

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 МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ В
ЖИЛОМ КВАРТАЛЕ «НА БАЗОВСКОЙ» Г. МОСКВА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы связи
заочной формы обучения, группы 07001362
Кумашенского Александра Романовича

кафедры

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент

Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Болдышев А.В.

Рецензент
Ведущий инженер электросвязи
Участка систем коммутации №1
г. Белгорода Белгородского
филиала ПАО «Ростелеком»
Уманец Сергей Вячеславович

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖИЛОГО КВАРТАЛА «НА БАЗОВСКОЙ»	7
2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ.....	15
2.1 Сети на базе Ethernet технологии	15
2.2 Технологии xDSL	17
2.3 Пассивные оптические сети PON.....	19
2.4 Выбор варианта построения мультисервисной сети связи	23
3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	24
3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети.....	24
3.2 Расчет трафика телефонии.....	27
3.3 Расчет трафика IP-TV	28
3.4 Расчет трафика IP-TV в режиме HD.....	32
3.4 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет.....	35
4. ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЖИЛОГО КВАРТАЛА «НА БАЗОВСКОЙ».....	44
4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи ЖК «На Базовской».....	44
4.2 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования.....	49
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	55
5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительного- монтажные работы.....	59

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		<i>Кумашенский А.Р.</i>			Проектирование мультисервисной сети связи в жилом квартале «На Базовской» г. Москва	Лит.	Лист	Листов
Провер.		<i>Болдышев А.В.</i>					2	77
Рецензент		<i>Уманец С.В.</i>				<i>НИУ «БелГУ», гр.07001362</i>		
Н. контр.		<i>Болдышев А.В.</i>						
Утв.		<i>Жиляков Е.Г.</i>						
					4			

5.2 Расчет эксплуатационных расходов.....	57
5.3 Определение доходов от основной деятельности	61
5.4 Определение оценочных показателей проекта	62
6. МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	74

						<i>Лист</i>
					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	3
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ВВЕДЕНИЕ

Телекоммуникационные средства передачи информации различного вида играют существенную роль в жизни общества, основная их функция это повышение комфортности и эффективности деятельности в целом.

Основная цель использования телекоммуникационных технологий состоит в создании современных систем обработки, хранения и передачи информации различного рода (аудио, видео и текстовых данных), которые объединены в более крупные сети.

Интерес людей в быстром обмене данными на любых расстояниях привела к созданию высокопроизводительных мультисервисных сетей, обеспечивающих пользователям доступ к таким услугам как IP-телефония, IP-TV, доступ к сети Интернет, видео по запросу и т.д.

Каждый год количество пользователей мультисервисными услугами растет, о чем свидетельствуют отчеты крупных телекоммуникационных и аналитических компаний.

Современные технологии и стандарты передачи данных позволяют создавать сети с возможностью передавать данные на скоростях свыше 10 Гбит/с с высоким качеством. И при этом не увеличивать затраты на реализацию и поддержание технических ресурсов сети.

Сегодня рынок мультисервисных услуг насчитывает большое количество провайдеров, причем в крупных городах в одном районе может присутствовать более 10 провайдеров, услуги которых отличаются только ценой.

В условиях жесткой конкуренции провайдеры стараются реализовать проекта сетей еще на стадии застройки новых микрорайонов и жилых кварталов, чтобы успеть занять нишу и привлечь максимальное количество новых абонентов.

Жилой квартал «На Базовской» расположен в районе Западное Дегунино Северного административного округа г. Москвы. Вблизи квартала имеется станция метро Петровско-Разумовская. До квартала можно добраться

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		4

общественным транспортом по следующим маршрутам: от ст. м. Петровско-Разумовская: маршрутка 191м, автобус № 194 до остановки «Техникум №7», автобус № 656, № 114, троллейбус № 56 до остановки «Коровинское ш.». От ст. м. Речной Вокзал: маршрутка 200м, автобус №270 до остановки «ул. Базовская», маршрутка № 701 до остановки «ул. Базовская».

Квартал состоит из одиннадцати домов высокой этажности (17-25 этажей), имеется наземный паркинг, на территории квартала имеется новая школа и детский сад.

На территории ЖК «На Базовской» работают несколько телекоммуникационных провайдеров, однако жители не совсем удовлетворены качеством предоставляемых услуг.

Организация мультисервисной сети с качественными мультисервисными услугами позволит привлечь значительное количество абонентов и создать конкурентоспособного провайдера.

Таким образом, реализация проекта мультисервисной сети в ЖК «На Базовской» с целью предоставления жителям высокоскоростного доступа к современным мультисервисным услугам является актуальной.

Для достижения поставленной цели дипломного проектирования необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести подробный анализ проектной документации жилого квартала «На Базовской»
2. Провести анализ состояния существующих сетей связи на территории ЖК «На Базовской».
3. Определить требования к проектируемой мультисервисной сети.
4. Проанализировать современные технологии построения сетей связи и выбрать наиболее перспективную.
5. Рассчитать требуемые ресурсы сети для предоставления выбранного спектра услуг.
6. Составить проект сети абонентского доступа.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

7. Составить смету затрат на реализацию проекта и рассчитать основные экономические показатели.

8. Привести требования по организации техники безопасности, охране труда и природоохранных мероприятий.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		6

1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖИЛОГО КВАРТАЛА «НА БАЗОВСКОЙ»

Жилой квартал «На Базовской» - это современный яркий проект, расположенный в районе Западное Дегунино Северного административного округа г. Москвы. Вблизи квартала имеется станция метро Петровско-Разумовская. До квартала можно добраться общественным транспортом по следующим маршрутам: от ст. м. Петровско-Разумовская: маршрутка 191м, автобус № 194 до остановки «Техникум №7», автобус № 656, № 114, троллейбус № 56 до остановки «Коровинское ш.». От ст. м. Речной Вокзал: маршрутка 200м, автобус №270 до остановки «ул. Базовская», маршрутка № 701 до остановки «ул. Базовская».

В 2016 году здесь планируется открытие станции метро «Ховрино», в 2017 году «Селигерская», подробнее на сайте www.stroi.mos.ru. Это позволит сделать транспортную доступность идеальной. А сейчас Вы можете воспользоваться станциями метро «Петровско-Разумовская» или «Речной вокзал». Также в пешей доступности Ж/Д станция «Ховрино» Ленинградского направления, от которой Вы сможете добраться до центра столицы за 20-25 минут, минуя все возможные пробки. Если Вы предпочитаете ездить на собственном автомобиле, то в центр города можно доехать по Коровинскому или Дмитровскому шоссе, которые проходят совсем рядом и имеют хорошую проходимость даже в часы пик.

Все корпуса сданы, идет заселение. В квартирах выполнена полная отделка. Вам необходимо только расставить мебель по своему вкусу.

При строительстве ЖК «На Базовской» архитекторы продумали уникальный дизайн каждого корпуса с красочной облицовкой. Жилой квартал выполнен на основе концепции «Город в городе». На охраняемой территории расположены все элементы инфраструктуры, необходимые современному городскому жителю. Здесь находятся детские и спортивные площадки, здания детского сада и школы с инновационной системой частичного получения электроэнергии от солнечных батарей. Корпуса расположены так, что между

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

ними образуется пространство с широкой парковой зоной, где в ближайшее время проложат велосипедные дорожки.

На территории ЖК «На Базовской» строится отдельно стоящий многоуровневый паркинг, где при необходимости каждый житель квартала сможет приобрести машиноместо.

В шаговой доступности от ЖК «На Базовской» находятся крупные супермаркеты, общеобразовательные учреждения, тренажерные залы, несколько парковых зон, в том числе парк «Грачево», который славится своим историческим и культурным наследием, благодаря православному Храму иконы Божьей Матери «Знамение» в Ховрине.. [1].

Квартал состоит из одиннадцати домов высокой этажности (17-25 этажей), имеется наземный паркинг, на территории квартала имеется новая школа и детский сад, оборудована специальная зона барбекю. Помимо этого, вблизи квартала имеется вся необходимая инфраструктура для комфортной жизни: гимназия № 2053 - с углублённым изучением иностранных языков, и естественных наук, школа № 2051 - средняя общеобразовательная школа, рядом с жилым кварталом находятся: государственный детский сад № 323, и частный детский сад «Гармония» и «Совёнок», ТЦ и магазины, супермаркет «Авоська», магазины шаговой доступности, ТРЦ «РИО», Историко-культурный парк «Грачёво» (1 км), Фитнес-клуб «Арт-спорт» (500 метров), салоны красоты, в шаговой доступности - салоны красоты и парикмахерские эконом-класса, больницы, аптеки, поликлиника № 138 (500 метров).

На рисунке 1.1 (а, б) приведена схема жилого квартала «На Базовской», на рисунке отмечены различные объекты инфраструктуры.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8



а)



б)

Рисунок 1.1 – Жилой квартал «На Базовской»: а) проект квартала, б) фотоснимок объекта

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		9

Жилой квартал «На Базовской» отличается хорошим расположением домов, что позволил выделить места под паркинг и зону отдыха. Для определения количества потенциальных абонентов необходимо подсчитать общее количество квартир, для этого необходимо изучить проектную документацию. В таблице 1.1 приведен перечень домов с указанием общего количества квартир.

Таблица 1.1 - Исходные данные проектируемой сети

Объект	Общее количество этажей/жилых этажей	Кол-во квартир	Кол-во нежилых помещений
Дом №1	15/14	280	15
Дом №2	17/16	204	9
Дом №3	17/16	204	9
Дом №4	17/16	204	9
Дом №5	15/14	280	15
Дом №6	15/14	280	15
Дом №7	17/16	192	9
Дом №8	17/16	192	9
Дом №9	17/16	192	9
Дом №10	17/16	128	8
Дом №11	17/16	128	8
Детский Сад	1	-	-
Школа	1	-	-
Итого:		2284	115

На расстоянии 8,5 км от ЖК находится московская городская телефонная сеть подразделение управление систем передачи данных по адресу улица Хачатуряна 5 (рисунок 1.2) [2].

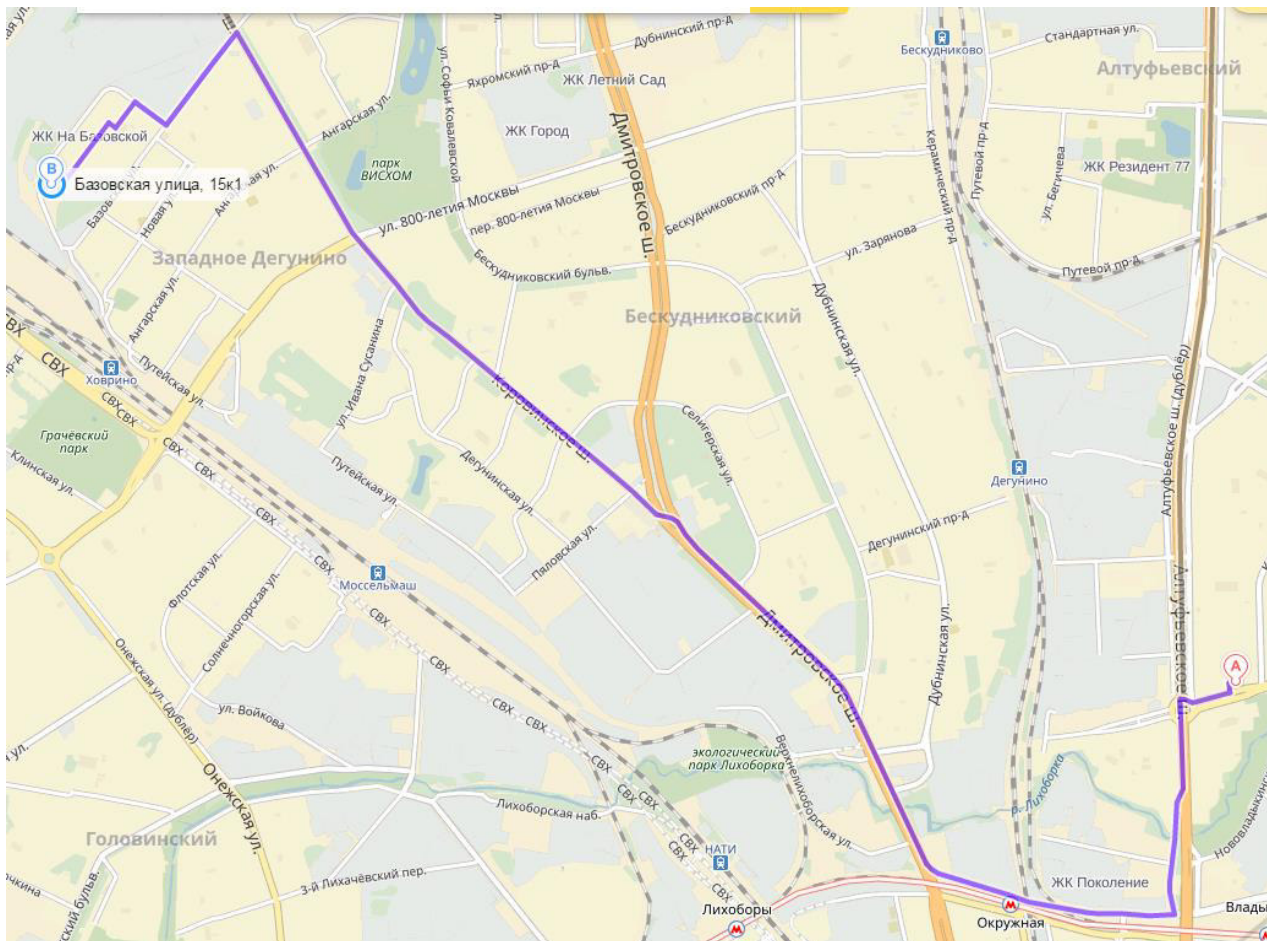


Рисунок 1.2 – Расстояние от ЖК «На Базовской» до ближайшей АТС

Согласно сведениям с форума ЖК «На Базовской» [3], жители имеют возможность подключиться к сети Интернет через такие провайдеров как ИНЕТКОМ, Starlink, Seven Sky, МГТС [29-32]. Однако, некоторые из них не предоставляют услугу IP-TV. Для формирования перечня услуг и тарифных планов необходимо проанализировать сведения о конкурентах. В таблице 1.2 приведены сведения о тарифных планах провайдеров, обслуживающих «На Базовской».

Таблица 1.2 - Тарифные планы провайдеров

Название тарифа	Включенный трафик / количество каналов ТВ	Скорость соединения	Абонентская плата, руб.
Starlink			
100	Не ограничено	до 100 Мбит/с	899
80	Не ограничено	до 80 Мбит/с	599
60	Не ограничено	до 60 Мбит/с	499
IP-TV	Работа в тестовом режиме		
Seven Sky			
Micro	Не ограничено	до 100 Мбит/с	499
Игровой	Не ограничено / 121	до 650 Мбит/с	950
IP-TV	90		175
ИНЕТКОМ			
100-интернет	Не ограничено	до 100 Мбит/с	550
200- интернет	Не ограничено	до 200 Мбит/с	800
Комбо-600	Не ограничено/139	до 100 Мбит/с	600
МГТС			
100	Не ограничено	до 100 Мбит/с	600
200	Не ограничено	до 200 Мбит/с	900
500	Не ограничено	до 500 Мбит/с	1600
Базовый	134		244

Из приведенных сведений о тарифах следует, что услугу Интернет необходимо предоставлять на скорости не ниже 50 Мбит/с и иметь перспективу организации доступа на скорости в 1 Гбит/с. Услуга IP-TV также пользуется популярностью, тут стоит сделать акцент на цифровые каналы, т.е. предлагать большее количество, чем у конкурентов.

Таким образом, основные телекоммуникационные услуги, которые будут предоставляться абонентам это:

1. доступ к сети Интернет – минимальная скорость должна быть не менее 50 Мбит/с, а также технически должна иметься возможность увеличения скорости до 1Гбит/с.

2. IPTV – это цифровое телевидение. Количество HD каналов должно быть не меньше 30.

3. VoD – видео по запросу. Просмотр лицензионных фильмов и передач в любое время.

4. IP телефония – цифровая телефония по протоколу IP.

5. Беспроводной доступ к сети Интернет – возможность пользоваться услугой на территории зон отдыха.

6. «Безопасный двор» - система видеонаблюдения за территорией ЖК

В проекте принимается в расчет следующий процент проникновения услуг: Интернет -100%, IP-TV – 50%, VoD 20%, IP-телефония -30%. Сведения о количестве абонентов, пользующихся перечисленными видами услуг, приведены в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Планируемое распределение услуг по абонентам

Объект	Физ. Лица	Юр. Лица	Интернет	IP-TV	VoD	IP-телефония
Дом №1	280	15	295	148	30	89
Дом №2	204	9	213	107	21	64
Дом №3	204	9	213	107	21	64
Дом №4	204	9	213	107	21	64
Дом №5	280	15	295	148	30	89
Дом №6	280	15	295	148	30	89
Дом №7	192	9	201	101	20	60
Дом №8	192	9	201	101	20	60
Дом №9	192	9	201	101	20	60
Дом №10	128	8	136	68	14	41
Дом №11	128	8	136	68	14	41
Детский сад		1	1	1	-	1
Школа		1	1	1	-	1
Итого:	2284	117	2401	1206	241	723

Общее количество потенциальных абонентов составит 2401.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		13

Выводы к главе 1:

Жилой квартал «На Базовской» перспективный объект в плане получения прибыли от предоставления абонентам доступа к мультисервисным услугам. Общее количество абонентов 2401. Важным моментом при выборе технологии построения мультисервисной сети будет являться высокое качество предоставляемых услуг, а также возможность предоставления абонентам доступа на скорости до 1 Гбит/с.

Предоставление качественных услуг по доступным для жителей ценам позволит получать провайдеру стабильную прибыль и удерживать лидирующие позиции среди конкурентов.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		14

2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

2.1 Сети на базе Ethernet технологии [4-8]

Построение телекоммуникационных сетей на базе Ethernet технологий одно из самых популярных решений на сегодняшний день. Эта технология давно зарекомендовала себя как надежное и недорогое решения по организации телекоммуникационных сетей. Сейчас имеется возможность организовать абонентам высокоскоростной доступ (до 1 Гбит/с) к мультисервисным услугам.

Сегодня Ethernet-карты и устройства имеют возможность поддерживать одновременно несколько скоростей передачи данных. Для этого используется автоопределение скорости и режима дуплексности, что позволяет получить лучшее соединения между двумя устройствами. Если автоопределение не срабатывает, скорость подстраивается под партнёра, и включается режим полудуплексной передачи.

Самый популярный стандарт это 100 Мбит/с Ethernet, который позволяет обеспечить скорость доступа до 100 мбит/с на расстоянии в 100 метров. В крупных городах ему на смену уже давно пришел 1Гбит/с Ethernet, который увеличивает скорость в 10 раз при сохранении высокого качества. В перспективе ресурс может быть существенно повышен. В таблице 2.1 приведено описание существующих стандартов Ethernet.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Таблица 2.1 - Характеристика технологий из семейства Ethernet

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet	10 Gigabit Ethernet	40 и 100 Gigabit Ethernet
скорость передачи информации, Мбит/с	10	100	1000	10 000	40 000/100 000
Среда передачи	Витая пара, коаксиал, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно,
Варианты реализации	10 Base2, 10 BaseT, 10 Base5, 1 Base5, 10 Base5, 10 Broad36	100 Base-TX, 100 Base-FX, 100 Base-T4	1000Base-X, 1000Base-LX, 1000Base-SX, 1000Base-CX, 1000Base-T	10GBASE-LRM, 10GBASE-KX4, 10GBASE-KR, 10GBASE-PR	40GBase-KR4, 100GBase-KP4, 40GBase-CR4, 40GBase-T, 40GBase-SR4, 40GBase-LR4, 100GBase-LR4 и др.
Топология	Шина, звезда	Звезда	Звезда	Звезда	Звезда

Производители уже давно наладили выпуск устройств, которые оснащены комбопортами. Комбопорт может работать со стандартами 10/100/1000 Мбит/с Ethernet. Это позволяет быстро и без особых затрат существенно увеличить скорость абонентского доступа. Пример построения сети на базе Ethernet приведен на рисунке 2.1.

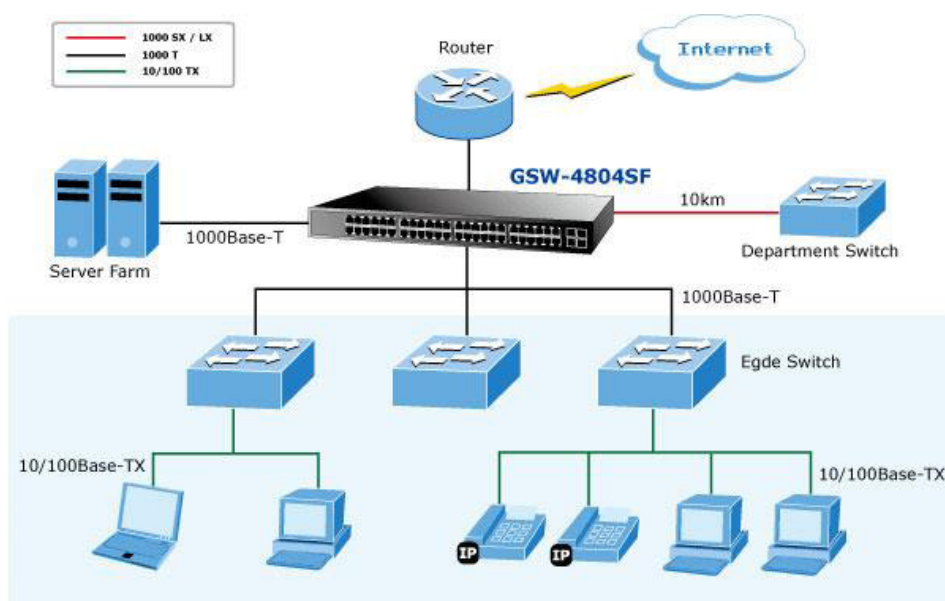


Рисунок 2.1 – Организация сети на базе технологии Ethernet.

В качестве основы для соединения устройств, может выступать как медный кабель, так и оптическое волокно. Выбор будет зависеть от исходной длины линии и имеющихся финансовых возможностей.

Главным преимуществом является относительно недорогая стоимость устройств. Благодаря меньшей стоимости оборудования, Ethernet является более привлекательным для построения мультисервисных сетей, чем оптические сети и другие.

2.2 Технологии xDSL [9-12]

xDSL технологии получили свое широкое применение за счет возможности организовать доступ к мультисервисным услугам на базе существующей телефонной линии.

DSL массово вошло в жизнь когда потребовалось организовать подключение абонентов и затратить при этом минимальные средства. Используя существующую телефонную линию провайдер исключал из своих затрат статью на построение кабельной инфраструктуры.

За 20 лет эволюции DSL повысило свои скорости с 1Мбит/с до 1 Гбит/с. Сегодня организовать доступ на скорости 100 Мбит/с по имеющейся телефонной линии не составляет труда. Этапы эволюции DSL приведены на рисунке 2.2.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

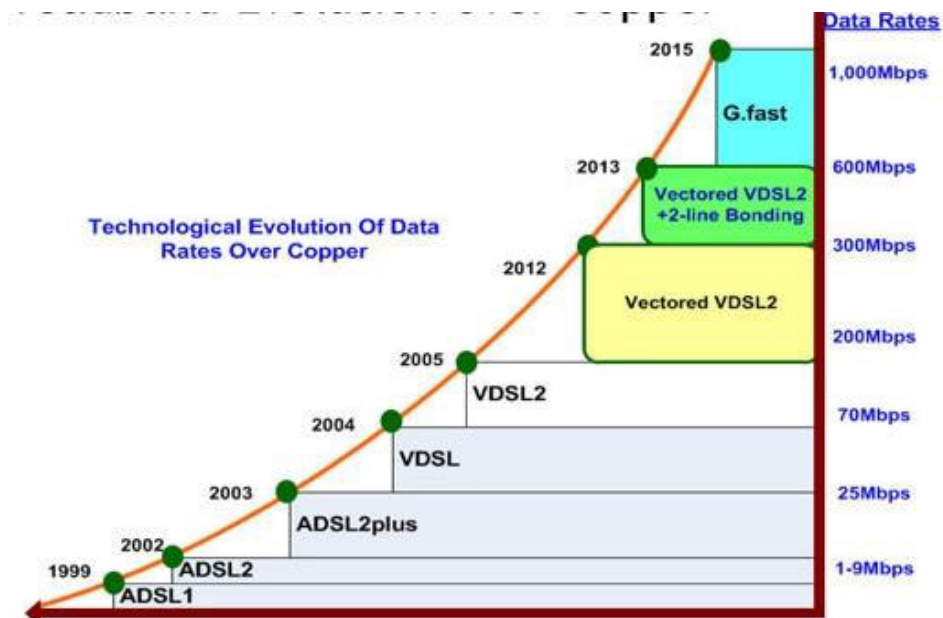


Рисунок 2.2 – Эволюция DSL технологий

Одна их последних - технология VDSL (сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия) пришла на замену ADSL, т.к. позволяет значительно увеличить скорость передачи и приема данных за счет использования более широкой полосы частот. VDSL может быть успешно внедрена с помощью замены части медной абонентской линии на волоконно-оптическую. Вариант реализации телекоммуникационной сети на базе DSL технологий показан рисунке 2.3.

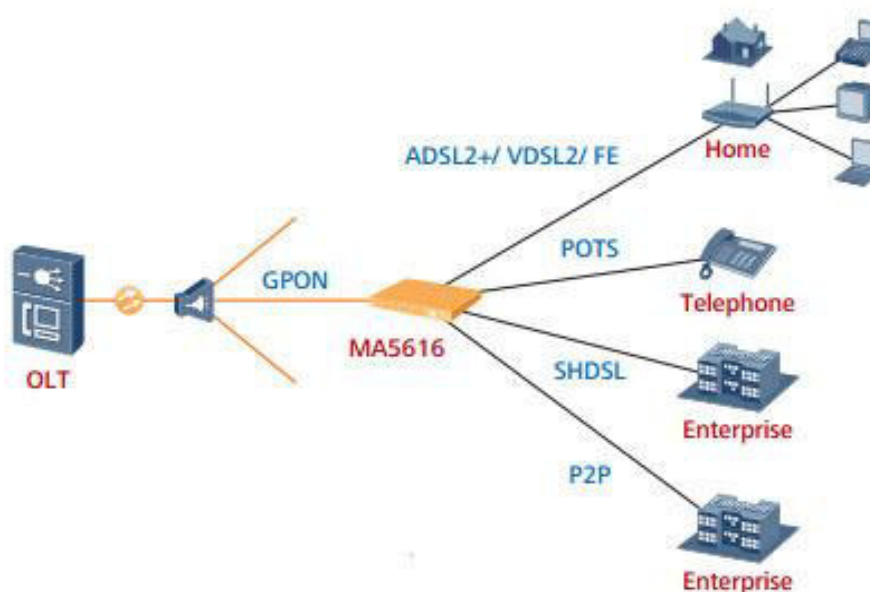


Рисунок 2.3 – Вариант построения сети на базе DSL технологий

Важной особенностью является совместимость устройств, т.е. при модернизации сети с ADSL на VDSL необходимо только заменить абонентское устройство, если оно не поддерживает новый стандарт.

Основное применение DSL это организация последней мили. В случае если приходится строить кабельную инфраструктуру с нуля, то целесообразность вложения в DSL значительно снижается. Предельная скорость в 100 Мбит/с не позволит долго конкурировать с провайдерами и приведет к необходимости модернизации сети и дополнительным затратам.

2.3 Пассивные оптические сети PON [13-21]

Одним из популярных направлений построения скоростных мультисервисных сетей является использование пассивных оптических сетей — Passive Optical Network, PON. Главное отличие PON от привычных оптических каналов связи, это использование для агрегации трафика пассивного оборудования — оптических сплиттеров — и высокая плотность портов.

Требования абонентов к скорости передачи информации постоянно растут, если раньше скорость доступа в Интернет на уровне 10 Мбит/с была желанной, то сегодня для крупных городов минимальной является 50 Мбит/с.

Повышение к требованиям скорости обусловлены ростом популярности передачи голоса и видео, мультимедиа, телевидение (в том числе и HD).

Основная часть затрат провайдера заложена в построении кабельной инфраструктуры. В нее включена не только стоимость кабеля, но и затраты на его прокладку, доля которой в случае работы в уже существующей инфраструктуре может быть очень велика. Мечта любого провайдера – это разовое вложение и максимальный срок модернизации. С этой стороны оптические каналы связи сегодня это наиболее перспективный способ построения телекоммуникационной сети. Классическая архитектура предполагает топологию «точка-точка», когда каждая линия имеет свои

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		19

выделенные порты с каждой стороны, а при необходимости создания «ответвлений» требуется установка активного оборудования в узле. Так что наиболее удачно она может использоваться для одиночных линий большой протяженности.

Бывают ситуации, когда удобно использовать древовидную топологию, которая интересна с точки зрения масштабируемости и сниженной общей длины прокладываемых кабелей. Как раз для подобных проектов и подходит PON.

Сеть PON состоит из нескольких элементов — коммутатора на узле связи (OLT), линий связи с пассивными сплиттерами в узлах сети и модемов на стороне абонентов (ONU). К каждому модему поступают все пакеты от коммутатора, а во время передачи используется временное мультиплексирование кадров (рисунок 2.4).

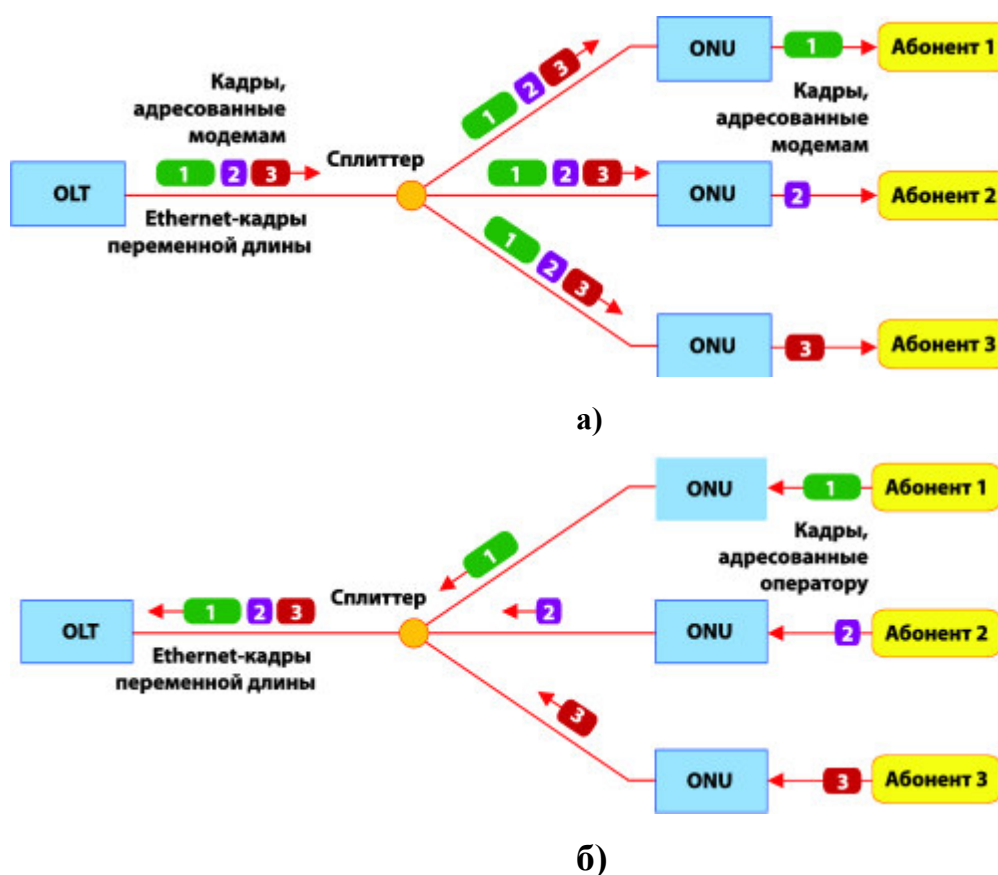


Рисунок 2.4 – Передача кадров в PON сетях: а) прямой канал, б) обратный канал

Существуют различные версии стандартов PON, отличие заключается в скорости передачи и дальности передачи сигнала без существенных помех. Характеристика стандартов PON приведена в таблице 2.2

Таблица 2.2 - Характеристика технологий из семейства PON

Стандарты PON			
Стандарт	BPON ITU-T G.983	EPON IEEE 802.3ah	GPON ITU-T G.984
Пропускная способность	Нисходящий поток — до 622 Мбит/с Восходящий поток — 155 Мбит/с	Симметричный, до 1,25 Гбит/с	Нисходящий поток — до 2,5 Гбит/с Восходящий поток — до 1,25 Гбит/с
Количество абонентов на линии	32		
Максимальная дальность работы	20 км		
Длина волны нисходящего потока	1490 нм (цифровые данные) и 1550 нм (аналоговое КТВ)		
Длина волны восходящего потока	1310 нм		
Протоколы	ATM	Ethernet	Ethernet, ATM, TDM

Коммутатор позволяет по одному волокну (одному порту) подключить до 64 или даже 128 абонентов. Скорость передачи данных (которая делится между абонентами) составляет 1,25 Гбит/с. Дальнейшее развитие EPON уже в ближайшие годы предлагает также переход на скорости 10/1 Гигабит/с и 10/10 Гигабит/с. Планируется уже переход на 10-гигабитные скорости и технологии GPON.

Для приема и передачи используются лазеры с разной длиной волны — 1490 нм для передачи и 1310 для приема. При необходимости возможно добавление в канал и аналоговых кабельных телевизионных каналов (100 и более), которые модулируются лазером на 1550 нм. В зависимости от конкретной схемы сети и использованного оборудования, общая протяженность канала может составлять до 20 км.



Рисунок 2.5 – Пример построения сети на базе PON

Кабель прокладывается от порта коммутатора в виде дерева. Деление канала выполняет сплиттер, который устанавливается в узлах, они не требуют электропитания, настройки и управления, термошкафов, недороги и очень компактны. Это позволяет размещать их, например, в уже имеющихся телефонных распределительных шкафах.

Простейшие оконечные устройства представляют собой конвертеры оптика-кабель со встроенным фильтром MAC-адресов. В случае использования телевидения, в модем устанавливается еще один приемник, а на телевизор выводится обычный высокочастотный кабель.

Для защиты информации возможно использование шифрования (AES128) всех передаваемых пакетов. Технология не допускает прямого общения отдельных абонентов, находящихся на одном порту коммутатора — данные от одного абонента могут попасть к другому только через GPON-коммутатор, который ретранслирует потоки данных восходящего потока на длине волны 1310 нм в нисходящий поток на длине 1490 нм. Дополнительным плюсом с точки зрения безопасности является использование на линии исключительно пассивного оборудования, затрудняющего перехват.

Из положительных сторон PON нужно отметить:

- минимальное использование активного оборудования;

- минимизация кабельной инфраструктуры;
- низкая стоимость обслуживания;
- возможность интеграции с кабельным телевидением;
- хорошая масштабируемость;
- высокая плотность абонентских портов.

Использование PON могло бы стать отличным решением, но в условиях повышения цен на оборудование и материалы, построение сети выйдет достаточно дорогостоящим. Снизить затраты можно за счет отказа от бесплатного предоставления абонентских устройств, однако это может понизить привлекательность оператора и уменьшить приток абонентов.

2.4 Выбор варианта построения мультисервисной сети связи

Исходя из того, что конкуренты предлагают тарифы на уровне 1 Гбит/с, необходимо строить сеть с учетом возможности предоставления доступа на скорости 1 Гбит/с и более. Для этого подходят все вышеописанные технологии, однако, DSL способна поддерживать такую скорость на небольших расстояниях и при этом стационарное оборудование будет стоить дорого.

Ethernet ограничивается 1 Гбит/с каналом и на построение сети потребуется большое количество коммутаторов, что приведет к лишним затратам на содержание и обслуживание.

Выбирая технологию PON, можно будет организовать доступ на скорости до 2,5 Гбит/с. Возможность подключить к одному OLT до 64 позволит в итоге сэкономить на закупке оборудования и комплектующих. Дорогостоящее абонентское оборудование будет предлагаться в аренду, что позволит частично компенсировать затраты на его закупку.

За счет использования оптического волокна в качестве среды передачи сигнала, будет обеспечено высокое качество предоставляемых услуг и высокая надежность работы сети в целом. Поддержка скорости передачи до 2,5 Гбит/с позволит создать высокую конкуренцию в ЖК «На Базовской».

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		23

3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети

За одного абонента принимается не один человек, а одна точка включения - абонентское устройство, в случае многоквартирного жилого дома – одна квартира это один абонент. В главе 1 был определен уровень проникновения услуг, которые будут предлагаться пользователям: Интернет -100%, IP-TV – 50%, VoD 20%, IP-телефония -30%. Значения основных параметров для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Значения параметров

Параметр	Обозначение	Значение
1	2	3
1. Количество сетевых узлов (СУ) для подключения абонентов Triply Play	<i>FN</i>	11
2. Число абонентов сети:	<i>NS</i>	2401
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке; %	<i>OHD</i>	10
4. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке; %	<i>OHU</i>	15
5. Процент абонентов Triple Play:		
- находящихся в сети в ЧНН; %	<i>DAAF</i>	80
- одновременно принимающих или передающих данные; %	<i>DPAF</i>	60
- одновременно пользующихся услугами IP-TV; %	<i>IPVS AF</i>	60

Окончание таблицы 3.1

<p>6. Услуга передачи данных:</p> <p>6.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средняя пропускная способность; Мбит/с - пиковая пропускная способность; Мбит/с <p>6.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средняя пропускная способность; Мбит/с - пиковая пропускная способность; Мбит/с 	<p><i>A DBS</i></p> <p><i>P DBS</i></p> <p><i>A UBS</i></p> <p><i>P UBS</i></p>	<p>50</p> <p>100</p> <p>10</p> <p>30</p>
<p>7. Услуга IP-TV/ IP-TV HD:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проникновение услуги; % - количество сессий на абонента; - режим Unicast; % - режим Multicast; % - потоки Multicast; % - количество доступных каналов в рамках пакета; - скорость видеопотока; Мбит/с - запас на вариацию битовой скорости 	<p><i>IPVS MP</i></p> <p><i>IPVS SH</i></p> <p><i>IPVS UU</i></p> <p><i>IPVS MUM</i></p> <p><i>IPVS MU</i></p> <p><i>IPVS MA</i></p> <p><i>VSB</i></p> <p><i>SVBR</i></p>	<p>50/25</p> <p>1,3/1,3</p> <p>30/30</p> <p>70/70</p> <p>70/70</p> <p>120/50</p> <p>6 /10</p> <p>0,2/0,2</p>

Необходимо определиться с понятием сетевого узла. Технология PON позволяет на один SFP порт подключить до 64 абонентских устройств. Таким образом, для одного дома с количеством абонентов до 256 можно использовать один OLT с 4 портами SFP. Для домов с количеством абонентов свыше 256 будет установлен дополнительный OLT.

Проведем расчет количества OLT. Сначала определим общее количество требуемых портов SFP (GPON), при условии использования сплиттера 1/64:

$$N_{ком} = [N_{аб} / 64] \quad (3.1)$$

где [] – округление в большую сторону до целого числа.

$$N_{ком} = [2401 / 64] = 38$$

При условии наличия 4 портов SFP в устройстве всего потребуется 10 OLT. При проектировании это количество может быть уточнено за счет реального распределения абонентов по оборудованию. Результаты расчетов количества оборудования приведены в таблице 3.2, в скобках указано количество портов коммутатора.

Таблица 3.2 - Количество коммутаторов доступа, размещенных в домах

Объект	Кол-во квартир	Кол-во нежилых помещений	Кол-во портов GPON
Дом №1	280	15	5
Дом №2	204	9	4
Дом №3	204	9	4
Дом №4	204	9	4
Дом №5	280	15	5
Дом №6	280	15	5
Дом №7	192	9	4
Дом №8	192	9	4
Дом №9	192	9	4
Дом №10	128	8	3
Дом №11	128	8	3
Итого:	2284	115	45

Исходя из географического расположения домов, можно по одному из подъездов домов 1,5,6 переключить на OLT соседних подъездов, тем самым будет достигнута экономия, т.е. при закупке оборудования не придется докупать дополнительные OLT

3.2 Расчет трафика телефонии

Уровень спроса на услугу IP-телефонии предполагается на уровне 30%, для удобства расчетов будем полагать, что пользователи равномерно распределены по всем коммутаторам:

$$N_{\text{SIP}} = [256 * 0,30] = 77, \text{ абонентов} \quad (3.2)$$

Полоса пропускания на передачу голосовых данных, зависит от типа используемого кодека, для телефонии будет использоваться кодек G.729A:

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{зв.голоса}} \cdot U_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит} / \text{байт}}, \text{ байт}, \quad (3.3)$$

где $t_{\text{зв.голоса}}$ - время звучания голоса, мс,

$U_{\text{кодирования}}$ - скорость кодирования речевого сигнала, Кбит/с.

Кодек G.729A определяет скорость кодирования в 8кбит/с, время звучания 20 мс.

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

Длина пакета может быть вычислена следующим образом:

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{EthL1}} + L_{\text{EthL2}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RPT}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт}, \quad (3.4)$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		27

где $L_{EthL1}, L_{EthL2}, L_{IP}, L_{UDP}, L_{RPT}$ – длина заголовка Ethernet L1, Ethernet L2, IP, UDP, RTP протоколов соответственно, байт,

$Y_{полезн}$ – полезная нагрузка голосового пакета, байт.

$$V_{пакета} = 20 + 18 + 20 + 8 + 12 = 78, \text{ байт.}$$

G.729А может передавать через шлюз до 50 пакетов за секунду, в результате получим общую полосу пропускания:

$$ППP_1 = V_{пакета} \cdot \frac{8 \text{ бит}}{\text{байт}} \cdot 50_{pps}, \text{ Кбит/с,} \quad (3.5)$$

где $V_{пакета}$ – размер голосового пакета, байт.

$$ППP_1 = 78 \cdot 8 \cdot 50 = 31,2 \text{ Кбит/с.}$$

Пропускная способность для передачи голоса по IP-телефонии на одном СУ равна:

$$ППP_{WAN} = ППP_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{ Мбит/с,} \quad (3.6)$$

где $ППP_1$ – полоса пропускания для одного вызова, Кбит/с,

N_{SIP} – количество абонентов с услугой IP-телефонии,

VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7).

$$ППP_{WAN} = 31,2 \cdot 77 \cdot 0,7 = 1168,68 \approx 1,2 \text{ Мбит/с.}$$

3.3 Расчет трафика IP-TV

Определим количество абонентов, пользующихся услугой на одном СУ одновременно:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		28

$$IPVS\ Users = AVS * IPVS\ AF * IPVS\ SH, \text{ аб} \quad (3.7)$$

где AVS – количество абонентов на СУ, подключенных к услуге,
 $IPVS\ AF$ – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV
одновременно в ЧНН,
 $IPVS\ SH$ – коэффициент, показывающий, сколько различных программ
одновременно принимается в одном доме.

$$IPVS\ Users = [256 * 0,6] * 0,6 * 1,3 = 121, \text{ аб}$$

Трансляция может проводиться в двух режимах: multicast и unicast.

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{ потоков} \quad (3.8)$$

где $IPVS\ UU$ – коэффициент проникновения услуги индивидуального
видео,

$UUS = 1$ – количество абонентов на один видеопоток.

$$IPVS\ US = 121 * 0,3 * 1 = 37, \text{ потоков}$$

Multicast принимается несколькими абонентами одновременно,
следовательно, количество потоков равно:

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users * IPVS\ MU, \text{ потоков} \quad (3.9)$$

где $IPVS\ MU$ – количество абонентов, принимающих групповые
видеопотоки.

$$IPVS\ MS = 121 * 0,7 = 85, \text{ потоков}$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		29

Количество доступных multicast потоков зависит от количества предоставляемых программ. В IP TV внутри некоторого сегмента сети одновременно транслируются не все потоки.

Максимальное количество видеопотоков среди доступных и используемых абонентами по multicast вещанию:

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков} \quad (3.10)$$

где $IPVS\ MA$ – количество доступных групповых видеопотоков,

$IPVS\ MUM$ – процент максимального использования видеопотоков.

$$IPVS\ MSM = 120 * 0.7 = 84, \text{ видеопотока}$$

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого со спутника, определена 6 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.11)$$

где VSB – скорость трансляции потока в формате MPEG-2, Мбит/с,

$SVBR$ – запас на вариацию битовой скорости,

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

$$IPVSB = 6 * (1 + 0.2) * (1 + 0.1) = 7.92 \text{ Мбит/с}$$

Пропускная способность, требуемая для передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 по IP сети в режимах multicast и unicast, рассчитывается как:

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.12)$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		30

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.13)$$

где $IPVS\ MS$ – количество транслируемых потоков в режиме multicast,
 $IPVS\ US$ – количество транслируемых потоков в режиме unicast,
 $IPVS\ B$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB = 85 * 7.92 = 673,2 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 37 * 7.92 = 293,04 \text{ Мбит/с}.$$

Multicast потоки передаются от головной станции к множеству пользователей, в результате общая скорость для передачи максимального числа multicast потоков в ЧНН составит:

$$IPVS\ MNB_{\max} = IPVS\ MSM * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.14)$$

где $IPVS\ MSM$ – число используемых видеопотоков среди доступных,
 $IPVS\ B$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB_{\max} = 84 * 7,92 = 665,28 \text{ Мбит/с}.$$

В результате получим общую пропускную способность для одного сетевого узла при предоставлении услуги IP-TV:

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с} \quad (3.15)$$

где $IPVS\ MNB$ – пропускная способность для передачи группового видеопотока,

$IPVS\ UNB$ – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 673,2 + 293,04 = 966,24 \text{ Мбит/с}.$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		31

3.4 Расчет трафика IP-TV в режиме HD

Для популяризации услуги IP-TV оператор может предоставлять клиенту доступ к просмотру каналов в высоком качестве HD. Такая услуга пользуется достаточно большой популярностью. Проектом предусмотрено, что 25% абонентов, подключивших себе услугу IP-TV подключат себе пакеты с HD каналами. Расчет нагрузки будет аналогичен с предыдущим.

Количество абонентов, пользующихся услугой на одном сетевом узле одновременно:

$$IPVS\ Users = AVS * IPVS\ AF * IPVS\ SH, \text{ аб} \quad (3.16)$$

где AVS – количество абонентов на СУ, подключенных к услуге,
 $IPVS\ AF$ – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV
одновременно в ЧНН,
 $IPVS\ SH$ – коэффициент, показывающий, сколько различных программ
одновременно принимается в одном доме.

$$IPVS\ Users = [121 * 0,25] * 0.6 * 1.3 = 24, \text{ аб}$$

Количество индивидуальных потоков равно:

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{ потоков} \quad (3.17)$$

где $IPVS\ UU$ – коэффициент проникновения услуги индивидуального
видео,

$UUS = 1$ – количество абонентов на один видеопоток.

$$IPVS\ US = 24 * 0.3 * 1 = 8 \text{ потоков}$$

Количество Multicast потоков равно:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		32

$$IPVS MS = IPVS Users * IPVS MU, \text{ потоков} \quad (3.18)$$

где $IPVS MU$ – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$IPVS MS = 24 * 0.7 = 17, \text{ потоков}$$

Максимальное количество видеопотоков:

$$IPVS MSM = IPVS MA * IPVS MUM, \text{ видеопотоков} \quad (3.19)$$

где $IPVS MA$ – количество доступных групповых видеопотоков,
 $IPVS MUM$ – процент максимального использования видеопотоков.

$$IPVS MSM = 50 * 0.7 = 35, \text{ видеопотоков}$$

Скорость одного HD видеопотока, принимаемого со спутника, составляет 10 Мбит/с, в результате получим:

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.20)$$

где VSB – скорость трансляции потока в формате MPEG-2, Мбит/с,
 $SVBR$ – запас на вариацию битовой скорости,
 OHD - отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке

$$IPVSB = 10 * (1 + 0.2) * (1 + 0.1) = 13,2 \text{ Мбит/с}$$

Пропускная способность, для передачи одного видеопотока в формате HD по IP сети в режимах multicast и unicast рассчитывается как:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		33

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.21)$$

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.22)$$

где $IPVS\ MS$ – количество транслируемых потоков в режиме multicast,
 $IPVS\ US$ – количество транслируемых потоков в режиме unicast,
 $IPVS\ B$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB = 17 * 13,2 = 224,4 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 8 * 13,2 = 105,6 \text{ Мбит/с}.$$

Общая скорость для передачи максимального числа multicast потоков в ЧНН составит:

$$IPVS\ MNB_{\max} = IPVS\ MSM * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.23)$$

где $IPVS\ MSM$ – число используемых видеопотоков среди доступных,
 $IPVS\ B$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB_{\max} = 35 * 13,2 = 462 \text{ Мбит/с}.$$

Общая пропускная способность для одного сетевого узла при предоставлении услуги HD IP-TV:

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с} \quad (3.24)$$

где $IPVS\ MNB$ – пропускная способность для передачи группового видеопотока,

$IPVS\ UNB$ – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 105,6 + 224,4 = 330 \text{ Мбит/с}.$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		34

3.5 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет

При расчете пропускной полосы для доступа в сеть Интернет следует учесть, что количество активных абонентов в ЧНН может быть различным. Максимальное число активных абонентов за этот промежуток времени вычисляется параметром Data Average Activity Factor (DAAF):

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб} \quad (3.25)$$

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

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

$$AS = 256 * 0.8 = 205, \text{ аб}$$

Каждому абоненту выделено два канала: прием данных downstream и передачи данных upstream, причем обычно канал upstream меньше downstream. Чтобы определить среднюю пропускную способность сети, необходимую для нормальной работы пользователей, воспользуемся следующим соотношением:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.26)$$

где AS - количество активных абонентов, аб,

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

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

$$BDDA = (205 * 50) * (1 + 0.1) = 11275 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с} \quad (3.27)$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		35

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.

$$BUDA = (205 * 10) * (1 + 0.15) = 2357,5 \text{ Мбит/с.}$$

Пропускная способность сети, когда абонент может передавать и принимать данные на максимальной скорости в ЧНН определяется с помощью коэффициента Data Peak Activity Factor (DPAF):

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб} \quad (3.28)$$

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

$$PS = 205 * 0.6 = 123$$

Максимальная пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.29)$$

где $PDBS$ – максимальная скорость приема данных, Мбит/с.

$$BDDP = (123 * 100) * (1 + 0.1) = 13530 \text{ Мбит/с.}$$

Максимальная пропускная способность для передачи данных в ЧНН

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с} \quad (3.30)$$

где $PUBS$ – максимальная скорость передачи данных, Мбит/с.

$$BUDP = (123 * 30) * (1 + 0.15) = 4244 \text{ Мбит/с.}$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		36

Для проектирования сети необходимо использовать максимальное значение полосы пропускания среди пиковых и средних значений для исключения перегрузки сети

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с} \quad (3.31)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с} \quad (3.32)$$

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

$$BDD = \text{Max}[11275; 13530] = 13530 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max}[2357,5; 4244] = 4244 \text{ Мбит/с}.$$

Общая пропускная способность одного сетевого узла, которую необходимо организовать для приема и передачи данных составит:

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с} \quad (3.33)$$

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

BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных, Мбит/с.

$$BD = 13530 + 4244 = 17774 \text{ Мбит/с}.$$

Для предоставления абонентам всех перечисленных услуг, на каждом сетевом узле должна быть обеспечена пропускная способность:

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = \text{ПП}_{\text{pWAN}} + \text{AB} + \text{BD} \quad (3.34)$$

где ПП_{pWAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии, Мбит/с,

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		37

AV – пропускная способность для видеопотоков, Мбит/с,

VD – пропускная способность для трафика данных, Мбит/с.

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = 1,2 + 966,24 + 330 + 17774 = 19071,44 \text{ Мбит/с.}$$

Для организации бесперебойной работы потребуется Uplink канал в 19 Гбит/с, который можно организовать через 2 10Гбит интерфейса. Запас 1 Гбит/с можно использовать для организации видеонаблюдения за территорией ЖК. Если учесть канал в 2 Мбит/с на камеру, то можно разместить порядка 50 камер.

При выборе устройства на уровне включения OLT в IP сеть следует учесть, что оно должно иметь 10Гбит/с интерфейсы и их количество должно быть не меньше 20.

В качестве дополнительной услуги, на территории ЖК будет организованы зоны беспроводного доступа в Интернет. Жители смогут пользоваться услугой бесплатно, для авторизации требуется личный логин и пароль.

Рассчитаем количество необходимого оборудования для организации беспроводного доступа к мультисервисным услугам на территории микрорайона. Для организации беспроводной сети выбрана точка доступа Wi-Fi стандарта 802.11n Zyxel WAC6553D-E [28].

Дальность связи может быть рассчитана на основе формулы, используемой для описания эмпирической модели распространения радиоволн Okumura – Hata. Модель представляет собой обобщением опытных фактов и в ней учтены различные условия и виды сред. Итак, предлагается следующее выражение для определения среднего затухания радиосигнала в условия города:

$$L_r = 69,5 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \lg d \quad (3.35)$$

где f_c – частота в диапазоне от 2300 до 3000 МГц;

h_t – высота передающей антенны в диапазоне;

h_r – высота принимающей антенны (антенны мобильного устройства) от 1

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		38

до 10 метров;

d – радиус зоны покрытия от 1 до 20 км;

$A(h_r)$ – поправочный коэффициент для высоты антенны, в зависимости от местности.

Параметры для расчетов:

- $f_c = 2483$ МГц;
- $h_t = 8$ метров;
- $h_r = 1,5$ метра.

Поправочный коэффициент $A(h_r)$ вычисляется по формуле:

$$A(h_r) = (1,1 \lg f_c - 0,7)h_r - (1,56 \lg f_c - 0,8), \quad (3.36)$$

$$\begin{aligned} A(h_r) &= (1,1 \lg 2483 - 0,7)1,5 - (1,56 \lg 2483 - 0,8) = \\ &= 4,5517 - 4,4961 = 0,0556 \end{aligned}$$

Радиус зоны покрытия определяется как отношение между выходной мощностью передатчика P (дБм), запасом по замираниям S (дБ) и требуемым уровнем сигнала на входе приемника Q (дБ):

$$P - L - S = Q \quad (3.37)$$

Параметры в выражении (3.37) задаются в соответствии с техническими характеристиками выбранного оборудования, а именно $P=15$ дБм, Коэффициент усиления встроенной антенны 0 дБм, $Q=-102$.

Определим радиус зоны покрытия:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		39

$$15 - (69,5 + 26,16 \lg 2483 - 13,82 \lg 8 - 0,0555 + (44,9 - 6,55 \lg 8) \lg d) = -102$$

$$15 - 69,5 - 88,81 + 12,48 + 0,0555 - 38,98 \lg d = -99$$

$$-130,7745 - 38,98 \lg d = -102$$

$$38,98 \lg d = -102 + 130,7745$$

$$\lg d = -28,7745 / 38,98$$

$$d = 0,182 \text{ км}$$

Результаты расчетов показывают, что радиус зоны покрытия составит 182 метра. Соответственно, площадь покрытия одного устройства составит:

$$S_{\text{Wi-Fi}} = \pi r^2 = 3,14 * 0,182^2 = 0,104 \text{ км}^2 \quad (3.38)$$

Количество устройств, которое потребуется для покрытия всей территории составит:

$$N = [S_{\text{района}} / S_{\text{Wi-Fi}}] \quad (3.39)$$

Зона действия беспроводной сети разделена на 2 участка: внутренний двор – прямоугольная часть 450 на 65 метров и зона возле детского сада – трапециевидная часть (размеры: 80x180x300x480 метров). Зная размеры участков, вычислим площадь зоны для покрытия беспроводной связью:

$$S_{\text{двор}} = a * b \quad (3.40)$$

где a,b – стороны двора.

$$S_{\text{двор}} = 0,45 * 0,065 = 0,02925 \text{ км}^2$$

В результате получим количество устройств равное:

$$N = [0,02925 / 0,104] = 1$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		40

Учитывая, что радиус зоны 182 метра, а длина внутреннего двора 450 метров, очевидно, что для покрытия всей зоны потребуется еще 1 точка доступа, для уменьшения нагрузки на точки доступа предусмотрим еще 1 дополнительную.

Площадь 2 участка равна:

$$S_{\text{осад}} = \frac{a+b}{2} * c \quad (3.41)$$

где a,b – основания трапеции, с –высота.

$$S_{\text{осад}} = \frac{180 + 480}{2} * 80 = 0.0264$$

$$N = [0,0264 / 0,104] = 1$$

Ввиду того, что зона предполагаемого покрытия сети имеет трапециевидную форму, добавим еще одну дополнительную точку доступа. Общее количество требуемых точек доступа будет равно 5. На рисунке 3.1 приведен план размещения Wi-Fi антенн на территории квартала.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		41

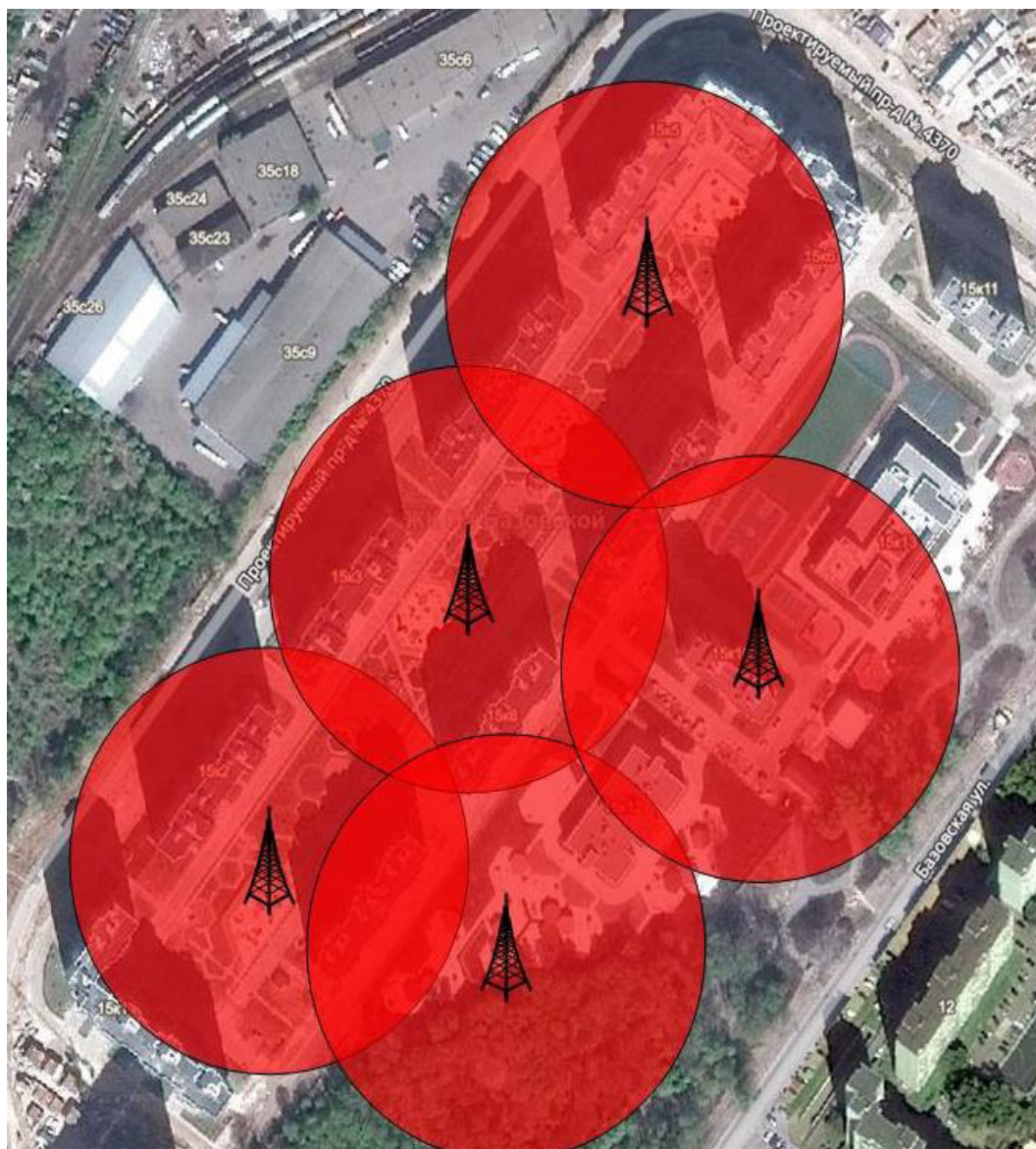


Рисунок 3.1 – Зона покрытия беспроводной сети ЖК «На Базовской»

Важным моментом является планирование адресации в сети. Т.к. в один OLT будет включено 256 абонентов, то уместить их в одно подсеть не получится. Общее количество адресов сети 256, один занимает под адрес сети, один под шлюз, один под широковещательный адрес. Следовательно сеть на одном OLT придется разбить на две подсети. Список выделяемых IP адресов на OLT приведено в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Список IP адресов

Номер OLT	IP адрес сети/Маска	IP адрес шлюза/ Широковещательный IP адрес	Диапазон IP адресов
OLT – 1	192.168.1.0/24	192.168.1.1 / 192.168.1.255	192.168.1.2-192.168.1.254
	192.168.2.0/24	192.168.2.1/192.168.2.255	192.168.2.2-192.168.2.254
OLT – 2	192.168.3.0/24	192.168.3.1/192.168.3.255	192.168.3.2-192.168.3.254
	192.168.4.0/24	192.168.4.1/192.168.4.255	192.168.4.2-192.168.4.254
OLT – 3	192.168.5.0/24	192.168.5.1/192.168.5.255	192.168.5.2-192.168.5.254
	192.168.6.0/24	192.168.6.1/192.168.6.255	192.168.6.2-192.168.6.254
OLT – 4	192.168.7.0/24	192.168.7.1/192.168.7.255	192.168.7.2-192.168.7.254
	192.168.8.0/24	192.168.8.1/192.168.8.255	192.168.8.2-192.168.8.254
OLT – 5	192.168.9.0/24	192.168.9.1/192.168.9.255	192.168.9.2-192.168.9.254
	192.168.10.0/24	192.168.10.1/192.168.10.255	192.168.10.2-192.168.10.254
OLT – 6	192.168.11.0/24	192.168.11.1/192.168.11.255	192.168.11.2-192.168.11.254
	192.168.12.0/24	192.168.12.1/192.168.12.255	192.168.12.2-192.168.12.254
OLT – 7	192.168.13.0/24	192.168.13.1/192.168.13.255	192.168.13.2-192.168.13.254
	192.168.14.0/24	192.168.14.1/192.168.14.255	192.168.14.2-192.168.14.254
OLT – 8	192.168.15.0/24	192.168.15.1/192.168.15.255	192.168.15.2-192.168.15.254
	192.168.16.0/24	192.168.16.1/192.168.16.255	192.168.16.2-192.168.16.254
OLT – 9	192.168.17.0/24	192.168.17.1/192.168.17.255	192.168.17.2-192.168.17.254
	192.168.18.0/24	192.168.18.1/192.168.18.255	192.168.18.2-192.168.18.254
OLT – 10	192.168.19.0/24	192.168.19.1/192.168.19.255	192.168.19.2-192.168.19.254
	192.168.20.0/24	192.168.20.1/192.168.20.255	192.168.20.2-192.168.20.254

4. ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЖИЛОГО КВАРТАЛА «НА БАЗОВСКОЙ»

4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи ЖК «На Базовской»

Как было описана ранее, сеть в ЖК «На Базовской» будет реализована на базе PON. Для организации сети абонентского доступа потребуется 11 OLT с минимальным количеством портов равным 4. Планируется использовать сплиттеры 1x64 для подключения сразу 64 абонентов на 1 порт SFP. Расчет нагрузки показал, что uplink канал в сторону IP сети должен быть порядка 20 Гбит/с, т.е. OLT должны иметь по 2 порта 10 Гбит/с.

Оборудование для МСС следует выбирать исходя из соотношения цена/качество, а также желательно реализовать фрагменты сети на базе оборудования одного оператора, чтобы избежать проблем с совместимостью.

Основными требованиями к приобретаемому оборудованию являются:

1. Наличие необходимых сертификатов качества,
2. соответствие международным и российским стандартам,
3. наличие разрешения на эксплуатацию на территории РФ,
4. оборудование стоит приобретать только в сертифицированных центрах продаж,
5. оборудование должно отвечать техническим требованиям, которые предъявляются к сети.

Рынок телекоммуникационного оборудования представлен большим количеством компаний, которые предлагают широкий ассортимент профессионального и качественного оборудования (Cisco Systems, Huawei, Zyxel, АЛСиТЕК, QTECH, D-Link, ЗСОМ и др. Подробно ознакомиться с продукцией этих компаний можно на электронных ресурсах этих компаний.

В качестве оборудования для реализации мультисервисной сети в жилом квартале «На Базовской» выбрано оборудование марки Eltex, в частности:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		44

OLT. В качестве оборудования доступа используются устройства OLT LTP-4X REV.C [22]. Применение OLT LTP позволяет строить масштабируемые, отказоустойчивые сети «последней мили», обеспечивающие высокие требования безопасности. OLT осуществляет управление абонентскими устройствами, коммутацию трафика и соединение с транспортной сетью. Широкополосный абонентский доступ по технологии FTTH представляет собой самый качественный вариант доставки услуг Triple Play, так как обеспечивает высокие скорости передачи данных на большие расстояния. Основным преимуществом технологии PON является отсутствие на участке от OLT до ONT активных узлов, требующих электропитания, что значительно снижает расходы на эксплуатацию сети. Кроме того, технология PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, так как на участке от центрального узла до сплиттера используется одно волокно на группу до 128 абонентов. Позволяет на каждый порт организовать канал в 2,5 Гбит/с. В качестве uplink предусмотрены 2 порта 10GBase (SFP+)/1000 Base-X и 4 комбинированных порта 10/100/1000 Base-T/1000 Base-X (SFP).

Уровень ядра. В качестве ядра выбран маршрутизатор Brocade NetIron NI-MLX-4[23], который на сегодняшний день является самыми производительным на рынке среди многофункциональных устройств для корпоративных и операторских сетей.

Благодаря распределенной, полностью неблокируемой архитектуре NetIron MLX имеет возможность агрегировать до 256 портов 10 Гб или до 1536 портов 1 Гб общей производительностью 7.68 Тб, при этом маршрутизатор способен обеспечить передачу до 7.6 миллиардов пакетов в секунду. Функционал программного обеспечения позволяет объединять до 32 портов в один виртуальный канал пропускной способностью 320 Гб.

Технология «Brocade Direct Routing (BDR)» позволяет аппаратно осуществлять маршрутизацию пользовательского трафика на линейных картах без участия управляющего модуля. Маршрутизаторы серии NetIron MLX имеют

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		45

следующие технические характеристики, которые позволяют эффективно использовать данное оборудование в сетях любого масштаба:

Оборудование IP телефонии. Для реализации услуги IP телефонии будет закуплена IP АТС на базе AsteriskNOW 500. Это готовый дистрибутив на базе Linux, DAHDI, Asterisk и FreePBX. Все компоненты AsteriskNOW с открытым исходным кодом, и не требуют лицензирования или покупки. AsteriskNOW подходит для системных интеграторов, студентов, разработчиков, хакеров и многих других людей которые хотят создать свою систему связи на базе Asterisk [24].

Сервер тарификации, учета стоимости и аутентификации. Эти системы необходимы в первую очередь для выставления счета абоненту за использование услуг. Сервер должен вести учет по всем абонентам и хранить информацию достаточно длительное время. Задача аутентификации заключается в проверке принадлежности абонента к сети и разрешения на пользование услугами. Такие системы достаточно распространены в настоящее время, в проекте для выполнения этих функции будем использовать программы Carbon Blling 5 и Carbon Campus Server [25].

Оборудование для IP-TV. IPTV услуга, позволяющая пользователю просматривать телевизионные каналы по IP сетям. Оборудование IPTV это квартал устройств, которое осуществляет формирование цифровых видеопотоков, кодирования и передачи их абонентам. Декодирование IPTV сигнала выполняет специальная приставка STB, к которой подключается телевизор. Если сигнал не закодирован, можно посмотреть его с помощью обычного компьютера и программного плеера (Smart-TV, Open-TV).

В проекте предлагается использовать готовое решение компании DVB-C + IPTV станции на основе DMM-1000 и DX-328 от компании DVBC. Решение предполагает предоставление 160 цифровых каналов и 32 каналов в HD качестве и возможность формировать до 160 пакетов [26].

Помимо перечисленного оборудования, будет использованы выносные оптические терминалы ZNID-GPON-9108. Они предназначены для подключения

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		46

камер наблюдения и точек беспроводного доступа к OLT. Их главная особенность это работа при температуре до -40 и функция PoE. Камеры наблюдения включены в общую сеть и каждый житель может подключаться к ней. Например, жители смогут наблюдать за своей машиной, если она припаркована не под самым подъездом.

На рисунке 4.1 приведена схема организации связи для предоставления мультисервисных услуг жителям жилого квартала «На Базовской».

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		47

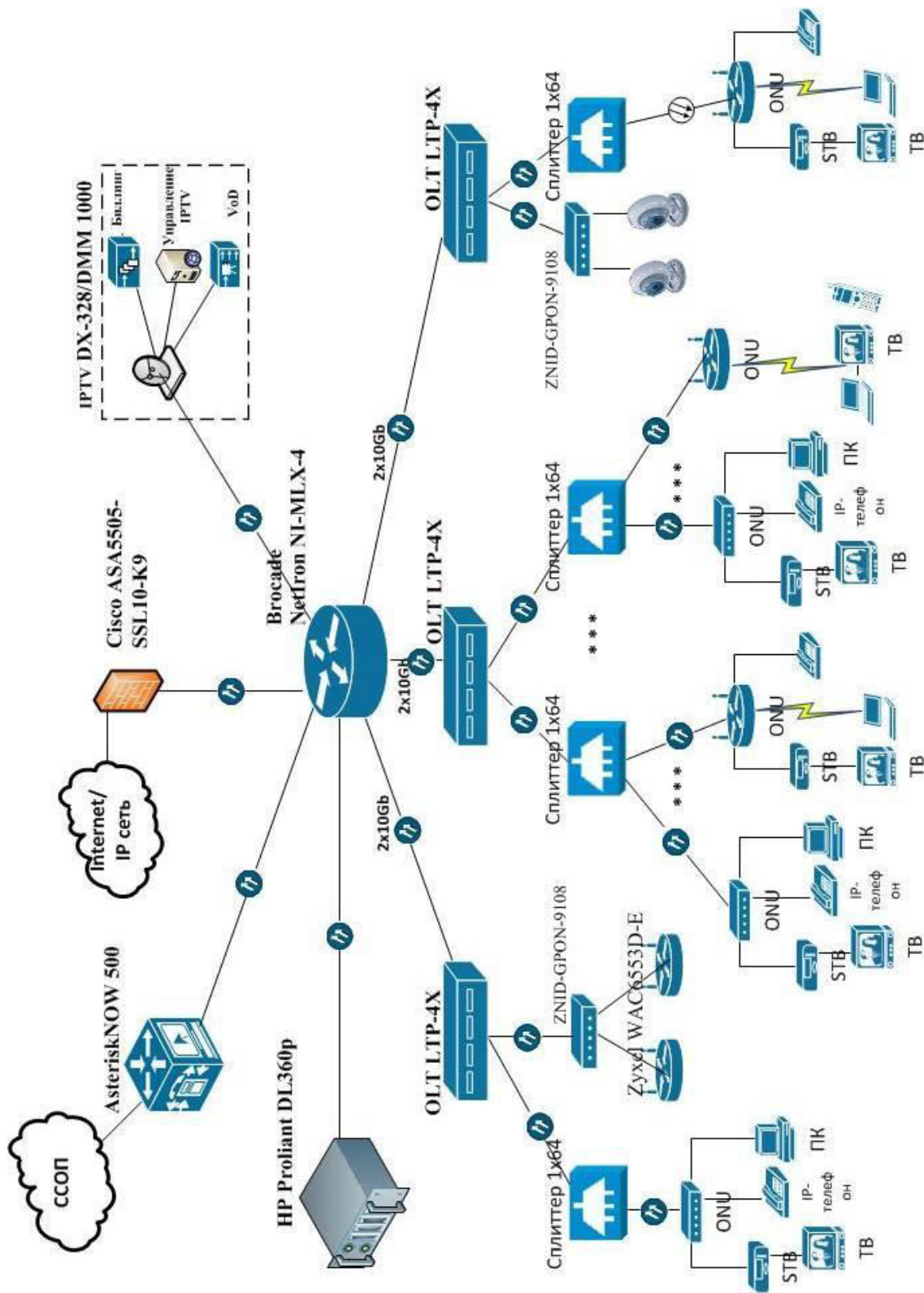


Рисунок 4.1 – Проект сети связи жилого комплекса «Красногорский»

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.949.ПЗВКР

Лист

48

Схема включения OLT и ONT представляет собой дерево. В каждый оптический порт OLT включено до 64 абонентских устройства за счет применения сплиттера 1x64. OLT включены в маршрутизатор через uplink 10Gb порты (каждый двумя линиями). В маршрутизатор включено оборудования для организации сервисов IP телефонии и телевидения. Маршрутизатор включается в IP сеть крупного провайдера для организации услуги доступа в сеть Интернет.

4.2 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования

Т.к. сеть полностью оптическая потребуется большое количество волоконно-оптического кабеля. Кабель необходим двух типов: для прокладки в грунт и для прокладки внутри дома. Общее количество кабеля для прокладки в грунт составит 11500 метров, а для прокладки внутри дома порядка 170000 метров.

Для прокладки в грунт был выбран кабель ОГЦ 7 кН – 32 [27], который отвечает всем необходимым требованиям. Бронированный кабель, 7 кН., центральная трубка, одномод, 4-32 волокна. Кабели содержат центральный оптический модуль (ЦОМ), на модуль наложен бронепокров из стальных оцинкованных проволок, поверх бронепокрова наложена наружная оболочка из полиэтилена. Свободное пространство в оптическом модуле и межпроволочное пространство заполнено гидрофобным гелем. Кабель ОГЦН имеет наружную оболочку из полиэтилена, не распространяющего горение, или из материала, не выделяющего галогенов при горении. Кабели предназначены для эксплуатации в диапазоне температур от - 40 °С до + 50 °С. Допустимое растягивающее усилие от 7 до 20 кН. Допустимое раздавливающее усилие не менее 0,7 кН/см. Количество волокон выбрано 32, этого будет достаточно для включения каждого OLT через два волокна и организации небольшого резерва.

Для прокладки внутри дома выбран кабель ОВНП LS-HF-0.4A2 [28]. Этот кабель предназначен для прокладки в коробах и по плинтусам, в офисах и квартирах, внутри зданий, в стояках, на чердаках и в подвалах. Оболочка белого

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		49

цвета. Негорючий.

На рисунке 4.2 приведен вариант схемы прокладки кабеля по территории жилого квартала «На Базовской». По территории кабель укладывается в грунт. Место ввода кабеля в дом обозначено белым кругом.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		50

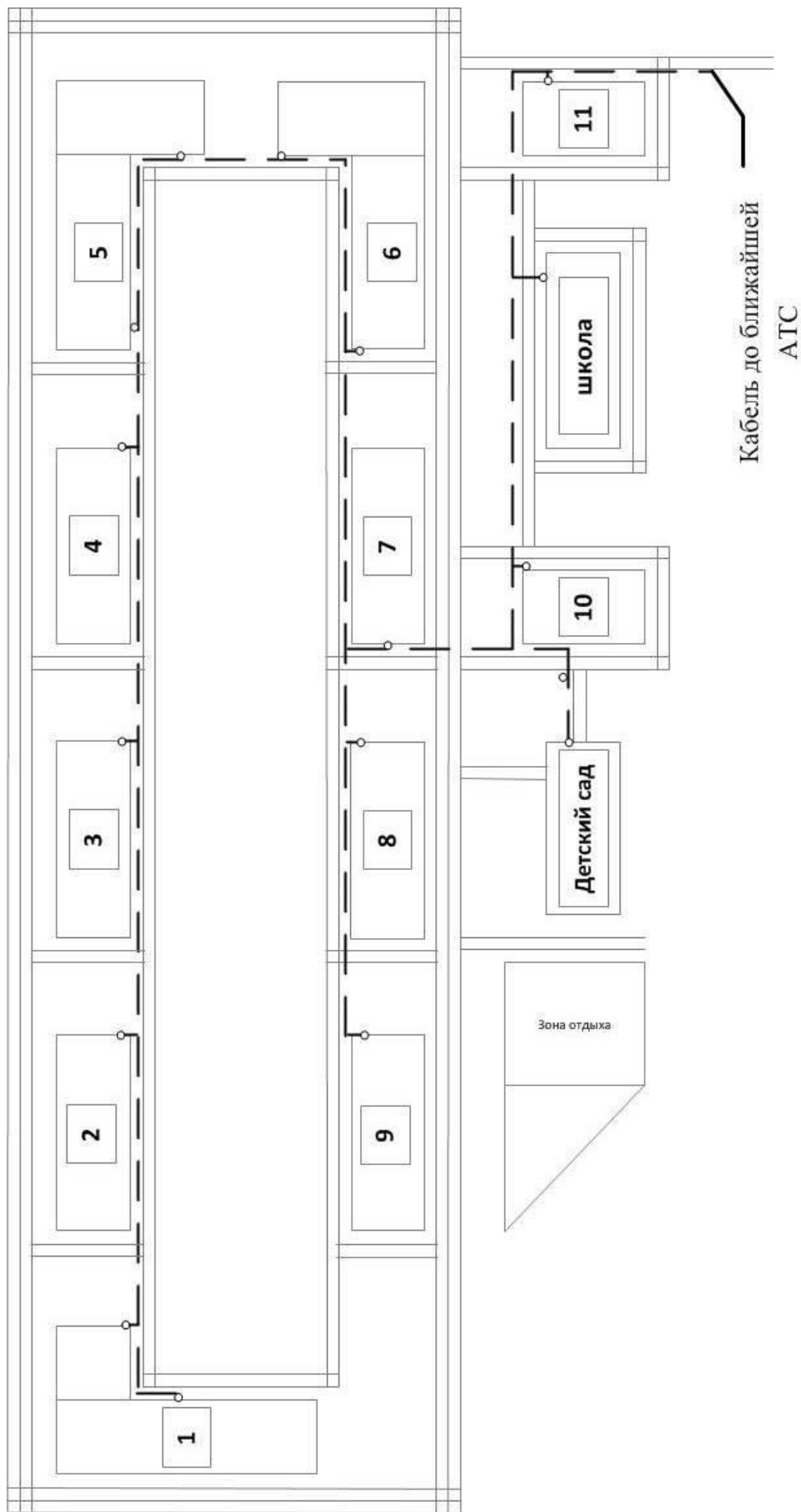


Рисунок 4.2 – Ситуационная схема трассы прокладки кабеля.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.949.ПЗВКР

Лист

51

OLT размещаются в домах на технических этажах в специально оборудованных антивандальных шкафах. Такой шкаф должен быть укомплектован сетевым фильтром, источником бесперебойного питания и защитой от внешнего воздействия. От OLT оптический кабель прокладывается до абонентского устройства. Для дополнительной защиты кабель укладывается в специальный кабельный канал.

На рисунке 4.3 приведен пример размещения оборудования в доме, а на рисунке 4.4 показано как прокладывается кабель по этажу жилого дома.

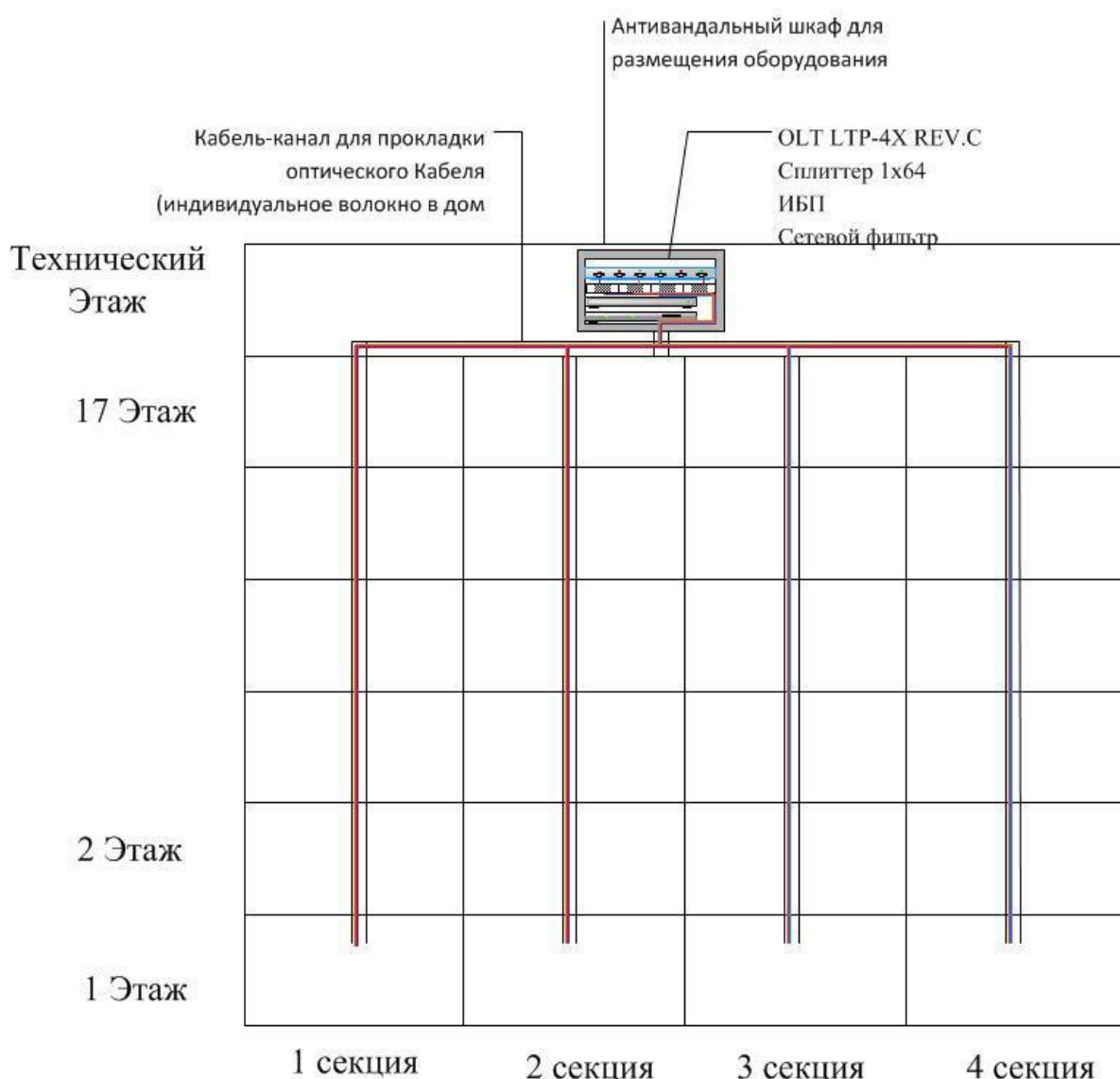


Рисунок 4.3 – Размещение оборудования доступа в жилом доме

Двойной линией обозначен кабель канал для прокладки оптического кабеля. Разным цветом схематически обозначено отдельная группа оптических волокон выходящая с каждого сплиттера.

Стоит отметить, что за сохранность оборудования и кабельных систем отвечает управляющая компания, которой принадлежит дом. Провайдер должен обеспечить услугу в полном объеме и далее следить за качеством ее предоставления, повреждения кабеля не по вине провайдера абонент устраняет за свой счет.

На рисунке 4.4 показан пример подключения абонентских устройств на этаже.

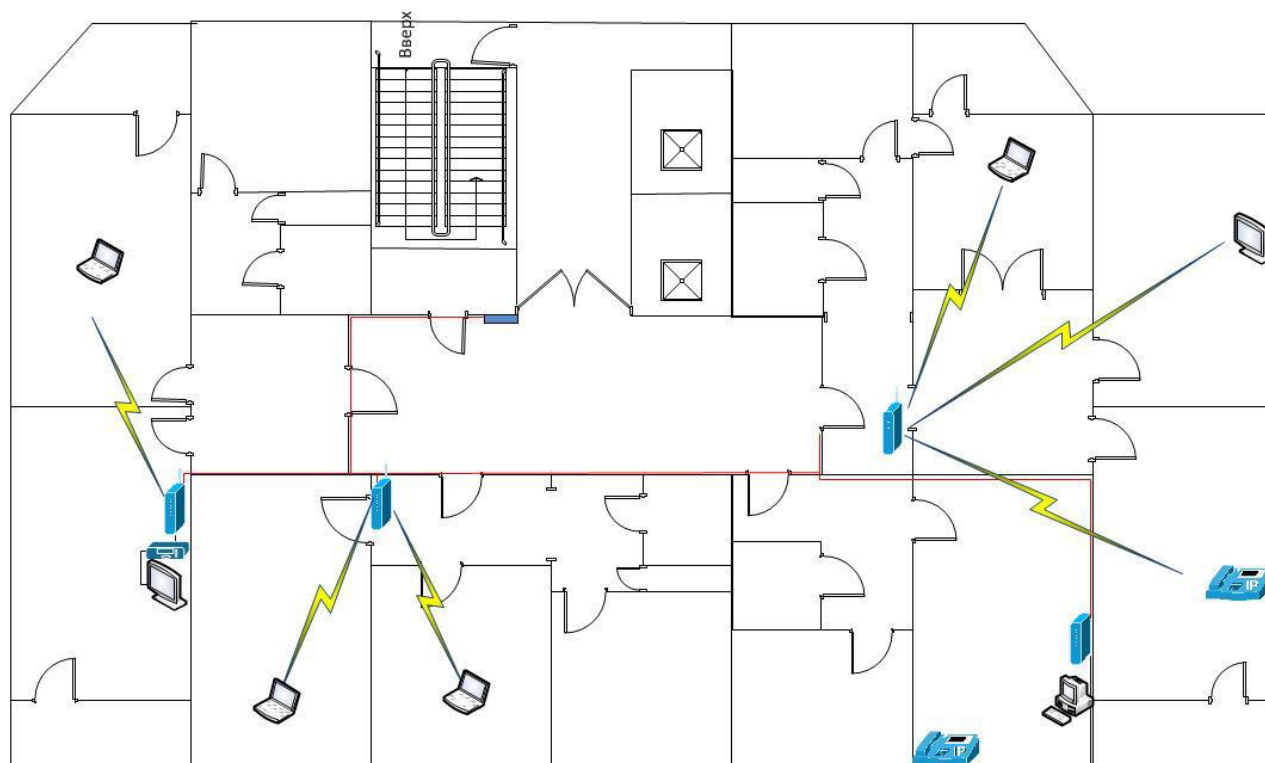


Рисунок 4.4 – Размещение оборудования доступа в жилом доме на этаже

Маршрутизатор, серверное и сервисное оборудование будут располагаться на территории провайдера, в сеть которого будет осуществлено включение. Это обусловлено наличием у него специализированного помещения.

Еще одним важным моментом является расчет оптического бюджета линии. При построении сети PON больше всего вопросов возникает о расчёте

оптического бюджета мощности и оптического бюджета потерь. Расчёт этих показателей является основополагающим при построении PON дерева. Оптический бюджет мощности определяется как разница между мощностью передатчика (SFP OLT трансивера) и чувствительностью приёмника в ONU. Выбрав оборудование, вычислим оптический бюджет сети:

Выходная мощность OLT: от +1,5 до +5 dBm; Чувствительность ONU: -28 dBm

Таким образом, оптический бюджет мощности для PON сети составляет примерно от 29,5 до 33 dB.

Под оптическим бюджетом потерь подразумевается максимальное затухание сигнала от OLT-а до ONU.

$$P = F_{(km)} * K + C + S1 + S_p \quad (4.1)$$

Где P - бюджет мощности (максимальные оптические потери в ODN – Optical Distribution Network);

F - протяженность волокна в километрах;

K – затухание на километр;

C - затухание сигнала в оптических коннекторах;

S1 - затухание сигнала в соединениях волокна;

Sp - затухание сигнала в сплиттерах;

$$P = 9 * 0,3 + 0.5 * 2 + 0 + 21.5 + 0.3 * 2.5 = 25.95dB$$

Исходя из расчетов затухания, можно сделать вывод, что оптического бюджета полностью хватит для организации бесперебойной работы сети.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		54

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительномонтажные работы

Размещение оборудования производится на существующих площадях, поэтому затраты на строительство новых зданий не предусмотрены.

Расчет капитальных вложений в оборудование и материалы представлен в таблице 5.1. Данные из таблицы взяты с электронных ресурсов:

http://eltex.nsk.ru/catalog/olt_ltp_4x.php; <https://www.kdds.ru>;
<https://zyxel.ru/wac6553d-e/>; <http://www.dvbc.ru>; <http://cisco.msk.ru/>;
<http://shop.nag.ru/catalog/00002.Marshrutizatory/06336.Brocade/06335.NI-MLX-4> и др.

Таблица 5.1 – Смета затрат на оборудование и материалы

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
			за единицу	всего
1	OLT LTP-4X REV.C	10	88813	888130
2	Маршрутизатор Brocade NetIron NI-MLX-4	1	498545	498545
3	Модуль Brocade NI-MLX-10Gx4	6	69653	417918
4	ONU NTP-RG-1402GC-W	2399	3763	9027437
5	Точка доступа Zyxel WAC6553D-E	5	113396	566980
6	Система биллинга Carbon Blling 5	1	160000	160000
7	Система Carbon Campus Server	1	150000	150000
8	IPTV на базе DMM-1000 и DX-328	1	950000	950000
9	Межсетевой экран Cisco ASA5505-SSL10-K9	1	62366	62366

Окончание таблицы 5.1 - Смета затрат на оборудование и материалы

10	HP 646902-421 Proliant DL360p Gen8 E5-2640	2	315200	630400
11	Делитель SNR-PLC-1x64- SC/APC	44	12403	545732
11	Коннекторы	2500	4	10000
12	Антивандалные шкафы	11	9000	99000
14	ИБП UPS 400VA FSP	11	2500	27500
15	Сетевой фильтр	11	2300	25300
16	IVUE купольная антивандалная fullHD AHD, 2.0Mpx iVue-HDC- OD20V2812-60	72	4934,5	355284
17	IP ATC AsteriskNOW 500	2	170 082	340164
18	Уличный ONT ZNID-GPON- 9108	11	14 033	154363
Итого: 14909119				

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{обор} = K_{np} + K_{mp} + K_{cмp} + K_{m/y} + K_{зcp} + K_{нпp}, \text{ руб} \quad (5.1)$$

где K_{np} – Затраты на приобретение оборудования;

K_{mp} – транспортные расходы (4% от K_{np});

$K_{cмp}$ – строительно-монтажные расходы (20% от K_{np});

$K_{зип}$ – затраты на запасные элементы и части (5% от K_{np});

$K_{нпp}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от K_{np}).

$$K_{обор} = K_{np} + K_{mp} + K_{cмp} + K_{m/y} + K_{зcp} + K_{нпp} =$$

$$(1 + 0,04 + 0,2 + 0,05 + 0,03) * 14909119 = 19680037 \text{ руб}$$

Затраты на строительство и ввод в эксплуатацию линейно-кабельных сооружений представлены в таблице 5.2.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		56

Таблица 5.2 – Капитальные вложения на строительство и ввод в эксплуатацию линейно-кабельных сооружений

Наименование	Количество единиц/м	Стоимость, руб	
		за единицу, м	всего
Кабель ОГЦ 7 кВ - 32	11500	54,2	623300
Кабель ОВНП LS-HF-0.4A2.	170000	9,5	1615000
Комплекующие для монтажа ВОЛС	1	30000	300000
			Итого: 2538300

Капитальные затраты на строительство ВОЛС составят:

$$K_{лкс} = L * Y, \text{ тыс. руб} \quad (5.2)$$

где $K_{лкс}$ – затраты на прокладку кабеля;

L – протяженность кабельной линии;

Y – стоимость 1 км прокладки кабеля;

$$K_{лкс} = 11500 * 150 + 2399 * 500 = 1725000 + 1199500 = 2924500 \text{ руб}$$

Прокладка кабеля до АТС и по жилому дому до абонента будет выполняться силами подрядной организации. Стоимость прокладки кабеля до АТС 150 руб/м, а в домах 500 рублей за точку подключения (квартиру).

Суммарные затраты на приобретение оборудования, кабеля и других компонент мультисервисной сети составят:

$$KB = 19680037 + 2538300 + 2924500 = 25142837 \text{ руб.}$$

5.2 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы это текущие расходы предприятия на производство и предоставление абоненту услуг связи. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		57

сети. Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Эксплуатационные расходы включают в себя:

1. Затраты на оплату труда – необходимо сформировать фонд заработной платы для оплаты труда сотрудников.

2. Единый социальный налог – согласно законодательству РФ определить сумму отчислений в пенсионный фонд и т.д.

3. Амортизация основных фондов – рассчитать отчисления на формирование фонда замены оборудования

4. Материальные затраты и прочие производственные расходы.

Затраты на оплату труда. Для администрирования оборудования сети нужно ввести персонал. Рекомендуемый состав персонала приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Состав персонала

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/пл, руб.
Системный администратор	48000	2	48000
Итого		2	96000

Годовой фонд оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ} = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{руб.} \quad (5.3)$$

где 12 – количество месяцев в году;

T – коэффициент премии

P_i – заработная плата работника каждой категории.

$$\text{ФОТ} = 96000 * 12 = 1152000 \text{ руб.}$$

Страховые взносы. Страховые взносы в 2016 году составляют 30 % от суммы годового заработка

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		58

$$СВ = 0,3 * ФОТ \quad (5.4)$$

$$ФОТ = 96000 * 0,3 * 12 = 345600 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления. Эти отчисления на содержание производственных фондов компании, т.е. на замену/ремонт оборудования. Этот показатель рассчитывается с помощью утвержденных норм амортизационных отчислений. В проекте этот показатель вычислен относительно срока службы оборудования:

$$АО = Т / F \quad (5.5)$$

где T – стоимость оборудования;

F – срок службы оборудования.

$$АО = 14782822 / 10 = 1478282 \text{ руб.}$$

Материальные затраты. В них включено оплата электроэнергии для производственных нужд, затраты на материалы и запасные части и др. Эти составляющие материальных затрат определяются следующим образом:

а) затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования:

$$З_{н} = T * 24 * 365 * P, \text{ руб} \quad (5.5)$$

где $T = 4,5$ руб./кВт · час – тариф на электроэнергию

$P = 5,5$ кВт – суммарная мощность установок.

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$З_{э\text{н}} = 4,5 * 24 * 365 * 5,1 = 216810 \text{ , руб.}$$

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		59

б) затраты на материалы и запасные части включены в статью амортизационные отчисления

$$Z_{\text{мз}} = 0 \quad (5.6)$$

Таким образом, общие материальные затраты равны

$$Z_{\text{общ}} = 216810 \text{ руб.}$$

Прочие расходы.

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

$$Z_{\text{пр}} = 0.05 * \text{ФОТ} \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{эк}} = 0.07 * \text{ФОТ} \quad (5.8)$$

Подставив значения в формулы (5.7) и (5.8), получается:

$$Z_{\text{пр}} = 0,05 * 1152000 = 57600 \text{ , руб.}$$

$$Z_{\text{эк}} = 0,07 * 1152000 = 80640 \text{ , руб.}$$

Таким образом, вычисляются прочие расходы:

$$Z_{\text{прочие}} = 57600 + 80640 = 138240 \text{ , руб.}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в таблицу 5.5

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		60

Таблица 5.4 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1. ФОТ	1152000
2. Страховые взносы	345600
3. Амортизационные отчисления	1478282
4. Общие материальные затраты	216810
5. Прочие расходы	138240
6. Аренда канала для ПД	1500000
Итого:	4930932

5.3 Определение доходов от основной деятельности

Доходы провайдера от предоставления услуг населению имеют два вида – единоразовые (оплата за подключение услуги) и периодические (абонентская плата за предоставление доступа к услугам). Разовая оплата за подключение к сети сейчас уже не распространена среди провайдеров, поэтому примем в расчет, что подключение абонента к сети будет бесплатное. Срок окупаемости вложений будет зависеть от получаемого дохода, который основан на количестве подключенных абонентов. Предполагаемое количество абонентов, которое будет подключаться к сети в определенный период, приведено в таблице 5.6.

Таблица 5.5 – Количество подключаемых абонентов по годам

Год	Доступ к сети Интернет		IP-TV		IP-телефония		VOD	
	Физ. лица	Юр. лица	Физ. лица	Юр. лица	Физ. лица	Юр. лица	Физ. лица	Юр. лица
1	982	48	571	23	206	10	69	6
2	799	42	263	20	206	15	57	5
3	502	27	308	16	274	9	92	1
Всего абонентов	2284	117	1142	59	686	34	229	12

Т.к. других провайдеров в ЖК нет, то можно рассчитывать на достаточно быстрое присоединение абонентов к сети, т.е. за 3 года должны подключиться все потенциальные абоненты. В первый год планируется подключить минимум 50% от общего количества абонентов. Предполагается, что юридические лица будут заинтересованы в подключении всего спектра услугам.

Тарифы за пользование услугами будут следующие: Доступ к сети Интернет: юридические лица - 2500, физические лица – 500 за 50 Мбит/с; услуга IP-TV: юридические лица - 1500, физические лица - 180; услуга IP-телефония: юридические лица - 700, физические лица – 100 (цены указаны в рублях). Примем в расчет, что услугой видео по запросу абоненты будут пользоваться активно и тратить на это будут около 200 рублей в месяц. На основании определенной цены за услуги проведен расчет ежегодного дохода.

В качестве конкурентного преимущества перед другими провайдерами, можно отметить бесплатное предоставление абонентских устройств на период предоставления услуги не мене чем на 1 год.

Таблица 5.6 –Общие доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам.

Год	Доход, руб.	
	За месяц	За год
1	783960	9407520
2	619508,8	7434106
3	445701,2	5348414

На основании расчетов предполагаемого дохода за год определим основные экономические показатели проекта.

5.4 Определение оценочных показателей проекта

Экономические показатели, которые необходимо рассчитать, это срок окупаемости, индекс рентабельности, внутренняя норма доходности.

Срок окупаемости можно оценить при использовании расчета чистого денежного дохода (*NPV*), который показывает величину дохода на конец *i*-го

периода времени. 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 (5.9):

$$NPV = PV - IC \quad (5.9)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.10);

IC – отток денежных средств в начале n -го периода, рассчитываемый по формуле (5.11).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.10)$$

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

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.11)$$

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

Следует обратить внимание, что при наличии года на ввод сети в эксплуатацию, первым годом при расчете IC ($n=1$) будет именно нулевой год.

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. Примем ставку дисконта равную 10%. В таблице 5.9 приведен расчет дисконтированных доходов и расходов, а также чистый денежный доход с учетом дисконтирования, параметр P_n показывает доход, полученный за текущий год.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		63

Таблица 5.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	30073769	30073769	-30073769
1	9407520	8552291	4930932	34556434	-26004144
2	16841626	22470990	4930932	38631585	-16160595
3	22190040	39142695	4930932	42336267	-3193572
4	22190040	54298791	4930932	45704160	8594631
5	22190040	68077060	4930932	48765881	19311179
6	22190040	80602759	4930932	51549263	29053496
7	22190040	91989758	4930932	54079611	37910147

Определим срок окупаемости (PP), т.е. период времени от момента старта проекта до момента, когда доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.12)$$

где T – значение периода, когда чистый 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.

$$PP = 4 + \frac{3193572}{(3193572 + 8594631)} = 4,3 = 4 \text{ года } 4 \text{ месяца}$$

Индекс рентабельности - относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам.

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.13)$$

Индекс рентабельности при 6 летней реализации проекта составит:

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$PI = 54298791 / 45704160 = 19\%$$

Внутренняя норма доходности (*IRR*) – норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника.

Оценка показателя *IRR* позволяет оценить целесообразность решений инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. Чем выше *IRR*, тем больше возможностей у предприятия в выборе источника финансирования. *IRR* показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект. *IRR* должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (5.14)$$

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:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.15)$$

где *i*₁ – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором *NPV* > 0; *i*₂ – значение табулированного коэффициента

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		65

дисконтирования, при котором $NPV < 0$.

Для данного проекта: $i_1=10$, при котором $NPV_1 = 8594631$ руб.; $i_2=23$ при котором $NPV_2 = -1746282$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 10 + 8594631 / (8594631 - (-1746282)) * (23 - 10) = 20,8$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 20,8 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 10%, таким образом, проект следует принять.

Таблица 5.8 – Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Объем капитальных вложений в проект, руб.	25142837
Годовые эксплуатационные расходы, руб., в том числе:	4930932
ФОТ	1152000
Страховые взносы	345600
Амортизационные отчисления	1478282
Общие материальные затраты	216810
Прочие расходы	138240
Аренда канала для ПД	1500000
Численность персонала по обслуживанию линейного тракта, чел.	2
Количество абонентов, чел.	2401
Срок окупаемости	4 года 4 месяца
Рентабельность	19%
Внутренняя норма доходности	20,8%

Вывод к главе 5:

Расчеты экономических показателей проекта подтверждают инвестиционную привлекательность проекта в целом. Окупаемость проекта составляет около 4 лет, при этом не учтен полный спектр высокоскоростных тарифов, который может быть внедрен после оценки спроса на них. Одним из вариантов уменьшения срока окупаемости является введение платы за аренду абонентского оборудования. Сумма в 30 рублей в месяц за устройство принесет дополнительных доходов на сумму около 850000 рублей в год со всех абонентов.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		67

6 МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Соблюдение мер по охране труда, технике безопасности, а также охраны окружающей среды являются важными аспектами в деятельности предприятия [33-40]. За несоблюдение каких-либо условий, которые могут повлечь за собой нанесение вреда здоровью сотрудника, либо окружающей среды предусмотрены наказания для работодателя как по административному законодательству (штрафы), так и вплоть до уголовной ответственности для отдельных лиц в случае серьезных нарушений.

Поэтому на каждом предприятии имеются отделы и управления, которые следят за исполнением сотрудниками всех норм и правил. Все нормы и правила приведены в существующем законодательстве РФ, поэтому подробно их описывать не имеет смысла. Далее будут приведены отдельные выдержки из действующих правил с указанием документа первоисточника.

К самостоятельной работе связистом-ремонтником допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Работник не прошедший своевременно повторный инструктаж по охране труда (не реже одного раза в 3 месяца), не должен приступать к работе.

Работник обязан соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка, установленные в организации, не допускать нарушения трудовой и производственной дисциплины.

Работник не должен приступать к выполнению разовых работ, не связанных с его прямыми обязанностями по специальности, без прохождения целевого инструктажа.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		68

Заметив нарушение требований правил и норм по охране труда другим работником, работник должен предупредить его о необходимости их соблюдения.

Перед началом работ связист-ремонтник обязан получить оформленный наряд-допуск на проведение:

- работ в подземных смотровых устройствах (кабельных колодцах, коллекторах);
- огневых работ;
- работ на кабелях с напряжением дистанционного питания;
- работ на опорах при нахождении на высоте более 5 м;
- работ на кабельных линиях передачи, подверженных влиянию электрифицированных железных дорог.

Надеть специальную одежду, подготовить средства индивидуальной защиты; проверить исправность инструмента, приспособлений и средств защиты, необходимых для выполнения данной работы; проверить рабочее место и подходы к нему на соответствие требованиям безопасности; поставить необходимые защитные ограждения и вывесить предупреждающие плакаты.

Обо всех недостатках и неисправностях инструмента, приспособлений и защитных средств, обнаруженных при осмотре, необходимо доложить руководителю работ для принятия мер к их устранению или замене.

Перед стойками оборудования, которые имеют напряжение 220 В, распределительными щитками, АТС координатной системы должны быть положены диэлектрические коврики.

На чехлах оборудования, закрывающих контакты, к которым подведено напряжение 220 В, должен быть нанесен знак электрического напряжения (красная стрела).

При работе на стремянках вблизи питающих шин в зале АТС запрещается касаться шин питания и других токоведущих частей.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		69

Снятие приборов со штатива и чистка контактного поля (рабочего места) прибора производится при выключенном напряжении (снятом индивидуальном предохранителе).

В случае возникновения аварийной ситуации следует:

- прекратить все работы, не связанные с ликвидацией аварии;
- о случившемся сообщить непосредственному руководителю;
- обеспечить вывод людей из опасной зоны, если есть опасность для их здоровья и жизни;
- принять меры по оказанию первой помощи (если есть потерпевшие);
- принять меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- осуществлять другие действия, предусмотренные планом локализации и ликвидации инцидентов и аварий или планом действия при ЧС структурного подразделения.

При пожаре следует вызвать подразделение по чрезвычайным ситуациям, сообщить о происшедшем непосредственному руководителю, принять меры по тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения. Применение воды и пенных огнетушителей для тушения находящегося под напряжением электрооборудования недопустимо. Для этих целей используются углекислотные и порошковые огнетушители.

При несчастном случае необходимо:

- немедленно безопасно прекратить работу;
- соблюдая личную безопасность освободить пострадавшего от действия травмирующего фактора;
- оказать первую доврачебную помощь, вызвать скорую медицинскую помощь (номер телефона 103);
- принять меры по предотвращению травмирования других лиц;
- сообщить о происшествии непосредственному руководителю или иному должностному лицу подразделения или предприятия (диспетчеру);

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		70

- сохранить обстановку происшествия и состояния оборудования таким, каким они были в момент происшествия, если это не угрожает жизни или здоровью окружающих или не приведет к аварии.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		71

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны рекомендации по построению мультисервисной сети на территории жилого квартала «На Базовской» г. Москва. Рекомендации основаны на проведенном анализе инфраструктуры ЖК, анализе существующих конкурентов. Рекомендации содержат: экспликацию объекта, анализ инфраструктуры с расчетом количества потенциальных абонентов и перечень предоставляемых услуг, схему мультисервисной сети, прокладки кабеля, размещения оборудования в доме (подъезд, этаж).

На основании проведенного анализа было принято решение строить сеть по технологии GPON, это обусловлено необходимостью иметь возможность организации доступа к телекоммуникационным услугам на скорости порядка 1 Гбит/с.

Общее количество абонентов в ЖК «На Базовской» 2401, для них были определены основные мультисервисные услуги - IP-телефония, IPTV, VoD(видео по запросу), доступ к сети Интернет, Беспроводной доступ к сети Интернет, «Безопасный двор» - система видеонаблюдения за территорией ЖК.

Основное оборудование для оптической сети выбрано марки Eltex, оборудование которой соответствует предъявленным требованиям: соотношение цена/качество, наличие сертификатов соответствия, качество работы и т.д.

Был проведен расчет затрат на приобретение оборудования и обслуживание сети, а также проведен расчет экономических показателей проекта. Проведенные расчеты экономических показателей показали, что на реализацию проекта потребуется 25142837 рублей, годовые затраты по эксплуатацию 4930932 рублей, проект будет приносить прибыль на 4 году эксплуатации, рентабельность 19%. В разделе 5 приведены предложения по увеличению прибыли провайдера за счет внедрения новых услуг.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		72

В проекте указаны мероприятия, связанные со строительством кабельных линий связи, а также мероприятия по технике безопасности и охране труда при эксплуатации оборудования и при проведении монтажных работ.

Все поставленные в выпускной квалификационной работе задачи выполнены в полном объеме.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		73

13. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС [текст] / А.Б. Семенов // Изд.: ДМК Пресс, Компания АйТи. – 2014г. 632с.
14. Роджер Л. Фриман Волоконно-оптические системы связи [текст] / Роджер Л. Фриман // Изд.: Техносфера. 2007г. 514с.
15. Дмитриев С. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы [текст]/ С. Дмитриев, Н. Слепов // Изд.: Техносфера. – 2010г. 608с.
16. Цуканов В.Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство [текст]/ В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев // Изд.:Инфра-Инженерия – 2014г. 304с
17. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [текст]/ О.К. Скляр // Изд.: Лань – 2010г. 272с
18. Листвин В.Н. DWDM-системы [текст]/ В.Н. Листвин, В.Н. Трещиков // Изд.: Техносфера – 2015г. 296с
19. Никульский И. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа [текст]/ И. Никульский // Изд.: Техносфера – 2006г. 256с
20. Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN [текст]/Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый// Изд.: БХВ-Петербург – 2013г. 160с
21. К. Кочетков Волокно в каждый дом: как это работает. Технология GEPON [Электронный ресурс]/ <http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon.shtml> (дата обращения 8 декабря 2016г.)
22. Технические характеристики OLT LTP-4X REV.C [Электронный ресурс]/ http://eltex.nsk.ru/catalog/olt_ltp-4x_rev-c.php (дата обращения 9 декабря 2016г.)
23. Технические характеристики маршрутизатора Brocade NetIron NI-MLX-4 [Электронный ресурс]/ <http://shop.nag.ru/catalog/00002.Marshrutizatory/06336.Brocade/06335.NI-MLX-4> (дата обращения 9 декабря 2016г.)

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		75

24. Технические характеристики AsteriskNOW 500 [Электронный ресурс]/ http://www.pbxware.ru/catalog/ip_atc/asterisk_now/ip_ats_asterisknow_500/ (дата обращения 10 декабря 2016г.)
25. Технические характеристики биллинговой системы Carbon Billing 5 и Carbon Campus Server [Электронный ресурс]/ <http://www.carbonsoft.ru/carbon-campus-server> (дата обращения 10 декабря 2016г.)
26. Технические характеристики системы IP-TV на основе DMM-1000 и DX-308A [Электронный ресурс]/ <http://www.dvbc.ru/index.php/solutions> (дата обращения 10 декабря 2016г.)
27. Технические характеристики кабеля ОГЦ 7 кН – 32 [Электронный ресурс]/ <https://www.kdds.ru/kabelnaya-produkciya/opticheskiy-kabel/opticheskiy-kabel-dlya-prokladki-v-grunt/kabel-ogts-7-kn> (дата обращения 10 декабря 2016г.)
28. Технические характеристики кабеля ОВНП LS-HF-0.4A2 [Электронный ресурс]/ https://www.kdds.ru/shop?module=shop&action=search&cat_id=0&n=%D0%9E%D0%92%D0%9D%D0%9F+LS-HF-0.4%D0%902 (дата обращения 10 декабря 2016г.)
29. Тарифные планы Starlink [Электронный ресурс]/ <http://www.starlink.ru/internet/> (дата обращения 5 декабря 2016г.)
30. Тарифные планы Seven Sky [Электронный ресурс]/ <http://www.seven-sky.net/> (дата обращения 5 декабря 2016г.)
31. Тарифные планы ИНЕТКОМ [Электронный ресурс]/ <http://x.inetcom.ru/> (дата обращения 5 декабря 2016г.)
32. Тарифные планы МГТС [Электронный ресурс]/ <http://mgts.ru/home/internet/tariffs/> (дата обращения 5 декабря 2016г.)
33. Руководство по строительству линейных сооружений местных сетей связи [текст]/Минсвязи России - АООТ «ССКТБ-ТОМАСС» - М. 1996г. 736с.
34. Руководство по строительству линейных сооружений магистральных и внутризоновых кабельных линий связи [текст]/М-во связи СССР. - М.: Радио и связь, 1986г. 1025с.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		76

35. Приказ от 24 января 1994 г. N 18 «Об утверждении нового положения об организации работы по охране труда на предприятиях, в учреждениях и организациях, подведомственных министерству связи российской федерации» [Электронный ресурс]/ <http://www.referent.ru/1/35512> (дата обращения 12 декабря 2016г.)

36. Постановление от 8 февраля 2000 г. N 14 «Об утверждении рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации» [Электронный ресурс]/ www.government-nnov.ru/?id=71330 (дата обращения 12 декабря 2016г.)

37. Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций. №4209, Москва, 2003.

38. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Москва, 2003.

39. Правила по охране труда при работе на линейных сооружениях кабельных линий передачи. ПОТ РО-45-009-2003, Москва, 2003.

40. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00, Москва, 2001.

					11070006.11.03.02.949.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		77