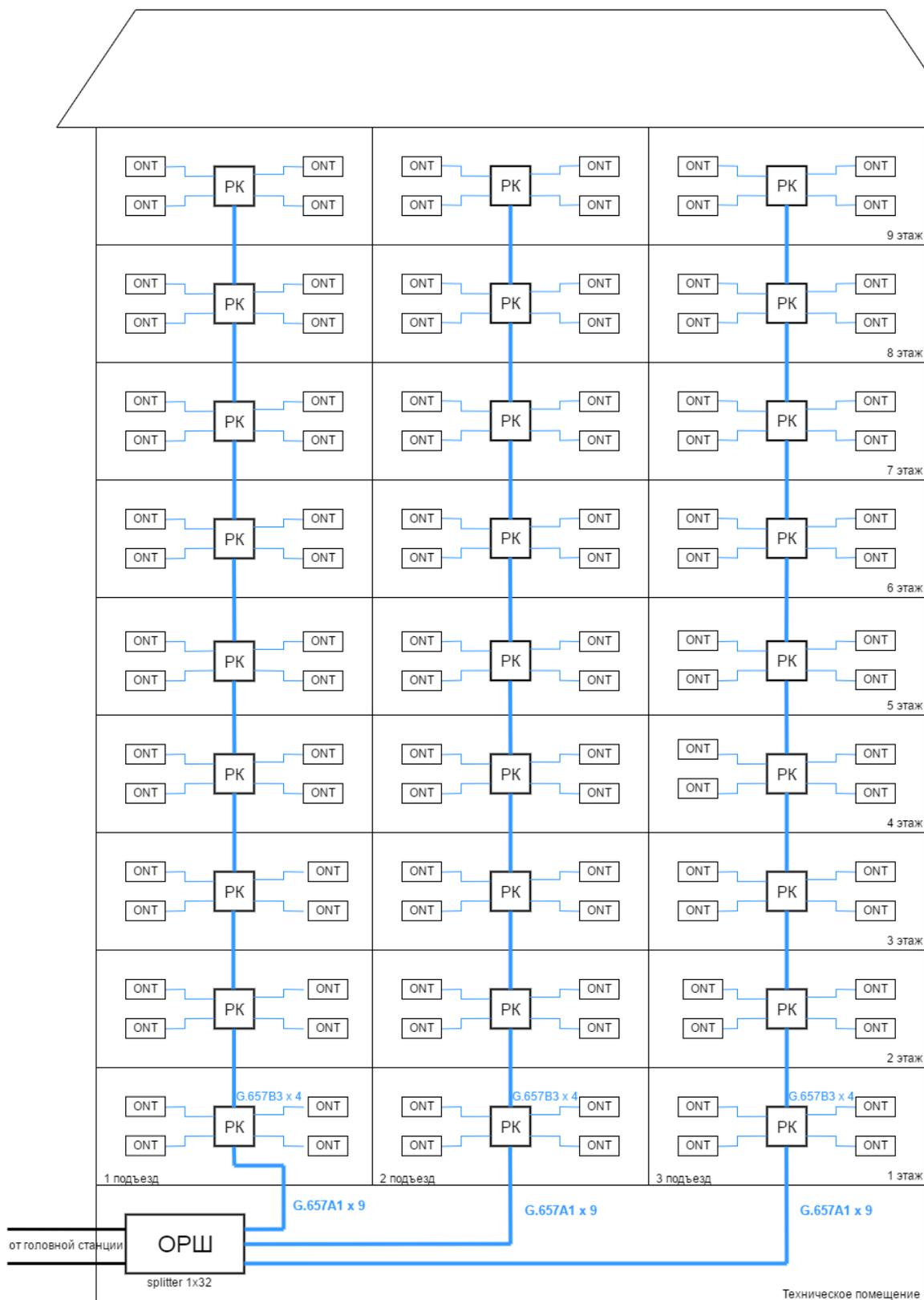
Гбит/с, что объясняется использованием избыточного линейного кодирования, которое предполагает увеличение количества символов в блоке на выходе кодера с целью повышения помехоустойчивости линейного сигнала. Однако, очевидно преимущество GPON, состоящее в большей эффективности использования полосы пропускания.

Есть еще одна разновидность GPON: Turbo GPON. Это не стандартизованная технология (в её основе лежит IEEE 802.3ah). Основное отличие от GPON — увеличенная полоса нисходящего потока до 2.5G.

Применительно к условиям и требованиям, рассматриваемым в рамках данной ВКР, предпочтение отдано технологии GPON, так как технология GPON является устаревшей на сегодняшний день, а технология Turbo GPON пока что не стандартизирована. Также GPON более универсальна в плане протоколов передачи данных и имеет более высокую плотность абонентских портов и более высокую пропускную способность.

Согласно исходным данным, объектом рассмотрения является распределительная домовая сеть на 108 абонентов (3 подъезда, 9 этажей, 4 квартиры на одном этаже). Схема распределительной сети представлена на рисунке 2.8.

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



ONT (Optical Network Terminal) - абонентское оборудование
 ОРШ - оптический распределительный шкаф
 ПК - распределительная коробка

Рисунок 2.8 – схема распределительной сети GPON многоквартирного дома

Ключевыми элементами распределительной сети GPON являются

пассивные разветвители оптического сигнала (сплиттеры), которые располагаются в оптическом распределительном шкафу (ОРШ) и распределительных коробках на этажах (РК). Оптический сигнал от головной станции по магистральной сети передается посредством одного оптического волокна и поступает на вход сплиттера (1x32), где разделяется на 32 волокна стандарта G.657A1, предназначенных для прокладки внутри зданий. На каждый отдельный подъезд отводится по 9 волокон G.657A1 (для прокладки на каждый этаж). На этаже волокно G.657A1 посредством сплиттера (1x4) разделяется на 4 волокна стандарта G.652 для проводки в квартиры к абонентам.

Выбор типа оптического волокна обусловлен рекомендацией ITU-T G.657. Определяющими параметрами стандарта G.657 являются минимальный радиус изгиба и потери на изгибе, так как оптические волокна G.657 предназначены для построения распределительных сетей внутри зданий. Стандарт G.657 делится на две категории: А и В, которые различаются диаметром сердцевины, а следовательно, минимальным радиусом изгиба. Характеристики оптических волокон стандарта G.657 сведены в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристики оптических волокон стандарта G.657

Характеристика	G.657A		G.657B	
	Диаметр сердцевины, мкм	8,6—9,5±0,4		6,3—9,5±0,4
Диаметр оболочки, мкм	125,0±0,7		125,0±0,7	
Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,4	1310	0,5	1310
	0,35	1490	0,4	1490
	0,3	1550	0,3	1550
Минимальный радиус изгиба	G.657A1	G.657A2	G.657B2	G.657B3
	10 мм	7,5 мм	7,5 мм	5 мм

При прокладке межэтажного кабеля и кабеля абонентской разводки допускается использовать кабель с волокном стандарта G.657A1, G.657A2. От абонентской розетки до абонентского терминала волокно должно быть стандарта G.652, иначе в дальнейшем возникнут проблемы с качеством

изображения при передаче ТВ сигнала, если волокно будет пережато или сильно изогнуто.

Абонентские терминалы ONT обеспечивают преобразование оптоволоконного интерфейса в Ethernet-интерфейс. В зависимости от модификации, ONT обеспечивает различный мультисервисный функционал: WiFi модуль, IPTV, IP-телефония, кабельное телевидение (CATV), передача данных. В качестве абонентского оборудования был выбран терминал российского производства фирмы Eltex модели ONT NTP-RG-1402GC-W. [20] Устройство обеспечивает следующий функционал:

- сервисы на основе IP: высокоскоростной доступ в интернет, потоковое видео/HDTV/IPTV, видео по запросу VoD (4 порта Ethernet 10/100/1000 Base-T);
- кабельное телевидение CaTV (1 порт RF);
- IP-телефония (2 порта FXS);
- встроенный Wi-Fi модуль для беспроводного подключения (802.11n, 300 Мбит/с, 2.4 GHz).

На рисунке 2.9 представлена схема применения данного устройства.

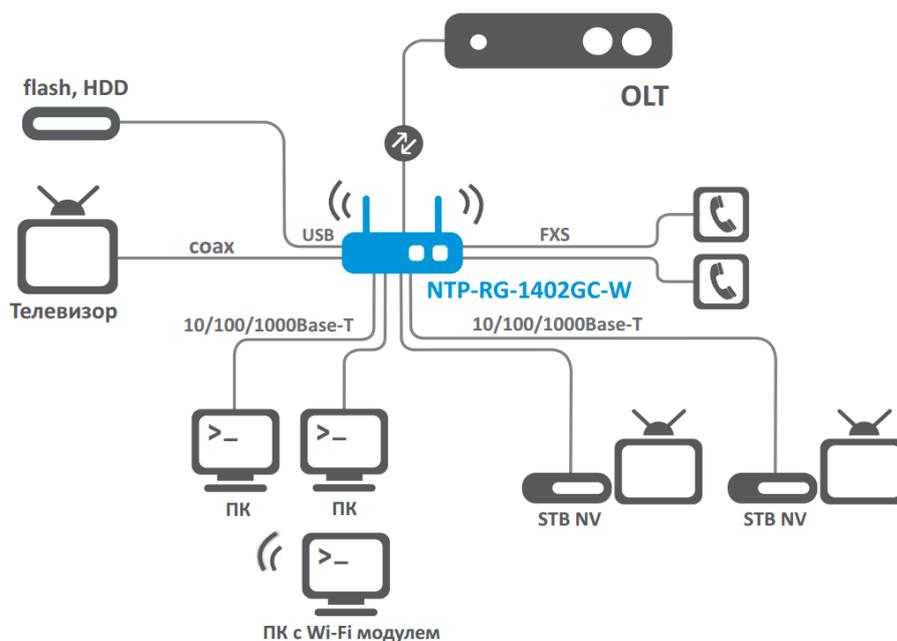


Рисунок 2.9 – схема применения ONT NTP-RG-1402GC-W

Технические параметры входного интерфейса PON приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Параметры интерфейса PON устройства NTP-RG-1402GC-W

Параметры интерфейса PON	
Внешний вид	
- 1 порт GPON	соответствие ITU-T G.984.2, FSAN Class A+
Тип разъема	SC/APC
Среда передачи	оптоволоконный кабель SMF- 9/125, G.652
Коэффициент разветвления	до 1:64
Передатчик: - длина волны - скорость соединения	1310 нм 1244 Мб/с
Приемник: - длина волны - скорость соединения - чувствительность	1490 нм 2488 Мб/с -23 дБм

Для предоставления абоненту услуг IPTV, необходимо предоставить IPTV-приставку (STB - Set Top Box). Устройство STB было выбрано той же фирмы Eltex, что и ONT для обеспечения совместимости между устройствами. Медицентр Eltex NV-501 имеет следующий функционал (таблица 2.7):

Таблица 2.7 – Характеристики медиацентра Eltex NV-501

Внешний вид		
Аппаратные возможности	Интерфейсы	
<ul style="list-style-type: none"> - Процессор Realtek RTD1195 - Архитектура ARM - 1 ГБ RAM - 4 ГБ Flash - 2D/3D ускорители, Open GL - ОС Android 4.4 - Декодирование 4Кр30 (H.265 HEVC) 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 x LAN 10/100/1000 - 2 x USB 2.0 - HDMI 1v4 - MicroSD Card Reader - Порт для подключения внешнего ИК-приемника 	
Видео	Базовые услуги	
<ul style="list-style-type: none"> - Разрешение экрана: Full HD 1080p, HD 720p, 4Кр30 - Поддерживаемые форматы видео: MPEG1, MPEG2(+HD), MPEG4 (+HD), XviD, DivX, H.264, WMV9, AVCHD, VC1, HEVC 	<ul style="list-style-type: none"> - Full HD IPTV - OTT - VoD - Медиаплеер (воспроизведение файлов с внешнего носителя и по локальной сети) - Программа передач (EPG) - Интернет ресурсы: Youtube, Интернет-радио и другие -Магазин приложений провайдера 	

В зависимости от набора медиа устройств в квартире абонента и перечня предоставляемых услуг, потребуются соединительные коаксиальные кабели RG-6 и медные кабели “витая пара” категории 5е. [19]

2.3 Технологии Gigabit Ethernet с применением витопарного кабеля

Витая пара (TP - twisted pair) - изолированная пара медных проводников

скрученная с небольшим числом витков на единицу длины. Скручивание осуществляется для уменьшения внешних наводок (наводок от внешних источников) и перекрестных наводок (наводок от одного проводника другому проводнику из одной и той же пары). Витопарный кабель состоит из нескольких изолированных витых пар (как правило, из 4), помещенных в общую оболочку. Конструкция витопарного кабеля представлена на рисунке 2.10. [13, 15]

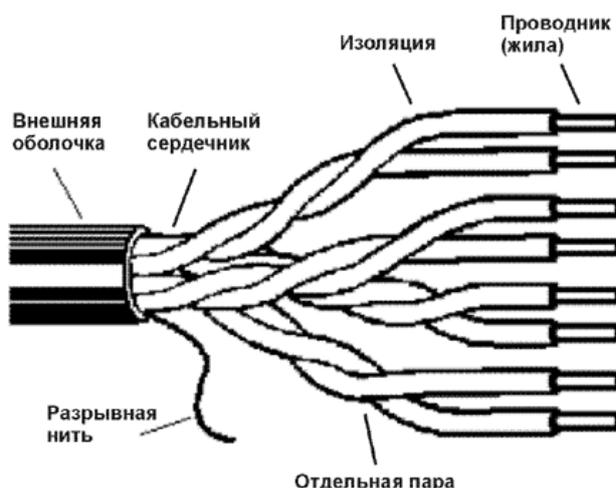


Рисунок 2.10 – Конструкция витопарного кабеля

Наличие защитной оболочки кабеля определяется условиями его применения. Существует несколько видов экранирования витопарного кабеля, отличающихся степенью защищенности от электромагнитных воздействий:

- незащищенная витая пара (UTP) — отсутствует защитный экран вокруг каждой отдельной пары;
- фольгированная витая пара (FTP) — присутствует один общий внешний экран в виде фольги;
- защищенная витая пара (STP) — присутствует защита в виде экрана для каждой пары и общий внешний экран в виде сетки;
- фольгированная экранированная витая пара (S/FTP) — внешний экран из медной оплетки и каждая пара в фольгированной оплетке;
- незащищенная экранированная витая пара (SF/UTP) — двойной

внешний экран из медной оплетки и фольги, каждая витая пара без защиты.

Также витопарные кабели делятся на категории (от 1 до 7) и определяют пропускаемый частотный диапазон, определяющий скорость передачи информации. Категории неэкранированной витой пары (таблица 2.8) описываются в международном стандарте ISO 11801, а также приняты ГОСТ Р 53246-2008. [21]

Таблица 2.8 – Категории витопарных кабелей

Обозначение категории	Полоса пропускания	Скорость передачи данных
cat. 1	100 Гц	до 56 Кбит/с.
cat. 2	1 МГц	до 4 Мбит/с.
cat. 3	16 МГц	до 10 Мбит/с.
cat. 4	20 МГц	до 16 Мбит/с.
cat. 5	100 МГц	до 100 Мбит/с при использовании 2 пар, Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T).
cat. 5e	125 МГц	до 100 Мбит/с при использовании 2 пар до 1 Гбит/с при использовании 4 пар Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T).
cat. 6	250 МГц	до 1 Гбит/с при использовании 4 пар до 10 Гбит/с при длине кабеля не более 55 м 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T).
cat. 6a (cat. 6e)	500 МГц	до 1 Гбит/с при использовании 4 пар до 10 Гбит/с при длине кабеля не более 100 м 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T).

В настоящее время наиболее широкое применение имеют неэкранированные кабели категории 5e, используемые в сетях передачи данных по протоколам Ethernet (стандартов Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T)). К достоинствам витопарного кабеля можно отнести

универсальность, сравнительно низкую стоимость и простоту его применения относительно других сред передачи данных. Монтаж и ремонт витопарных кабелей не требует особой квалификации персонала (в отличие от оптического волокна). К недостаткам данной среды передачи относят низкий уровень помехозащищенности и безопасности передачи данных. [21]

Исходя из информации, представленной в таблице 2.3.1, применение витопарного кабеля в сетях кабельного телевидения невозможно по причине недостатка ширины частотного диапазона, но существует возможность реализации сервисов IP-телевидения на основе технологий Ethernet. Чтобы дополнительно предоставить абонентам услуги традиционного кабельного телевидения, необходимо параллельно строить распределительную СКТВ с использованием коаксиального кабеля, что, несомненно, является недостатком данной технологии.

Ethernet (IEEE 802.3) — пакетная технология передачи данных преимущественно локальных компьютерных сетей. Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде.

Существует множество разновидностей технологии Ethernet с применением витой пары. В таблице 2.9 рассмотрены только современные применяемые стандарты.

Таблица 2.9 – Современные стандарты Ethernet

Стандарт	Тип витопарного кабеля	Скорость передачи данных, Мбит/с	Максимальная длина сегмента, м
Ethernet 100Base-TX (IEEE 802.3u)	UTP, STP категории 5 и выше	100	100
Ethernet 1000Base-T (IEEE 802.3ab)	UTP категории 5 и выше	1000	100

В рамках данной работы, с учетом требований к системе, предпочтение

отдано технологии Ethernet 1000Base-T (Gigabit Ethernet). [22]

На рисунке 2.11 представлена структурная схема сети для предоставления услуг IPTV.

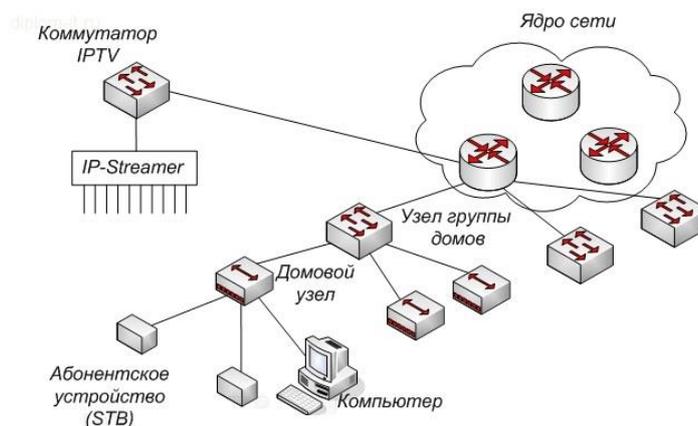


Рисунок 2.11 – Структурная схема сети для предоставления услуг IPTV [12]

Получение, обработка, хранение и подготовка к доставке по сети непрерывного информационного содержания осуществляется на головных станциях в ядре сети. Основным источником контента на сегодняшний день являются спутники ТВ-вещания, работающие в цифровом формате DVB-S2. Шлюз DVB-IP используется для того, чтобы принять уже готовые цифровые пакеты программ и инкапсулировать их в IP-сеть. Для предоставления услуги VoD необходим видеосервер для хранения баз данных видеоконтента.

В состав узла группы домов входят коммутаторы агрегации, объединяющие коммутаторы доступа распределительных сетей с транспортной сетью оператора.

Основой домашних сетей доступа являются концентраторы на базе сетевых коммутаторов доступа в конфигурациях от 12 до 48 Ethernet-портов, позволяющие оператору выбрать плотность портов, отвечающую количеству требуемых абонентских соединений. Для реализации кабельной разводки внутри многоквартирного дома используется кабель "витая пара" категории 5е.

С учетом исходных данных составлена схема распределительной домой

сети Gigabit Ethernet (рисунок 2.12) для многоквартирного дома на 108 абонентов.

Сигнал по волоконно-оптической линии связи поступает на входные порты коммутаторов доступа. Конфигурация коммутаторов доступа была выбрана из следующих соображений: так как в одном подъезде проживает 36 абонентов, каждый подъезд должны обслуживать два коммутатора на 16 и 24 гигабитных порта соответственно (40 абонентских портов всего). Такая конфигурация обеспечивает наиболее рациональное использование оборудования - минимальное количество незадействованных портов (по 4 порта на каждый подъезд).

В распределительных коробках (РК) на этажах осуществляются отводы абонентских кабелей от общей кабельной стяжки, проложенной по стояку, которые затем доводятся до квартир абонентов.

Для реализации схемы домовой сети Gigabit Ethernet может быть подобрано следующее оборудование:

1) Коммутаторы доступа D-Link DGS-1510-28X (24 порта) и D-Link DGS-1510-20 (16 портов). Параметры устройств сведены в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Параметры коммутационного оборудования D-Link.

Параметр	Управляемый коммутатор D-Link DGS-1510-28X	Управляемый коммутатор D-Link DGS-1510-20
Стандарты и функции на портах	IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet, IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet, IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gigabit Ethernet, 802.3ae 10 GbE, управление потоком IEEE 802.3x для режима полного дуплекса, автоопределение скорости	
Количество портов	24 порта 10/100/1000 Мбит/с, 4 порта 10G SFP+	16 портов 10/100/1000 Мбит/с, 2 порта Gigabit SFP, 2 порта 10G SFP+
Сетевые кабели	- UTP Cat. 5, Cat. 5e (макс. 100 м) - EIA/TIA-568 100-ом STP (макс.100 м)	

2) В качестве абонентского оборудования - медиаплеер iconBIT

OMNICAST UHD. Устройство имеет входной 100Base-TX интерфейс, встроенный Wi-Fi модуль, поддерживает Full HD (1080p), 4K UHD (2160p).

При построении кабельной системы необходимо использование витопарного кабеля UTP категории 5е. [23]

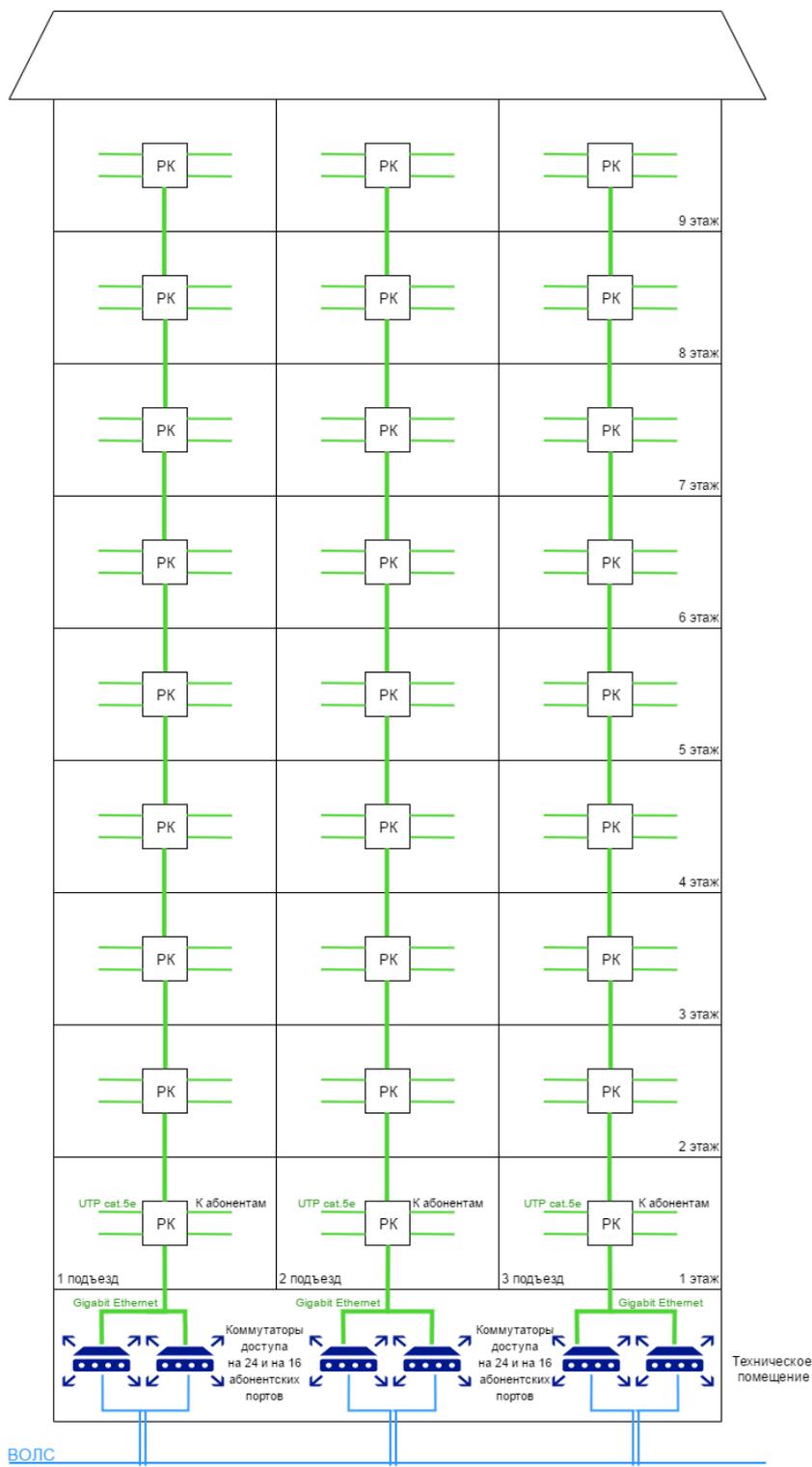


Рисунок 2.12 – Схема распределительной домовой сети Gigabit Ethernet

Вывод: в данном разделе был произведен технический обзор каждой из трех технологий построения распределительных домовых сетей. Для каждой технологии были разработаны схемы, определен возможный состав оборудования и его параметры.

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Одним из критериев сравнения вышеизложенных технологий является стоимость реализации. В данном разделе приведены расчеты капитальных затрат на покупку оборудования. Общие капитальные вложения на приобретение оборудования могут быть вычислены по формуле:

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ руб} \quad (1)$$

где $K_{об}$ - суммарный объем затрат на приобретение оборудования, руб; K_i – общая стоимость одной позиции (типа оборудования); N – количество позиций.

При составлении сметы затрат целесообразно все закупаемое оборудование представить в виде таблицы (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Смета затрат на приобретение оборудования ЕоС.

Наименование	Количество единиц	Стоимость (руб.)	
		за единицу	всего
1	2	3	4
Медиаконвертер Allied Telesis AT-MC1008/SP-60 1000T to SFP	1	9900	9900
Оптический приемник OR-826H-2 TVBS	1	4071	4071
Активный концентратор ARCOTEL EOC-MO350-2G	2	12873	25746
Абонентское устройство ARCOTEL EOC-S100-4F	108	3284	354672
RG-59 нг(А)-HF (01-2653), Кабель коаксиальный (негорючий) (64%), 75 Ом, м	700	22	15400
UTP4-S,(01-0043), витая пара, 4 пары Cat5e, 24AWG одножильные неэкранированные, м	600	24	14400

Окончание таблицы 3.1

Сплиттер коаксиальный SAN611F RTM	30	210	6300
Штекер компьютерный RJ45, 8P8C кат5	300	5	1500
Абонентский ящик 260x200x70 мм	27	424,49	11461,23
			Итого: 429479,23

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы: $K_{пр}$ – затраты на приобретение оборудования; $K_{тр}$ – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от $K_{пр}$); $K_{смр}$ – строительно-монтажные расходы (20% от $K_{пр}$); $K_{т/у}$ – расходы на тару и упаковку (0,5% от $K_{пр}$); $K_{зср}$ – заготовительно-складские расходы (1,2% от $K_{пр}$); $K_{пнр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

Отдельно следует осуществить расчет необходимых затрат на строительство линейно-кабельных сооружений.

Общие затраты на прокладку кабеля составят:

$$K_{каб} = L * Y \quad (2)$$

где L – длина трассы прокладки кабеля; Y – стоимость 1 км. прокладки кабеля.

$$K_{каб} = 1 * 28200 = 28200$$

Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = K_{об} + (K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{пнр})K_{об} + K_{каб} \quad (3)$$

$$KB = 429479,23 + 429479,23 * (0,04 + 0,2 + 0,03 + 0,012 + 0,005) + 28200 = 580939$$

Итого сумма общих капитальных расходов на закупку оборудования для

						Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	

технологии ЕоС составила 580939,7 рублей.

Аналогично были произведены расчеты для распределительной сети GPON (таблица 3.2) и сети Gigabit Ethernet (таблица 3.3).

Таблица 3.2– Смета затрат на приобретение оборудования сети GPON

Наименование	Количество единиц	Стоимость (руб.)	
		за единицу	всего
Оптический шнур G.653 SC/APC, SM, 3 м	120	98,47	11816,4
Дроп-кабель SC/APC 9/125mm, 100м	5	1036,12	4144,48
Дроп-кабель SC/APC 9/125mm, 50м	12	616,24	7394,88
Дроп-кабель SC/APC 9/125mm, 30м	6	448,18	2689,08
Дроп-кабель SC/APC 9/125mm, 20м	10	364,43	3644,3
Оптическая розетка SC/APC SM	150	11,88	1782
Разветвитель планарный 1x32 оконцованный SC/APC 9/125 вывод 1,5м	1	3319,44	3139,44
Разветвитель планарный 1x4 оконцованный SC/APC 9/125 вывод 1,5м	27	775,82	20947,14
Абонентский ящик 260x200x70 мм	27	424,49	11461,23
19" настенный шкаф антивандальный пенал 6U 600x400x300 мм	1	1900	1900
Абонентский терминал ONT NTP-RG-1402GC-W	108	9628	1039824
Абонентский медиацентр NV-501	108	3248	350784
Коаксиальный кабель RG-6, м	324	5,18	1678,32
Кабель SkyNet Standart UTP indoor 2x2x0,48, медный, кат.5е, однож., 305 м, серый	1	3 263	3526
		Итого: 1464731,27	

Общие затраты на прокладку кабеля (2) составили:

$$K_{\text{каб}} = 1 * 20070 = 20070$$

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Общие капитальные вложения (3):

$$KB = 1464731,27 + 1464731,27 * (0,04 + 0,2 + 0,03 + 0,012 + 0,005) + 20070 = 1905172$$

Итого сумма общих капитальных расходов на закупку оборудования сети GPON составила 1905172 рубля.

Таблица 3.3 – Смета затрат на приобретение оборудования сети Gigabit Ethernet

Наименование	Количество единиц	Стоимость (руб.)	
		за единицу	всего
1	2	3	4
Управляемый коммутатор D-Link DGS-1510-28X	3	20 806	62418
Управляемый коммутатор D-Link DGS-1510-20	3	11 330	33990
Телекоммуникационный шкаф 19 дюймов настенный 6U	1	4 980	4 980
Кабель сетевой 4 Pair AWG24 CCA cat.5E, 305м	10	2130	21300
Абонентский ящик 260x200x70 мм	27	424	11461
Штекер компьютерный RJ45, 8P8C кат5е	300	5	1500
Медиаплеер iconBIT OMNICAST UHD	108	6990	754920
			Итого: 890569

При составлении подсчета сметы затрат на оборудование были использованы следующие источники: [16, 17, 18, 20, 22, 23].

Общие затраты на прокладку кабеля (2) составили:

$$K_{\text{каб}} = 108 * 2000 = 216000$$

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Данные были взяты из источника <http://www.all-lines.ru>.

Общие капитальные вложения (З):

$$KB = 890569 + 890569 * (0,04 + 0,2 + 0,03 + 0,012 + 0,005) + 216000 = 1362162,3$$

Итого сумма общих капитальных расходов составила 1362162 рубля.

Необходимо также учесть, что в реальных условиях в большинстве многоквартирных домов уже существует коаксиальная кабельная система, поэтому реализация технологии ЕоС не нуждается в закупке и прокладке коаксиального кабеля, однако для справедливости сравнения эти пункты были включены в смету затрат. Несмотря на это, технология ЕоС является наименее финансово затратной.

Вывод: в данном разделе был произведен расчет капиталовложений в построение домовой распределительной сети многоквартирного дома с использованием каждой из рассматриваемых технологий.

						Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	

4 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАССМОТРЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В качестве параметров для сравнения вышеописанных технологий были выбраны следующие:

- физические особенности среды распространения сигнала;
- пропускная способность (возможность транспортировки HD и UHD контента);
- возможность предоставления IP-сервисов (в том числе услуг передачи данных);
- возможность и простота реализации внутриквартирной сети доступа к видеоконтенту;
- финансовые затраты на построение сети;
- перспективность и возможность модернизации.

В силу физических особенностей оптическое волокно имеет наименьшее погонное затухание относительно других сред распространения сигнала, что позволяет обеспечить наибольший радиус обслуживания без активных элементов сети, что, несомненно, положительно сказывается на стоимости состава оборудования. Применение витопарных кабелей целесообразно в качестве построения сетей локального масштаба, так как максимальная длина сегмента сети не превышает 100 метров. Однако, в плане прокладки кабельной системы витопарные и коаксиальные кабели имеют преимущество, выраженное в гибкости и прочности материала, из которого изготовлен кабель, что говорит о простоте развертывания сети. Оптическое волокно, напротив, требует бережного обращения и накладывает ограничения на монтажный персонал – требуется особая квалификация при работе с такими кабелями, а также дополнительное дорогостоящее монтажное оборудование.

Опволоконные системы полностью защищены от внешних электромагнитных помех и несанкционированного доступа, так как сигнал

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

передается посредством световых импульсов и не может быть считан через гальванические связи. Коаксиальные кабели также имеют высокий уровень безопасности (так как конструктивно выполнены с наличием экранирующей оплетки), чего нельзя сказать о витопарных кабелях для прокладки внутри здания. Достоинством технологии GPON так же является отсутствие активного оборудования на распределительном участке сети, а значит, нет необходимости в электропитании распределительных узлов.

В условиях большого объема трафика (поточковый видеоконтент в высоком и сверхвысоком разрешениях) обеспечение высокой пропускной способности распределительной сети необходимо. Наилучшим показателем обладает волоконно-оптическая технология GPON с пропускной способностью до 2,5 Гбит/с. Также рассмотренное абонентское оборудование технологий GPON и Ethernet поддерживает современные стандарты сжатия видеоконтента (H.265 HEVC), что предоставляет возможность экономно использовать сетевой ресурс для транспортировки сжатых потоков видеоконтента в формате UHD по IP-сетям как в режиме multicast, так и в режиме unicast.

Все рассмотренные технологии применимы для предоставления IP-сервисов (IPTV, услуги передачи данных, IP-телефония и другое), являются двунаправленными (поддержка дуплексного режима связи), однако традиционное кабельное телевидение могут обеспечить только технологии EoC и GPON, так как имеют для этого выделенный частотный ресурс. При использовании технологии Gigabit Ethernet с применением витопарных кабелей, услуги КТВ предоставить невозможно из-за несовместимости частотного диапазона витопарного кабеля и требуемой полосы частот КТВ. Единственным выходом из такого положения является параллельное построение коаксиальной кабельной сети, что, конечно же, нецелесообразно по экономическим причинам.

К вопросу о распределении сети по квартире абонента можно сказать, что в тех случаях, когда необходимо подвести сеть к одному приемному устройству (будь то телевизор или ПК), следует учесть совместимость интерфейсов и, при

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

необходимости, установить оптический приемник либо конвертер сигнала. В случаях, когда существует необходимость распределения входного потока информации между множеством различных приемных устройств, устанавливается абонентский маршрутизатор, имеющий один входной порт и несколько выходных (возможно также применение беспроводных технологий Wi-Fi) для подключения приемных устройств абонента. Иными словами, это зависит от состава приемного оборудования абонента. Все три рассмотренные технологии имеют возможность подключения множества приемных устройств посредством применения абонентских терминалов с функцией маршрутизации.

При рассмотрении экономического аспекта, необходимо обратиться к результатам расчетов капиталовложений в реализацию каждой из рассмотренных технологий. Для наглядности представления, полученные данные изображены в виде гистограммы на рисунке 4.1

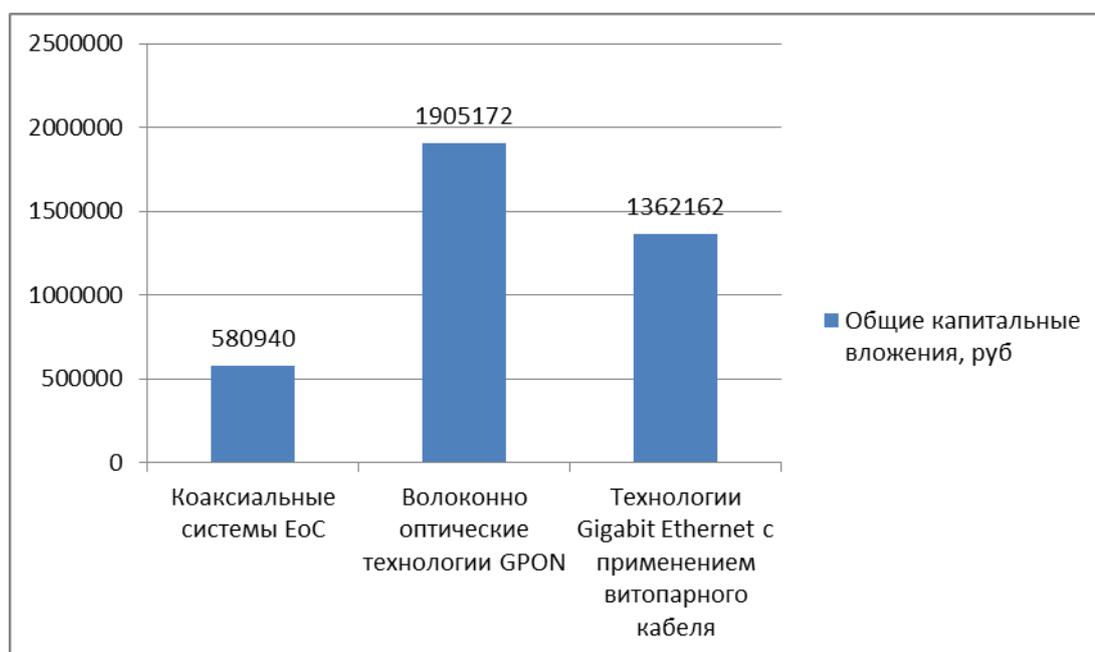


Рисунок 4.1 – сравнительная гистограмма капитальных вложений для рассмотренных технологий

Очевидно, что финансовые затраты на реализацию технологии GPON значительно превосходят затраты на реализацию коаксиальной системы EoC, что, конечно же, влияет на сумму абонентской платы за пользование услугами

сети. Необходимо также учесть, что построение распределительной сети ЕоС возможно и без прокладки самого коаксиального кабеля при условии существования уже построенной кабельной системы. В таком случае реализация технологии сводится к закупке и установке абонентского и распределительного оборудования, что, очевидно, еще понизит общие капитальные вложения. Таким образом, можно сделать вывод, что коаксиальные сети ЕоС составляют конкуренцию остальным технологиям на потребительский спрос из-за невысокой абонентской платы. Также можно отметить, что капитальные вложения для оптоволоконных и витопарных систем различаются несущественно, с учетом превосходства сети GPON по техническим параметрам.

Несмотря на финансовую экономичность, коаксиальные системы не имеют перспектив в будущем, так как частотный диапазон коаксиального кабеля на сегодняшний день исчерпан. В условиях постоянно совершенствующейся информационной инфраструктуры, технологии, средой передачи информации которых является коаксиальный кабель, неизбежно устареют, поэтому реализация ЕоС целесообразна в отдаленных населенных пунктах, где реализация более дорогостоящих технологий не рентабельна и лишь в тех случаях, когда коаксиальная сеть кабельного телевидения уже существует. Волоконно-оптические сети и технологии Ethernet, напротив, стремительно развиваются, становясь все более универсальными и наращивая пропускные способности. Например, в настоящее время в разработке находятся витопарные кабели категории 8, скорость передачи данных по которым составит 40 Гб/с.

Таким образом, наиболее предпочтительным вариантом для реализации домашней распределительной сети с учетом современных требований является технология GPON.

Вывод: в данном разделе был произведен сравнительный анализ технологий распространения видеоконтента внутри многоквартирного дома.

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был выполнен сравнительный анализ технологий построения домовых распределительных сетей. В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу были рассмотрены три основных типа кабельных сетей: коаксиальные (Ethernet over Coaxial), волоконно-оптические (GPON) и витопарные (Gigabit Ethernet). Для каждой технологии были спроектированы распределительные домовые сети для 9-ти этажного дома с 3-мя подъездами, по 4 квартиры на каждом этаже. Был осуществлён выбор типа и состава оборудования сетей, оценены капитальные вложения. Сравнительный анализ всех трёх технологий позволил сделать выводы о перспективности применения каждой из них для передачи видеотрафика высокой и ультравысокой четкости. Наиболее предпочтительным вариантом для реализации домашней распределительной сети с учетом современных требований является технология GPON.

Таким образом, поставленная в ВКР цель достигнута, все задачи решены.

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Телевидение в России в 2015 году. Состояние, тенденции и перспективы развития. Отраслевой доклад [Текст] / Под ред. Е. Л. Вартановой, В. П. Коломийца. – Москва: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, 2016. – 95 с.

2. Российские телезрители выбирают HD [Текст] / И. Николаева // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – декабрь 2016. – С. 27.

3. Несколько слов об UHD-вещании в России [Текст] / Д. Колесов // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – сентябрь 2016. – С. 18 – 20.

4. О новых векторах развития телевидения и не только... [Текст] / Л. Сидорина // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – октябрь 2016. – С. 12 – 19.

5. 4К: дороги, которыми России еще только предстоит пройти [Текст] / Бедрань В. // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – сентябрь 2016. – С. 22 – 24.

6. Видео контент внутри дома: возможное и невозможное [Текст] / Грознов С. // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – сентябрь 2016. – С. 6 – 12.

7. ГОСТ Р 52023-2003. Сети распределительные систем кабельного телевидения. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ / Режим доступа - <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/5979/> (Дата обращения 05.04.17)

8. Волков, С.В. Сети кабельного телевидения: моногр. [Текст] / С.В. Волков. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2004. – 616 с.

9. Особенности при работе с форматом 4К [Электронный ресурс] // Официальный блог компании IMS, Interactive Multimedia Solutions/ Режим доступа – <http://blog.imsolution.ru/2015/01/28/особенности-при-работе-с-форматом-4k/> (Дата обращения 25.04.17)

					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

10. К транспортировке 4К-контента готовы? [Текст] / Прокопенко К. // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – октябрь 2016. – С. 58 – 60.
11. Карякин, В.Л. Цифровое телевидение: учеб. пособие [Текст] / В.Л. Карякин. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. – 448 с.
12. Серов, А. В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H: моногр. [Текст] / А.В. Серов. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. — 464 с.
13. Убайдуллаев, Р.Р. Волоконно-оптические сети: моногр. [Текст] / Р.Р. Убайдуллаев. – Москва: Эко-Трендз, 2001. – 267 с.
14. Волоконная оптика. Теория и практика: моногр. [Текст] / Бейли Д., Райт Э.; Пер. с англ. Р.Г. Галеева; Под ред. А.А. Мячева. – Москва: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. – 320 с.
15. Гибридные оптико-коаксиальные сети (HFC) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Inter-M в России / Режим доступа - http://www.arstel.com/details/proektirovanie/tv/statya-po-tv-priyemu_04.php/ (Дата обращения 6.05.17)
16. Технология Ethernet over Coax (EoC) [Электронный ресурс] // DEPS – системная интеграция и дистрибуция телекоммуникационного оборудования и комплексных решений / Режим доступа - <http://deps.ua/katalog/equipment-ethernet-over-coax-eoc.html> (Дата обращения 10.05.17)
17. Сети передачи данных [Электронный ресурс] // ТВБизнес – оптивные поставки оборудования для строительства мультисервисных сетей / Режим доступа - <https://www.tvbs.ru/seti-peredachi-dannyh.html> (Дата обращения 10.05.17)
18. Технология GPON [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «СВЯЗЬКОМПЛЕКТ» / Режим доступа - https://skomplekt.com/technology/gpon_tehnologiya.htm (Дата обращения 20.05.17)
19. Технология GPON и ее практическое применение [Электронный ресурс] / А. Ю. Халиулин // «Социосфера» научный журнал / Режим доступа -

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

http://sociosphera.com/publication/conference/2013/183/tehnologiya_gpon_i_e_prakticheskoe_primenenie/ (Дата обращения 2.06.17)

20. GPON [Электронный ресурс] // Официальный дилер завода Элтекс / Режим доступа - <https://eltexcm.ru/catalog/oborudovanie-xpon/gpon/> (Дата обращения 2.06.17)

21. ГОСТ Р 53246-2008. Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ / Режим доступа - <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/48148/> (Дата обращения 05.06.17)

22. Стандарты Ethernet [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Алый парус» / Режим доступа - <http://www.al-parus.ru/sks-ethernet-stds/> (Дата обращения 5.06.17)

23. Каталог оборудования D-Link [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «D-Link» / Режим доступа - <http://www.dlink.ru/ru/products/1/> (Дата обращения 10.06.17)

						Лист
					11070006.11.03.02.001.ПЗВКР	58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		