

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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА
В МИКРОРАЙОНЕ ЗЕЛЁНЫЙ Г. ЛЮБЕРЦЫ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Выпускная квалификационная работа студента

очной формы обучения

направления подготовки 11.03.02

Инфокоммуникационные технологии и системы связи

4 курса группы 07001208

Гончарова Павла Александровича

Руководитель
ассистент кафедры
информационно-телекоммуникационных
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Бабаринов С.Л.

Рецензент
кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры
информационных систем управления
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Жихарев А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	10
2.1 Стек протоколов TCP/IP как основа проектирования сети широкополосного абонентского доступа	11
2.2 Волоконно-оптические сети на базе протокола Ethernet	17
2.3 Экономическое обоснование выбора варианта модернизации сети	20
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	24
3.1 Определение перечня услуг	24
3.2 Модель доступа Ethernet на базе оптической сети FTTB	25
3.3 Модель структурированной кабельной системы сети	30
3.4 Выбор оборудования	34
3.5 Схемы организации мультисервисной сети	38
3.6 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта	46
4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ	48
4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг	48
4.2 Трафик IP-телефонии	50
4.3 Трафик цифрового телевидения	51
4.4 Трафик передачи данных	54
4.5 Оценка требуемой полосы пропускания	56

					<i>11070006.11.03.02.099.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	Гончаров П.А.				Проектирование широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне Зелёный г. Люберцы Московской области	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Бабаринов С.Л.						2	74
Рецензент	Жихарев А.Г.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001208</i>		
Н. Контроль	Бабаринов С.Л.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ	58
5.1 Расчет эксплуатационных расходов	60
5.2 Расчёт предполагаемой прибыли	63
5.3 Определение оценочных показателей проекта	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	72

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие потребности абонентов в информационных услугах, а как следствие - рост трафика передачи данных, ведет к необходимости реконструкции существующих и созданию новых мультисервисных сетей связи абонентского доступа, которые будут способны удовлетворить возрастающий спрос населения на телекоммуникационные услуги. С целью удовлетворения этих запросов необходимо ориентироваться на концепцию сети следующего поколения. Данная концепция включает в себя понятие о передаче разнородного трафика в единой мультисервисной инфраструктуре, что позволяет существенно снизить издержки оператора на эксплуатацию и развертывание сети для предоставления широкого спектра услуг.

Актуальность данной выпускной квалификационной работы обусловлена необходимостью использования современных сетевых технологий для удовлетворения запросов инфокоммуникационного характера жителей мкр. Зеленый г. Люберцы Московской области, что позволит увеличить доход оператора связи за счет предоставления широкого спектра услуг и снижения затрат на эксплуатацию и дальнейшее масштабирование сети, а также удовлетворить существующий спрос на телекоммуникационные услуги.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта мультисервисной сети связи, которая будет способна удовлетворять спрос на услуги связи (высокоскоростной доступ в Интернет, VoIP, цифровое IP-TV) в мкр. Зеленый г. Люберцы. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Проанализировать существующую инфраструктуру города Люберцы и разработать комплекс требований к сети;
- Осуществить выбор варианта построения сети связи, с выбором производителя оборудования, типов оборудования и среды распространения сигнала;

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

- Проработать структурированную кабельную систему;
- Рассчитать нагрузку на каналы связи;
- Составить смету на необходимое оборудование и кабели связи;
- Выработать рекомендации по проектированию сети.

Практическая значимость данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке конкретных предложений по созданию сети широкополосного абонентского доступа.

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	

1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Люберцы — город (с 1925 года) в России, административный центр Люберецкого района Московской области; единственный населённый пункт городского поселения Люберцы. Железнодорожный узел в 19 км к юго-востоку от Казанского вокзала. Население — 189 123 чел. (2015). Люберцы являются пятым по численности населения городом в Московской области и первым по плотности.

Территориально город состоит из четырёх основных частей: северной, южной, юго-восточной (отделены друг от друга Казанским направлением железной дороги и веткой на Дзержинский соответственно) и Зенинской. Последняя представляет собой неурбанизированный участок бывших полей аэрации, отделённый от основной территории города московским районом Некрасовка и посёлком Томилино; в 2013 году было решено застроить этот район жилыми домами. В настоящее время начинается застройка северной части г. Люберцы современными многоэтажными зданиями в рамках проекта микрорайона Зеленый. [1]

На рисунке 1.1, представлена схема города Люберцы, для жителей которого будет выполняться построение мультисервисной сети.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается микрорайон Зеленый г. Люберцы, данный микрорайон является микрорайоном многоэтажной (5-6 этажей) застройки на границе города с г. Москвой. Жилой сектор расположен в непосредственной близости с Наташинским парком. В виду того что микрорайон состоит из новостроек, и соответственно необходимая сетевая инфраструктура для предоставления абонентам услуг связи отсутствует, застройщик заинтересован в разработке проекта широкополосной сети абонентского доступа.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Количество домовладений, заявленных застройщиком для подключения к широкополосной сети абонентского доступа данного микрорайона, составляет 1200 штук.



Рисунок 1.1 - Схема города Люберцы

Среди услуг, которые, по данным застройщика, будут востребованы в данном жилом секторе: высокоскоростной доступ в Интернет, IP телефония, Видео по запросу, Цифровое телевидение высокой четкости. Застройщик планирует 70% проникновение заявленных услуг в виду предоставления специального контракта на пользование услугами связи длительностью 5 лет при покупке недвижимости.

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	

Таким образом, необходимо организовать сетевую инфраструктуру, которая будет отвечать высоким запросам абонентов данного микрорайона.

Основной телекоммуникационный оператор в г. Люберцы – филиал ОАО «МГТС» в г. Люберцы. На данный момент филиал ОАО «МГТС» в г. Люберцы предоставляет следующие услуги [2,3]:

1. Стационарная аналоговая телефония;
2. Телефония по сетям передачи данных: VoIP;
3. Цифровое интерактивное телевидение (120 каналов), в том числе 40 каналов в формате FullHD;
4. Высокоскоростной доступ в Интернет до 60 Мбит/с.

Застройщик микрорайона (рисунок 1.2) построил на территории микрорайона участок телефонно-кабельной канализации (ТКК), который имеет выход на ТКК г. Москвы и Московской области, принадлежащую и обслуживаемую филиалом ОАО «МГТС», который будет осуществлять строительство сети связи в данном микрорайоне.

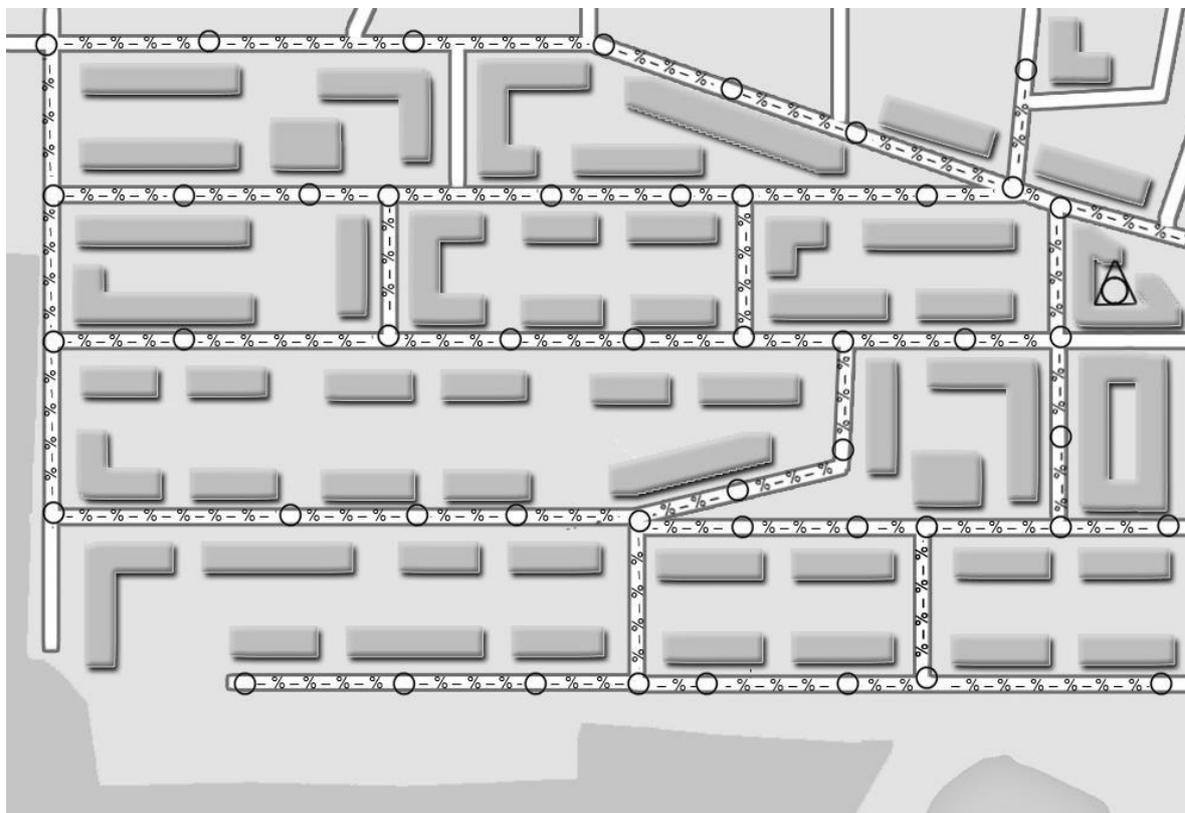


Рисунок 1.2 – Схема ТКК микрорайона Зеленый г. Люберцы

В данной выпускной квалификационной работе необходимо реализовать проект мультисервисной сети связи, которая должна обеспечивать выполнение следующих возлагаемых на неё функций:

1. Прием-передача гетерогенного трафика (аудио, данные, видео);
2. Обеспечение безопасности и целостности передаваемых данных;
3. Обеспечение требуемого качества обслуживания при передаче мультимедийного трафика согласно модели Quality of Service (QoS);
4. Возможность внесения изменений в конфигурацию сети;
5. Обеспечение гибкости и масштабируемости сети.

Планируемый уровень проникновения услуг, предоставляемых проектируемой сетью, показан в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Прогнозируемый уровень проникновения услуг

Тип услуги	Уровень проникновения услуги
Доступ в сеть Интернет	100 %
Цифровое IP-TV	70 %
IP-телефония	40 %

Результатом проектирования должна стать сеть широкополосного абонентского доступа. В дальнейшем разработанная сеть должна стать равноправной частью единой сети электросвязи Российской Федерации.

Вывод к разделу:

В данной главе была проведена экспликация объекта, для которого выполняется проектирование широкополосной сети абонентского доступа, даны вводные параметры для реализации проекта: количество абонентских портов и уровень проникновения услуг, Основываясь на проведенной экспликации объекта, будут рассмотрены приемлемые варианты проектирования сети связи с целью предоставления заявленного спектра услуг.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

Строительство современных сетей абонентского доступа в настоящее время главным образом идет по четырем основным направлениям:

1. сети с сохранением существующей абонентской проводки (медных витых пар) с применением группы технологий: xDSL;
2. гибридные волоконно-коаксиальные сети: HFC;
3. беспроводные сети: Wi-Fi, WiMAX, LTE;
4. волоконно-оптические сети: AON (FTTB, FTTC и др.), PON (EPON, GPON и др.).
5. комбинированные сети, которые сочетают в себе преимущества волоконно-оптического и других направлений.

В данной выпускной квалификационной работе объект, для которого выполняется проектирование, представляет собой микрорайон многоэтажных жилых домов-новостроек. Это обстоятельство обуславливает ряд особенностей и ограничений, которые следует принять во внимание при осуществлении проектирования сети абонентского доступа.

Приведем некоторые из условий:

- Средняя этажность домов в микрорайоне 5-6 этажей;
- Количество квартир на один этаж составляет в среднем 3-4 домохозяйства;
- Наличие телефонно-кабельной канализации, пригодной для прокладки оптического кабеля в микрорайоне;
- Наличие в домах проводки УТР 5е проложенной по слаботочным кабельным каналам с вводами в квартиры, осуществленными в виде розеток с коннекторами типа RJ-45, неоконченные участки проводки находятся в техническом помещении рядом с щитовой в подвале каждого жилого дома;

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

○ В пределах микрорайона находится здание, помещения которого принадлежат ОАО «МГТС» в котором предполагается размещать оборудование проектируемой сети.

Для обеспечения доступности, гибкости, безопасности и удобства эксплуатации сети широкополосного абонентского доступа в процессе её создания необходимо следовать чётким принципам проектирования и озвученным условиям. Сеть широкополосного абонентского доступа должна соответствовать текущим и возможным будущим требованиям к работе сервисов и технологий. Руководство по проектированию сети широкополосного абонентского доступа построено на принципах, перечисленных ниже.

Иерархичность — упрощает понимание роли каждого устройства на каждом уровне, обеспечивает поддержку в процессе развёртывания, эксплуатации и управления, а также снижает количество неполадок на каждом уровне.

Модульность — способствует безупречному расширению сети и внедрению интегрированных сервисов по мере необходимости.

Отказоустойчивость — обеспечивает бесперебойную работу сети в соответствии с ожиданиями пользователей.

Гибкость — обеспечивает рациональное распределение нагрузки трафика за счёт использования всех сетевых ресурсов.

2.1 Стек протоколов TCP/IP как основа проектирования сети широкополосного абонентского доступа

Стек протоколов TCP/IP — набор сетевых протоколов передачи данных, используемых в сетях, включая сеть Интернет. Название TCP/IP происходит из двух наиважнейших протоколов семейства — Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP), которые были разработаны и описаны первыми в

						Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	

данном стандарте. Также изредка упоминается как модель DOD в связи с историческим происхождением от сети ARPANET из 1970 годов (под управлением DARPA, Министерства обороны США).

В июле 1977 Винт Серф и Боб Кан впервые продемонстрировали передачу данных с использованием TCP по трем различным сетям. Пакет прошел по следующему маршруту: Сан-Франциско — Лондон — Университет Южной Калифорнии. В конце своего путешествия пакет проделал 150 тысяч км, не потеряв ни одного бита. В 1978 году Серф, Постел и Дэни Кохэн решили выделить в TCP две отдельные функции: TCP и протокол Интернета (Internet Protocol, IP). TCP был ответственен за разбивку сообщения на дейтаграммы и соединение их в конечном пункте отправки. IP отвечал за передачу (с контролем получения) отдельных дейтаграмм [4,5].

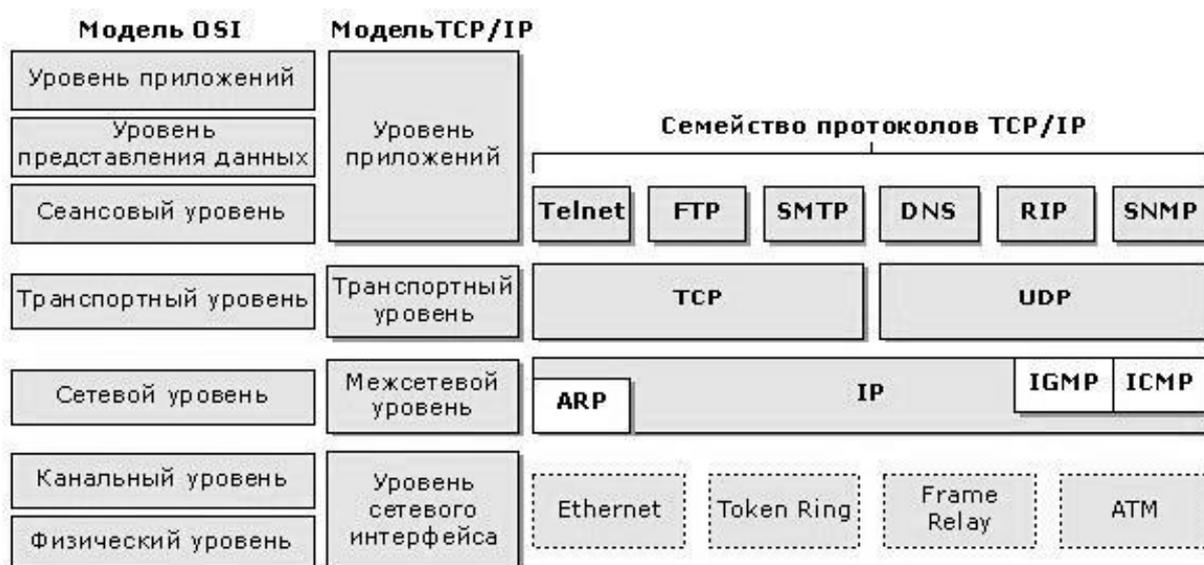


Рисунок 2.1 – Уровни модели TCP/IP в рамках модели OSI

Соответствия между уровнями модели OSI и уровня стека протоколов TCP/IP представлено на рисунке 2.1.

Протоколы работают друг с другом в стеке — это означает, что протокол, располагающийся на уровне выше, работает «поверх» нижнего, используя механизмы инкапсуляции.

TCP/IP включает в себя четыре уровня :

1. уровень приложений (application layer),
2. транспортный уровень (transport layer) —TCP,
3. межсетевой уровень (Internet layer) — IP,
4. уровень сетевого интерфейса (link layer) — Ethernet.

Протоколы этих уровней полностью реализуют функциональные возможности модели OSI. На стеке протоколов TCP/IP построено всё взаимодействие пользователей в IP-сетях. Стек является независимым от физической среды передачи данных, что является большим преимуществом.

В качестве основы стека протоколов TCP/IP следует рассмотреть протокол Ethernet, который определяет среду, режим (симплекс, дуплекс) и скорость передачи данных.

Термин Ethernet относится ко всему семейству стандартов. Одни стандарты определяют специфические особенности передачи данных по конкретному типу кабельного соединения на конкретной скорости. Другие определяют протоколы, или правила, которым должны следовать узлы Ethernet, чтобы быть частью сети LAN Ethernet. Все они изданы IEEE и содержат число 802.3 в начальной части названия стандарта. [6]

Поскольку технология Ethernet существует приблизительно 40 лет, она охватывает довольно большое разнообразие физических каналов связи. Ныне технология Ethernet поддерживает множество стандартов для различных видов оптических и медных кабелей и скоростей от 10 Мбит/с до 100 Гбит/с. Стандарты определяют также разные типы кабелей и допустимую для них максимальную длину. Фундаментальным критерием для выбора кабеля является материал его проводов, используемых для физической передачи битов: это либо медь, либо оптическое волокно.

Хотя волоконно-оптические кабели дороже, они допускают более длинные дистанции между соединяемыми узлами. Чтобы быть в состоянии выбрать приобретаемые изделия для новой сети LAN Ethernet, сетевой инженер

должен знать названия различных стандартов и средств Ethernet, поддерживаемых данными изделиями. [7]

Определяя стандарты физического уровня Ethernet, IEEE использовал несколько соглашений об именовании. Официальное название начинается с числа 802.3, сопровождаемого символьным суффиксом. Для стандарта IEEE используются также и более осмысленные названия, включающие в себя указание скорости и сокращенные сведения о кабеле UTP (с суффиксом "T") или оптоволоконном кабеле (с суффиксом "X"). Список стандартов физического уровня Ethernet для медного кабеля приведен в таблице 2.1, а для оптического в таблице 2.2. [6,7]

Таблица 2.1 – Стандарты группы IEEE 802.3 для медного кабеля

Список протоколов Ethernet для медного кабеля					
Категория кабеля	Класс кабеля (ISO/EN)	Стандарт	Длина сегмента	Частота каналов передачи	Ширина полосы пропускания
Cat-3	Класс C	10BASE-T, 100BASE-VG	100 метров	2 × 10 MHz	16 MHz
Cat-5	-	100BASE-TX		2 × 31,25 MHz	100 MHz
Cat-5	-	1000BASE-T		4 × 62,5 MHz	100 MHz
Cat-5e	Класс D	10GBASE-T	45 метров	4 × 417 MHz	100 MHz
Cat-5e, неэкранированный					100 MHz
Cat-5e, экранированный	Класс E	10GBASE-T	до 45 метров	4 × 417 MHz	100 MHz
Cat-6, неэкранированный			55 – 100 метров		250 MHz
Cat-6, экранированный			10 метров		250 MHz
Cat-6A	Класс E _A	10GBASE-T	30 метров	4 × 417 MHz	500 MHz
Cat-7	Класс F				600 MHz
Cat-8		40GBASE-T	30 метров	4 × 417 MHz	1600 MHz

Таблица 2.2 – Стандарты группы IEEE 802.3 для оптического кабеля

Список протоколов Ethernet для оптического кабеля		
Стандарт, скорость подключения	Тип оптического волокна	Длина сегмента
10 MBit/s 10BASE-FL/-FB	OM1 LWL-Multimode 62,5/125 μm	2000 метров
100 MBit/s 100BASE-FX	OM1/OM2 LWL-Multimode 62,5/125 μm / 50/125 μm HDX	412 метра
	OM1/OM2 LWL-Multimode 62,5 μm / 50 μm FDX	2000 метров
1 Gbit/s 1000BASE-SX	OM1 LWL-Multimode 62,5/125 μm	220 метров
	OM2 LWL-Multimode 50/125 μm	550 метров
	OM3 LWL-Multimode 50/125 μm	>550 метров
10 Gbit/s 10GBASE-SR	OM1 LWL-Multimode 62,5/125 μm	26 метров
	OM2 LWL-Multimode 50/125 μm	82 метра
	OM3 LWL-Multimode 50/125 μm	300 метров
10 Gbit/s 10GBASE-LRM	OM1/2/3 LWL-Multimode 62,5/125 μm / 50/125 μm	220 метров
10 Gbit/s 10GBASE-LR	LWL-Singlemode 8-10 μm	10 километров
10 Gbit/s 10GBASE-ER	LWL-Singlemode 8-10 μm	30-40 километров
10 Gbit/s 10GBASE-ZR	LWL-Singlemode 8-10 μm	80 километров

В таблице содержится достаточно много имен, чтобы дать представление о формате. Хотя технология Ethernet имеет много стандартов физического уровня, она действует как единая технология LAN, поскольку использует единый стандарт канального уровня для всех типов физических каналов связи Ethernet. Этот стандарт определяет единый для всех заголовков и концовиков Ethernet. Заголовок и концовик - это дополнительные наборы байтов до и после данных, используемые для осуществления действий по передаче данных в сети LAN. [6,8]

В то время как стандарты физического уровня сосредоточены на передаче битов по кабелю, протоколы канала связи Ethernet - на передаче фреймов Ethernet (Ethernet frame) от узла отправителя к узлу получателя Ethernet. С точки зрения канала связи узлы создают и пересылают фреймы. Узлы Ethernet просто перенаправляют фрейм по необходимым каналам связи, чтобы доставить его соответствующему получателю. Пример процесса приведен на рисунке 2.2.

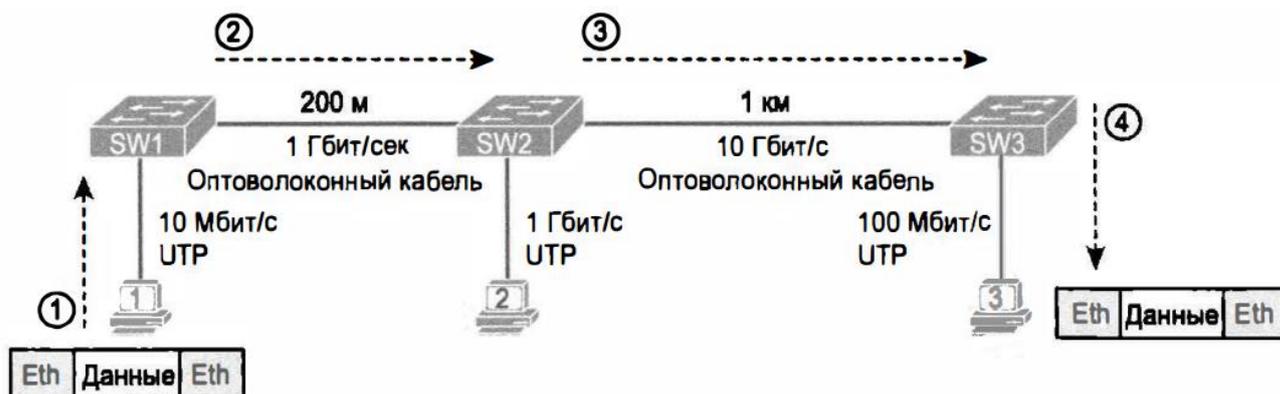


Рисунок 2.2 – Процесс передачи фреймов данных по протоколу Ethernet

В данном случае компьютер PC I посылает фрейм Ethernet компьютеру PC3. Фрейм следует по каналу UTP к коммутатору Ethernet SW1, а затем по каналу оптоволоконного кабеля с коммутатора Ethernet SW2 на коммутатор SW3 и, наконец, по еще одному кабелю UTP на компьютер PC3. Биты в этом примере фактически передаются на четырех разных скоростях: 10 Мбит/с, 1 Гбит/с, 100 Мбит/с соответственно. [9]

Стек протоколов Ethernet, таким образом, является базовым для построения сети широкополосного абонентского доступа, далее рассмотрим варианты по реализации сети абонентского доступа на базе оптической среды передачи. Выбор оптической среды передачи очевиден по нескольким причинам:

1. оптические кабели не подвержены воздействию помех электромагнитной природы;
2. расстояние, на которое способны транспортироваться данные по оптике, без использования репитеров заметно превосходит таковое для витой пары;
3. осуществить нелегальный перехват данных, транспортируемых по оптическому кабелю, с технической точки зрения труднее.

2.2 Волоконно-оптические сети на базе протокола Ethernet

Очевидные преимущества оптики (по сравнению с медножильными трактами связи) — значительно более высокие пропускная способность и «дальнобойность». Современные медные кабельные системы позволяют передавать 10 Гбит/с, но всего на 100 м — то есть в пределах одного здания или группы близко расположенных строений. По оптическим линиям гигабитные потоки можно без промежуточного восстановления транспортировать на десятки километров. К тому же такие линии отличает хорошая масштабируемость в отношении пропускной способности: ее легко увеличить путем добавления спектральных каналов (длин волн) без замены волокна. [10]

Оптическое волокно очень тонкое, менее 1 мм в диаметре. По диаметру оптический кабель, содержащий несколько сот волокон, сопоставим со стандартным коаксиальным кабелем. Данное свойство снижает требования к «объему» кабельных трасс и упрощает прокладку оптического кабеля, который можно, например, вдуть в предварительно смонтированные пластиковые трубки. Оптическая кабельная инфраструктура способна прослужить очень долго и «пережить» смену нескольких поколений активного оборудования.

Технологии оптической передачи в оптической сети доступа подразделяются на активные и пассивные. Классификация технологий оптического доступа представлена на рисунке 2.3. [11, 12]



Рисунок 2.3 - Группа технологий оптического доступа

Fiber To The X или FTTx (оптическое волокно до точки X) — это общий термин для любой компьютерной сети, в которой от узла связи до определенного места (точка X) проведен волоконно-оптический кабель, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства). Таким образом, FTTx — это только физический уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTTx неразрывно связана возможность предоставления большого числа новых услуг. [12,13]

В семейство FTTx входят несколько различных видов архитектур:

- FTTC (Fiber to the Curb) — волокно до распределительного шкафа, т.е. микрорайона, квартала или группы зданий;
- FTTB (Fiber to the Building) — волокно до здания;
- FTTH (Fiber to the Home) — волокно до жилища.

Архитектуры отличаются главным образом тем, насколько близко к пользовательскому терминалу подходит оптический кабель, рисунок 2.4.

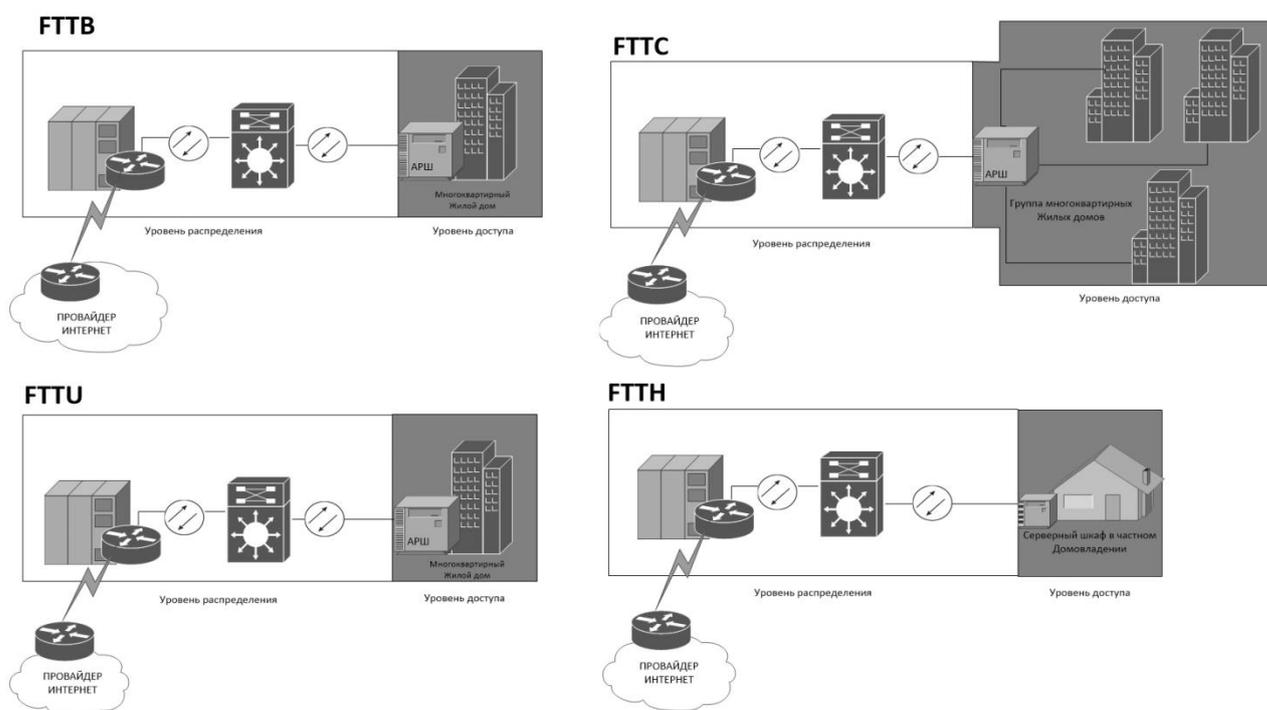


Рисунок 2.4 - Группа технологий FTTx

Архитектура FTTB получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе стека протоколов Ethernet (IEEE 802.3), оптическое волокно позволяет передавать данные на гораздо большие расстояния, чем это возможно применяя медный кабель. Кроме этого, в структуре затрат на создание сети FTTx разница между вариантами FTTC и FTTB относительно небольшая, при этом операционные расходы при эксплуатации сети FTTB ниже, а пропускная способность выше. Архитектура FTTB используется во вновь возводимых домах и у крупных операторов связи.

Кроме того, применение получили технические решения с пассивными волоконно-оптическими сетями (рисунок 2.5).

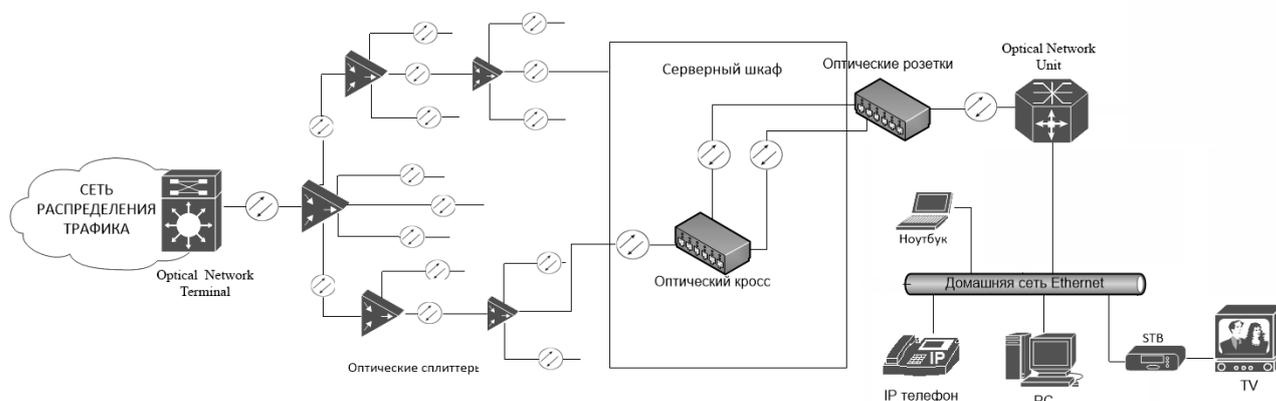


Рисунок 2.5 - Пример сети доступа с PON

При радиусе действия PON около 20 км максимальное число разветвлений не более 32 по определению ITU-T (рекомендация G.982), что обусловлено возможностями энергетического потенциала оптической передачи, т.е. мощностью передатчика, чувствительностью приемника, затуханием стекловолокна на разных длинах волн, затуханием устройств разделения мощности и др. [14,15]

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приемо-передающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONT и приема информации от них. Реализация этого принципа показана на рисунке 2.5.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемо-передающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONT – прямого (нисходящего) потока используется длина волны 1490 нм. Потoki данных от абонентских узлов в центральный узел, совместно образуя обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки. [16]

2.3 Экономическое обоснование выбора варианта модернизации сети

Экономические задачи занимают очень важное место в общей проблеме построения сети абонентского доступа. Это утверждение можно обосновать с помощью графика, приведенного на рисунке 2.6. На рисунке показан типичный ход кривых чистой текущей стоимости (NPV – Net Present Value) для трех вариантов модернизации сети доступа. [18]

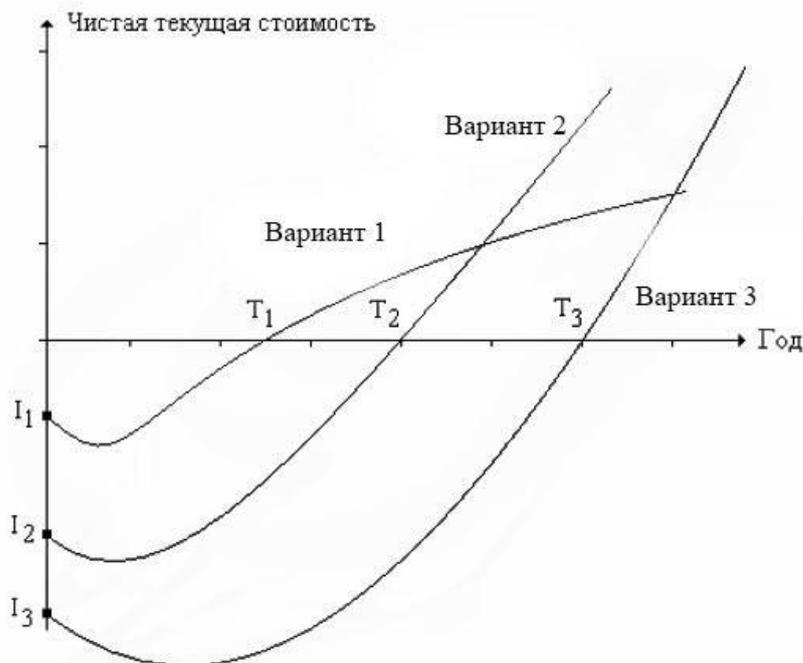


Рисунок 2.6– Изменение чистой текущей стоимости сети

Первый вариант предусматривает минимальную модернизацию сетей доступа. Все абонентские линии организованы за счет положенных ранее многопарных кабелей с медными жилами. При необходимости некоторые кабели на магистральных или распределительных участках заменяются аналогичными средствами. Если в сети доступа устанавливаются концентраторы, то отобранные по известной методике пары уплотняются цифровыми системами передачи. Таким образом, при таком варианте развития событий используется группа технологий xDSL. Очевидно, что начальные затраты на модернизацию сети (I1) не будут существенными. Период окупаемости (T1) также будет небольшим. В перспективе доходы Оператора, скорее всего, перестанут расти, так как он не сможет конкурировать на рынке новых инфокоммуникационных услуг.

Отличительная черта второго варианта – построение широкополосной сети с использованием оптического кабеля, по крайней мере, на магистральном участке. Это решение более всего похоже на ту стратегию, которая в англоязычной технической литературе известна по аббревиатуре FTTN, FTTC или же FTTB. Естественно, такое решение требует значительных начальных инвестиций (I2). Период окупаемости (T2) также возрастет по сравнению с аналогичной величиной для первого варианта. С другой стороны, Оператор будет конкурентоспособным на рынке тех новых услуг, поддержка которых основана на использовании широкополосных каналов.

Третий вариант связан с радикальной модернизацией сети доступа. Характерным примером подобного решения можно считать замену всех абонентских линий на новые. Такая стратегия модернизации сети доступа известна по аббревиатуре FTTB. [18]

Очевидно, значения начальных инвестиций (I3) и периода окупаемости (T3) будут самыми большими. Несомненное достоинство третьего варианта заключается в максимальном уровне потенциальной конкурентоспособности.

Универсального решения, как правило, не существует.

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Выводы к разделу:

Исходя из перечисленных ранее условий, наиболее целесообразно будет построение сети абонентского доступа на базе технологии FTТВ с использованием активной технологии маршрутизации, канального протокола передачи Ethernet.

Статьи издержек на строительство FTТВ-сети очевидны и легко поддаются анализу. Основные расходы следующие:

- Строительно-монтажные работы – монтаж оптоволоконных линий связи, оборудования;
- Пассивное оптическое хозяйство – кабели, стойки, кроссы, и т.д.
- Активное оборудование – Ethernet коммутаторы доступа, агрегации, маршрутизаторы; медиаконвертеры;
- Сервисное оборудование – серверы, ПК администраторов;
- Планирование сети и управление проектом.

Оптическая инфраструктура должна эксплуатироваться, по меньшей мере, двадцать пять лет, что необходимо учитывать при планировании, проектировании и развертывании линейно-кабельного хозяйства.

На основе отличий в формировании затраты для сети доступа можно разделить на две группы: издержки на строительство сети до начала предоставления услуг (дома с подведением) и расходы на строительство ответвлений к новым абонентам (дома с подключениями).

Если рассматривать детально, затраты на доведение кабеля до дома состоят из стоимости оборудования центрального узла, магистрального кабеля (включая также расходы на его прокладку), распределительных шкафов и пассивного оборудования.

Коммерческий успех проекта также во многом зависит от пакета услуг, который, например, содержит высокоскоростное соединение с интернетом, VoIP, IPTV и видео по запросу.

Для построения современной сети широкополосного абонентского доступа целесообразно использовать стек протоколов TCP/IP и протокол

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР				

канального уровня Ethernet IEEE 802.3. Структурированная кабельная система для сети должна создаваться основываясь на следующих нормативных актах:

1) Международный стандарт ISO/IEC IS 11801-2002; 2) ГОСТ Р 53246-2008; 3) ГОСТ Р 53245-2008; 4) ГОСТ 21.406-88; 5) Нормативные документы производителей к выбранному оборудованию и кабелям связи.

В качестве основы для проектирования сети будет использована структура сети, представленная на рисунке 2.7.

В качестве среды передачи для распределительной сети целесообразно использовать одномодовое оптическое волокно, для горизонтальной кабельная медной витой разводка уже выполнена в зданиях застройщиком. На рисунке 2.6 представлена обобщенная схема организации участка доступа мультисервисной сети абонентского доступа, основываясь на которой будет, осуществляется более детальное проектирование мультисервисной сети абонентского доступа.

FTTB

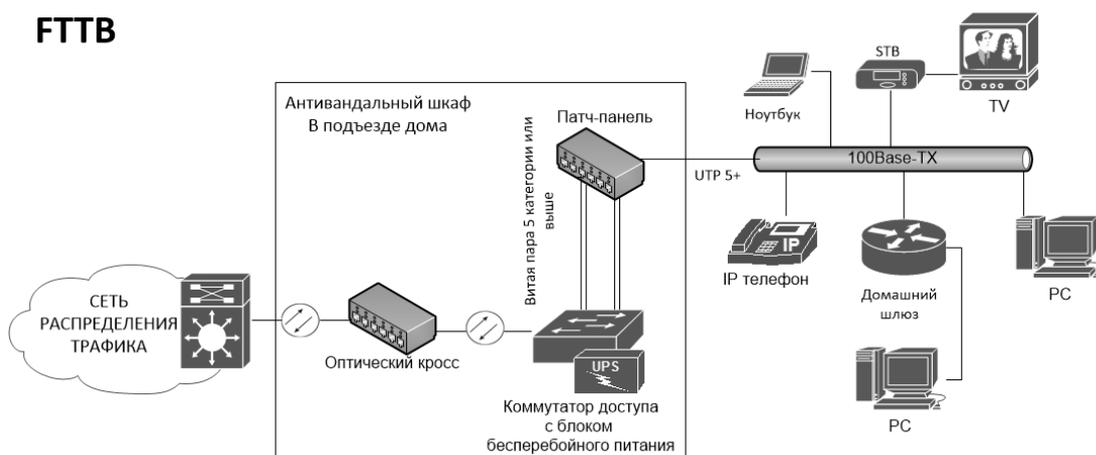


Рисунок 2.7 – Обобщенная схема организации сети широкополосного абонентского доступа по технологии FTTB

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

3.1 Определение перечня услуг

Прежде чем проводить расчет нагрузок проектируемой мультисервисной сети связи города Люберцы, необходимо указать типы предоставляемых мультисервисной сетью услуг, а также произвести расчет предполагаемого количества абонентов.

Количество частных домовладений, предлагаемых к подключению составляет 1200 штук. Соответственно необходимо разработать сеть, которая позволит поддерживать как минимум 1200 абонентских портов и предоставлять услуги доступа в Интернет, цифрового телевидения высокой чёткости, видео по запросу и IP-телефонии.

Определим количество абонентов, которые будут пользоваться различными типами услуг по формуле (3.1):

$$N_{service} = S_{service} * N, \text{ абонентов} \quad (3.1)$$

где S – процент проникновения услуги;

Количество абонентов имеющих высокоскоростной доступ в сеть Интернет, уровень проникновения 100%:

$$N_{service} = 1 * 1200 = 1200 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов IP TV, уровень проникновения 70%:

$$N_{service} = 0,7 * 1200 = 840 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов VoIP, уровень проникновения 40%:

$$N_{service} = 0,4 * 1200 = 480 \text{ абонентов.}$$

В данной выпускной квалификационной работе предлагается для организации абонентского доступа в микрорайоне «Зеленый» г. Люберцы применить технологию Ethernet на базе оптической распределительной архитектуры FTТВ для построения сети абонентского доступа.

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

3.2 Модель доступа Ethernet на базе оптической сети ФТТВ

Концепция ФТТВ/Ethernet сети была первоначально разработана для предоставления услуг корпоративным клиентам. Принимая во внимание новые требования для решений широкополосного доступа, концепция ФТТВ становится универсальной основой для IP-сети нового поколения (NGN).

ФТТВ/Ethernet сеть может быть логически разделена на уровни обслуживания и транспортного уровня. Разработчики услуг могут абстрагироваться от транспортного уровня. Логическое разделение обслуживания подсистемы транспортной подсистемы позволяет быстро настроить существующие политику и внедрять новые услуги без внесения изменений в транспортной сети. Транспортный уровень обеспечивает передачу L2 трафика, т.е. кадры Ethernet, начиная с клиентов к контрольной точке.

Концепция ФТТВ это идеально подходит для зданий, в которых УТР-проводки уже существует, или ее легко выполнить; коммутаторы второго уровня позволяет реализовать решение по доступу с малыми затратами (в сравнении с другими вариантами широкополосного доступа). Еще одним преимуществом является широкая распространенность и относительная новизна абонентского оборудования (CPE). Следует отметить, что технология ФТТВ обеспечивает достаточную полосу пропускания для предоставления всех сервисов TriplePlay (IP-TV, VoD, Internet Access).

Основные функциональные особенности решения ФТТВ:

- Размещение активного оборудования доступа;
- Организация коммутации оптических и медных линий связи;
- Защита оборудование от внешних воздействий;
- Возможность удаленного мониторинга объекта;
- Возможность обеспечения оборудования резервным источником питания.

Техническое решение по доступу ФТТВ обеспечивает подключение

абонентов в многоквартирных домах с использованием коммутаторов второго уровня и устанавливаемых в здании АТС маршрутизаторов и коммутаторов агрегации, или маршрутизатора, функционирующего в качестве агрегирующего коммутатора. В здании размещается требуемое количество коммутаторов доступа по 24 или 48 абонентских портов, оптический кросс, кросс медножильной витой пары. Максимальная длина UTP-кабеля между коммутатором и точкой подключения абонента (розеткой RJ-45 устанавливаемой в квартире) не должна превышать 100 метров.

Требуемые сетевые элементы:

1. Уровень предоставления услуг:

- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Оборудование для предоставления услуг - серверы;
- Оборудование управления и мониторинга сети;
- Рабочее место администратора;
- Линки к вышестоящим провайдерам;
- Кроссовое оборудование.

2. Уровень агрегации и распределения трафика:

- Управляемые коммутаторы агрегации третьего уровня,
- Конверторы оптического сигнала;
- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Кроссовое оборудование.

3. Уровень доступа:

- Управляемые коммутаторы второго уровня;
- Шкаф антивандального исполнения;
- Оборудование телеметрии;
- Устройство обеспечения бесперебойного питания UPS.
- Кроссовое оборудование.

4. Уровень пользователя:

- Домашние шлюзы пользователей (опционально);

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

— Оконечные устройства (опционально): STB – приставки для IP-TV; IP – телефоны; ПК, ноутбуки, планшеты, смартфоны.

Технология FTTB представляется лучшим широкополосным решением для абонентского доступа. Она практически избавлена от ограничений по скорости и расстоянию. Помимо этого, инфраструктура для FTTB имеет сравнительно большой срок службы.

В состав решения FTTB на уровне абонентского доступа должно входить:

1. Антивандальный стальной конструктив для размещения оборудования.

- Емкость 6-12 U;
- Толщина металла 1,5-2,0 мм;
- 19" направляющие для крепления стандартного, телекоммуникационного оборудования.

2. Кроссовое оборудование. Варианты комплектации:

- Патч-панель / Кросс панель кат. 5е, для коммутации медных проводников;
- Кросс оптический, предназначенный для разводки волоконно-оптического волокна, в сборе.

3. Коммутатор доступа на 24 абонентских порта.

4. Система удаленного мониторинга объектов связи.

- Авторизация доступа;
- Датчики: влаги, пожара, дыма, вибрации;
- Мониторинг и снятие показаний электропитания.

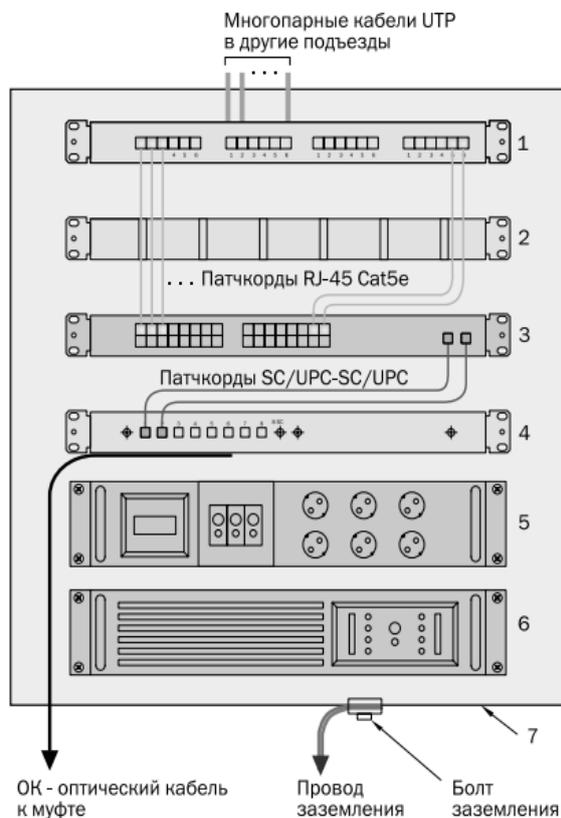
5. Система электропитания

- Источник бесперебойного питания;
- Система заземления;
- Автоматический выключатель на 16А;
- Электросчетчик однофазный с креплением на DIN рейку, с возможностью дистанционно снятия показаний;

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- Блок розеток на 8 портов, в исполнении 19", 1U / Комплект розеток на DIN рейку;
- DIN рейка для крепления в 19" конструктив, 3U.

Схема и состав антивандального конструктива представлена на рисунке 3.1



- 1 - Кроссовая панель 24 x RJ-45 UTP Cat5e
- 2 - Органайзер
- 3 - Коммутатор Ethernet 24 x 100Base-TX,
2 x 1000Base-LX
- 4 - Оптическая кроссовая панель 8 x SC/UPC
- 5 - Блок розеток, счетчик, автоматы
- 6 - Источник бесперебойного питания
- 7 - Антивандальный шкаф 6-12 U

Рисунок 3.1– Схема и состав антивандального конструктива, устанавливаемого в подъезде жилого дома в соответствии с концепцией FTTB

На рисунке 3.2 представлена схема организации связи согласно концепции FTTB.

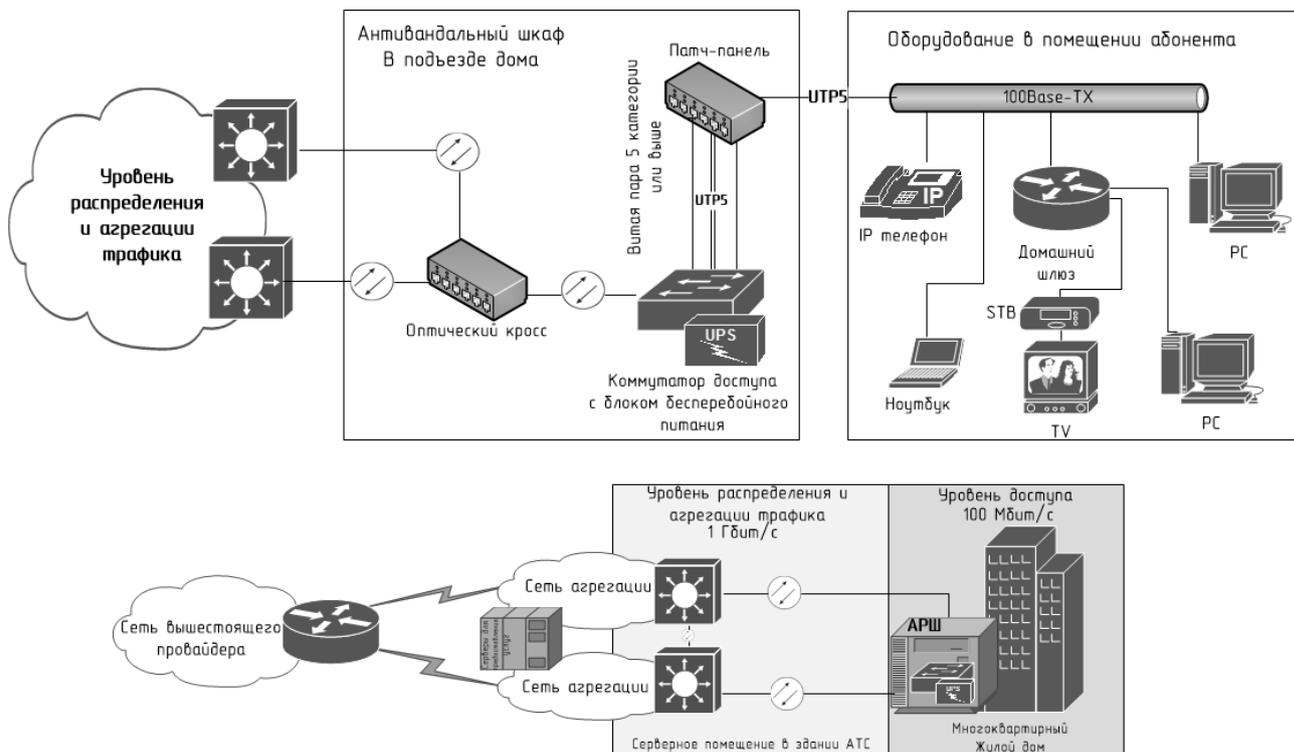


Рисунок 3.2 – Схема организации сети Metro Ethernet Network

Рационально использовать следующие протоколы Ethernet спецификации IEEE 802.3 на различных иерархических уровнях сети:

1. На *уровне абонентского доступа*: **100BASE-TX** — стандарт, использующий витую пару 5 категории и выше. Максимальная длина сегмента 100 метров в полудуплексе (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2 километра в полном дуплексе. Скорость до 100 Мбит/с.

2. На *уровне распределения и агрегации трафика*: **1000BASE-SX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий оптическое волокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя зависит только от типа используемых приемопередатчиков и типа волокна. Скорость до 1000 Мбит/с. Уровень группового доступа находится между уровнем ядра и уровнем доступа и является агрегирующим для трафика, поступающего к абонентам и от них. Коммутаторы агрегации находятся в специальных 19 дюймовых стойках в серверном помещении.

3. На *уровне ядра*, для соединения коммутаторов агрегации и будет использован стандарт **10G Ethernet: 10GBASE-SR** — стандарт, использующий

многогодовое волокно поддерживает расстояния до 300 метров. Скорость до 10 Гбит/с.

3.3 Модель структурированной кабельной системы сети

В данной выпускной квалификационной работе будет использована построенная застройщиком телефонно-кабельная канализация, в том числе отдельные сегменты кабельной канализации – вводы в здания.

При проектировании структурированных кабельных систем (СКС) часто возникают ситуации, когда необходимо объединить два или несколько достаточно удаленных друг от друга сегментов сетей или требуется подключить удаленное на значительное расстояние оборудование. Другими словами – возникают ситуации, когда использовать соединение нескольких сегментов с помощью медного кабеля витая пара не обеспечивает необходимую пропускную способность на заданном расстоянии.

В таких случаях при проектировании магистральных подсистем структурированной кабельной системы в качестве магистрального кабеля используются волоконно-оптические кабели (ВОК). Основные преимущества волоконно-оптических кабелей перед линиями на основе медных пар очевидны – это низкий коэффициент затухания, позволяющий строить участки линий связи на большие расстояния, а также высокая полоса пропускания, ограниченная только возможностями оконечного активного оборудования, составляющая на сегодняшний день 10 Гбит/с и выше. Уже сейчас есть решения у производителей для 40 и 100 Гбит/с. [19,20]

При введении в СКС оптических сегментов, на этапе проектирования необходимо определиться с тем, какой тип оптических кабелей необходимо использовать в тех или иных условиях. Основные вопросы, которые решает

проектировщик, при построении волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) и критерии выбора в ходе разработки проекта СКС:

1. Какой тип и категорию оптоволокна применять на данном объекте?
2. В какой среде будет происходить прокладка кабеля? (грунт, кабельная канализация, подвес и т.п.)
3. Существует ли угроза повреждения грузунами/огнем?
4. Необходимо ли повышенная устойчивость кабеля к растяжению?
5. Какое необходимое количество оптических волокон на один узел?

В связи с указанными особенностями, существуют рекомендации по применению различных типов волокон в зависимости от длины сегмента и используемого приложения. Например, для Gigabit Ethernet, при длине сегмента до 550 м можно использовать многомодовый кабель, а до 2 км и выше – одномодовый. Для 10 Gigabit Ethernet 10GBase_SR/SW при длине сегмента до 300 м можно использовать многомодовый кабель категории OM3, свыше 300 метров – одномодовый кабель. [13]

Необходимый кабель для прокладки:

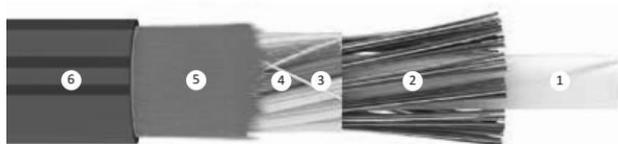
1. Тип кабеля – магистрального типа, т.е. предназначен для построения оптических сетей между городами, районами, домами, узлами связи;
2. Среда прокладки – защищенная от грызунов телефонно-кабельная канализация;
3. Тип оболочки – полиэтилен, полиэтилены средней и высокой плотности обладают повышенной стойкостью к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, необходимой гибкостью при монтаже при отрицательных температурах, отличной стойкостью к воздействию ультрафиолетового излучения.
4. Тип волокна - многомодовое 50/125, в соответствии с таблицей 2.2 и данными указанными в главе 3.2.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Количество оптических волокон на 1 из 59 узлов доступа составляет 2 шт., в соответствии с концепцией на рисунке 3.2. Таким образом, один оптический кабель должен нести 32 ОВ. Четыре кабеля (128 ОВ), в свою очередь, обеспечат необходимое количество каналов для подключения узлов доступа.

Таким образом, для подключения узлов доступа к узлам агрегации трафика, выбран кабель компании Инкаб марки ДПО-П-32М (4x8) 1.5 кН (2 км), ДПО-П-4М (1x4) 1.5 кН (4 км). Соединение коммутаторов агрегации будет осуществляться многогодовыми патчкордами. Организация каналов в сторону вышестоящих провайдеров не рассматривается в данной главе, в виду планируемой аренды этих каналов.

ДПО



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Центральный силовой элемент — стеклопластиковый стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптический модуль из ПБТ, гидрофобным гелем.
4. Водоблокирующие нити.
5. Упрочняющие элементы — арамидные нити.
6. Оболочка из полимерного материала.

Рисунок 3.3– Конструкция кабеля ДПО

Прокладка оптоволоконного кабеля на участке объект/сервер осуществляется методом прокладки в существующей кабельной канализации до коммутаторов, установленных в специально оборудованных помещениях в подвалах, от коммутатора до абонента проложен кабель по слаботочной сети. Соединение строительных длин производится с помощью специальных муфт городского типа.

Колодцы кабельной канализации должны располагаться на расстояние не более 100 м друг от друга, внутри должны быть установлены консоли для крепежа кабеля. Кабель должен также иметь специальные отметки: канал ввода, канал вывода, контрольные метки, и т.д. Разработанная схема линейно-кабельных сооружений представлена на рисунке 3.4.

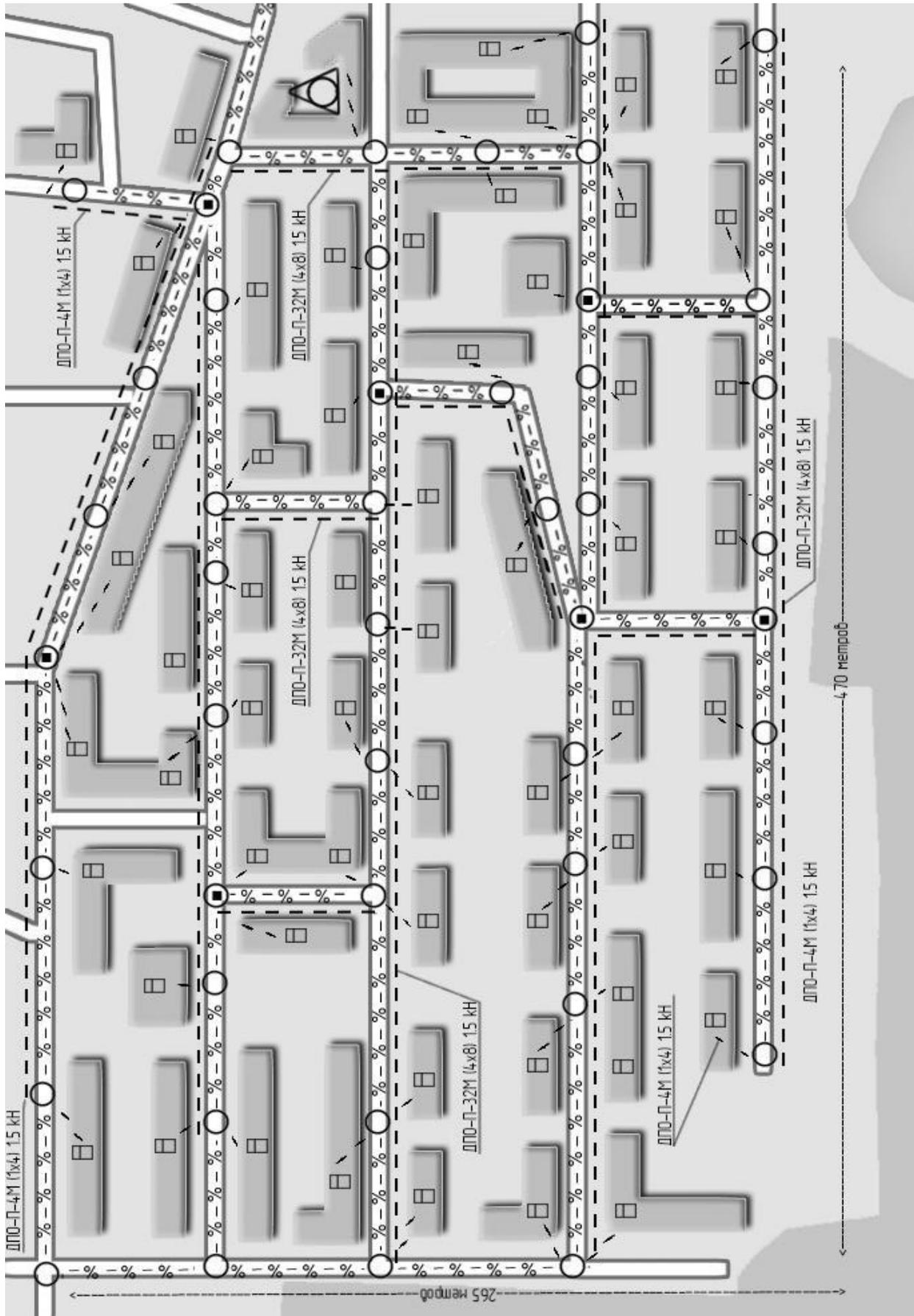


Рисунок 3.4. – Схема проектируемых линейно-кабельных сооружений

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
						33

3.4 Выбор оборудования

В мультисервисных сетях используются различные типы коммутаторов. Правильный выбор типов коммутаторов, соответствующих требованиям сети, играет большую роль.

При выборе типа коммутатора разработчик сети должен выбрать стекируемый или нестекируемый коммутатор с фиксированной или модульной конфигурацией. Ещё один фактор, который необходимо учитывать при выборе устройства — это высота коммутатора, которая измеряется количеством монтажных единиц. Последний критерий касается коммутаторов, которые монтируются в стойку (наращиваемые). Рассмотренные выше параметры иногда называют форм-факторами коммутатора.

В результате проведенного анализа рынка телекоммуникационных устройств для организации связи по технологии FTTH в микрорайоне Зеленый города Люберцы Московской области выбрано оборудование QTECH (Россия) обладающее приемлемым соотношением цена-качество, высоким уровнем надежности, а также курсом на импортозамещение телекоммуникационного оборудования в Российской Федерации.

Коммутатор ядра

В качестве коммутаторов-маршрутизаторов выбраны коммутаторы компании QTECH **QSW-8370-28T (6 шт.)**.

Коммутатор-маршрутизатор следующего поколения 10G серии QSW-8370 с возможностью наращивания в виде стека содержит усовершенствованную архитектуру аппаратных и программных средств и встроенные, модульные дублированные источники питания (по схеме 1+1). Эти коммутаторы обеспечивают высокую доступность, масштабируемость, безопасность, энергоэффективность и простую эксплуатацию благодаря инновационным функциям и возможностям, например, VSF, IEEE 802.3at (дополнительно), дублированным источникам питания, OpenFlow. Коммутатор

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

идеально подходит для высокоплотных уровней агрегирования или уровня ядра, благодаря своей высокой производительности, доступности и надежности. Характеристики выбранной модели представлены в таблице 3.1. [21]

Таблица 3.1– Характеристики коммутатора ядра QSW-8370-28T

Характеристика	QSW-8370-28T
Порт управления	Порт управления 10/100/1000 Мбит/с RJ45 Ethernet 1 консольный порт (Micro USB для QSW-8370-52T-P) Интерфейс USB2.0
Конфигурация портов	20 портов GE (SFP+) + 4 порта GE Combo (GT/SFP) + 4 порта 10GE (SFP+)
Размеры (Ш*В*Г)	440*44*350 мм
Электропитание	2 слота источника питания, модульного типа с резервированием по схеме 1+1
Матрица коммутации	128 Гбит/с
Таблица маршрутов	13К
Интерфейс L3	1К
Пропускная способность	95 млн. пакетов/с
Таблица MAC	16К
VLAN	4К
Таблица ACL	1536
Таблица IPv4 / IPv6	512 / 512
Поддержка двойного стека IPv4/IPv6	Есть
Протоколы связующего дерева (STP)	802.1d (STP) , 802.1w (RSTP) , 802.1s (MSTP) Root guard, BPDU guard, BPDU forwarding
Протокол Мультикаст	IGMP v1/v2/v3 и IGMP v1/v2/v3 snooping MVR, IGMP filter, 1024 groups
Безопасность	802.1x AAA, аутентификация на базе порта, MAC-адреса Учетная политика на основе временного диапазона и трафика Guest VLAN и Auto VLAN, RADIUS для IPv4 и IPv6 TACACS+ для IPv4 and IPv6, MAB
Качество обслуживания (QoS)	8 очередей, SWRR, SP, WRR, DWRR, SDWRR, WRED Классификация трафика на основе 802.1p CoS, ToS, DiffServ DSCP, ACL, номера порта Формирование трафика PRI Mark/Remark
Списки Контроля Доступом (ACL)	IP ACL, MAC ACL, IP-MAC ACL Стандартные и расширенные списки ACL на основе IP- или MAC-адреса источника/пункта назначения, IP-протокола, порта TCP/UDP, DSCP, ToS, IP-приоритета, VLAN, Tag/Untag, CoS REDIRECT и ACL на базе учетных политик Правила можно конфигурировать для портов, VLAN, интерфейсов маршрутизации VLAN, по временному диапазону

Оптические модули:

На направление коммутаторов доступа:

QSC-SFP+0.6GE-850-MM-DDM (59 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 1 Гбит/с, дальность - 600 метров, тип разъема – двойной LC, длина излучаемой волны - 850 нм, для многомодового волокна.

На направление коммутаторов агрегации:

QSC-SFP+0.2G10E-1310-MM-DDM (12 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 10 Гбит/с, дальность 200 метров, длина излучаемой волны 1310 нм, для многомодового волокна.

На направление провайдера Интернет:

QSC-SFP+10G10E-1310-SM-DDM (2 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 10 Гбит/с, дальность 10 км, длина излучаемой волны 1310 нм, для одномодового волокна.

На направление провайдера Цифрового ТВ:

QSC-SFP+10GE-1310-SM-DDM (2 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 1 Гбит/с, дальность 10 км, длина излучаемой волны 1310 нм, для одномодового волокна.

На направление Сети связи общего пользования:

QSC-SFP+10GE-1310-SM-DDM (2 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 1 Гбит/с, дальность 10 км, длина излучаемой волны 1310 нм, для одномодового волокна.

Коммутатор доступа

В качестве коммутаторов агрегации выбраны коммутаторы компании QTECH **QSW-2910-26T-AC (59 шт.)**.

Управляемые коммутаторы серии QSW-2910 являются бюджетным решением L2+ уровня для строительства региональных сетей доступа операторов. Наличие в линейке моделей с поддержкой PoE и BWP (обратного PoE) позволяет рассматривать их для строительства корпоративных сетей и

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сетей, участвующих в программах по организации муниципальных систем видеонаблюдения.

Коммутаторы поддерживают традиционный для операторских сетей доступа функционал, такой как ERRP (EAPS), Мультикаст VLAN, op82, IP source guard, QinQ. Таблица MAC-адресов поддерживает 16000 записей.

За счет исключения ряда избыточных технических характеристик, не всегда применяемых на сегодняшний день, в частности, поддержки протокола IPv6, удалось снизить стоимость коммутатора на 20% относительно аналогов. Оптимизация цен позволила снизить объем капитальных вложений при строительстве сетей с использованием QSW-2910, обеспечив сжатые сроки возврата инвестиций и минимизацию затрат. Характеристики выбранной модели представлены в таблице 3.2. [21]

Таблица 3.2– Характеристики коммутатора ядра QSW-2910-26T-AC

Характеристика	QSW-2910-26T-AC
Порт управления	1 консольный порт
Конфигурация портов	24*10/100BaseT, 2*ComboGE+ 100/1000BaseX SFP или 10/100/1000BaseT
Размеры (Ш*В*Г)	330x220x44
Электропитание	AC: 220V
Матрица коммутации	8,8 Gbps
Пропускная способность	96Mpps
Таблица MAC	16K
ACL	460
VLAN	4K
Потребляемая мощность	15 Ватт
Протоколы связующего дерева (STP)	Поддержка 802.1d (STP), 802.1w (RSTP), 802.1s (MSTP); Поддержка Flex Link и EAPS; Loopback-detection; Remote-Loop detect; Поддержка агрегации портов по 802.3ad (LACP)
Протокол Мультикаст	L2 мультикаст групп – 1K, IGMPv1/v2/v3 Snooping, IGMP Filter/Fast leave/cross-VLAN duplication, MLDv2/MLDv2 Snooping
Качество обслуживания (QoS)	8 очередей на порт; Поддержка приоритезации 802.1p, по MAC адресам и IP адресам отправителя и получателя, VLAN, типу протокола IP, портам TCP/UDP.

Оптические модули:

На направление коммутаторов агрегации:

QSC-SFP+0.6GE-850-MM-DDM (59 шт.). Оптические модули типа SFP+, скорость до 1 Гбит/с, дальность - 600 метров, тип разъема – двойной LC, длина излучаемой волны - 850 нм, для многомодового волокна. [21]

3.5 Схемы организации мультисервисной сети

Описание сервисной модели сети:

Услуги общего пользования включают в себя следующие услуги:

Широкополосный доступ в сеть Интернет — предоставление высокоскоростного доступа пользователям к сети Интернет;

Цифровое телевидение, в том числе высокой четкости — предоставление доступа к просмотру различных телевизионных каналов на основе IP Мультикаст;

IP телефония — предоставление услуг телефонной связи через сети передачи данных.

Высокоскоростной доступ в сеть Интернет

Весь трафик абонентов проходит через коммутаторы агрегации QSW-8370, где маршрутизируется, приоритизируется и ограничивается по полосе пропускания.

Для предотвращения петель коммутации на уровне доступа со стороны абонентов применение STP протокола нежелательно. Для защиты сети оборудование QTECH позволяет вместо STP использовать средства Remote loop detect и Broadcast limit с возможностью отдельной фильтрации бродкаст, юникаст и мультикаст штормов с привязкой к реальной скорости каждого порта. [22]

Цифровое телевидение

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Медиа контент для услуги цифрового телевидения предоставляется в отдельном VLAN, поэтому для предоставления сервиса на коммутаторе используется функционал MVR (Мультикаст VLAN Registration), то есть VLAN абонента ассоциируется с Мультикаст VLAN, после чего входящие служебные пакеты igmp report необходимые для предоставления сервиса (igmp-join, igmp-leave) перемещаются коммутатором из VLAN абонента в мультикаст VLAN. В свою очередь, запрошенный абонентом Мультикаст трафик транслируется в VLAN абонента. Таким образом, нет необходимости на стороне абонента размещать интеллектуальное оборудование поддерживающее стандарт 802.1Q.

Список каналов, доступных для абонента согласно его тарифу, формируется с помощью статических IGMP профилей. Профилей может быть несколько (столько же, сколько тарифов, тариф = профиль) профиль применяется на порт и позволяет подписывать только оплаченные каналы. Количество одновременно просматриваемых каналов ограничивается на каждом порту абонента для предотвращения перегрузки порта абонента и большой загрузки uplink-портов. Так же для снижения нагрузки при переключении между каналами на коммутаторе применяется функционал fast-leave. [21,22]

На коммутаторе запрещается транслирование unknown мультикаст трафика. Список мультикаст групп и пользователей (портов) запросивших эти группы формируется функционалом IGMP snooping v2. На коммутаторе список хранится в виде таблицы и доступен к просмотру администратором, что облегчает мониторинг и диагностику. IGMP snooping не только формирует список разрешенных для трансляции мультикаст групп в порты куда происходит вещание, но и выполняет функцию безопасности, запрещая передачу IGMP report между не доверенными, абонентскими портами. Доверенные порты (mroute) обычно являются UPLINK портами и могут быть назначены автоматически, при получении (general query пакета), а также вручную. Назначая mroute порты в ручную, стоит помнить, что в кольцевых

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

топологиях их два, соответственно IGMP report будут уходить в оба, нагружая при этом сеть оператора не нужным служебным IGMP трафиком. Автоматическое назначение mroute портов снижает нагрузку на сеть, поскольку GENERAL QUERY приходит только на один порт. Но для кольцевой топологии, при перестроении кольца коммутатору потребуется время, чтобы переобучить mroute порт динамически. Это повлечет простой IP TVHD вещания.

Для получения сервиса на персональном компьютере, оператор должен предоставить пользователю список Мультикаст каналов и портов. Пользователю необходимо установить программное обеспечение (VLC плеер, IP TVHD плеер и т.д.). [22]

VoIP – пакетная телефония

Предоставление одному абоненту одновременно услуг доступа в интернет и ip-телефонии с соответствующими классами обслуживания, возможно благодаря поддержке коммутаторами QSW-2910 технологии QoS.

Каждый порт QSW-2910 поддерживает 4 очереди QoS, что достаточно как для Triple Play так и для организации корпоративных VPN.

Трафик VoIP передается через отдельный VLAN и имеет приоритет при обработке на коммутаторах.

Организация VLAN и адресного пространства IPv4

Поскольку коммутатор Ethernet является устройством канального уровня, то в соответствии с логикой работы он будет рассылать широковещательные кадры через все порты. Хотя трафик с конкретными адресами (соединения "точка — точка") изолирован парой портов, широковещательные кадры передаются во всю сеть (на каждый порт). *Широковещательные кадры* — это кадры, передаваемые на все узлы сети. Они необходимы для работы многих сетевых протоколов, таких как ARP, BOOTP или DHCP. С их помощью рабочая станция оповещает другие компьютеры о своем появлении в сети. Так же

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

рассылка широковещательных кадров может возникать из-за некорректно работающего сетевого адаптера.

Широковещательные кадры могут привести к нерациональному использованию полосы пропускания, особенно в крупных сетях. Для того чтобы этого не происходило, важно ограничить область распространения широковещательного трафика (эта область называется *широковещательным доменом*) — организовать небольшие **широковещательные домены**, или **виртуальные локальные сети (Virtual LAN, VLAN)**.

Виртуальной локальной сетью называется логическая группа узлов сети, трафик которой, в том числе и широковещательный, на канальном уровне полностью изолирован от других узлов сети. Это означает, что передача кадров между разными виртуальными сетями на основании MAC-адреса невозможна независимо от типа адреса — уникального, группового или широковещательного. В то же время внутри виртуальной сети кадры передаются по технологии коммутации, то есть только на тот порт, который связан с адресом назначения кадра. Таким образом, с помощью виртуальных сетей решается проблема распространения широковещательных кадров и вызываемых ими следствий, которые могут развиваться в широковещательные штормы и существенно снизить производительность сети.

VLAN обладают следующими преимуществами:

1. гибкость внедрения. VLAN являются эффективным способом группировки сетевых пользователей в виртуальные рабочие группы, несмотря на их физическое размещение в сети;
2. VLAN обеспечивают возможность контроля широковещательных сообщений, что увеличивает полосу пропускания, доступную для пользователя;
3. VLAN позволяют повысить безопасность сети, определив с помощью фильтров, настроенных на коммутаторе или маршрутизаторе, политику взаимодействия пользователей из разных виртуальных сетей. [14,16]

Предлагаемый список VLAN представлен в таблице 3.3.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.3– Список VLAN

Номер	Описание	IP network
16	VLAN передачи данных	172.16.0.0/21
17	VLAN передачи голосового трафика	172.17.0.0/21
20	VLAN управления сетью	172.20.0.0 /25

Для проектируемой сети разработан план IP адресации. IP адреса в проектируемой сети будут распределяться автоматически благодаря наличию встроенного DHCP сервера в коммутаторе ядра QSW-8370-28T.

Конфигурации IP адресации для VLAN 16, 17 и 20 представлены в таблицах 3.4, 3.5 и 3.6.

Таблица 3.4 – Конфигурация IP адресации для VLAN 16

Адрес сети	172.16.0.0/21
Маска подсети	255.255.248.0
Диапазон адресов для хостов	172.16.0.0– 172.16.7.254
Количество IP адресов	2046
Широковещательный адрес	172.16.7.255

Таблица 3.5 – Конфигурация IP адресации для VLAN 17

Адрес сети	172.17.0.0/21
Маска подсети	255.255.248.0
Диапазон адресов для хостов	172.17.0.0– 172.17.7.254
Количество IP адресов	2046
Широковещательный адрес	172.16.7.255

Таблица 3.6 – Конфигурация IP адресации для VLAN 20

Адрес сети	172.20.0.0/25
Маска подсети	255.255.255.128
Диапазон адресов для хостов	172.20.0.0– 172.20.0.127
Количество IP адресов	126
Широковещательный адрес	172.20.0.128

VLAN 16 используется для передачи данных, VLAN 17 используется для передачи речи. VLAN 20 является управляющим и используется для контроля

параметров сети и удаленной настройки коммутаторов. Адреса VLAN 20 присваиваются интерфейсам коммутаторов для удаленной настройки.

Схема организации проектируемой сети связи абонентского доступа

Проектируемая схема организации связи микрорайона Зеленый города Люберцы Московской области представлена на рисунке 3.7.

Основой функционирования сети является две дублирующих друг друга группы коммутаторов агрегации **QSW-8370-28T** уровня ядра, они выполняют функции маршрутизации внутри сети и соединение сервисной и абонентской части сети. Каждый коммутатор доступа **QSW-2910-26T-AC** подключается двумя аплинками с двумя кольцами коммутаторов агрегации в целях балансировки нагрузки и резервирования.

Кольца агрегации трафика состоят из трех коммутаторов уровня ядра и в свою очередь соединены аплинками с вышестоящими провайдерами. Скорость подключения между коммутаторами ядра составляет 10 Гбит/с. Подключения выполнены с помощью многомодового оптического волокна (патчкордов). Таким образом, обеспечивается максимальное резервирование каналов и обеспечивается надежность связи.

Выход на сеть связи общего пользования осуществляется через голосовой шлюз вышестоящего провайдера. Трафик Интернет и Цифрового ТВ также поступает через арендованные каналы от вышестоящего провайдера на коммутаторы ядра **QSW-8370-28T**.

Коммутаторы ядра, оптические кроссы, оборудование резервного питания, сервер биллинга и управления сетью, а также рабочее место администратора расположены в серверном помещении станции, находящейся в административном здании микрорайона Зеленый города Люберцы. Оборудование располагается в специализированных 19” шкафах/стойках в соответствии с техническими требованиями к зданиям и помещениям для установки средств вычислительной техники.

Коммутаторы доступа **QSW-2910-26T-AC**, установлены в специальных распределительных шкафах и соединены двумя оптическими аплинками по 1 Гбит/с с двумя коммутаторами (разных групп) агрегации в серверном помещении. Подключения к коммутаторам ядра выполнены с помощью многомодового оптического волокна. Абонентская разводка выполнена с помощью кабеля UTP5e, максимальная скорость подключения абонента до 100 Мбит/с. В помещении абонента устанавливается розетка с коннектором RJ-45 к которой подключается оборудование абонента.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

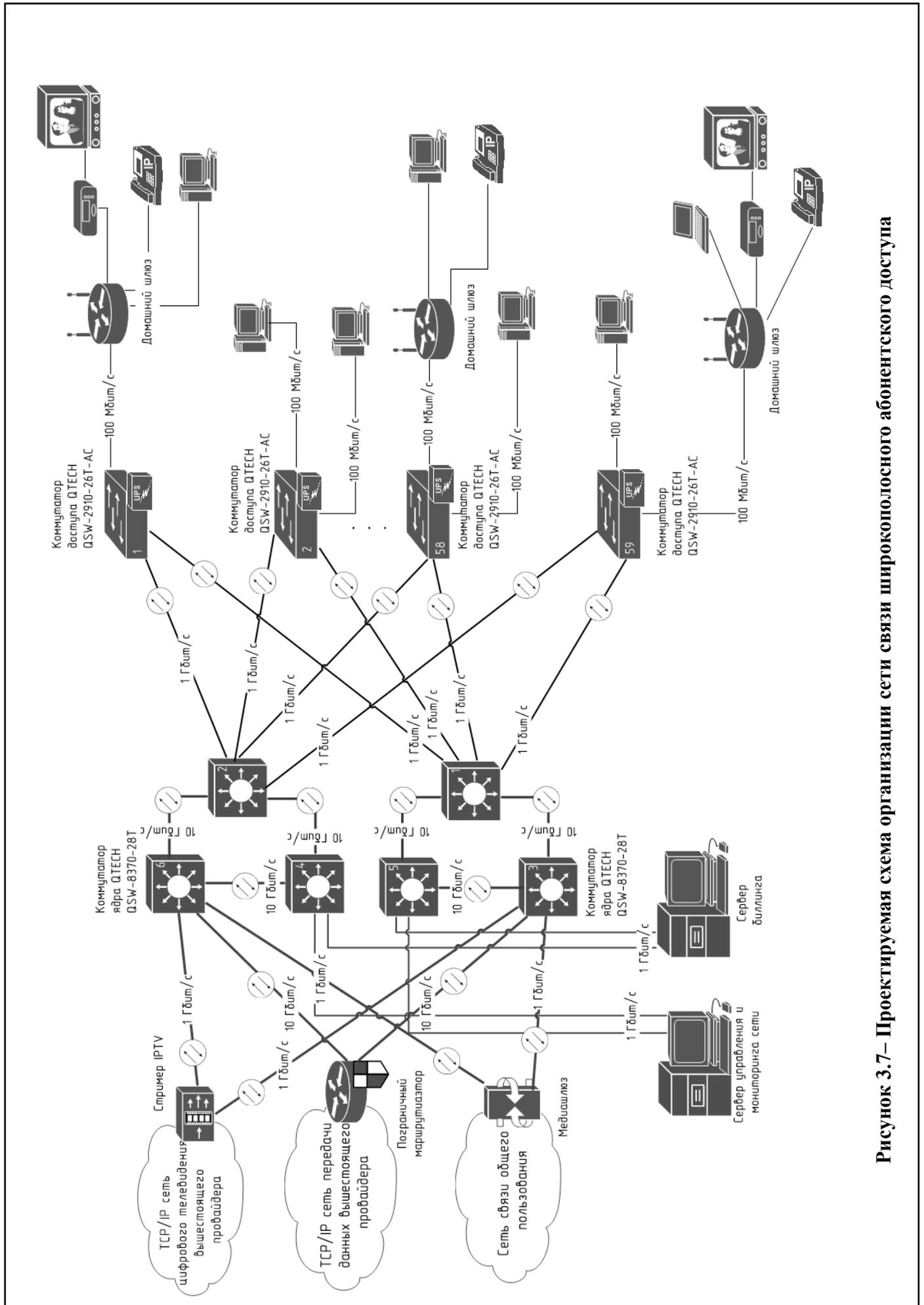


Рисунок 3.7— Проектируемая схема организации сети связи широкополосного абонентского доступа

3.6 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта

Техническое помещение сети широкополосного абонентского доступа является помещением с повышенной опасностью поражения электрическим током, в силу опасности одновременного прикосновения к металлическим корпусам оборудования с одной стороны и к заземлённым металлическим конструкциям с другой. Для предотвращения этого необходимо соблюдать нормы на проектирование эксплуатационных проходов – 1800 мм и размещение оборудования вдали от батарей центрального отопления. Места разъёмов должны располагаться в безопасном для человека месте, все провода должны быть изолированы.

Ремонт и техническое обслуживание мультисервисного оборудования необходимо производить в соответствии с правилами техники безопасности при эксплуатации электрических установок до 1 000 В. К обслуживанию должны допускаться лица, имеющие квалификацию четвёртой группы по правилам техники безопасности.

Пожар, возникающий на участке сети широкополосного абонентского доступа, может привести к выходу из строя оборудования, и угрожает жизни и здоровью людей. К основным причинами пожаров относятся: неисправности электрооборудования (короткое замыкание, пробой в цепях электрического тока, перегрузка и так далее); самовозгорание горючих веществ; неправильное хранение пожароопасных материалов (спирт, бензин); курение в не предназначенных для этого местах.

На участке ЭМС заранее разработаны мероприятия, обеспечивающие быструю ликвидацию возникшего пожара. К этим мероприятиям относятся:

1. установка устройств пожарной сигнализации,
2. организация средств пожаротушения, с набором средств пожаротушения. Во всех технических помещениях АТС предусмотрена

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

установка углекислотных огнетушителей ОУ-8, в которых в качестве огнегасящего вещества используется углекислый газ, не являющийся электропроводным; кроме того он не портит предметы, подвергающиеся тушению;

3. организация двух выходов из технического помещения - главного и запасного, и наружных пожарных лестниц.

При возникновении аварийной ситуации на рабочем месте, работающий с персональным компьютером обязан работу прекратить, отключить электроэнергию, сообщить руководителю и принять меры к ликвидации создавшейся ситуации. При наличии травмированных:

- - устранить воздействие повреждающих факторов, угрожающих здоровью и жизни пострадавших (освободить от действия электрического тока, погасить горящую одежду и т.д.);
- - оказать первую помощь;
- - вызвать скорую медицинскую помощь или врача, либо принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение;
- - сохранить, по возможности, обстановку на месте происшествия;

Разработанные в разделе мероприятия и рекомендации в полной мере решают вопросы охраны труда. Мероприятия по эргономическому обеспечению (удобное рабочее место оператора, оптимальное размещение оборудования, правильное освещение) способствует созданию наилучших условий работы оператора. Мероприятия по технике безопасности (заземление и зануление оборудования, применение защитных средств) соответствуют требованиям системы стандартов безопасности труда. Мероприятия по пожарной профилактике (надёжная изоляция токонесущих проводов, оснащение помещений огнетушителями и сигнализацией) позволяют предотвратить возникновение пожара, вовремя его обнаружить и принять меры по его устранению. [20]

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг

Построение сети широкополосного абонентского доступа позволяет предоставить частным и физическим лицам такие услуги, как телефония, доступ в Интернет и цифровое телевидение.

Согласно расчету, приведенному в главе 3, услуги IP телефонии предоставляются 480 абонентам, доступ к сети Интернет 1200 абонентам, Цифровое телевидение 840 абонентам.

Расчет необходимой полосы канала связи для частных лиц выполняется, исходя из требований к пропускной способности сети связи:

- доступ к сети Интернет - 40 Мбит/с
- IP телефония - 30 Кбит/с
- цифровое телевидение - 9 Мбит/с

Для правильной оценки характеристик и расчета требуемой пропускной способности для предоставления комплексной услуги Triple Play используем параметры, основанные на статистических данных, адаптированные к российскому рынку услуг связи. Значения этих параметров приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значения параметров

Параметр	Обозначение	Значение
1. Количество сетевых узлов для подключения абонентов Triply Play (узлы доступа)	FN	59 (24 порта)
Узлов агрегации	FNA	6 (24 порта)
2. Число абонентов сети:	NS	1200
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке	OHD	10%
4. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке	OHU	15%

Окончание таблицы 4.1

Параметр	Обозначение	Значение	
5. Процент абонентов Triply Play: - находящихся в сети в ЧНН; - одновременно принимающих или передающих данные; - одновременно пользующихся услугами IPTV	DAAF	70%	
	DPAF	50%	
	IPVS AF	70%	
6. Услуга передачи данных: 6.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту: -средняя пропускная способность; -пиковая пропускная способность; 6.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента: - средняя пропускная способность; - пиковая пропускная способность;	ADBS PDBS	20 Мбит/с 40 Мбит/с	
			AUBS PUBS
	7. Услуга TV IP: - проникновение услуги; - количество сессий на абонента; - использование режима Unicast; - использование режима Мультикаст; - использование потоков Мультикаст; - количество доступных каналов; - скорость видеопотока; - запас на вариацию битовой скорости;	IPVS User	
		IPVS SH	1,3
IPVS UU		20%	
IPVS MUM		70%	
IPVS MU		70%	
IPVS MA		134	
VSB		10 Мбит/с	
SVBR	0,2		

Проектируемая сеть должна быть надежной и на ней не должно быть перегрузок. Поэтому все необходимые расчеты трафика будем производить для часа наибольшей нагрузки для одного сетевого узла доступа.

После того как было определено количество абонентов, пользующихся определенными услугами можно переходить непосредственно к расчету нагрузок проектируемой сети широкополосного абонентского доступа микрорайона «Зеленый» города Люберцы Московской области. Весь трафик, создаваемый группами абонентов (до 24 человек) будет обрабатываться на пятидесяти шести коммутаторах доступа, затем трафик будет агрегирован на шести сетевых узлах агрегации, что, в свою очередь, и составит нагрузку на транспортную сеть микрорайона «Зеленый» города Люберцы. Среднее число абонентов, приходящееся на один узел составляет 20 активных портов (4.1.1).

$$TS = N / FN = 1200 / 59 = 20 \quad (4.1.1)$$

4.2 Трафик IP-телефонии

Исходными данными для расчета являются:

- количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского коммутатора, $N_{VoIP}=8$, человек;
- тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
- длина заголовка IP пакета, 58 байт.

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит согласно формуле (4.2.1)

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч.голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит/байт}}, \text{ байт}, \quad (4.2.1)$$

где $t_{\text{звуч.голоса}}$ - время звучания голоса (мс),

$v_{\text{кодирования}}$ - скорость кодирования речевого сигнала (кбит/с).

Эти параметры являются характеристиками используемого кодека. В данном случае для кодека G.729A скорость кодирования – 8кбит/с, а время звучания голоса – 20 мс.

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{20 \cdot 8}{8} = 20 \text{ байт}.$$

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит (4.2.2):

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт}, \quad (4.2.2)$$

где L_{Eth} , IP, UDP, RTP – длина заголовка Ethernet, IP, UDP, RTP протоколов соответственно (байт),

$Y_{\text{полезн}}$ – полезная нагрузка голосового пакета (байт).

$$V_{\text{пакета}} = 14 + 20 + 8 + 16 + 20 = 78, \text{ байт}.$$

Использование кодека G.729A позволяет передавать через шлюз по 50 пакетов в секунду, исходя из этого, полоса пропускания для одного вызова определится по формуле (4.2.3):

$$ППр_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \frac{\text{бит}}{\text{байт}} \cdot 50 \text{ pps}, \text{Кбит/с}, \quad (4.2.3)$$

где $V_{\text{пакета}}$ – размер голосового пакета, (байт).

$$ППр_1 = 78 \cdot 8 \cdot 50 = 30 \text{Кбит/с}.$$

С помощью средств подавления пауз обычный голосовой вызов можно сжать примерно на 50 процентов (по самым консервативным оценкам – 30%). Исходя из этого, необходимая полоса пропускания WAN для нашей точки присутствия составит (4.2.4):

$$ППр_{\text{WAN}} = ППр_1 \cdot N_{\text{SIP}} \cdot \text{VAD}, \text{Кбит/с}, \quad (4.2.4)$$

где $ППр_1$ – полоса пропускания для одного вызова (кбит/с), N_{SIP} – количество голосовых портов в точке присутствия (шт), VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7)

$$ППр_{\text{WAN}} = 30 \cdot 8 \cdot 0,7 = 168 \text{Кбит/с}.$$

4.3 Трафик цифрового телевидения

Далее определяется трафик, создаваемый на сети услугой цифрового IP-телевидения и видео по запросу. Для определения среднего количества абонентов, приходящихся на один сетевой узел, используется формула (4.3.1):

$$\text{AVS} = \text{NS}/\text{FN}, \text{аб}, \quad (4.3.1)$$

где NS – общее число абонентов (аб),

FN – количество сетевых узлов абонентской коммутации (шт).

$$\text{AVS} = 840/59 = 15 \text{аб}.$$

Количество абонентов на одном оптическом сетевом узле, пользующихся услугами интерактивного телевидения одновременно, определяется коэффициентом $\text{IPVS Market Penetration}$ (4.3.2):

$$\text{IPVS Users} = \text{AVS} * \text{IPVS MP} * \text{IPVS AF} * \text{IPVS SH}, \text{аб}, \quad (4.3.2)$$

где IPVS MP – коэффициент проникновения услуги IP TVHD,

IPVS AF – процент абонентов, пользующихся услугами IP TVHD одновременно в ЧНН,

IPVS SH – коэффициент, показывающий, сколько различных программ одновременно принимается в одном доме.

$$IPVS Users = 15 * 1 * 0,7 * 1,3 = 14 \text{ аб.}$$

В некоторых домовладениях может одновременно приниматься несколько видеопотоков, например два, и в этом случае в расчетах считается, что видеопотоки принимают два абонента.

Для абонентов трансляция видеопотоков происходит в разных режимах. Часть абонентов принимает видео в режиме мультикаст, а часть – в режиме unicast. При этом абоненту, заказавшему услугу видео по запросу, будет соответствовать один видеопоток, следовательно, количество индивидуальных потоков равно количеству абонентов принимающих эти потоки (4.3.3):

$$IPVS US = IPVS Users * IPVS UU * UUS, \text{ потоков,} \quad (4.3.3)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео,

UUS=1 – количество абонентов, приходящихся на один видеопоток.

$$IPVS US = 14 * 0,3 * 1 = 5, \text{ потоков.}$$

Один групповой поток принимается одновременно несколькими абонентами, следовательно, количество индивидуальных потоков (4.3.4):

$$IPVS MS = IPVS Users * IPVS MU, \text{ потоков,} \quad (4.3.4)$$

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$IPVS MS = 14 * 0,7 = 9 \text{ потоков.}$$

Необходимо рассчитать максимальное количество видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания (4.3.5)

$$IPVS MSM = IPVS MA * IPVS MUM, \text{ видеопотоков,} \quad (4.3.5)$$

где IPVS MA – количество доступных групповых видеопотоков,

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

IPVS MUM – процент максимального использования видеопотоков.

$IPVS MSM = 134 * 0,7 = 94$, видеопотока мультикаст.

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого от оператора, составляет 10 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока составит (4.3.6):

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (4.3.6)$$

где VSB – скорость трансляции потока, Мбит/с,

SVBR – запас на вариацию битовой скорости.

$IPVSB = 10 * (1 + 0,2) * (1 + 0,1) = 13,2 \text{ Мбит/с}$.

Для передачи одного видеопотока в IP сети в режиме индивидуального вещания необходима пропускная способность (4.3.7):

$$IPVS UNB = IPVS US * IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.7)$$

где IPVS MS – количество транслируемых потоков в режиме мультикаст,

IPVS US – количество транслируемых потоков в режиме unicast,

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$IPVS UNB = 5 * 13,2 = 66 \text{ Мбит/с}$.

Групповые потоки транслируются от головной станции к множеству пользователей, и общая скорость для передачи максимального числа групповых видеопотоков в ЧНН составит (4.3.8):

$$IPVS MNBM = IPVS MSM * IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.8)$$

где IPVS MSM – число используемых видеопотоков среди доступных,

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$IPVS MNBM = 9 * 13,2 = 118,8 \text{ Мбит/с}$.

Общая пропускная способность для IP сети с предоставлением услуг интерактивного телевидения на одном сетевом оптическом узле сложится из пропускной способности для передачи видео в групповом и индивидуальном режимах (4.3.9):

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$AB = IPVS\ MNBM + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.9)$$

где $IPVS\ MNBM$ – пропускная способность для передачи группового видеопотока, $IPVS\ UNB$ – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 66 + 118,8 = 184,8 \text{ Мбит/с}.$$

Итак, для предоставления услуги IP TVHD на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 184.8 Мбит/с.

4.4 Трафик передачи данных

Среди всех пользователей сети в час наибольшей нагрузки (ЧНН) в сети будет находиться, и передавать данные только часть абонентов (активные абоненты). Даже в час наибольшей нагрузки количество активных абонентов может изменяться, поэтому для их подсчета используется пятиминутный временной интервал внутри ЧНН, и максимальное число активных абонентов за этот период времени определяется параметром Data Average Activity Factor (DAAF), в соответствии с этим количество активных абонентов составит (4.4.1):

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (4.4.1)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле (аб),

$DAAF$ – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН.

$$AS = 20 * 0,7 = 14 \text{ аб}.$$

В час наибольшей нагрузки в сети находится 14 человек с одного сетевого узла, охватывающего 20 абонентов.

Средняя пропускная способность для приема данных составит (4.4.2):

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (4.4.2)$$

где AS - количество активных абонентов (аб),

$ADBS$ – средняя скорость приема данных (Мбит/с),

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

OHD – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке.

$$BDDA = (14 * 20) * (1 + 0,1) = 308 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных (4.4.3):

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.3)$$

где AS - количество активных абонентов (аб),

AUBS – средняя скорость передачи данных (Мбит/с),

OHU – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во исходящем потоке.

$$BUDA = (14 * 10) * (1 + 0,15) = 161 \text{ Мбит/с.}$$

Количество абонентов, передающих или принимающих данные в течении некоторого короткого промежутка времени, определяют пиковую пропускную способность сети. Количество таких абонентов в час наибольшей нагрузки определяется коэффициентом Data Peak Activity Factor по формуле (4.4.4):

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб,} \quad (4.4.4)$$

где DPAF – процент абонентов, одновременно принимающих или передающих данные в течении короткого интервала времени.

$$PS = 14 * 0,5 = 7 \text{ аб.}$$

Пиковая пропускная способность измеряется за короткий промежуток времени (1 секунда), она необходима для приема и передачи данных в момент, когда одновременно несколько пользователей передают или принимают данные по сети. Пиковая пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки (4.4.5):

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.5)$$

где PDBS – пиковая скорость приема данных, Мбит/с.

$$BDDP = (7 * 40) * (1 + 0,1) = 308 \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН (4.4.6):

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.6)$$

где PUBS – пиковая скорость передачи данных, Мбит/с.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$BUDP = (7 * 20) * (1 + 0,15) = 161 \text{ Мбит/с.}$$

Из расчета видно, что пиковая пропускная способность для передачи данных выше средней пропускной способности. Для проектирования сети необходимо использовать максимальное значение полосы пропускания среди пиковых и средних значений для исключения перегрузки сети:

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с,}$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с,}$$

где BDD – пропускная способность для приема данных (Мбит/с),

BDU – пропускная способность для передачи данных (Мбит/с).

$$BDD = \text{Max} [161; 308] = 308 \text{ Мбит/с,}$$

$$BDU = \text{Max} [308; 161] = 308 \text{ Мбит/с.}$$

Общая пропускная способность для приема и передачи данных, необходимая для нормального функционирования оптического сетевого узла, составит (4.4.7):

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.7)$$

где BDD – максимальная пропускная способность для приема данных (Мбит/с), BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных (Мбит/с).

$$BD = BDD + BDU = 308 + 308 = 616, \text{ Мбит/с,}$$

Итак, для передачи данных на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 616 Мбит/с.

4.5 Оценка требуемой полосы пропускания

Полоса пропускания для передачи и приема трафика телефонии, видео, данных и доступа к сети Internet на одном оптическом узле составит (4.5.1):

$$\text{ППр Triply play} = \text{ППрWAN} + \text{AB} + \text{BD}, \text{ Мбит/с,} \quad (4.5.1)$$

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

где ППр_{WAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии (Мбит/с);

AB – пропускная способность для видеопотоков (Мбит/с);

BD – пропускная способность для трафика данных (Мбит/с);

$\text{ППр Triple play} = 0,2 + 184,8 + 616 = 801 \text{ Мбит/с}$.

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания для коммутатора доступа на направление агрегации может обеспечить канал, работающий на основе протокола **1000 Base SX**, а на направление доступа к абонентам технология **100 Base TX**.

В данной выпускной квалификационной работе используются 2 канала по направлению к двум группам коммутаторов агрегации, это сделано в целях резервирования и обеспечения масштабируемости сети.

					Лист
					57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ

К капитальным вложениям относятся все затраты, вносимые для первоначального этапа строительства сети и имеющие единовременный характер. Расчет капитальных затрат состоит из двух основных частей:

1. Смета затрат на приобретение оборудования (таблица 5.1).
2. Смета затрат на строительство линейно-кабельных сооружений (таблица 5.2).

В смету затрат на приобретения оборудования входят:

- Программное обеспечение.
- Оборудование для обслуживания компонентов сети (электропитание, кондиционирование и т.п.).
- Монтажный материал и документация.

Таблица 5.1 - Смета затрат на приобретение оборудования

№	Наименование	Кол-во	Стоимость	Сумма
1	Коммутатор ядра QTECH QSW-8370-28T	6	270000	1620000
2	Коммутатор доступа QTECH QSW-2910-26T-AC	59	26000	1534000
3	Модуль оптический QSC-SFP+0.6GE-850-MM-DDM	118	4500	531000
4	Модуль оптический QSC-SFP+0.2G10E-1310-MM-DDM	12	6900	82800
5	Модуль оптический QSC-SFP+10GE-1310-SM-DDM	6	9800	58800
6	Рабочие место администратора HP Z1 G2	1	145000	145000
7	Сервер управления и контроля сети HP Z840 E5-2620v3 с программным пакетом	1	301500	301500
8	Сервер биллинга на базе рабочей станции HP Z640 E5-2630v3 с программным пакетом	1	297000	297000
9	Шкаф антивандальный для коммутационного оборудования с системами телеметрии 8U	59	7800	460200
10	Блок бесперебойного питания APC-2000-U	59	4900	289100
ИТОГО (К)				5 319 400

Смета затрат составлена согласно следующим источникам [21,23,24,25].

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле (5.1):

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист 58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{обор} = K * (K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{ппр}), \text{ руб.}, \quad (5.1)$$

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 $K_{пр}$); $K_{ппр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

$$K_{обор} = 5\,319\,400 * (0,04 + 1 + 0,005 + 0,012 + 0,03) = 5\,782\,187,8 \text{ рублей.}$$

Таблица 5.2 - Смета затрат на прокладку линейно-кабельных сооружений

№	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	Кабель оптический ДПО-П-4М (1x4) 1.5 кН, км	4	26000	104000
2	Кабель оптический ДПО-П-32М (4x8) 1.5 кН, км	2	37000	74000
3	Муфта оптическая МОГ-6012	16	3600	57600
4	Витая пара FTP, 24AWG, Cat.5e, Solid, 25 пары, м	1180	109	128620
5	Витая пара UTP, 24AWG Cat.5e, Solid, 2 пары, м	18000	15	270000
ИТОГО (К_v):				634 220

Капитальные затраты на прокладку кабеля рассчитываются по формуле:

$$K_{лкс} = K_v * (K_{пр} + K_{тр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{ппр}) + K_{прок}, \text{ руб.}, \quad (5.2)$$

$$K_{лкс} = (0,04 + 1 + 0,005 + 0,012 + 0,03) * 360000 + 6 * 150000 = 1291320 \text{ руб.}$$

Общие затраты на прокладку кабеля составят :

$$K_{прок} = L * Y$$

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

$$K_{прок} (\text{оптический}) = L * Y = 6 * 170000 = 1020000 \text{ рублей}$$

$$K_{прок} (\text{медный}) = L * Y = 19,18 * 21000 = 402780 \text{ рублей}$$

$$K_{прок} = K_{прок} (\text{медный}) + K_{прок} (\text{оптический}) = 1422780 \text{ рублей}$$

Стоимость прокладки кабеля вычислена исходя из данных представленных в [26].

$$K_{лкс} = (0,04 + 1 + 0,005 + 0,012 + 0,03) \cdot 634220 + 1422780 = 2112177,14 \text{ руб.}$$

Общие затраты на реализацию проекта рассчитываются по формуле:

$$K_{общ} = K_{обор} + K_{лкс}, \text{ руб.} \quad (5.3)$$

$K_{общ} = 9085089$ рублей.

Таким образом, общие капитальные затраты на реализацию проекта МСС составляют 9 млн. 85 тысяч 89 рублей.

5.1 Расчет эксплуатационных расходов

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Фонд рабочего времени месяца, составляет 176 часов. Расходы на оплату труда в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Состав персонала по обслуживанию мультисервисной сети

Группы	Численность	Среднемесячная заработная плата	Фонд заработной платы
Состав персонала по обслуживанию мультисервисной сети			
Инженеры	187,5	1	33 000
Работники	93,75	3	3x16500
ВЛН (АИкл)		4	82500
Состав персонала по обслуживанию линейного тракта			
Инженеры	187,5	1	33 000
Работники	93,75	3	3x16 500
Работники	93,75	2	2x16 500
ВЛН		6	115500

Годовой фонд оплаты труда определяется как (5.4):

$$\text{ФОТ}_{\text{год}} = 3П * m * K_d * K_{пр} \quad (5.4)$$

где $m=12$ – количество месяцев в году;

$K_d=1,04$ – коэффициент, учитывающий доплату за работу с вредными условиями труда;

$K_{пр}=1,25$ - размер премии (25 %).

1. для стационарного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{год ст}} = 82500 * 12 * 1,04 * 1,25 = 1287000 \text{ руб.}$$

2. ^ e y e b g _ c g h] h i _ j k h g Z e Z

$$\text{ФОТ}_{\text{год лн}} = 115500 * 12 * 1,04 * 1,25 = 1801800 \text{ руб.}$$

Общий годовой фонд оплаты труда составит (5.5):

$$\text{ФОТ}_{\text{год}} = \text{ФОТ}_{\text{год ст}} + \text{ФОТ}_{\text{год лн}} \quad (5.5)$$

$$\text{ФОТ}_{\text{год}} = 1801800 + 1287000 = 3088800 \text{ руб.}$$

$$= h \wedge h \setminus h c \text{ @ } h l g u \wedge l j m \wedge Z \text{ k h k l Z } \setminus b l l u k \text{ y } 800 j e m e [b e h _ g c Z$$

Страховые взносы составляют 30 % от фонда оплаты труда (2016 год):

$$\text{СВ} = 0,30 * \text{ФОТ}_{\text{год}} \quad (5.6)$$

где $X_{\text{СВ}}=0,30$, коэффициент страховых выплат;

$$\text{СВ} = 926640 \text{ руб.}$$

Сумма страховых взносов составляет 926 тысяч 640 рубля.

Амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов рассчитываются по формуле:

$$\text{АО}_{\text{год}} = K_{об} * N_a \quad (5.7)$$

N_a – норма амортизационных отчислений для данного типа оборудования и линейно-кабельных сооружений составляет 5%.

$$\text{АО}_{\text{год}} = 297681 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизационные отчисления 297 тысяч 681 рублей.

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Величина материальных затрат включает в себя оплату электроэнергии для производственных нужд, затраты на материалы и запасные части и др.

1. затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования (5.8):

$$Z_{\text{ЭН}} = T * Z_t * (P * n) \quad (5.8)$$

где T = 4,7 руб./кВт . час – тариф на электроэнергию.

$P = 0,25$ д < l ± f h s g h k l v h ^ g h c m k l Z g n h d d h e b d k m k l Z g h d

Z_t q Z k h \ j Z [h l u \] h ^ m

L h] ^ Z a Z l j Z l u g Z w e _ d l j h w g _ j] b x k h k l Z \

$Z_{\text{ЭН}} = 419954$ руб.

2. затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от ОПФ:

Затраты на материалы и запасные части рассчитываем по формуле (5.9)

$$Z_{\text{м}} = \text{ОПФ} * L \quad (5.9)$$

l ^ H I N - w l h h k g h \ g u _ i j h b a \ h ^ k l \ _ g g u \ e h ` _ k g b y

L ± d h w n n b p b _ g l a Z l j Z l g . Z f Z l _ j b Z e u

< b l h] _ f Z l _ j b Z e k g k l Z \ a e z y j Z l u

$Z_{\text{м}} = 317978$ руб.

L Z d b f h [j Z a h f h [s b _ f Z l _ j b Z e v g u _ a Z l j w e _ d l j h w g _ j] b x b f Z l 5 . 1 0 b Z e v g u o a Z l j Z l

$$Z_{\text{Общ}} = Z_{\text{ЭН}} + Z_{\text{м}} \quad (5.10)$$

$Z_{\text{общ}} = 737933$ руб.

Материальные затраты составили 737 тысяч 933 рубля.

Прочие расходы предусматривают общие производственные ($Z_{\text{пр}}$) и эксплуатационно-хозяйственные затраты ($Z_{\text{эк}}$):

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 * \text{ФОТ}_{\text{год}} \quad (5.11)$$

$$Z_{\text{эк}} = 0,25 * \text{ФОТ}_{\text{год}} \quad (5.12)$$

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Подставив значения получаем:

$$З_{\text{пр}} = 463320 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{эк}} = 772200 \text{ руб.}$$

Таким образом, сумма других расходов определяется как (5.13):

$$З_{\text{прочие}} = З_{\text{эк}} + З_{\text{пр}} \quad (5.13)$$

$$З_{\text{прочие}} = 1235520 \text{ руб.}$$

Затраты на прочие расходы составят 1 миллион 235 тысяч 520 рублей.

Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов сведём в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов

№ п/п	Наименование	Км (руб.)	Кп (шт.)
1	Эксплуатационные расходы	3088800	49
2	Расходы на эксплуатацию	926640	15
3	Расходы на эксплуатацию	297681	5
4	Расходы на эксплуатацию	737933	12
5	Итого	1235520	20
	ИТОГО (Э)	6286574	100

5.2 Расчёт предполагаемой прибыли

Используя данные из о видах услуг, предоставляемых пользователям разрабатываемой мультисервисной сети и стоимости этих услуг, проведём расчёт предполагаемой прибыли (таблица 5.5 и 5.6).

Стоимость услуг представлена на основании анализа цен других операторов региона, а также цен провайдера-заказчика в соседних регионах.

Таблица 5.5 – Прейскурант на виды предоставляемых услуг

Название услуги	Стоимость предоставления
Подключение (IP-TV)	200
Подключение (Интернет)	200
Подключение (VoIP)	100
IP-TV, абонентская плата	500
IP-TV, пакет дополнительных каналов	100
IP-TV, видео по запросу	150
VoIP, абонентская плата	200
Реальный IP, абонентская плата	100
Родительский контроль, абонентская плата	150
Доступ в Интернет, абонентская плата	500

Таблица 5.6 – Планируемая прибыль по видам услуг

Название услуги	Абоненты	Цена	Стоимость
IP-TV, абонентская плата	840	400	336000
IP-TV, пакет дополнительных каналов	504	100	50400
IP-TV, видео по запросу	336	150	50400
VoIP, абонентская плата	480	200	96000
Интернет, SMS-уведомления	600	20	12000
Реальный IP (в месяц)	360	100	36000
Интернет, родительский контроль	480	150	72000
Интернет, абонентская плата	1200	500	600000
ИТОГО (Пр_{month})			1252800

Сумма общей ежемесячной прибыли составляет 1 миллион 252 тысячи 800 рублей.

Сумма ежегодной прибыли рассчитывается по формуле (5.14):

$$Pr_{year} = 12 * Pr_{month} \quad (5.14)$$

$$Pr_{year} = 15033600 \text{ руб.}$$

Ежегодная прибыль оценивается в 15 миллионов 33 тысячи 600 рублей при полной нагрузке сети.

Сумма за подключение всех абонентов составляет 276 тысяч рублей. Примем во внимание тот факт, что в первые 5 лет подключатся ~70 % абонентов, а ~30 % в последующие 5 года. Проектный период составляет 10

лет. Подробная информации прибыли на каждый год проектного периода содержится в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Предварительные экономические показатели проекта по доходам

Год	Количество абонентов от проектного значения	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	0,5	138000	6796800	6934800
2	0,55	13800	7476480	7490280
3	0,6	13800	8156160	8169960
4	0,65	13800	8835840	8849640
5	0,7	13800	9515520	9529320
6	0,75	13800	10195200	10209000
7	0,8	13800	10874880	10888680
8	0,9	27600	12234240	12261840
9	0,95	13800	12913920	12927720
10	1	13800	13593600	13607400

5.3 Определение оценочных показателей проекта

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец *i*-го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (5.15):

$$NPV = PV - IC \quad (5.15)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.16); IC – отток денежных средств в начале *n*-го периода, рассчитываемый по формуле (5.17).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.16)$$

где P_n – доход, полученный в n -ом году, i – норма дисконта, T – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.17)$$

где I_n – инвестиции в n -ом году, i – норма дисконта, m – количество лет, в которых производятся выплаты.

В таблице 5.8 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями: ставка дисконта 11 % (2016).

$$P_i = P_{подкл(i)} + P_{аб(i)} + \sum_{i=2}^T P_{подкл(i-1)} - P_{аб(i-1)}$$

где $P_{подкл(i-1)}$, $P_{аб(i-1)}$ – доходы от подключения абонентов и доход от абонентской платы за год; T – расчетный период.

Таблица 5.8 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	15371662	15371662	-15371662
1	7654800	7654800	6286574	21658236	-14003436
2	8282280	15116314	6286574	27321816	-12205502
3	9033960	22448478	6286574	32424140	-9975662
4	9785640	29603654	6286574	37020828	-7417174
5	10537320	36544913	6286574	41161989	-4617076
6	11289000	43244385	6286574	44892764	-1648379
7	12040680	49681824	6286574	48253823	1428001
8	13557840	56212072	6286574	51281804	4930268
9	14295720	62415363	6286574	54009715	8405648
10	15047400	68297765	6286574	56467292	11830473

Как видно из приведенных в таблице 5.8 рассчитанных значений, проект окупится на 9 году эксплуатации, т.к. мы имеем положительный NPV.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле (5.18):

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.18)$$

где T – значение периода, когда денежный доход меняет знак с «-» на «+»;

NPV_n – положительный чистый денежный доход в n году; NPV_{n-1} – отрицательный чистый денежный доход по модулю в $n-1$ году.

$$PP = 7.53 \text{ года}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 7 лет и 7 месяцев.

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле (5.19):

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.19)$$

$$PI = 68297765/56467292 = 1,21$$

Если $PI > 1$, то проект следует принимать; если $PI < 1$, то проект следует отвергнуть; если $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Экономический смысл показателя IRR заключается в том, что предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов (5.20):

$$IRR > i \quad (5.21)$$

где i – ставка дисконтирования

Расчет показателя IRR осуществляется путем последовательных итераций. В этом случае выбираются такие значения нормы дисконта i_1 и i_2 , чтобы в их интервале функция NPV меняла свое значение с «+» на «-», или наоборот. Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.22)$$

где i_1 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV > 0$; i_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV < 0$.

Для описанного выше примера будем иметь: $i_1=11\%$, при котором $NPV1=1428001$ руб.; $i_2=15\%$ при котором $NPV2 = -484800$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 11 + \frac{1428001}{1428001 - (-484800)}(15 - 11) = 13,99\% .$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 13.99%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 11%, таким образом, проект следует принять. В случае если, $IRR < i$ проект нецелесообразен для реализации.

В данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен общий дохода от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	1200
Капитальные затраты, руб	9085089
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	6286574
Расходы на оплату производственной электроэнергии	419954
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	317978
Фонд оплаты труда	3088800
Страховые взносы	926640
Амортизационные отчисления	297681
Доходы (NPV), руб	15033600
Внутренняя норма доходности (IRR), %	13,99
Индекс рентабельности (PI)	1,21
Срок окупаемости, год	7 лет и 7 месяцев

Анализ технико-экономических показателей проекта свидетельствует о достаточной степени эффективности принятых проектных решений и подтверждает их экономическую обоснованность.

						Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы были разработаны рекомендации к реализации проектирование сети широкополосного абонентского доступа в городе Люберцы. Для того чтобы удовлетворить спрос на телекоммуникационные услуги, был проведен анализ подходов к построению сети связи, в результате которого были выработаны мероприятия для построения мультисервисной сети доступа. В результате анализа инфраструктуры района, было определено количество абонентов сети, которое составило – 1200 портов.

Для реализации сети широкополосного доступа в данной выпускной квалификационной работе были выбрана технология FTTH, которая позволяет создать оптимальную, с экономической точки зрения инфраструктуру, которая способна обеспечить пользователей сети качественными услугами связи: IP-TV, высокоскоростной доступ в сеть Интернет, VoIP.

В качестве основного поставщика оборудования выбрана Российская компания QTECH.

Выбраны следующие модели коммутаторов:

- Коммутатор ядра QTECH QSW-8370-28T;
- Коммутатор доступа QTECH QSW-2910-26T-AC.

В качестве серверного оборудования выбраны следующие оборудование:

- Сервер биллинга на базе рабочей станции HP Z640 E5-2630v3 с программным пакетом биллинга от компании HP
- Сервер управления и контроля сети HP Z840 E5-2620v3 с программным пакетом NMS (Network management system) HP.
- Рабочие место администратора на базе рабочей станции HP Z1 G.

В качестве поставщика кабеля была выбрана Российская компания Инкаб. В проекте, для построения структурированной кабельной системы, использован кабель следующих марок:

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Оптический кабель ДПО-П-32М (4x8) 1.5 кН;
- Оптический кабель ДПО-П-4М (1x4) 1.5 кН;
- Медножильный кабель FTP, 24AWG, Cat.5e, Solid, 25 пары.
- Витая пара UTP, 24AWG Cat.5e, Solid, 2 пары.

При расчете экономических показателей, было рассчитаны капитальные вложения в проект, которые составляют 9085089 рублей. Установленные тарифы на услуги связи позволят получить тарифный доход 13593600 рублей в год. Срок окупаемости проекта составит 7 лет и 7 месяцев, данный показатель полностью отвечает к требованиям последних лет по окупаемости сети.

В дальнейшем при увеличении числа пользователей сети возможно ее расширение за счет гибкости и масштабируемости используемой архитектуры.

						Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Город Люберцы [Электронный ресурс] // Википедия свободная энциклопедия <https://ru.wikipedia.org/wiki/Люберцы> (Дата обращения 10.02.16)
2. ТЕЛЕКОМЗА [Электронный ресурс] // Бесплатный поиск интернет-провайдера.: URL: <http://prov.telekomza.ru/providers/mosobl/> Дата обращения (16.02.16)
3. ЗАО МГТС [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании МГТС Е.: URL: www.rostelecom.ru (Дата обращения 17.02.16)
4. «ИНТУИТ». [Электронный ресурс] // Интернет-Университет Информационных Технологий Е.: URL: www.tver.mesi.ru (Дата обращения 18.05.15)
5. РД 45.120-200 Руководящий документ отрасли. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. ЦНТИ, ИНФОРМСВЯЗЬ, М. 2000 г.
6. Л. Бараш. Архитектура мультисервисных сетей. – Компьютерное обозрения, № 14, 10 – 16 апреля 2012.
7. А.Г. Барсков. Softswitch – мягкая посадка в сети нового поколения. – Сети и системы связи, № 9(73), 2001.
8. А.Г. Барсков. "Софтсвич" – это по-нашему. – Сети и системы связи, №2, 2003.
9. А.Б. Гольдштейн. Устройства управления мультисервисными сетями: Softswitch. – Вестник связи, №4, 2002.
10. Гольдштейн Б.С., Орлов О.П., Ошев А.Т., Соколов Н.А. Реконструкция сетей доступа в эпоху NGN. // Вестник связи. – 2003, №6.
11. Рысин Л.Г. Новые возможности LAN-кабеля // Технологии и средства связи, 2002, №5.- с.40-41.
12. Орлов С. Последнее поколение неэкранированной медной проводки // Журнал сетевых решений, LAN, 2002, март.- с.57-69.

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.099.ПЗВКР				

13. Ригер В. Многомодовые оптические волокна и гигабитовые приложения // Сети и системы связи, 2002, №3.- с.24-28.

14. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи. ВСН 116-93 Минсвязи России.

15. Ларин Ю.Т., Нестеренко В.А. Полимерные оптические волокна // ИНФОРМОСТ Радиоэлектроника и телекоммуникации.- 22. 2002.- с.28-33.

16. Кирсанов И.А. Прокладка оптических кабелей в зданиях // Вестник связи, 2000, №10.- с.66-68.

17. Никульский И.Е., и другие. Оптическая сеть переноса системы абонентского доступа АТСЦ-90 // Вестник связи, 2000, №11.- с.58-61.

18. Молта Д. Экономические аспекты внедрения новых технологий мультисервисной связи // Сети и системы связи, 2011, №2. - с.53-61.

19. Руководящий технический материал «Принципы построения мультисервисных местных сетей электросвязи». – ФГУП ЦНИИС, 2005. - версия 2.0.

20. Руководящий технический материал «Принципы обеспечения безопасности на объектах связи». – ФГУП ЦНИИС, 2010.- 145 с.

21. Характеристики оборудования фирмы QTECH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании QTECH Е.: URL: <http://www.qtech.ru/catalog> (Дата обращения 10.05.16)

22. Решения компании QTECH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании QTECH Е.: URL: <http://www.qtech.ru/solutions> (Дата обращения 10.05.16)

23. Стартелеком продажа телекоммуникационного оборудования. [Электронный ресурс] // Характеристики оборудования компании Innbox Е.: <http://www.startelecom.ru/main/products/equipment/Iskratel/> (Дата обращения 10.05.16)

24. СвязьСтройДеталь [Электронный ресурс] // Каталог Е.: URL:

					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

http://ssd.ru/files/catalog_2016.pdf (Дата обращения 10.05.16)

25. Инкаб Оптические Кабели [Электронный ресурс] // Каталог продукции Е.: URL: <http://incab.ru/files/сpec.pdf> (Дата обращения 10.05.16)

26. Монтаж-линия [Электронный ресурс] // Каталог услуг Е.: URL: <http://roitl.com/part/5/montazh.html> (Дата обращения 09.04.16)

						Лист
					11070006.11.03.02.099.ПЗВКР	74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		