

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
МИКРОРАЙОНА МАЙСКИЙ 80 БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
очной формы обучения, группы 07001410
Михайлова Вячеслава Юрьевич

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

Рецензент
начальник строительного
отдела ООО «Тех-Строй»
Келеберда К. В.

БЕЛГОРОД 2018

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

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Направление 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль Сети связи и системы коммутации

Утверждаю
Зав. кафедрой

« ____ » _____ 201_ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Михайлова Вячеслава Юрьевича
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР «Проектирование мультисервисной сети связи микрорайона Майский 80
Белгородского района»

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

2. Срок сдачи студентом законченной работы ____.

3. Исходные данные:

объект проектирования – МКР «Майский-80»;
тип сети связи – проводная широкополосная телекоммуникационная сеть;
количество абонентов – 1211 физических лиц

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

- 4.1. Анализ инфраструктуры МКР «Майский-80»;
- 4.2. Выбор технологии построения мультисервисной сети МКР «Майский-80»;
- 4.3. Расчет нагрузок и количества необходимого оборудования
- 4.4. Проект мультисервисной сети связи МКР «Майский-80»;
- 4.5. Техничко-экономическое обоснование проекта;
- 4.6. Меры по обеспечению охраны труда, техника безопасности и охрана окружающей среды

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 5.1. Экспликация объекта (А1, лист 1).
- 5.2. Существующая схема организации связи (А1, лист 1).
- 5.3. Проектируемая схема сети организации связи (А1, лист 1).
- 5.4. Схема трассы прокладки кабеля (А1, лист 1).
- 5.5. Техничко-экономические показатели.

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1-4.6	<i>канд. техн. наук доцент каф. ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель

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

А.В. Болдышев
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНА “МАЙСКИЙ-80”	5
1.1 Общие сведения о мкр “Майский-80”	5
1.2 Требования к проектируемой мультисервисной сети связи микрорайона “Майский-80”	10
2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ.....	11
3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	16
3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети.....	16
3.2 Расчет трафика телефонии.....	17
3.3 Расчет трафика IP-TV.....	19
3.4 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет.....	23
3.5 Определение телетрафика МСС.....	26
4 ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ МКР МАЙСКИЙ-80...	27
4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи микрорайона “Майский-80”	27
4.2 Расчет коэффициента затухания PON сети.....	29
4.3 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования.....	30
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТ.....	35
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	Михайлов В. Ю.				Проектирование мультисервисной сети связи микрорайона Майский 80 Белгородского района	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Болдышев А. В.						2	55
Рецензент	Келеберда К. В.					НИУ «БелГУ» гр.07001410		
Н. Контроль	Болдышев А. В.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

ВВЕДЕНИЕ

Ныне информационные технологии это — практичный способ мгновенно получить всю требуемую и актуальную информации; совершить покупку нужных вещей делая всего лишь пару действий на компьютере или другом устройстве; поддерживать связь с близкими людьми на огромнейшем расстоянии от друг друга.

Человеческие потребности в обмене информации, в современных телекоммуникациях, неограниченно растут, что приводит к стремительному увеличению объемов передаваемых и хранимых данных. Это вынуждает провайдеров улучшать свои технологии и услуги, для того, чтоб удовлетворить пользовательские нужды.

Основная цель провайдера: извлечение максимальной прибыли, которая достигается за счет увеличения количества новых абонентов и внедрения новых услуг. В тоже время, первостепенной задачей, для поставщика услуг является поддержка высокого качества оказываемых услуг.

Выполнение этой цели возможно при компетентном подходе к проектированию сети, то есть требуется осуществить: оценку потребностей клиентов, выбрать приемлемую технологию для предоставления услуг, исходя из перспективы роста абонентской сети. Вдобавок к этому, следует предоставить наилучшее качество и безотказность оказываемых абоненту услуг.

Майский-80 является микрорайоном поселка Майский, который входит в состав Белгородской области, и в тоже время представляет собой исполнительный центр Белгородского района и Майского сельского поселения. Микрорайон насчитывает около 1211 земельных участков. На территории будет находиться стадион, детский сад и школа.

Данная область имеет огромное количество провайдеров. Наличие большого количества поставщиков услуг, ускоряет конкурентное развитие телекоммуникационной сети этой зоны.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

Срок сдачи объекта: 25 ноября 2018 года. На текущий момент времени, на территории данного микрорайона, нет провайдеров, которые могли бы предоставить абонентам должный доступ к мультисервисным услугам.

Проектировка мультисервисной сети связи должна быть нацелена на предоставление современного вида услуг и в свою очередь дополнительных.

На основании вышеизложенного материала, можно утверждать, что проект по созданию мультисервисной сети в микрорайоне “Майский-80”, с целью предоставления жителям высокоскоростного доступа к современным телекоммуникационным услугам связи, является актуальным.

Для реализации поставленной цели, требуется выполнить следующие задачи:

- Сделать анализ проектной документации мкр “Майский-80” и произвести оценку возможных клиентов.
- Выполнить анализ провайдеров-конкурентов, которые осуществляют предоставление услуг в данном микрорайоне.
- Изучить принцип построения современных технологий мультисервисных сетей связи и выбрать наиболее приемлемый вариант.
- Сформировать список предоставляемых услуг, произвести расчет абонентской нагрузки и необходимого количества сетевого оборудования.
- Осуществить разработку мультисервисной телекоммуникационной сети связи.
- Подсчитать количество финансовых издержек на реализацию проекта и посчитать экономические показатели.
- Определить условия охраны труда и природоохранных мероприятий, указать правила по технике безопасности.,

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНА “МАЙСКИЙ-80”

1.1 Общие сведения о мкр “Майский-80”

Микрорайон “Майский-80” входит в состав посёлка Майский, который в свою очередь является административным центром Белгородского района и Майского сельского поселения.

Площадь застройки на земельном участке площадью в 181 га составляет 1816500 кв. м. В целом в данном микрорайоне будет построено 1211 коттеджей. Окончание формирования первой очереди было закончено в 2017 году. Ввод микрорайона “Майский-80” в эксплуатацию будет совершено 30 ноября 2018 года.

Данный местность относится к зоне степей. Преобладает умеренный, умеренной континентальный климат, с вполне мягкой зимой, выпадениями снега и оттепелями, и довольно продолжительным летом. Средняя температура воздуха в течении года равна +6,8 градусов по Цельсию. Если рассматривать отдельно зимний период, то температура не превышала -20 градусов по Цельсию. Почвенный покров этого участка представлен чернозёмами. Микрорайон насчитывает большое количество представителей животного мира, в частности грызунов. Этот вид млекопитающих является основной проблемой повреждения кабелей в грунте. Среднее количество грызунов на 1 га в Белгородской области равно 50-80 нор, а это 3-4 грызуна. На весь участок приходит 543 единицы грызунов.

В направлении север — северо-восток тянется урочище Кручиновское. В сторону северо-восток — юг, по правой стороне микрорайона тянется Шагаровский пруд. На северо-западе находится “Майский-74”. “Майский-80” имеет выход на дорогу, которая имеет выход на северо-восточное направление — город Белгород, западное направление — микрорайоны посёлка Майский, юго-западное направление, переезд на автодорогу М2- — МАПП “Нехотеевка”.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Проект создания микрорайона “Майский-80” предполагает собой создания участка с высокоразвитой инфраструктурой, который будет содержать в себе, стандартное футбольное поле, детский сад, школу, парк, храм. Преобладают широкие улицы с двусторонним движением и тротуарами. Большая часть территории проекта будет отведена под озеленение и благоустройство. Данный микрорайон приблизительно состоит из 1211 участков с площадью от 1500 м² и больше (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 — План мкр “Майский-80”

Ближайшая АТС расположена в главном здании сельхозакадемии поселка Майский, Белгородской области (рисунок 1.2).

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

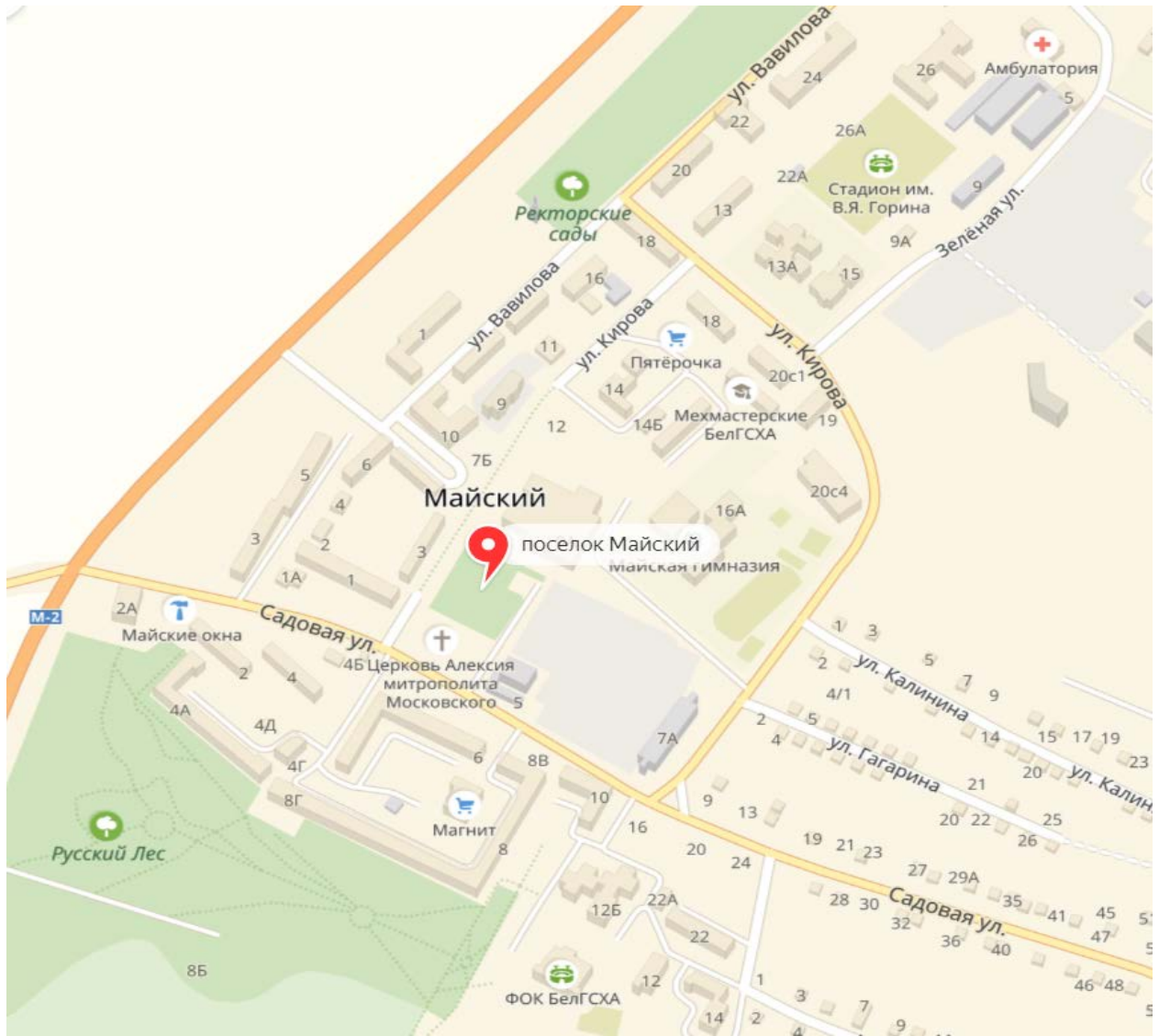


Рисунок 1.2 — Местоположение ближайшей АТС

Расстояния от АТС до мкр “Майский-80” приблизительно составляет 5.30 км (рисунок 1.3)

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

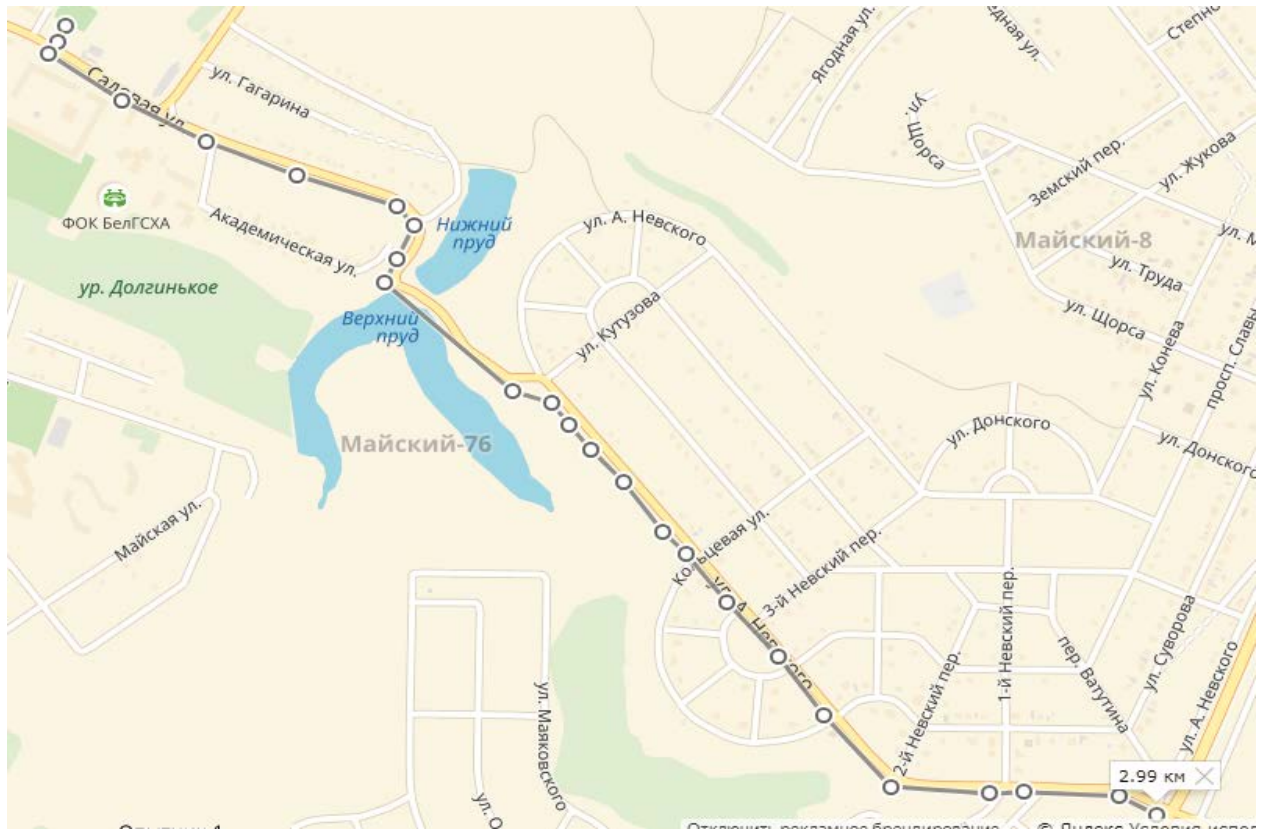


Рисунок 1.3 — Оценка расстояния от ближайшей АТС до мкр “Майский-80”

По неофициальным сведениям было распродано около 40 % всех земель и на данный момент все они застроены коттеджами. Данных касательно других провайдеров предоставляющих мультисервисные услуги, отсутствует. Следовательно, при подборе тарифного плана, будет учитываться средняя стоимость услуг в городе Белгород.

Этот микрорайон относительно новый, ранее здесь не было замечено монтажно-строительных работ в прокладке сети, поэтому в данном районе отсутствуют какие-либо телекоммуникационные услуги связи. Это усложняет прокладку сети и требует дополнительных земельных работ.

Жителям микрорайона “Майским-80” будет предоставлен широкий ряд телекоммуникационных услуг:

- Доступность к сети Интернет на большой скорости — данная мультисервисная услуга является основной у любого провайдера. Опираясь на среднюю статистику предоставляемых скоростей различных провайдеров(МТС,

МегаФон, Ростелеком и др.), было принято решение выбрать минимальную скорость для клиентов в размере 30 мбит/с.

- IPTV — это интерактивное телевидение, работающие по протоколу IP. Планируется, что 45-50 % жителей будут заинтересованы в услуге такого рода.
- VoD — система, которая предоставляет доставку абонентам различных телевизионных программ и фильмов по цифровой сети в различных мультимедийных форматах.
- IP-телефония — это технология, которая по средствам определенных протоколов, позволяет использовать сеть Интернет для проведения телефонных разговоров и передачи факсов в режиме Real Time.

Не рекомендуется утверждать, что абоненты будут использовать все услуги. Допустим, что услугами будут пользоваться не все абоненты: Интернет — 100%, IPTV — 45%, VoD — 10 % (от абонентов IPTV), IP-телефония — 25%. Число абонентов, использующих прогнозируемые услуги, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Вероятность использования мультисервисных услуг

Объект	Физические лица	Интернет	IPTV	VoD	IP-телефония
Жилые дома	1211	1211	544	54	303

1.2 Требования к проектируемой мультисервисной сети связи микрорайона “Майский-80”

Главные требования, во время проектирования мультисервисной сети, базируются на уже существующие стандарты международного класса или государственные. На базе этих требований провайдер, обязан предоставить телекоммуникационные услуги с стабильным качеством и минимальным капиталовложением.

- Главные задачи, которые поставщик услуг должен преследовать при проектировке сети это:
 - мультисервисность — способность передачи голоса, видео и данных в одной и той же сети;
 - отказоустойчивость — бесперебойное предоставление телекоммуникационных услуг;
 - модифицируемость — улучшение или корректировка отдельных участков сети, без прерывания работы самой сети;
 - универсальность — осуществление контроля услугами со стороны оператора и со стороны абонента;
 - резервируемость — обеспечение дополнительной емкости сети связи для быстрого подключения дополнительных клиентов.

Реализация вышеперечисленных задач гарантирует провайдеру высокий доход, стабильную и автономную мультисервисную сеть.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

PON — это технология предоставления широкополосного мультисервисного доступа. Главной отличительной характеристикой является то, что данная технология не требует электропитательных элементов. Это предотвращает появление пожаров и обеспечивает абсолютную независимость волокна от электромагнитных помех. Благодаря этому линия связи может прокладываться на большие расстояния, и услуги, предоставляемые оператором, будут работать без помех. Из-за этой характеристики во время часов “пиковой нагрузки”, передача будет осуществляться без помех и снижения скорости.

Данная технология имеет древовидную структуру и только 3 элемента сети:

- Оптический линейный терминал OLT — это стационарное оборудование, устанавливаемое на стороне оператора.
- Распределительная сеть — это набор коммутационных элементов и линий связи, который обеспечивают сопряжение двух узлов. Основной частью сети выступают оптические пассивные сплитеры. С их помощью выполняется разделение сигнала. Из-за наличие этих элементов в сети, она и носит название “пассивная”.
- Абонентский оптический терминал ONT — это устройство устанавливаемое у абонента, с целью получения предоставляемых услуг и передачи данных.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

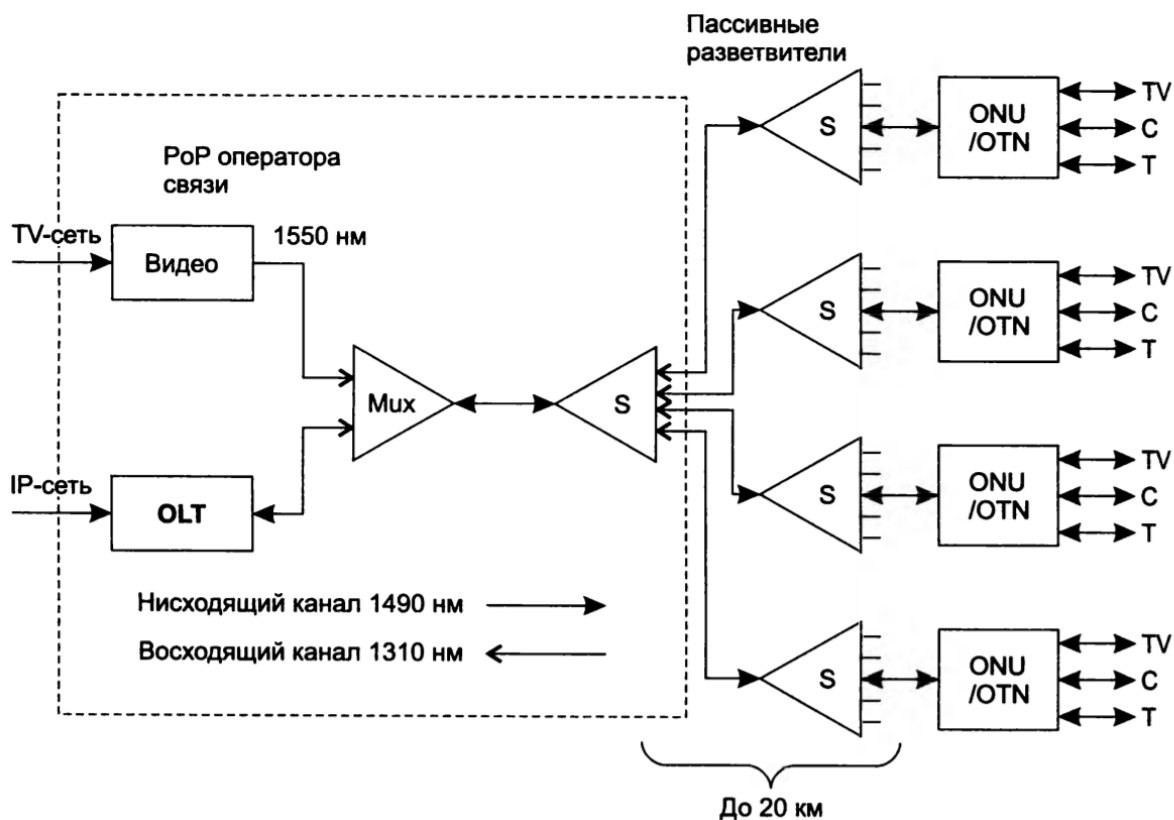


Рисунок 2.1 — Структура пассивной оптической сети доступа

С помощью разветвителей (сплитер) создается древовидная оптоволоконная структура, которая соединяет точку присутствия оператора с помещениями пользователей (рис. 2.1). Разветвитель направляет световой сигнал из одного входного волокна в несколько выходных, идущих по направлению к пользователям. Разветвитель также имеет возможность выполнять обратную операцию мультиплексирования сигналов пользователей в одно волокно, идущее к РОР. Коэффициент разветвления этих пассивных устройств может достигать значений 1:16 или 1:32, а наибольшее расстояние от них до активных устройств, которые находятся в момент присутствия оператора в точке, равно 20 км (применяется одномодовое волокно, то есть SMF). Поскольку разветвители не требуют электропитания, как было указано в начале главы, их можно устанавливать в близких к зданиям пользователей точках городской инфраструктуры, где активные устройства не смогли бы работать, из-за чего происходит сокращение суммарной длины оптического волокна.

Экономия достигается за счет того, что вместо N индивидуальных волокон на отрезке между центральным офисом оператора и разветвителем требуется только одно общее волокно. Кроме того, пассивные разветвители сами по себе дешевле активных мультиплексоров. Оператор может применять не один, а два уровня разветвления.

На рисунке 2.1 показан именно такой вариант: первый разветвитель разделяет сигнал между четырьмя волокнами, а разветвители второго уровня распределяют его между конечными пользователями. К вершине дерева подключается центральный терминал оптической линии связи (Optical Line Terminal, OLT). К каждому оптическому волокну на стороне пользователя подключается модуль оптической сети (Optical Network Unit, ONU), совместно с OLT организующий прием и передачу данных между пользователем и сетью оператора связи. Кроме ONU на стороне пользователя должен работать терминал оптической сети (Optical Network Terminal, ONT), который обеспечивает интерфейсы для терминальных устройств пользователя — телевизора, компьютера и телефона (соответственно TV, C и T на рисунке 2.1). Часто функции ONU и ONT совмещены в одном и том же устройстве (как это и показано на рисунке 2.1). Для передачи цифровой информации в нисходящем (от OLT к модулям ONU) и восходящем (от модулей ONU к OLT) направлениях используется две волны, распространяемые в одном волокне: 1490 нм для нисходящего направления и 1310 нм для восходящего. Для передачи видеосигнала обычно выделяется отдельная волна в 1550 нм, идущая в нисходящем направлении. Волны мультиплексируются в OLT и ONU по технологии WDM. По своей природе древовидная сеть доступа, построенная на пассивных разветвителях и отрезках оптического волокна, является разделяемой средой. Действительно, световой сигнал некоторой волны, отправленный OLT, одновременно распространяется по всем отрезкам оптического волокна и достигает всех пользователей сети. При передаче в обратном направлении разделяемой средой являются отрезки волокна от разветвителей, установленных

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

на стороне пользователей, а также от разветвителя, установленного в ROP (в нашем примере имеется четыре разделяемых среды для обратного направления). Очевидно, что для работы на разделяемой среде необходим какой-то способ доступа, регулирующий ее использование таким образом, чтобы сигналы, посылаемые разными узлами, не смешивались. Правда, проблема скоординированного применения разделяемой среды существует только для восходящего направления. Для нисходящего направления в сети имеется только один передатчик — OLT. Поэтому передатчик OLT передает кадры данных (например, кадры Ethernet), направленные некоторому конечному узлу сети PON, тогда, когда ему это необходимо (то есть тогда, когда такой кадр поступает в OLT из локальной сети оператора, к которой подключен передатчик). Кадр поступает по древовидной пассивной оптической сети на все конечные узлы сети, но принимает его только тот узел, который распознает собственный адрес в заголовке кадра, остальные узлы просто игнорируют чужой кадр. Для восходящего направления обычно применяется схема с центральным арбитром в сочетании с мультиплексированием с разделением времени TDM. Арбитром является центральное устройство OLT, оно управляет распределением тайм-слотов между модулями ONU. Модуль ONU передает в восходящем направлении кадры данных только в пределах своего тайм-слота, все остальное время он простаивает, накапливая кадры для передачи в своем буфере. Алгоритм распределения тайм-слотов между модулями ONU может быть адаптивным, подстраивающимся под имеющиеся потребности модулей ONU в передаче кадров. Для телевизионного сигнала проблемы разделения среды не существует, так как он передается только в нисходящем направлении, причем всем приемникам нужен один и тот же сигнал.

Как и во всех технологиях, использующих разделяемую среду, пропускная способность сети PON, приходящаяся на один узел, может быть существенно меньше, чем скорость передачи данных в среде. Если все узлы сети активно обмениваются информацией с внешним миром, то доля скорости для узла

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

снижается в N раз. Существует две группы стандартов PON: от ITU-T и от IEEE. Последние версии этих стандартов поддерживают скорости передачи данных 1 и 10 Гбит/с. Стандарты ITU-T GPON (Gigabit PON) и XG-PON (10 Gigabit PON) обеспечивают совместимость с технологией SDH. Эти стандарты предлагают собственный формат кадров, который может эффективно переносить несколько пользовательских кадров, например кадров Ethernet. Кадры GPON и XG-PON также могут переносить данные SDH с сохранением их синхронности, что важно при передаче голоса и видео. Стандарты ITU-T обеспечивают несимметричные скорости передачи данных: 2,488/1,244 и 9,953/2,488 Гбит/с. Стандарты IEEE EPON (Ethernet PON, 802.3ah) и 10G-EPON (10G Ethernet PON, 802.3av) поддерживают кадры Ethernet непосредственно. В этих стандартах канал передачи данных является симметричным, то есть данные передаются как в нисходящем, так и в восходящем направлении с одинаковой скоростью 1 и 10 Гбит/с соответственно. Преимущества PON:

простота эксплуатации — построение оптической сети связи выполняется по подобию построения медной, следовательно, не требует дополнительных затрат по обучению персонала. Благодаря тому, что в домах не имеется активного оборудования, это ускоряет процесс обнаружения и устранения возникших проблем;

- передача сигналов осуществляется на высоких скоростях;
- минимальные затраты на электроэнергию;
- мультисервисность — осуществляется передача данных, видео, звука по оптической инфраструктуре;
- пассивная архитектура предоставляет надежную сеть
- независимость волокна от электромагнитных помех;
- отсутствие электропитательных элементов;
- Недостатки PON:
- Относительная дороговизна;
- Длительный срок окупаемости;

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети

Под абонентом предполагается не конкретный человек, а одно абонентское устройство, то есть оконечное устройство на стороне клиента. Расчет необходимой нагрузки и пропускной способности сети производится с учетом скорости доступа и процента пользователей, которые эксплуатируют предоставленными услугами в час наибольшей нагрузки. Значения основных характеристик для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Значения характеристик

Параметр	Обозначение	Значение
1	2	3
1. Число абонентов сети:	<i>NS</i>	1214
2. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке; %	<i>OHD</i>	10
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке; %	<i>OHU</i>	15
4. Процент абонентов Triple Play: - находящихся в сети в ЧНН; % - одновременно принимающих или передающих данные; %	<i>DAAF</i> <i>DPAF</i>	90 65
- одновременно пользующихся услугами IP-TV; %	<i>IPVS AF</i>	30
5. Услуга передачи данных: 5.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту: - средняя пропускная способность; Мбит/с - пиковая пропускная способность; Мбит/с 5.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента:	<i>ADBS</i> <i>PDBS</i>	50 100

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
- средняя пропускная способность; Мбит/с	<i>AUBS</i>	40
- пиковая пропускная способность Мбит/с	<i>PUBS</i>	100
6. Услуга IP-TV		
- проникновение услуги; %	<i>IPVS MP</i>	45
- количество сессий на абонента;	<i>IPVS SH</i>	1,3
- режим Unicast; %	<i>IPVS UU</i>	30
- режим Multicast; %	<i>IPVS MUM</i>	70
- потоки Multicast; %	<i>IPVS MU</i>	70
- количество доступных каналов в рамках пакета;	<i>IPVS MA</i>	120
- скорость видеопотока; Мбит/с	<i>VSB</i>	6
- запас на вариацию битовой скорости	<i>SVBR</i>	0,2

3.2 Расчет трафика телефонии

Для организации услуг IP телефонии необходимо рассчитать требуемую полосу пропускания. Исходными данными для расчета являются:

1. количество источников нагрузки – абоненты, использующие мультисервисную услугу(в одном порту), $N_{SIP} = 8$ абонентов
2. тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
3. длина заголовка IP пакета, 58 байт.

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети телефонного трафика, поступающего на концентратор, при условии использования кодека определяется следующим образом:

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит

$$U_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч.голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит} / \text{байт}}, \text{ байт}, \quad (3.1)$$

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:

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт,} \quad (3.2)$$

где L_{Eth} , L_{IP} , L_{UDP} , L_{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:

$$\text{ППр}_1 = V_{\text{пакета}} \cdot \frac{8 \text{ бит}}{\text{байт}} \cdot 50_{\text{pps}}, \text{ Кбит/с,} \quad (3.3)$$

где $V_{\text{пакета}}$ – размер голосового пакета, [байт].

$$\text{ППр}_1 = 78 * 8 * 50 = 31,2 \frac{\text{Кбит}}{\text{с}}.$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В проектируемой МСС устанавливается точка присутствия, в которой имеется 16 голосовых портов. 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

$$ПП_{p_{WAN}} = ПП_{p_1} \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{ Мбит/с}, \quad (3.4)$$

где $ПП_{p_1}$ – 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).

$$ПП_{p_{WAN}} = 31.2 * 8 * 0.7 = 0,1747 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}}.$$

Результаты могли быть другими, если бы использовались другие средства кодирования/декодирования (CODEC), изменилась средняя продолжительность вызова. Кроме того, на конечный результат может повлиять тип используемого приложения. Так, например, передача музыки вызывающему абоненту, который ждет ответа оператора, не позволяет использовать средства подавления пауз.

$ПП_{p_{WAN}} = 0,1747 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}}$ нагрузка в одном узле.

3.3 Расчет трафика IP-TV

При расчете требуемой полосы пропускания для услуги IP-TV будет одновременно проводится расчет полосы для организации вещания программ с качеством HD. Определим количество абонентов, пользующихся услугой на одном СУ одновременно:

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$IPVS\ Users = AVS * IPVS\ MP * IPVS\ AF * IPVS\ SH, \text{ аб}, \quad (3.5)$$

где AVS – количество абонентов на порте коммутационного устройства 32, 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.

$$IPVS\ Users = 32 * 0.45 * 0.3 * 1.3 = 6, \text{ аб}$$

Трансляция может проводиться в двух режимах: *multicast* и *unicast*. Например, услуга видео по запросу это один видеопоток, таким образом, количество индивидуальных потоков равно количеству абонентов принимающих эти потоки.

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{ потоков}, \quad (3.6)$$

где $IPVS\ UU$ – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео, $UUS = 1$ – количество абонентов на один видеопоток.

$$IPVS\ US = 6 * 0.3 * 1 = 2 \text{ потока}$$

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

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users * IPVS\ MU, \text{ потоков}, \quad (3.7)$$

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

$$IPVS\ MS = 6 * 0.7 = 5 \text{ потоков}$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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:

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков}, \quad (3.8)$$

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

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

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

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.9)$$

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

$$IPVSB = 6 * (1 + 0.2) * (1 + 10) = 7.92 \text{ Мбит/с}$$

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

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS * IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.10)$$

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US * IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.11)$$

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

$$IPVS\ MNB = 5 * 7.92 = 39.60 \text{ Мбит/с}$$

$$IPVS\ UNB = 2 * 7.92 = 15.84 \text{ Мбит/с}$$

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

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

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

$$IPVS\ MNBM = 84 * 7.92 = 665,28 \text{ Мбит/с}$$

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

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.13)$$

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

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$AB = 39.60 + 15.84 = 55.44 \text{ Мбит/с}$$

3.4 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):

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (3.14)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле, аб, $DAAF$ – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН.

$$AS = 32 * 0.9 = 29, \text{ аб}$$

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:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.15)$$

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.

$$BDDA = (32 * 50) * (1 + 0.1) = 1595 \text{ Мбит/с}$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OBU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.16)$$

где AS - количество активных абонентов, аб, $AUBS$ – средняя скорость передачи данных, Мбит/с OBU – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во исходящем потоке.

$$BUDA = (32 * 40)(1 + 0.15) = 1334 \text{ Мбит/с}$$

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

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб}, \quad (3.17)$$

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

$$PS = 32 * 0.65 = 19, \text{ аб}$$

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

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.18)$$

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

$$BDDP = (19 * 100) * (1 + 0.1) = 2090 \text{ Мбит/с}$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Мах пропускная способность для передачи данных в ЧНН

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + ОНУ), \text{ Мбит/с}, \quad (3.19)$$

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

$$BUDP = (19 * 100) * (1 + 0.15) = 2185 \text{ Мбит/с}$$

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

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.20)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.21)$$

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

$$BDD = \text{Max}[1595; 2090] = 2090 \text{ Мбит/с}$$

$$BDU = \text{Max}[1334; 2185] = 2185 \text{ Мбит/с}$$

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

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с}, \quad (3.22)$$

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

$$BD = 1650 + 1725 = 4275 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для передачи данных между абонентами сети на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 8550 Мбит/с.

3.5 Определение телетрафика МСС

Полоса пропускания для передачи и приема трафика телефонии, видео, данных и доступа к сети Internet на одном оптическом порту составит

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = \text{ППр}_{\text{WAN}} + AB + BD, \text{ Мбит/с}, \quad (3.24)$$

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].

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = 0.1747 + 55.44 + 4275 = 4.3306 \approx 4.331 \text{ Гбит/с}$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

4 ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ МКР МАЙСКИЙ-80

4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи микрорайона “Майский-80”

Каждая оптическая сеть имеет в себе несколько элементов. В технологию PON входят:

- OLT стационарный терминал;
- Пассивный оптический разветвитель;
- ONT абонентский терминал.

В роли OLT стационарного оборудования будет выступать PON-коммутатор OLT BDCOM GP3600-08. Данное устройство оборудовано 8xGPON, 4xSFP+ 10G, 4SFP 1G. Обеспечивает одновременную работу до 1024 абонентских терминалов на расстоянии до 20 км при скорости 2.5 Гбит/с / 1.25 Гбит/с (прием / передача). Коммутатор имеет возможность быть дополнительно оснащённым блоком питания AC-DC или DC-DC, присутствует монтаж в стойку в стойку.

В один порт GPON будет подключено одновременно 32 абонента. Разветвление будет осуществлять при помощи сплитерных муфт МКО-П1/С09 1x8 и 1x4. При прокладке будут использоваться проходная муфта GJS-6007 (GJS-A). Кабель ОГДН 7кН задействован с разными количествами пар: 48, 16, 8. Разветвление 8-ми волоконного кабеля на 1 волоконный осуществляется с помощью муфты МТОК-ГЗ, а дальше будут задействованы муфты МКО-П1/С09 для разветвления 1x4 и 1x8.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

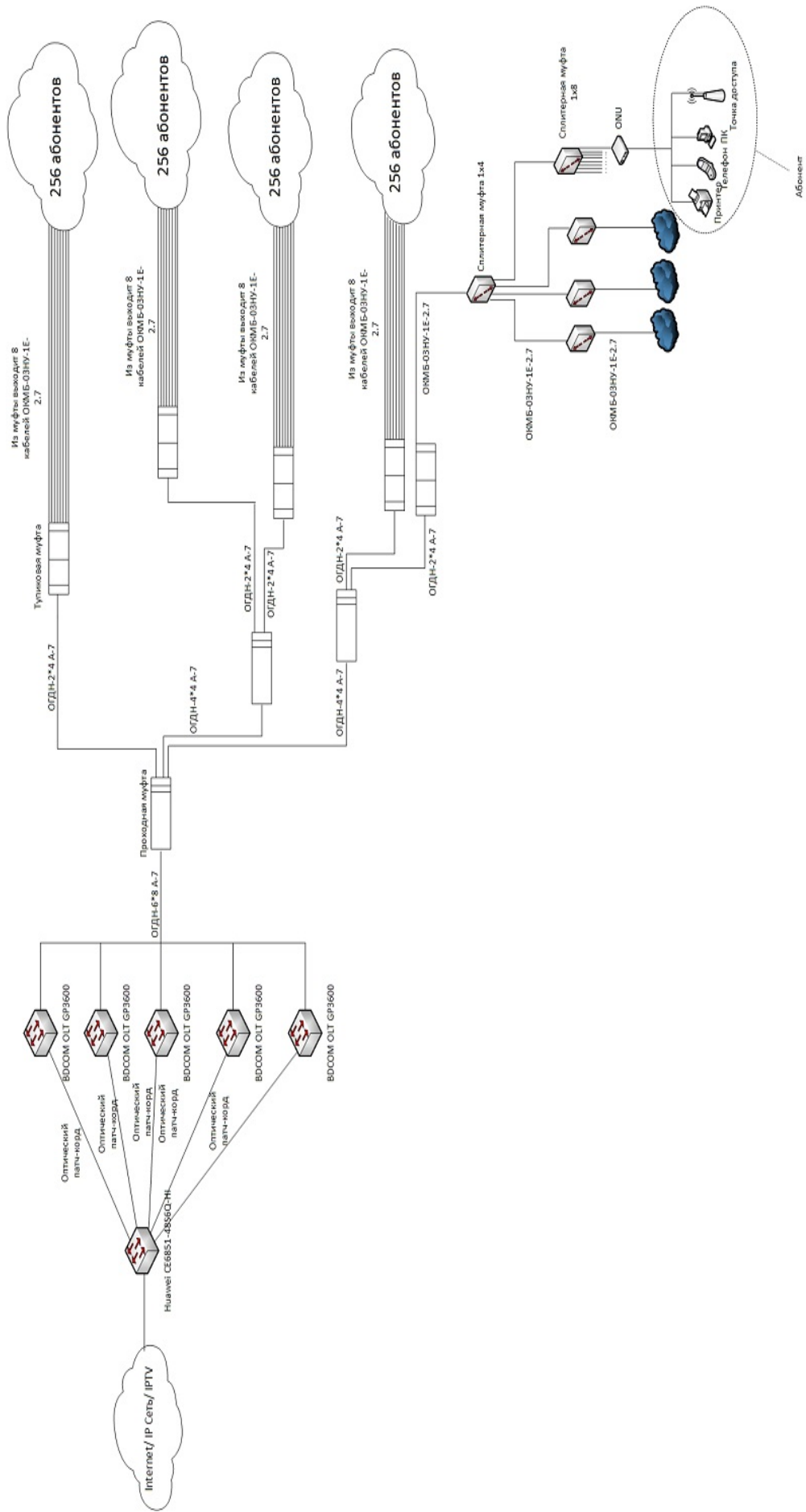


Рисунок 4.1 — Топология сети GPON

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.981.ПЗВКР

4.2 Расчет коэффициента затухания PON сети

Элементы пассивной сети имеют и действия с элементами имеют затухания. В случае полного затухания, свет не достигнет абонента. Для того, чтоб определить правильна ли построена сеть, необходимо рассчитать затухание от стационарного оборудования OLT до абонентского терминала ONT.

Таблица 4.1 — Затухание в сети

Наименование	Затухание, дБм
Делитель на 1x4	7,4
Делитель на 1x8	10,7
Сварка	0.05
Адаптеры	0.4
Метраж трассы	0.35 на 1 км

Исходя из данных таблицы, возможно рассчитать затухание от провайдера до клиента.

$$ATT_{all} = ATT_{olt} - (ATT_{splitter} + ATT_{adapter} + ATT_{welding} + ATT_{footage}) \quad (4.1)$$

$$ATTEN_{all} = 28 - 10,7 - 7,4 - (3 * 0.4) - (6 * 0.05) - (5.3 * 0.35) = 28 - 18,1 - 1.6 - 0.3 - 1.855 = 6,145, \text{ дБм}$$

где ATT_{olt} – выпускаемый пучок света из стационарного оборудования с мощность 28, дБм, $ATT_{splitter}$ – сумма затуханий на сплиттерах, которые используются в схеме, $ATT_{adapter}$ – сумма затуханий на всех адаптерах схемы, $ATT_{welding}$ – сумма затуханий всех сварок, $ATT_{footage}$ – сумма затуханий метража трассы.

Из полученных данных можно сказать, что схема является работоспособной и имеет возможность подключения дополнительных абонентов.

4.3 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования

Для того, чтоб выбрать тип кабеля необходимо учитывать множество особенностей: тип грунта, температура в разные времена года, местная фауна и многое другое. С помощью проведенного анализа, который был проведен в главе 1, было выбрано 2 типа кабеля, ОГДН 7кН с разными витыми парами и ОКМБ 03НУ-1Е7-2.7.

В основании кабеля ОГДН 7кН содержится центральный силовой элемент (ЦСЭ) из стеклопластика (Д). Также вместо стеклопластика может применяться изолированный полиэтиленом стальной тросс (М), вокруг центрального силового элемента имеются скрученные оптические модули с волокнами и кордели. Поверх силового элемента обернуты водоблокирующие нити. Межмодульное окно заполнено гидрофобным наполнителем или поверх скрученных оптических модулей и корделей положена водоблокирующая лента. Выше сердечника находится оболочка из полиэтилена, на оболочку наложен бронепокров из оцинкованных стальных проволок, выше бронепокрова имеется наружная оболочка из полиэтилена. Незанятое пространство в оптических модулях и межпроволочное пространство наполнено гидрофобным наполнителем. Кабели ОГДН и ОГМН содержат наружную оболочку из полиэтилена, которая не распространяет горение, или из материала, не выделяющего галогенов во время горения.



					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Рисунок 4.2 — Кабель ОГДН 7кН

Кабель ОКМБ-03НУ-1Е-2.7 использует гибкую броню, которая состоит из 6 стальных оцинкованных канатных проволок прочностью 1770 Н/мм². Диаметр брони – всего 2 мм, при данном соотношении масса/прочность кабеля выше, чем у любого другого оптического кабеля. Канатные проволоки позволяют кабелю гнуться при прокладке, а также имеют возможность принимать прямолинейную форму при снятии нагрузки (пружинят). Толщина оболочки по умолчанию составляет 0,5 мм. Конструкция, данного кабеля, позволяет использовать его для горизонтальной и вертикальной прокладки как снаружи, так и внутри помещений.



Рисунок 4.3 — Кабель ОКМБ-03НУ-1Е-2.7

Установка OLT стационарного оборудования осуществляется на АТС, которая находится возле БелГСХА, потому что:

- технология PON работает на расстояния от 10 км,
- установка оборудования возле мкр “Майский-80” влечет дополнительные расходы: аренда помещения, подводка питания, дополнительное обслуживание.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

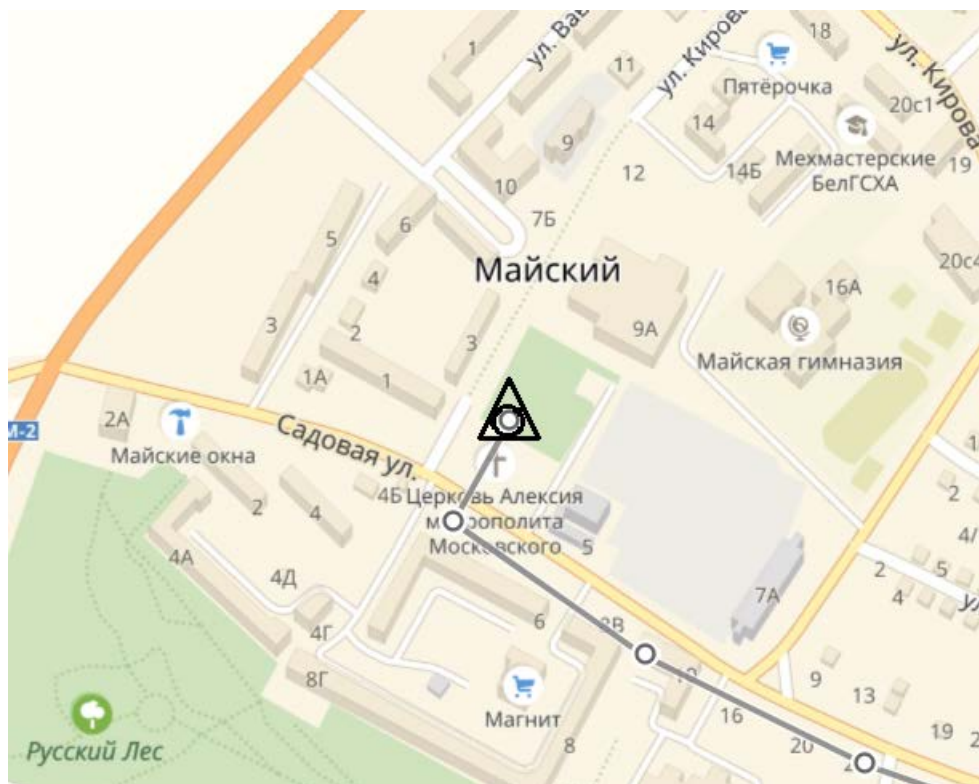


Рисунок 4.4 — Местоположение ближайшей АТС

На АТС, в стойку, устанавливается OLT BDCOM GP3600-08 x 5. На каждом порту осуществляется подключение до 32-х абонентов. Каждый порт коммутатор с помощью патчкорда коммутируется с кроссом на 48 портов. Каждый пигтейл 48 портового кросса варится с кабелем ОГДН-6*8 А-7, 8 волокон будут оставлены для возможного подключения ближайших микрорайонов.

Подключение осуществляется с помощью проходной муфты GJS-6007(GJS-A) и тупиковой оптической муфты МТОК-ГЗ. После этого из тупиковой муфты будет проводится кабель ОКМБ-03НУ-1Е-2.7. Далее будет осуществляется разветвление с помощью сплитерной муфты МКО-П1/С09. Ветвление будет начинаться с 1x4, потом 1x8 и до абонента.



Рисунок 4.5 — Схема подключения 32 абонентов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.981.ПЗВКР

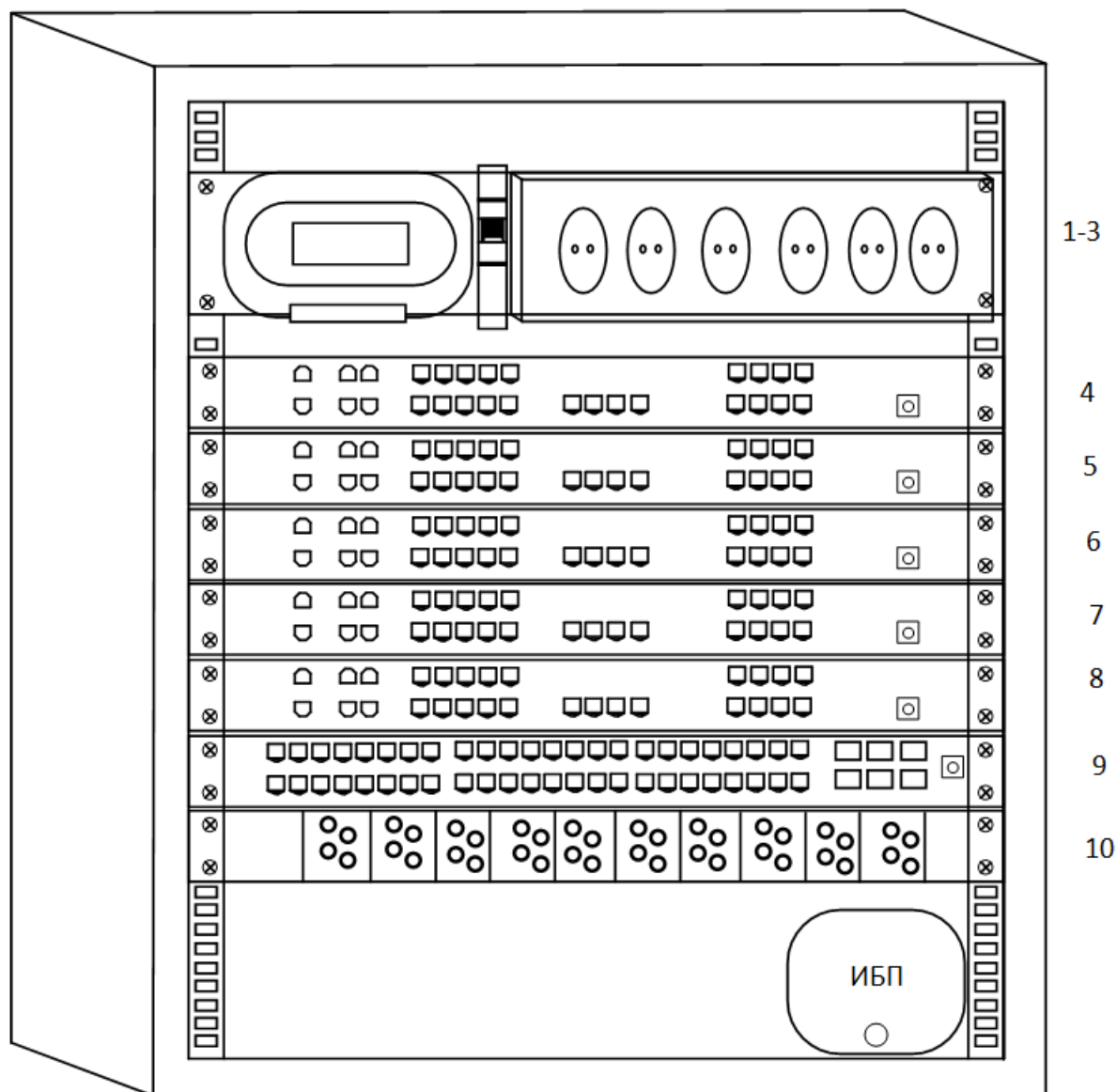


Рисунок 4.6 — Размещение телекоммуникационного оборудования

Телекоммуникационный шкаф включает в себя: (1-3) вводно-распределительное устройство в составе: вводной автомат на 16А, блок из 6 розеток на 220В, переключатель электропитания розеток “ИБП-Сеть”; (4-8) OLT BDCOM GP3600-08; (9) Huawei CE6851-48S6Q-PI; (10) Кросс оптический на 40 портов.

Дополнительно шкаф комплектуется: источник бесперебойного питания; оптические патчкорды, устройство мониторинга.

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Размещение оборудования производится на существующих площадях, поэтому затраты на строительство новых зданий не предусмотрены. Смета затрат на приобретение необходимого оборудования и других материалов представлена в таблице 5.1. Данные из таблицы взяты с электронных ресурсов: <https://www.kdds.ru/>, <http://nk-grouppltd.ru>, <https://www.regard.ru>, <https://kompstar.com>, <https://shop.nag.ru>, <https://treolink.ru/>, <https://lantorg.com>

Таблица 5.1 – Капитальные вложения в оборудование и материалы

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
			за единицу	всего
1	2	3	4	5
1.	OLT BDCOM GP3600-08	5	134649	673245
2.	Huawei CE6851-48S6Q-NI	1	456027	456027
3.	Телекоммуникационная стойка ЦМО СТК-24.2-9005	1	10201	10201
4.	Проходная муфта GJS-6007 (GJS-A)	3	1380.75	4142.25
5.	Сплитерная муфта МКО-П1/С09	200	2571	514200
6.	Абонентская розетка RS-0.1	1214	31	37634
7.	Оптический патчкорд SC/APC SM – 1,5м	92	60	5520

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5
8.	Кросс оптический в стойку 19" на 48 портов, FC/APC, укомплектованный, 1u	1	10581	10581
9.	Термоусадочная гильза Fujikura (LC-3A-X)	1214	19	23066
10.	Стойки телекоммуникационные универсальные двухрамные СТК-24.2-9005	1	9500	9500
11.	Коннектор оптический клеевой SC/APC, SM	1214	55	66770
12.	Комплект оптических модулей UF-MM-10G-20 (20-pack)	2	25965	51930
13.	Комплект оптических модулей UF-GP-B+ (20-Pack)	2	95823	191646
				Итого: 2073462,25

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{обор} = K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{м/у} + K_{зсп} + K_{нпр}, руб \quad (5.1)$$

где $K_{пр}$ – Затраты на приобретение оборудования; $K_{тр}$ – транспортные расходы (3% от $K_{пр}$); $K_{смр}$ – строительно-монтажные расходы (20% от $K_{пр}$); $K_{зсп}$ – затраты на запасные элементы и части (5% от $K_{пр}$); $K_{нпр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

$$K_{обор} = (1 + 0,03 + 0,2 + 0,5 + 0,03) * 2073462,25 = 2716235,55 руб$$

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

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

Наименование	Количество единиц/м	Стоимость, руб	
		за единицу, м	всего
ОГЛН 7кНх48	4000	98	392000
ОГЛН 7кНх16	1500	67	100500
ОГЛН 7кНх8	2000	59	118000
ОКМБ ОЗНУ-1Е7-267	25000	19,3	482500
Итого: 1093000			

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;

$$K_{ЛКС} = 4000 * 200 + 1500 * 200 + 2000 * 200 + 25000 * 200 = 6500000, \text{ руб}$$

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

$$KB = 6500000 + 1093000 + 2716235,55 = 10309235,5 \text{ руб}$$

Эксплуатационные расходы включают в себя:

- Затраты на оплату труда – необходимо сформировать фонд заработной платы для оплаты труда сотрудников.
- Единый социальный налог – согласно законодательству РФ определить сумму отчислений в пенсионный фонд и т.д.

- Амортизация основных фондов – рассчитать отчисления на формирование фонда замены оборудования
- Материальные затраты и прочие производственные расходы.

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. В случае если проект будет реализован компанией ПАО «Ростелеком», то обслуживание будет производиться уже имеющимся персоналом. Расширить персонал можно на 1 штатную единицу. Рекомендуемый состав персонала приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Состав персонала

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/пл, руб.
Инженер	25000	4	100000
Главный инженер	40000	1	35000
Итого		6	135000

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.

$$\text{ФОТ} = 135000 * 12 = 1620000, \text{ руб}$$

Страховые взносы в 2018 году составляют 30 % от суммы годового заработка

$$CB = 0.3 * \text{ФОТ} \quad (5.4)$$

$$CB = 0,3 * 1620000 = 486000, \text{ руб}$$

Эти отчисления на содержание производственных фондов компании, т.е. на замену/ремонт оборудования. Этот показатель рассчитывается с помощью утвержденных норм амортизационных отчислений или с учетом срока службы оборудования:

$$AO = T / F \quad (5.5)$$

где T – стоимость оборудования; F – срок службы оборудования.

$$AO = \frac{2073462,25}{10} = 207346,225 \text{ руб}$$

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

$$Z_n = T * 24 * 365 * P, \text{ руб} \quad (5.6)$$

где $T = 2,62$ руб./кВт час – тариф на электроэнергию; $P = 2,5$ кВт – суммарная мощность установок.

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$Z_{ЭН} = 2,62 * 24 * 365 * 2,5 = 57378, \text{ руб}$$

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

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

$$Z_{\text{мз}} = 0 \quad (5.7)$$

Таким образом, общие материальные затраты равны

$$Z_{\text{общ}} = 57378, \text{руб}$$

Прочие расходы предусматривают общие производственные (Зпр.) и эксплуатационно-хозяйственные затраты (Зэк.):

$$Z_{\text{пр}} = 0.05 * \text{ФОТ} \quad (5.8)$$

$$Z_{\text{эк}} = 0.07 * \text{ФОТ} \quad (5.9)$$

Прочие расходы равны:

$$Z_{\text{прочие}} = 113400 + 81000 = 194400, \text{руб}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов

1	2
Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1. ФОТ	1620000
2. Страховые взносы	486000
3. Амортизационные отчисления	207345,225

Окончание таблицы 5.4

1	2
4. Общие материальные затраты	57378
5. Прочие расходы	194400
Итого:	2565124,23

Доходы провайдера от предоставления услуг населению имеют два вида – единоразовые (оплата за подключение услуги) и периодические (абонентская плата за предоставление доступа к услугам). 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 5.5.

Таблица 5.5 – Количество подключаемых абонентов по годам

Год	Доступ к сети Интернет	IP-TV	IP-телефония	VOD
	Физические лица	Физические лица	Физические лица	Физические лица
1	681	150	110	20
2	248	166	50	15
3	280	229	143	20
Всего абонентов	1211	545	303	55

Т.к. других провайдеров в микрорайоне 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: физические лица – 700 за 40 Мбит/с; услуга IP-TV: физические лица - 250; услуга IP-телефония: физические лица – 125 (цены указаны в рублях).

Примем в расчет, что услугой видео по запросу абоненты будут пользоваться активно и тратить на это будут около 220 рублей в месяц. На основании определенной цены за услуги проведен расчет ежегодного дохода.

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

Год	Доход, руб.	
	За месяц	За год
1	532350	6388200
2	757000	9084000
3	1032525	12390300

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

В первую очередь определим срок окупаемости проекта. Его 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.

$$NPV = PV - IC \quad (5.10)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.10); IC – отток денежных средств в начале n -го периода, рассчитываемый по формуле (5.11).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.11)$$

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

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^n} \quad (5.12)$$

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

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. Примем ставку дисконта равную 15%. В таблице 5.7 приведен расчет дисконтированных доходов и расходов, а также чистый денежный доход с учетом дисконтирования, параметр P_n показывает доход, полученный за текущий год.

Таблица 5.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

ГОД	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	12874359,8	12874359,8	-12874359,8
1	6388200	5554956,5	2565124,23	15104902,6	-9549946,06
2	9084000	12423766	2565124,23	17044505	-4620739,42
3	12390300	20570589	2565124,23	18731115,8	1839473,14
4	12390300	27654783	2565124,23	20197733,9	7457049,28
5	12390300	33814952	2565124,23	21473054	12341898,1
6	12390300	39171621	2565124,23	22582028	16589592,7

Определим срок окупаемости (PP) проекта на основании полученных сумм затрат и доходов от абонентов:

$$PP = T + \left| NPV_{n-1} \right| / (| NPV_{n-1} | + NPV_n) \quad (5.13)$$

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.

$$PP = 3 + \frac{4620739,42}{4620739,42 + 1839473,14} = 3,71$$

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

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.14)$$

Индекс рентабельности при 3-х летней реализации проекта составит:

$$PI = \frac{20570589}{2565124,23} = 1,3692$$

Далее определим внутреннюю норму доходности (IRR) – норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. 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:

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$IRR > i \quad (5.15)$$

где i – ставка дисконтирования

Для расчета IRR потребуется выбор нового значения i_2 и пересчета таблицы 5.9 при этом первый положительный NPV должен стать отрицательным. Формула для расчета IRR имеет вид:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.16)$$

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

Для данного проекта: $i_1=15$, при котором $NPV_1 = 1839473.14$ руб.; $i_2=50$ при котором $NPV_2 = -1282575.5$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 15 + \left(\frac{1839473.14}{1839473.14 - (-1282575.5)} \right) * (50 - 15) = 29.3784$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 29,37 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 15%, проект следует принять.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Таблица 5.8 – Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Количество абонентов, чел	1214
Капитальные затраты, руб	10309235,5
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	2565124,23
Расходы на оплату электроэнергии	57378
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	360823
Фонд оплаты труда	1620000
Страховые взносы	486000
Амортизационные отчисления	207346,225
Общие производственные расходы	194400
Доходы (NPV), руб	1839473,14
Внутренняя норма доходности (IRR)	29,37
Индекс рентабельности (PI)	1,36
Срок окупаемости, год	3,7 лет

Расчеты экономических показателей проекта подтверждают инвестиционную привлекательность проекта в целом. Окупаемость проекта не превышает 4 лет, при этом не учтен полный спектр высокоскоростных тарифов, который может быть внедрен после оценки спроса на них.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Неотъемлемой частью прокладки ВОЛС, является проведение специальных мероприятий по обеспечению охраны труда, охраны окружающей среды и техники безопасности. Данные процедуры имеют исполнительный характер, так как их несоблюдение может привести к нанесению вреда здоровью рабочему персоналу, а также окружающей среде. В случае нанесения определенного вида урона, предусмотрены санкции. Следовательно, в зависимости от степени нарушений, исполнительное лицо привлекается к административной ответственности, вплоть до лишения лицензии.

Требования по охране окружающей среды регламентируются Федеральным законом “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002 № 7-ФЗ. В нем регулируются связи в области взаимодействия природы и общества, которые возникают в процессе осуществления хозяйственной и другой деятельности, связанной с воздействием на природу как первостепенную часть окружающей среды.

Нарушение требований в сфере охраны окружающей среды, может привести к приостановлению и запрещению земельных работ и иной деятельности, которая осуществляется с нарушением законодательства в данной сфере.

Основными документами, которые подробно описывают правила по охране труда при организации монтажных и строительных работ ВОЛС, являются: “СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования”, “Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ. РД 153-34.3-03.285.-2002”.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

В данных документах приведены основные технические и организационные мероприятия, которые предотвращают или снижают воздействие вредных и опасных факторов на рабочий персонал, а также предоставляют безопасность, во время проведения строительных работ, реконструкций.

Настоящие правила утверждают требования безопасности для рабочего персонала, вне зависимости от организационно-правового характера собственности.

Правила предназначаются для электромонтажных, строительных, наладочных организаций и эксплуатационных фирм.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время выполнения выпускной квалификационной работы, были произведены соответствующие предложения по построению мультисервисной сети связи в микрорайоне “Майский 80”, белгородской области. Данная работа содержит в себе анализ инфраструктуры, с расчетом объема абонентов и перечнем предоставляемых услуг связи. Инженерная часть проекта включает в себя скоростной бюджет, производимый клиентами, расчет необходимого количества сетевого оборудования, схему организации связи.

Сеть построена по технологии PON. Предполагаемое количество абонентов, в микрорайоне “Майский 80”, равно 1211. Для клиентов были определены следующие виды услуг:

- доступ к сети Интернет;
- интерактивное телевидение;
- система частной доставки телевизионных программ;
- IP-телефония

В роли станционного оборудования выступает BDCOM GP3600-08, который был выбран в соответствии с рассчитанной нагрузкой, и включал в себя оптимальное соотношение качественного и, в тоже время, дешевого оборудования. Также в роли коммутатор ядра выступает Huawei CE6851-48S6Q-NI. Данное устройство соответствует заявленным требованиям:

- качественная и высокоскоростная обработка сетевых данных;
- оптимальное соотношение качество/цена;
- поддержка большого количества стандартов и протоколов.

Для оценки адекватности капиталовложения, в проекте была сформирована смета на прокладку и построение мультисервисной сети, и в последствии, был произведен расчет экономических показателей. Для реализации проекта, по бюджету, потребуется 10309235.5 рублей, ежегодные

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

издержки по эксплуатации составят 2565124,23 рубля. Сеть будет приносить доход на 3 году, индекс рентабельности составит 13%.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности проектирования сетей доступа на базе PON [Электронный ресурс] // mirtelecoma.ru / - Официальный сайт редакции журнала “Мир Телекома” - Режим доступа: <http://mirtelecoma.ru/magazine/elektronnaya-versiya/9/> (Дата обращения 10.03.18)
2. Технология GPON — оптическая сеть доступа [Электронный ресурс] // nastroisam.ru / - Блог о модемах, роутерах и gpon ont терминалах - Режим доступа: <http://nastroisam.ru/tehnologiya-gpon-fiber-network/> (Дата обращения 15.03.18)
3. Интернет GPON: отзывы, тарифы, подключения [Электронный ресурс] // fb.ru / - Информационно-развлекательный сайт для копирайтеров - Режим доступа: <http://fb.ru/article/162794/internet-gpon-otzyivyi-tarifyi-podklyuchenie>
4. Преимущества GPON [Электронный ресурс] // emilink.ru / - Официальный сайт компании “Эмилинк” - Режим доступа: <https://www.emilink.ru/stati/preimushchestva-gpon> (Дата обращения 21.03.18)
5. Недостатки сети PON [Электронный ресурс] // ftth.ru / - Официальный сайт компании “НТЦ ЭНЕРГИЯ” - Режим доступа: <http://www.ftth.ru/networks-fttx/po-passiv-optic-networks/network-lacks-pn/>
6. GPON технология: особенности и назначения [Электронный ресурс] // syl.ru / - Информационное интернет издание “SYL.ru” - Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/121207/gpon-tehnologiya-osobennosti-i-naznachenie> (Дата обращения 22.03.18)
7. Технология GERON [Электронный ресурс] // skomplekt.com / - Официальный сайт компании “СвязьКомплект” - Режим доступа: <https://skomplekt.com/technology/gepon.htm/> (Дата обращения 25.03.18)

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

8. Олифер В., Петрусов Д. Внедрение услуг IP-телефонии в сети оператора связи [Текст]/ Олифер В., Петрусов Д. / Аналитический и информационный журнал Документальная Электросвязь, № 8, январь 2002г.
9. Щербо, В. К. Стандарты вычислительных сетей. Взаимосвязи сетей: [Текст] Справочник. — М.: Кудиц-образ, 2000г.
10. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети: [Текст] Вводный курс. — М.: Постмаркет, 2001г.
11. Семенов, Ю. А. Алгоритмы и протоколы каналов и сетей передачи данных [Текст]/ Ю.А. Семенов //Интернет-Университет Информационных Технологий 2007г. 638с.
12. Пятибратов, А. П., Гудыно, Л. Я., Кириченко, А. А. [Текст]/ Пятибратов А. П.// Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. — М.: Финансы и статистика, 2004г.
13. Крухмалев, В.В.Синхронные телекоммуникационные системы и транспортные сети: учебное пособие [Текст]/ В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов// Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут). 2012 г. 288с.
14. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. [Текст] / Таненбаум Э // Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с.: ил
15. Алексеев, Е.Б. Основы проектирования и технической эксплуатации цифровых волоконно-оптических систем передачи. Учебное пособие [Текст]/ Е.Б. Алексеев //- М: ИПК при МТУСИ, 2004 г. - 119 с.
16. Скляр, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи (2-е издание) Учебное пособие [Текст]/ О.К. Скляр //Изд.: «Лань». 2016 г. 267с.
17. Будылдина, Н.В. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных: учебное пособие [Текст]/ Н.В. Будылдина, В.П. Шувалова// Изд.: Горячая линия-Телеком. – 2016г. 343с.
18. Соболев, Б.В. Сети и телекоммуникации : учебное пособие [Текст] / Б.В. Соболев, А.А. Манин, М.С. Герасименко// Изд.: Феникс, 2015г. 191с.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

19. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие. В 3 томах. Том 3. Мультисервисные сети [Текст] / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.В. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под ред. В.П. Шувалова. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.

20. Техническое описание OLT BDCOM GP3600-08 [Электронный ресурс] // shop.nag.ru / - Интернет-магазин телекоммуникационного оборудования - Режим доступа: <https://shop.nag.ru/catalog/14894.BDCOM/24658.Stantsionnyye-terminaly-OLT/23905.GP3600-08#tech> (Дата обращения 27.03.18)

21. Техническое описание коммутатора Huawei CE6851-48S6Q-PI [Электронный ресурс] // andpro.ru / - Официальный сайт группы компаний “АНД” - Режим доступа: https://andpro.ru/catalog/network/switch/kommutator_huawei_ce6851 (Дата обращения 28.03.18)

22. Технология FTTx [Электронный ресурс] // fb.ru / - Информационно-развлекательный сайт для копирайтеров - Режим доступа: <http://fb.ru/article/177799/fttx---chto-eto-tehnologii-fttx> (Дата обращения 29.03.18)

23. Принцип построения сетей на основе GPON [Электронный ресурс] // inlinetelecom.ru / - Официальный сайт компании “Инлайн Телеком Солюшнс” - Режим доступа: https://inlinetelecom.ru/solutions/access_network/building_a_subscriber_access_network_based_on_pon_technology/ (Дата обращения 30.03.18)

24. Магазин оборудования для сетей связи [Электронный ресурс] // kdds.ru / - Интернет-магазин оборудования для сетей связи - Режим доступа: <https://www.kdds.ru/> (Дата обращения 06.04.18)

25. Коивесто, П. FTTx Принципы построения, технологии и решения для монтажа [Текст] / П. Коивесто // Изд.: Nestor Cables Ltd. 2010г.

26. Помялов, А.В. «ФТТН» - переводим на русский [Текст]/ А.В. Помялов // Фотон-Экспресс. – 2006. - №3.

27. Лихачев, Н.И. Будущее московской сети в руках FTTx [Текст]/ Н.И. Лихачев // Вестник связи. – 2008. - №3.

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

28. Меры безопасности при монтаже и эксплуатации ВОЛС [Электронный ресурс] // studbooks.net / - Студенческая библиотека онлайн - http://studbooks.net/2168925/ekonomika/mery_bezopasnosti_montazhe_ekspluatatsii_vols (Дата обращения 09.04.18)

29. Технология GPON [Электронный ресурс] // samnastroyu.ru / - Информационный блог "SAMNASTROYU.RU" -<http://samnastroyu.ru/rostelecom/tehnologiya-gpon.php> (Дата обращения 11.04.18)

30. Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования [Текст] = Information technologies. Structured cabling systems. Main system elements design. General requirements : национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53246-2008 : введен впервые : введен 2010-01-01 : издание официальное / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - Москва : Стандартинформ, 2009. - V, 71 с.

31. ГОСТ 26991-86. Соединители оптические. Требования к технологическому процессу [Текст] = Optical connectors. Requirements for technological process : государственный стандарт союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.09.86 № 2872 : введен впервые : введен 01.07.87 / разработавн "Министерство промышленности средств связи". - Переизд. (ноябрь 1992 г.) с Изм. № 1, утв. в марте 1992 г. (ИУС 6-92). - Москва : Изд-во стандартов, 1993. - 13 с.

32. Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания: Information technologies. Structured cabling systems. Main system elements installation. Test methods : национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53245-2008 : введен впервые : введен 2010-01-01 : издание официальное. - Москва : Стандартинформ, 2009. - IV, 33 с

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

33. Никульский, И. Е. Модели и методы построения широкополосных оптических сетей доступа : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.12.13 / Никульский Игорь Евгеньевич; [Место защиты: С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича]. - Санкт-Петербург, 2011. - 33 с

					11070006.11.03.02.981.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Выпускная квалификационная работа выполнена мной совершенно самостоятельно. Все использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

« ___ » _____ Г.

(подпись)

(Ф.И.О.)