

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

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕТИ СВЯЗИ ПГТ. ЯКОВЛЕВО
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Выпускная квалификационная работа студента

очной формы обучения

направления подготовки 11.03.02

Инфокоммуникационные технологии и системы связи

4 курса группы 07001208

Жеребятникова Андрея Витальевича

Руководитель

Канд. техн. наук, доцент кафедры
информационно-телекоммуникационных
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Прохоренко Е.И.

Рецензент

Инженер электросвязи
Участка систем коммутации №1
г. Белгорода
Галактионов И. В.

БЕЛГОРОД 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ ИНФРОСТРУКТУРЫ ПГТ. ЯКОВЛЕВО БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	6
1.1 Выделение перспективной абонентской группы	7
1.2 Анализ существующей сети	9
2 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ	11
2.1 Технология PON	11
2.2 Технология EPON (Ethernet Passive Optical Network)	16
2.3 Базовые спецификации и особенности GPON	18
2.4 Выбор топологии для проектируемой широкополосной сети доступа	24
3 РАСЧЕТ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ ДОСТУПА	25
3.1 Расчет трафика телефонии	25
3.2 Расчет трафика видеопотоков	27
3.3 Расчет трафика передачи данных	31
3.4 Расчет трафика предоставления услуг доступа сети Internet	35
3.5 Определение телетрафика МСС	37
4 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ В ПГТ. ЯКОВЛЕВО БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	38
4.1 Разработка структурной схемы связи в пгт. Яковлево	38
4.2 Расчет оптического бюджета PON дерева	39
4.3 Схема прокладки кабеля в пгт. Яковлево	41
4.4 Схема разводки оптического кабеля внутридомовая	45

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал		Жеребятников А			Реконструкция сети связи пгт. Яковлево Белгородской области	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Прохоренко Е.И.					2	79
Рецензент		Галактионов И				НИУ «БелГУ» гр. 07001208		
Н. Контроль		Прохоренко Е.И.						
Утвердил		Жиляков Е.Г.						

5	ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ	47
6	ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	51
6.1	Расчет капиталовложений	51
6.2	Калькуляция эксплуатационных расходов	53
6.3	Калькуляция доходов	57
6.4	Определение оценочных показателей проекта	59
6.5	Выводы по экономическому обоснованию проекта	64
7	ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА	65
8	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	67
8.1	Техника безопасности	67
8.2	Пожарная безопасность	68
8.3	Электробезопасность	69
8.4	Требование безопасности при эксплуатации лазерных приборов.....	72
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.104.ПЗВК	3

ВВЕДЕНИЕ

В наше время развитых технологий потребность в качественном предоставлении услуг телефонии, высококачественного телевидения, высокоскоростного и стабильного интернет соединения является естественной потребностью всех слоев населения.

С точки зрения какой-либо компании предоставление данных услуг являются прибыльным, в связи с их высокой востребованностью на рынке.

Прибыльнее всего предоставлять услуги связи в крупных городах, по причине большой плотностью населения. Подключить многоэтажное здание выгоднее из-за меньших затрат на прокладку сети и подключения абонентов, чем сделать подключения стольких же абонентов в частном секторе.

На 2016 год процент проникновения услуг в больших городах России приближается к 70-100%, то есть запуск новой сети в крупных городах вероятнее всего станет нерентабельным, из-за большой насыщенности рынка компаний предоставляющих услуги связи. В таких условиях для получения прибыли необходимо обратить внимание на небольшие города и поселки, в которых конкуренция между компаниями предоставляющих услуги связи минимальна. Попутно развивая инфраструктуру поселений и обеспечивая население благами цивилизации.

Работа в сфере предоставления услуг связи является актуальной в связи с большой востребованностью телекоммуникационных услуг и быстрого темпа развития технологий в данной сфере.

Улучшение качества и расширение спектра телекоммуникационных услуг в пгт. Яковлево является актуальным в связи с тем, что потребность абонентов в качественных услугах связи возрастает и имеющиеся сеть на базе технологии ADSL не справляется с необходимыми требованиям к скоростным характеристикам и надежности сети. Так же в последнее время на территории пгт. Яковлево бурными темпами идет перестройка ветхого

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

жилья с увеличением жилой площади, что приведет к увеличению количества абонентов.

Целью, данной выпускной квалификационной работы, является улучшение качества и увеличение количества предоставляемых услуг населению. Что подразумевает собой разработку проекта по реконструкции сети связи поселка городского типа Яковлево Белгородской области.

Задачами проекта являются:

- анализ существующей инфраструктуры п.г.т. Яковлево;
- выбор и обоснование технологии для реконструкции сети связи в п.г.т. Яковлево;
- расчет нагрузки сети;
- разработка схемы реализации реконструкции п.г.т. Яковлево;
- расчет окупаемости проекта.
- анализ экологической безопасности проекта.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 АНАЛИЗ ИНФРОСТРУКТУРЫ ПГТ. ЯКОВЛЕВО БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Яковлево – поселок городского типа, является административным центром Яковлевского района Белгородской области. Расположен на автомагистрали Москва – Симферополь, от 655 км до 658 км, в 30 километрах от города Белгород. Поселок находится в верховьях реки Ворскла, которая проходит через посёлок деля его в примерном соотношении 1/3 к 2/3 площади. Площадь посёлка с окружающими угодьями составляет 530 га.

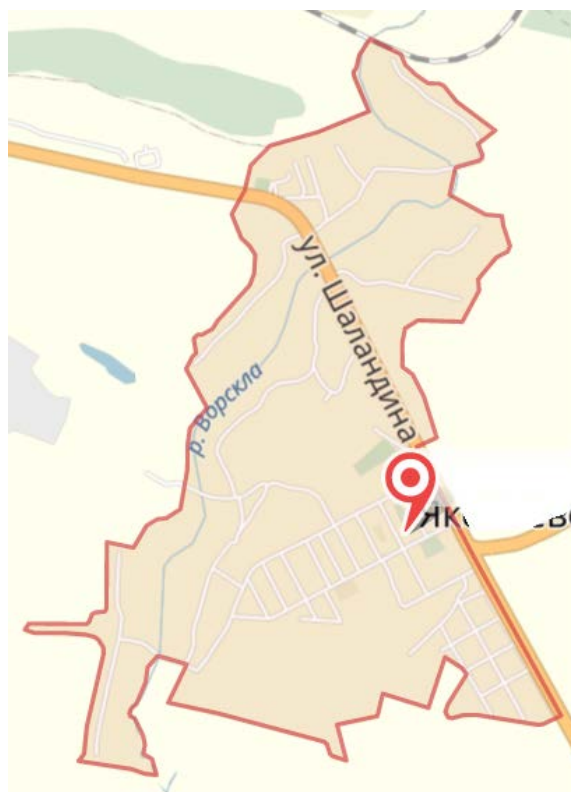


Рисунок 1.1 – территория поселка городского типа Яковлево

Яковлево располагается на территории со сложным рельефом, представляющим из себя холмистую местность с поймой реки между холмами. Средняя высота над уровнем моря равна 200 метров. Климат

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

умеренно – континентальный, почвы суглинистые и супесчаные, с глубиной промерзания в зимний период 1,25 метра. [1]

Численность населения на 2015 год составляет 2876 человек.

Жилищный фонд поселка Яковлево состоит из:

- 643 частных строений;
- 40 домов на 1 подъезд, 3 этажа, 4 квартиры на этаж;
- 4 дома на 2 подъезда, 2 этажа, 4 квартиры на этаж;
- 2 дома на 3 подъезда, 4 этажа, 3 квартиры на этаж.

Исходя из жилого фонда можно подсчитать количество абонентов, которое равняется числу частных строений и количества квартир:

$$N=643+ (37*3*6+2*3*4) =1433 \text{ абонентов.}$$

1.1 Выделение перспективной абонентской группы

Из-за сложной территориальной разнесённости поселка необходимо принять во внимание то, что подключение всех абонентов, хоть и является возможным, не является прибыльным. Так как практически половина абонентов проживает в частных домах, так еще эти дома рассредоточены по большой территории. К тому же удаленные улицы застраивались в 50-70х. годах 20-го века, что означает малую ширину улиц, которая не позволит должным образом подвести кабель до абонента, так же возникает сложность не пересечения с другими коммуникациями, такими как электроэнергия, газоснабжение, водоснабжение, которые еще больше усложняют задачу обеспечения связи.

Наибольший интерес представляют абоненты, проживающие в многоквартирных домах. Подключение таких абонентов менее затратное, из-за того, что надо меньше оборудования и ресурсов для подключения в

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

сравнении с абонентами в частных домах, а также большая концентрация населения уменьшает срок окупаемости проекта.

Многоквартирные дома в пгт. Яковлево сосредоточены в нескольких рядом находящихся кварталах.

То есть в проекте будет рассматриваться подключение к услугам связи многоквартирных домов:

- 40 домов на 1 подъезд, 3 этажа, 4 квартиры на этаж;
- 2 дома на 3 подъезда, 4 этажа, 3 квартиры на этаж;
- 4 дома на 2 подъезда, 2 этажа, 4 квартиры на этаж.

Примерно количество абонентов равно:

$$40*3*4+2*3*4+4*2*2*4=568 \text{ аб.}$$

На рисунке 1.2 представлены кварталы с выделенной многоэтажной застройкой в пгт. Яковлево.



Рисунок 1.2 – многоэтажная застройка пгт. Яковлево

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1.2 Анализ существующей сети

В п.г.т. Яковлево на данный момент присутствуют несколько компаний, предоставляющих услуги связи. Основные объем услуг связи предоставляют сотовые операторы, такие как МТС, Мегафон, Билайн, Tele2. Эти компании предоставляют услуги мобильной телефонии, а также доступа в интернет. Но беспроводная технология доступа в интернет по сетям 3G и 4G имеет ряд недостатков, таких как:

- ограниченный трафик;
- высокая стоимость услуги;
- приоритет у сотовых операторов связи отдается телефонии, поэтому при большой нагрузке на сеть возникает снижение качества интернет соединения.
- отсутствие возможности теле вещания;
- влияние погодных условий на качество предоставления услуги, в особенности при удалении от сотовых станций.

Но главное преимущества сотовой связи, такое как мобильность (отсутствие привязки к стационарной линии связи), неоспоримы, и мобильный телефоны уже полностью интегрировались в повседневную жизнь каждого человека. То есть дополнительная услуга как IP телефония будет мало востребована и её можно рассматривать по большей части как маркетинговый ход.

На территории пгт. Яковлево есть два основных источника телевещания, такие как спутниковое телевидение и государственное вещание. На данный момент наибольшую конкуренцию составляет спутниковое телевидение, из-за своего распространения, большого количества телеканалов и относительно недорогой стоимости услуги. Так же и у государственного вещания есть неоспоримое преимущество в цене данной услуги, так как для ее получения необходимо сделать однократное вложение

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

средств со стороны абонента, размер средств колеблется от 1 500 до 3 тысяч рублей, что позволяет любым слоям населения воспользоваться данной услугой.

Но у этих источников услуги есть ряд недостатков. Организация государственного вещания не в полной мере удовлетворяет качеством услуги абонентов. Тем, что вещается только первый пакет, состоящий из 10 федеральных каналов, так же на предоставление услуги влияют погодные условия. К минусом спутникового телевидения так же относится влияние погодных условий, а также влияние возмущения магнитосферы и ионосферы земли.

Единственной компанией предоставляющая услуги проводной телефонии и проводного доступа в интернет является ПАО «Ростелеком». В настоящий момент качество и объем услуг не может удовлетворить абонентов на данной территории. Услуга интернет соединения предоставляется по технологии ADSL. Данная технология хоть и позволяет использовать старые телефонные линии для предоставления интернет доступа, но уже не справляется с растущими потребностями абонентов в качестве и скорости интернет соединения.

Исходя, из выше изложенного можно сделать вывод, что на данной территории будут востребованы в большей степени услуги интернета и телевидения, а IP телефония является мало востребованной услугой в связи с большой конкуренцией сотовой связи. Таким образом, проектируемая сеть будет являться мультисервисной сетью, так как она предназначена сразу для предоставления нескольких услуг.

Делая вывод по существующей сети связи, что сущность проекта по реконструкции сети связи в пгт. Яковлево белгородской области сводится к строительству новой мультисервисной сети на основе перспективных технологий с использованием имеющихся инфраструктурных сооружений, таких как кабельная канализация.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Организация мультисервисных сетей может основываться на двух видах сетевых технологий, на таких как проводные и беспроводные технологии. Выбор вида технологии необходимо делать исходя из конкретно предъявляемых требований к проектируемой сети, местности и климатических условий.

Беспроводные технологии используют в случаях, когда необходимо быстрое развертывание сети, имеются определенные требования мобильности и гибкости сети, рельеф и климат не позволяет проложить кабельную сеть, примером являются области вечной мерзлоты, в которых при смене сезонов года приходят подвижки в почвах способные повредить кабели.

В данном проекте рассматривается проводная технология на основе волоконно оптических линий связи (ВОЛС). В связи с тем, что данная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями, такие как:

- широкая полоса пропускания - это позволяет передавать по одному волокну поток информации до нескольких терабит в секунду;
- низкий уровень шумов - позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода;
- высокая помехозащищенность - волокно изготовлено из материала с диэлектрическими свойствами, из стекла, оно невосприимчиво к электромагнитным воздействиям;
- малый вес и объем - оптоволокно имеют меньший вес и диаметр по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность;
- высокая защищенность от несанкционированного доступа - поскольку

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

у ВОЛС практически нет электромагнитного излучения, то передаваемую по нему информацию трудно перехватить, не нарушая целостности волокна, которое быстро диагностируется;

- взрыво и пожаробезопасность - из-за отсутствия элементов, которые могут привести к искрообразования оптическое волокно повышает безопасность сети на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенной опасности;

- длительный срок эксплуатации - со временем волокно испытывает деградацию, что приводит к увеличению затухания. Но современные технологии позволяют довести срок службы волокна до 25 лет и более. [24]

2.1 Технология PON

Древовидная архитектура доступа PON, основанная на построении волоконно - кабельных сетей, с пассивными оптическими разветвителями, представляется наиболее экономичной и способной обеспечить широкополосную передачу разнообразных приложений. При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания как узлов сети, так и пропускной способности в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Операторы связи, коммунальные и строительные компании все чаще говорят об интеграции услуг связи, используя термин "triple play". В этом самое главное преимущество технологии, все услуги, можно получить из одной розетки! Так как пассивная оптическая сеть заводится прямо в квартиру абонента, не требуя установки в доме активного оборудования, что повышает надежность и качество сети. Разветвление на телефонный, телевизионный и интернет кабели происходит уже в квартире, из оптического модема. Высокая пропускная способность волоконно-оптических решений доступа делает их весьма привлекательными для реализации этой

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

разновидности телекоммуникационных сервисов.

Еще 10 лет назад оптический кабель считался крайне дорогим. Однако в настоящее время благодаря значительному снижению цен на оптические компоненты этот подход стал актуален. Сегодня прокладывать ОК для организации сети доступа стало выгодно и при обновлении старых, и при строительстве новых сетей доступа (последних миль). При этом имеется множество вариантов выбора волоконно-оптической технологии доступа. [24]

Определение основных терминов:

- центральный узел OLT (optical line terminal) – устройство, устанавливаемое в центральном офисе, оно принимает данные со стороны магистральных сетей через интерфейсы SNI (service node interfaces) и формирует нисходящий поток к абонентским узлам (прямой поток) по дереву PON;

- абонентский узел ONT (optical network terminal) имеет, с одной стороны, абонентские интерфейсы, а с другой, – интерфейс для подключения к дереву PON – передача ведется на длине волны 1310 нм, а прием – на длине волны 1550 нм. ONT принимает данные от OLT, конвертирует их и передает абонентам через абонентские интерфейсы UNI (user network interfaces);

- оптический разветвитель – это пассивный оптический многополюсник, распределяющий поток оптического излучения в одном направлении и объединяющий несколько потоков в обратном направлении. В общем случае у разветвителя может быть M входных и N выходных портов. В сетях PON наиболее часто используют разветвители 1xN с одним входным портом. Разветвители 2xN могут использоваться в системе с резервированием по волокну.

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приемопередающего модуля в центральном узле OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONT и приема информации от них. Реализация этого принципа показана на рисунке 2.1. Число

абонентских узлов ONT, подключенных к одному приемопередающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONT – прямого (нисходящего) потока, как правило, используется длина волны 1490 и 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образуя обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM (Wavelength-division multiplexing – мультиплексирование с разделением по длинам волн), разделяющие исходящие и входящие потоки.

Прямой поток на уровне оптических сигналов является широковещательным. Каждый абонентский узел ONT, читая адресные поля, воспринимает места назначения в соответствии с MAC-адресом абонентского терминала и выделяет из общего потока предназначенную только ему часть информации.

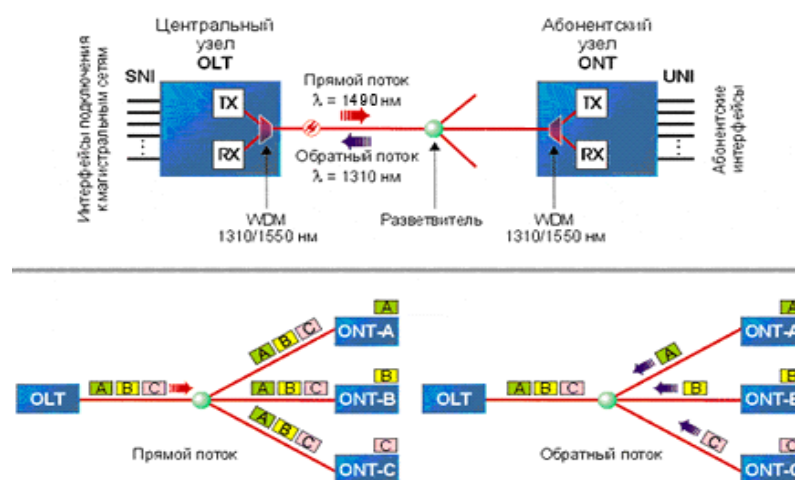


Рисунок 2.1 - принцип действия PON

Фактически мы имеем дело с распределенным демультиплексором. Все абонентские узлы ONT ведут передачу в обратном потоке на одной и той же длине волны, используя концепцию множественного доступа с временным разделением (time division multiple access, TDMA). Для того чтобы исключить

возможность пересечения сигналов от разных ONT, для каждого из них устанавливается свое индивидуальное расписание по передаче данных с учетом поправки на задержку, связанную с удалением данного ONT от центрального узла OLT. Эту задачу решает протокол TDMA MAC. Такое управление трафиком используется во всех пассивных оптических сетях из-за топологии точка-многоточка.

France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefonica и Telecom Italia создала консорциум для того, чтобы претворить в жизнь идеи множественного доступа по одному волокну. Эта неформальная организация, поддерживаемая ITU-T, получила название FSAN (full service access network). Много новых членов, как операторов, так и производителей оборудования, вошло в нее в конце 90-х годов. Целью FSAN была разработка общих рекомендаций и требований к оборудованию PON для того, чтобы производители оборудования и операторы могли сосуществовать вместе на конкурентном рынке систем доступа PON. На сегодня FSAN насчитывает 40 операторов и производителей и работает в тесном сотрудничестве с такими организациями по стандартизации, как ITU-T, ETSI и ATM форум.

В середине 90-х годов общепринятой была точка зрения, что только протокол ATM способен гарантировать приемлемое качество услуг связи QoS между конечными абонентами. Поэтому FSAN, желая обеспечить транспорт мультисервисных услуг через сеть PON, выбрал за основу технологию ATM. В результате в октябре 1998 года появился первый стандарт ITU-T G.983.1, базирующийся на транспорте ячеек ATM в дереве PON и получивший название APON. Далее в течение нескольких лет появляется множество новых поправок и рекомендаций в серии G.983.x (x = 1–7), скорость передачи увеличивается до 622 Мбит/с. В марте 2001 года появляется рекомендация G.983.3, добавляющая новые функции в стандарт PON:

- передача разнообразных приложений (голоса, видео, данные) – это фактически позволило производителям добавлять соответствующие

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

интерфейсы на OLT для подключения к магистральной сети и на ONT для подключения к абонентам;

- расширение спектрального диапазона открывает возможность для дополнительных услуг на других длинах волн в условиях одного и того же дерева PON, например, широковещательное телевидение на третьей длине волны. За расширенным таким образом стандартом APON закрепляется название BPON (broadband PON).

На базе сети PON возникли новые стандарты и обозначаются дополнительной буквой перед аббревиатурой PON. Наиболее распространенными сетями PON являются:

- APON (ATM PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию ATM);

- BPON (Broadband PON – широкополосная пассивная оптическая сеть);

- GPON (Gigabit-capable PON - пассивная оптическая сеть, обеспечивающая гигабитные скорости передачи данных);

- EPON (Ethernet PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию Ethernet). [12]

2.2 Технология EPON (Ethernet Passive Optical Network)

В ноябре 2000 года комитет LMSC (LAN/MAN standards committee) IEEE создает специальную комиссию под названием EFM (Ethernet in the first mile – Ethernet на первой миле) 802.3ah, реализуя тем самым пожелания многих экспертов построить архитектуру сети PON, наиболее приближенную к широко распространенным в настоящее время сетям Ethernet. Параллельно идет формирование альянса EFMA (Ethernet in the first mile alliance), который создается в декабре 2001 года. В дальнейшем альянс EFMA и комиссии EFM дополняют друг друга и тесно работают над стандартом. Цель совместной

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

работы- достижение консенсуса между операторами и производителями оборудования и выработка стандарта IEEE 802.3ah, полностью совместимого с разрабатываемым стандартом магистрального пакетного кольца IEEE 802.17.

Комиссия EFM 802.3ah должна стандартизировать три разновидности решения для сети доступа:

- EFMC - решение «точка-точка» с использованием медных витых пар;
- EFMF- решение «точка-точка» по волокну;
- EFMP - решение, основанное на соединении «точка-многоточка» по волокну. Это решение получило название EPON.

Таблица 2.1- Сравнение технологий APON, EPON, GPON

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации / отраслевые альянсы	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / MEF	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия альянса	Октябрь 1998	Июль 2004	Октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.981x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984x
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/155;622/156; 622/622	1000/1000	1244/155; 1244/622; 1244/1244; 1488/622; 2448/12444 2488/2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>301)	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	16	64 (1282)
Приложения	Любые	IP данные	Любые
Коррекция ошибок FEC	Предусмотрена	Нет	Необходима
Длина волны прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)
Динамическое распределение полосы	Есть	Поддержка	Есть
IP-фрагментация	Есть	Нет	Есть
Защита данных	Шифрование открытыми ключами	Нет	Шифрование открытыми ключами
Резервирование	Есть	Нет	Есть

Далее будет подробно рассмотрена одна из разновидностей пассивных оптических сетей, а именно Gigabit PON (GPON). Она является продолжением Broadband PON (BPON), описанной в серии рекомендаций G.983.x. Впервые опубликованная в 1998 году, к настоящему времени эта серия значительно расширена и улучшена. GPON многое унаследовала от BPON. Практически не изменились схемы измерения расстояний (масштабирования), динамическое распределение полосы пропускания (DBA) и интерфейс управления и контроля (OMCI) абонентских узлов (ONT). [12]

2.3 Базовые спецификации и особенности GPON

G.984.1 – это документ, в котором описана архитектура, а также изложены основные эксплуатационные характеристики и требования к производительности GPON-систем. Пропускная способность нисходящего потока (от узла доступа к абоненту) в GPON составляет 1,244 Гбит/с и 2,488 Гбит/с, а восходящего потока -155 Мбит/с, 622 Мбит/с и 1,244 Гбит/с. Таким образом, возможны шесть комбинаций скоростей обмена трафиком между абонентом и сетью.

В архитектуре сохранена основная схема построения систем BPON. В ней используются те же подходы к реализации волоконно-оптической сети, в частности остается сочетание WDM/TDMA.

BPON к абоненту подводится единственное одномодовое волокно стандарта G.652. Формально для PON максимальная дальность передачи составляет 20 км. Однако в рекомендацию G.984 включена меньшая дальность -10 км. Это позволяет использовать на гигабитных скоростях передачи более дешевые лазеры Фабри-Перо, несмотря на дисперсионные недостатки.

В соответствии с G.984.1 при определенных условиях можно

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

осуществлять также передачу информации на дальние расстояния (60 км) и обеспечивать высокую степень разветвления (128 абонентских узлов ONT), что выходит за рамки возможностей BPON-систем.

В GPON обеспечивается поддержка большого числа основных форматов данных и пользовательских интерфейсов сети. Осуществляется доставка голосовых сервисов ТфОП, услуг выделенных TDM-линий, использующих стандарты T1/ E1 и DS3, а также передача Ethernet-кадров со скоростями 10 Мбит/с, 100 Мбит/с и 1000 Мбит/с. Мультимедийные сервисы АТМ предоставляются на всех возможных скоростях OC-x/STM-n.

Особое внимание уделяется качеству обслуживания. Например, в соответствии с рекомендацией, запаздывание при двойном проходе для TDM-услуг не превышает 3 мс. Такая величина определяет минимальное воздействие задержек в сети доступа на работу линии связи в целом.

Кроме того, предоставление услуг VoIP и доставка цифрового видео в сети GPON требует для передачи данных четкого разграничения классов услуг и управления трафиком. В G.984.1 также включены некоторые новые полезные особенности. Это защищенное переключение, наложение услуг и безопасность данных. Защищенное переключение осуществляется способом, совместимым с BPON, но в стандарт было добавлено несколько дополнительных типов резервных конфигураций: защита с полным резервированием 1+1 (так называемая защита класса C), а также защита с частичным резервированием 1:1 (защита класса B). Наложение услуг требует, чтобы цифровая GPON-система оставляла неиспользуемой расширенную полосу пропускания, как в G.983.3, позволяя, таким образом, включить WDM-наложение. В соответствии с требованием безопасности данных информация в восходящем потоке должна быть защищена, и должны существовать средства, с помощью которых может быть проведена идентификация ONT.

Достоинства GPON:

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

- использование "гигабитного режима инкапсуляции" GEM для подключения любого клиента к GPON;
- поддержка как симметричных, так и асимметричных скоростей передачи данных (в восходящем и нисходящем потоке);
- поддержка до 256 логических ONT на одну длину волны;
- механизм распределения полосы пропускания в восходящем потоке с помощью маркеров (указателей) в нисходящем потоке;
- реконфигурируемое число защитных битов на ONT;
- новый способ автоматического и периодического обнаружения ONT;
- автоматическое масштабирование при обнаружении дрейфа окна ONT;
- защита каждого ONT-соединения с помощью алгоритма AES;
- большое число различных состояний и отчетов от абонентских узлов (ONT) центральному (OLT);
- выделенные каналы OAM;
- контроль соглашений об уровне услуг (SLA -Service Level Agreement), распределение полосы пропускания в каждом канале.

Дополнительно в сетях GPON предусмотрен 1550-нм канал, который может использоваться для трансляции видео в аналоговом или цифровом (модуляция QAM) виде. Видеосигнал в радио - частотном диапазоне (RF), идущий, например, от головной станции кабельного телевидения, преобразуется в оптический 1550-нм сигнал, затем усиливается оборудованием, получившим название V-OLT (Video OLT), – для этого применяются усилители на волокне, легированном эрбием (EDFA), и далее с помощью WDM-каплера смешивается с основным 1490-нм сигналом и транслируется по дереву PON.[12] Устройства ONT выделяют 1550-нм сигнал, преобразуют его в RF-формат и направляют на приемник (телевизор). В случае если наложенная трансляция видео не планируется, оборудование V-OLT и WDM не требуется, и оптические кабели с аппаратуры OLT

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

подключаются непосредственно к оптическому кроссу. Используемые современными системами кабельного телевидения частотные ресурсы позволяют транслировать до 135 телеканалов, которые по 1550-нм каналу «прозрачно» доставляются через сеть PON. Таким образом, сервис-провайдер может, используя имеющееся ТВ-оборудование, традиционным способом предоставлять видео услуги через сеть PON. [25]

На основании всех перечисленных преимуществ и был сделан выбор в пользу данной технологии.

2.4 Выбор топологии для проектируемой широкополосной сети доступа

При проектировании оптоволоконной сети доступа необходимо в первую очередь определиться с топологией сети, что определит вид оборудования, его количество и затраты на прокладку инфраструктуры. На данный момент используются несколько основных топологий построения сети:

- Топология точка-точка наиболее простая архитектура. Главным минусом топологии является малая эффективность кабельных линий, то есть от оптического линейного терминала до абонентского узла необходимо подводить отдельное волокно. Эта топология реализуем в том случае, когда абонентский узел, к которому прокладывается выделенная кабельная линия, может использовать эти линии в полном объеме. Так же прокладка индивидуального оптического кабеля требует больших затрат. Пример данной топологии представлен на рисунке 2.1;

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

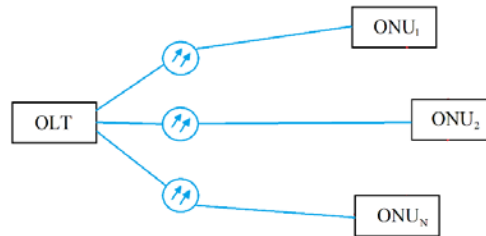


Рисунок 2.1 – Топология «точка-точка»:
OLT- оптический линейный терминал;
ONU- оптический сетевой модуль (абонентский модуль)

- Шинная топология может использоваться, если дома абонентов находятся на одной линии вдоль оптической магистрали. Схема достаточно экономичная, но она предполагает очень большую разность выходных мощностей оптических разветвителей (типа 1/99, 3/97 и т.п.), что достаточно сложно технологически реализовать с хорошей точностью. Она реально может применяться только при «линейном» расположении пользователей вдоль магистрали и только при небольшом количестве каскадов, иначе потери в разветвителях станут сильно ограничивать дальность передачи. Пример топологии представлен на рисунке 2.2;

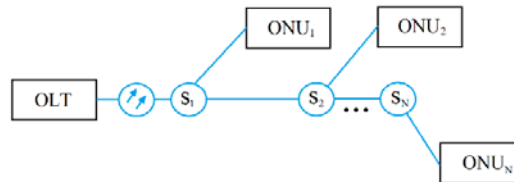


Рисунок 2.2 – Топология «шина»:
OLT- оптический линейный терминал;
ONU- оптический сетевой модуль (абонентский модуль);
S-сплиттер

- Топология дерево с активными узлами экономичное с точки зрения использования волокна. Данная структура сети в полной мере подходит под стандарты Ethernet. Преимущество использования данной топологии в относительно недорогом строительстве и обслуживании. Основным

недостатком считается наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального электропитания. Пример топологии представлен на рисунке 2.3;

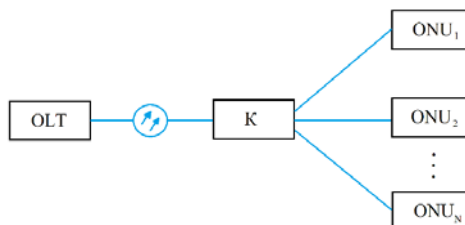


Рисунок 2.3 – Топология «дерево с активными узлами»:
OLT- оптический линейный терминал;
ONU- оптический сетевой модуль (абонентский модуль);
К - коммутатор

- Дерево с пассивным оптическим разветвлением. Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологию «один ко многим» или «точка – много точка», которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические сплитеры, не требующие питания и обслуживания. Общеизвестно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, так как на участке от центрального узла до сплитера используется всего одно волокно. При этом возникает и другой немаловажный источник экономии – сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Между тем экономия второго фактора в некоторых случаях оказывается даже более существенной. Пример данной топологии представлен на рисунке 2.4. [11][12]

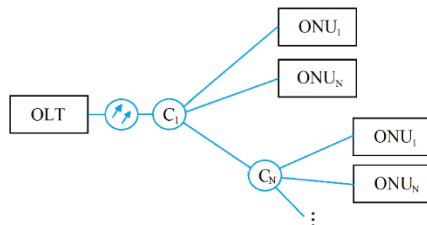


Рисунок 2.4 – Топология «дерево с пассивным оптическим разветвлением»:
OLT- оптический линейный терминал;
ONU- оптический сетевой модуль (абонентский модуль);
С - оптический сплитер

Выбор древовидной архитектуры для построения сети GPON основан на:

- отсутствие промежуточных активных узлов;
- экономия волокон от центрального узла до разветвителя;
- экономия оптических приемопередатчиков в центральном узле;
- легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных).

Древовидная топология позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей исходя из реального расположения абонентов, затрат на прокладку оптического кабеля и эксплуатацию кабельной сети.

К недостаткам можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева.

3 РАСЧЕТ НАГРУЗКИ СЕТИ

3.1 Расчет трафика телефонии

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

- количество источников нагрузки - абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского концентратора, $N_{SIP}=564$ абонентов;
- тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
- 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:

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

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит:

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

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

$Y_{\text{полез}}$ – полезная нагрузка голосового пакета, [байт].

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

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

$$ППр_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \frac{\text{бит}}{\text{байт}} \cdot 50_{\text{pps}}, \text{Кбит} / \text{с}, \quad (3.3)$$

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

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

В проектируемой МСС устанавливается точка присутствия, в которой имеется 564 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:

$$ППр_{\text{WAN}} = ППр_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{Мбит} / \text{с}, \quad (3.4)$$

где $ППр_1$ – полоса пропускания для одного вызова, [Кбит/с],

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

N_{SIP} – количество голосовых портов в точке присутствия, [шт],

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

$$ППр_{WAN} = 30 \cdot 564 \cdot 0,7 = 11,56 \text{ Мбит / с.}$$

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.

3.2 Расчет трафика видеопотоков

Для определения среднего количества абонентов, приходящихся на один сетевой узел, используем формулу:

$$AVS = NS / FN, \text{ аб,} \quad (3.5)$$

где NS – общее число абонентов, [аб],

FN – количество оптических сетевых узлов, [шт]:

$$AVS = 564 / 15 = 38 \text{ аб.}$$

Количество абонентов на одном оптическом сетевом узле, пользующихся услугами интерактивного телевидения одновременно, определяется коэффициентом IPVS Market Penetration:

$$IPVS \text{ Users} = AVS \cdot IPVS \text{ MP} \cdot IPVS \text{ AF} \cdot IPVS \text{ SH}, \text{ аб,} \quad (3.6)$$

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

где IPVS MP – коэффициент проникновения услуги IP TV;

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

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

$$IPVS Users = 38*0,5*0,5*1,5 = 15 \text{ аб.}$$

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

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

$$IPVS US = IPVS Users*IPVS UU*UUS \quad (3.7)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео,

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

$$IPVS US = 15*0,3*1 = 5 \text{ потоков}$$

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

$$IPVS MS = IPVS Users*IPVS MU, \text{ потоков,} \quad (3.8)$$

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки:

$$IPVS MS = 15 * 0,7 = 11 \text{ потоков}$$

Количество доступных групповых видеопотоков зависит от количества программ, предоставляемых провайдером. В отличие, от классической вещательной системы, где каналы транслируются всегда, даже при отсутствии использования, характерной особенностью трансляции в сети с услугой IPTV является то, что не все потоки одновременно транслируются внутри некоторого сегмента обслуживания. На нашей сети будет предоставляться 60 программ, то есть доступно 60 групповых видеопотоков.

Рассчитаем, максимальное количество видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания:

$$IPVS MSM = IPVS MA * IPVS MUM, \text{ видеопотоков,} \quad (3.9)$$

где IPVS MA – количество доступных групповых видеопотоков;

IPVS MUM – процент максимального использования видеопотоков:

$$IPVS MSM = 60 * 0,7 = 48, \text{ видеопотоков.}$$

Получаем, что в сегменте с 15 активными абонентами необходимо транслировать 48 групповых видеопотоков, т.е. из 60 доступных каналов используется только часть. Результат будет другим при изменении числа активных абонентов в сети, например, если в сети есть только один активный абонент, он будет смотреть один канал, и в сети будет транслироваться только один видеопоток. Если в некоторый период в сети 10 абонентов, то некоторые из них будут смотреть одинаковые каналы, и тогда необходимо транслировать не 10, а, возможно, 6 видеопотоков. И, наконец, если в сети

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

1000 абонентов, то большинство из них будут смотреть около 10 самых популярных каналов, а остальные абоненты будут принимать другие каналы.

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого со спутника, составляет 5 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит:

$$IPVSB = VSB*(1+SVBR)*(1+OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.10)$$

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

SVBR – запас на вариацию битовой скорости.

$$IPVSB = 5*(1+0,2)*(1+0,1) = 5,28, \text{ Мбит/с}$$

Для передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 по IP сети в режимах группового и индивидуального вещания необходима пропускная способность соответственно:

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

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

где IPVS MS – количество транслируемых потоков в режиме multicast;

IPVS US – количество транслируемых потоков в режиме unicast;

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB = 11*5,28 = 58,08 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 5*5,28 = 27,87 \text{ Мбит/с}$$

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

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

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

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

$$IPVS\ MNBM = 48 * 5,28 = 253,44 \text{ Мбит/с}.$$

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

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.14)$$

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

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

$$AB = 58,08 + 27,87 = 85,95 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для предоставления услуги IP TV на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 85,95 Мбит/с.

3.3 Расчет трафика передачи данных

Компьютерные сети изначально предназначены для совместного доступа пользователя к ресурсам компьютеров: приложениям, файлам, принтерам и т.п. а также для передачи мультимедийного трафика. Трафик, создаваемый этими традиционными службами компьютерных сетей, имеет свои особенности и существенно отличается от трафика сообщений в

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

телефонных сетях или, например, в сетях кабельного телевидения. Трафик компьютерных данных характеризуется крайне неравномерной интенсивностью поступления сообщений в сеть. Так, коэффициент пульсации трафика отдельного пользователя сети, равный отношению средней интенсивности обмена данными к максимально возможной, может достигать 1:50 и даже 1:100. Но если число абонентов, обслуживаемых коммутаторами, достаточно велико, то пульсации отдельных абонентов в соответствии с законом больших чисел распределяются во времени так, что их пики не совпадают и коэффициент пульсации на магистральных каналах значительно снижается.

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

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (3.15)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле, [аб];

DAAF – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН:

$$AS = (564/15) * 0,8 = 31 \text{ аб.}$$

Абоненты время от времени передают и принимают данные и, как правило, объем передаваемых данных значительно меньше объема принимаемых данных. Каждому абоненту необходимо обеспечить заявленную пропускную способность. Далее определим среднюю

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

пропускную способность сети, требуемой для обеспечения нормальной работы пользователей.

Средняя пропускная способность для приема данных составит:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.16)$$

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.

$$BDDA = (31 * 2) * (1 + 0,1) = 68,2 \text{ Мбит/с}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.17)$$

где AS - количество активных абонентов, [аб];

AUBS – средняя скорость передачи данных, [Мбит/с];

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

$$BUDA = (31 * 0,5) * (1 + 0,15) = 72 \text{ Мбит/с}$$

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

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб}, \quad (3.18)$$

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

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

$$PS = 31 * 0,7 = 22 \text{ аб.}$$

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

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с,} \quad (3.19)$$

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

$$BDDP = (22 * 3) * (1 + 0,1) = 72,6 \text{ Мбит/с}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН:

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с,} \quad (3.20)$$

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

$$BUDP = (22 * 1,5) * (1 + 0,15) = 38 \text{ Мбит/с}$$

Из расчета видно, что пиковая пропускная способность для передачи данных выше средней пропускной способности.

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

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.21)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.22)$$

где BDD – пропускная способность для приема данных, [Мбит/с];

BDU – пропускная способность для передачи данных, [Мбит/с]:

$$BDD = \text{Max} [68,2; 72,6] = 72,6 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max} [72; 38] = 72 \text{ Мбит/с}$$

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

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с}, \quad (3.23)$$

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

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

$$BD = 72,6 + 72 = 144,6 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для передачи данных между абонентами сети на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 144,6 Мбит/с.

3.4 Расчет трафика предоставления услуг доступа сети Internet

Только 10% из числа пользователей могут находиться в сети одновременно. Из них 20% в час наибольшей нагрузке (ЧНН). Из этих 20% только 25% загружают данные.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Определим число активных пользователей, работающих на средней скорости по формуле:

$$N_{act\ subser} = HHP * DP * DAAF, \text{ аб}, \quad (3.24)$$

где HHP – общее число абонентов проектируемой сети;

DP – характеристика проникновения трафика данных;

DAAF – фактор активности.

$$N_{act\ subser} = 564 * 0,1 * 0,2 = 12 \text{ аб}$$

Далее рассчитаем количество абонентов, одновременно принимающих и передающих данные по формуле:

$$Peak_{subser} = HHP * DP * DPeakAF, \text{ аб} \quad (3.25)$$

$$Peak_{subser} = 564 * 0,1 * 0,1 = 6 \text{ аб}$$

Для определения требуемой полосы пропускания для среднего и пикового трафика необходимо рассчитать среднюю и пиковую полосу пропускания в ЧНН для восходящего и нисходящего трафика и выбрать из них максимальный.

$$BWDA = (N_{act\ subser} * BWA_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (3.26)$$

$$BWDPeak = (Peak_{subser} * BWP_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (3.27)$$

где $BWA_{per\ subser}$ - средняя полоса пропускания, приходящаяся на 1 абонента (1800 кбит/с);

$BWP_{per\ subser}$ – пиковая полоса пропускания на 1 абонента (4000 кбит/с);

OH – отношение длины заголовка к длине пакета (0,1).

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$BWDA = (12 * 1800) * (1 + 0,1) = 23,2, \text{ Мбит/с,}$$

$$BWDPeak = (6 * 4000) * (1 + 0,1) = 25,7, \text{ Мбит/с}$$

Для определения требуемой полосы пропускания определим максимальное значение между пиковой и средней пропускной способностью:

$$BWData = MAX [BWDA; BWDPeak], \text{ Мбит/с} \quad (3.28)$$

$$BWData = MAX [23,2; 25,7] = 25,7 \text{ Мбит/с}$$

Таким образом для реализации услуги доступа к глобальной сети Internet полоса пропускания каждого проектируемого узла должна составлять 25,7 Мбит/с.

3.5 Определение телеграфика МСС

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

$$ППр_{\text{Triply play}} = ППр_{\text{WAN}} + АВ + ВD + BWData, \text{ Мбит/с,} \quad (3.29)$$

где ППр_{WAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии, [Мбит/с],

АВ – пропускная способность для видеопотоков, [Мбит/с];

ВD – пропускная способность для трафика данных, [Мбит/с];

BWData - пропускная способность для предоставления услуги доступа к сети Internet, [Мбит/с].

$$ППр_{\text{Triply play}} = 25,7 + 144,6 + 85,95 + 11,56 = 261,81 \text{ Мбит/с}$$

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания внутри сетевого узла может обеспечить технология GPON. То есть ранее выбранная технология полностью удовлетворяет скоростные характеристики на сетевых узлах. [5]

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

4 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ В ПГТ. ЯКОВЛЕВО БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Разработка структурной схемы связи в пгт. Яковлево

Структура любой оптической сети состоит из нескольких основных элементов:

- стационарный терминал OLT;
- пассивный оптический сплиттер;
- абонентское устройство ONU.

Терминал OLT обеспечивает взаимодействие сети PON с внешними сетями, сплиттеры осуществляют разветвление отеческого сигнала на участке PON, ONU обеспечивает взаимодействие абонентской стороны со стационарным оборудованием. Структурная схема PON сети в пгт. Яковлево представлена на рисунке 4.1.

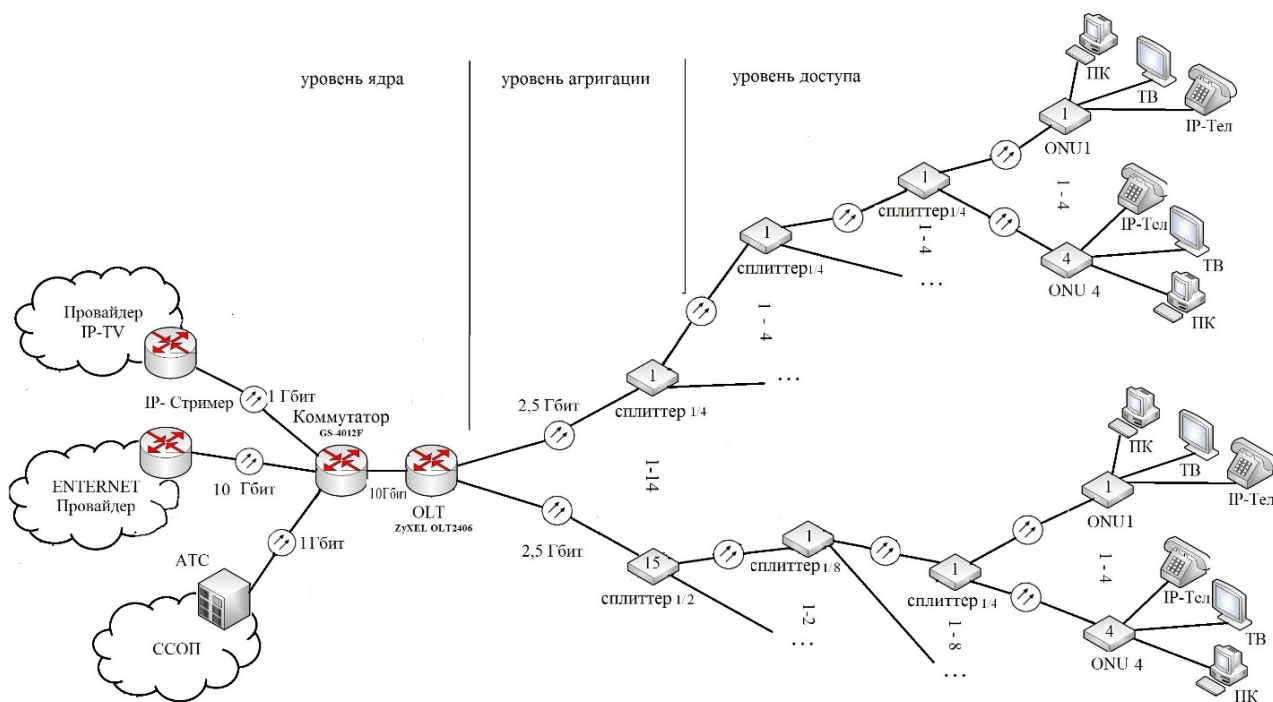


Рисунок 4.1 – структурная схема сети связи в пгт Яковлево

Подключение первого типа домов - 1 подъезд, 3 этажа, 4 кв. на этаж. В одном здании находится 12 абонентов, 4 абонента на этаж. Для учета резервирования и облегчения расчетов будем считать, то что в одном здании такого типа находится 16 абонентов. Такой подход позволит нам поделить оптический сигнал исходящий из OLT, позволяющий подключить 64 абонента, разделить на 4 здания по 16 абонентов. В наличии имеется 52 здания такого типа, что означает о необходимости использования 13 оптических портов на OLT. Необходимое количество сплиттеров 1/4 равно 273 штуки

Подключение второго типа домов – 3 подъезда, 4 этажа, 3 кв. на этаж. Количество таких домов равно двум. В одном здании находится 36 абонентов. Такое количество абонентов не удобно для расчета. В связи с этим при учете процент проникновения услуги не равняется 100%, а в оптимистическом расчете приближается к 70 % в течении нескольких лет, то можно считать, что в одном здании такого типа 32 абонента. При монтаже волокна в цокольном этаже будет устанавливаться сплиттер распределяющий волокно на этажи. Количество таких площадок равно 8. На площадке идет разводка сплиттерами 1/4. То есть количество сплиттеров 1/2 равно 1 штука, сплиттеры 1/8 равно 2 штуки, сплиттеров 1/4 равно 16 штук.

Подключение третьего типа домов – 2 подъезда, 2 этажа 4 кв. на этаж.

Количество таких зданий равно 4. В одном здании 16 абонентов, то есть для подключения 4 домов необходимо использование одного оптического порта на OLT. Фактически схема подключения этих домов идентично подключению первого типа домов. Количество сплиттеров 1/4 равно 21.

Уровень ядра состоит из магистрального коммутатора и OLT. Магистральный коммутатор связывает внешние сети с OLT. OLT формирует и управляет потокам данных внутри сети.

На уровне агрегации находятся сплиттеры, собирающие оптические каналы в один для передачи его к станции OLT. И на оборот оптический

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

канал от OLT делит на несколько каналов, которые идут на сплиттеры доступа.

На уровне доступа располагаются сплиттеры организующие внутри домовую разводку оптического сигнала, а также абонентские терминалы для взаимодействия с сетью GPON.

4.2 Расчет оптического бюджета PON дерева

Для того что бы убедиться в правильности схемы проектируемой сети необходимо сделать расчет бюджета мощности, в котором учитывается затухание на сплиттерах, сварке оптоволокна, коннекторах и затухание в самой линии. Необходимо исходить из того, что затухание не должно превышать 30 дБ, что определяется чувствительностью приёмного оборудования и мощностью передающего.

В схеме используется планарные сплиттеры, сварка и коннекторы, вносимое ими затухание и затухание самого волокна представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

Из ранее спроектированной схемы выделим несколько основных схем включения сплиттеров 1/4 - 1/4 - 1/4 и 1/2 - 1/8 - 1/4.

Так же условно возьмем средне количество сварки и коннекторов на каждом участке, от OLT до сплиттера, от сплиттера до сплиттера, от сплиттера до ONU, 2 коннектора и 2 сварки.

Таблица 4.1 – Затухания на сплиттерах

Планарные сплиттеры	
Делитель	Затухание, дБ
1x2	4.3
1x3	6.2
1x4	7.4
1x6	9.5
1x8	10.7

Таблица 4.2 – Затухания на элементах волоконной линии

Линия	0.4 дБ/км
Коннектор	0.5 дБ
Точка сварки	0.03

Схема включения «1/4, 1/4, 1/4»:

$$7,4*3+0,5*2+0,03*2=23,26 \text{ дБ}$$

$$(30-23,26) / 0,4=16,85 \text{ км}$$

Данное затухание меньше порогового значения, что означает возможность реализации данной схемы, так же оставшейся мощности достаточно для волоконной линии до 16,85 километров.

Схема включения «1/2, 1/8, 1/4»:

$$4,3+10,7+7,4+0,5*2+0,03*2=23,46 \text{ дБ}$$

$$(30-22,46) / 0,4=16,35 \text{ км}$$

Данное затухание меньше порогового значения, что означает возможность реализации данной схемы, так же оставшейся мощности достаточно для волоконной линии до 16,35 километров.

4.3 Схема прокладки кабеля в пгт. Яковлево

Правильная прокладка кабеля обеспечит экономию волокна, что существенно уменьшит затраты на саму прокладку и на закупку кабеля.

В поселке уже имеется канализационная инфраструктура, но она покрываете недостаточную область, что влечет за собой дополнительные расходы на строительство кабельной канализации. Кабельная канализация (КК) имеется по улицам Южная, Ленинская, Угловская. Необходимо

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

расширение КК по дворовой территории по обе стороны улицы Октябрьская. Протяженность новой КК составляет 520 метров.

Для организации сети связи были выбраны следующие оптические кабели:

- ОМЗКГМ-10-01-0,22-4-(7,0);
- ОМЗКГМ-10-01-0,22-8-(7,0);
- ОМЗКГМ-10-01-0,22-16-(7,0).

Оптический кабель ОМЗКГМ-10-01-0,22-(2-288). Для прокладки в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, тоннелях, на мостах и в шахтах, через неглубокие болота и несудоходные реки.

Обозначение кабеля ОМЗКГМ-10-01-0,22-(2-288) (7,0): – кабель оптический магистральный и внутризональный: О – оптический; М – магистральный; З – зональный; К – канализация; Г – грунт; М – многомодульный; 10 – диаметр модового поля; 01 – центральный силовой элемент из стеклопластикового прутка; 0,22 – коэффициент затухания в дБ/км на длине волны 1550 нм; 2-288 – количество волокон; 7,0 – допустимое растягивающее усилие в кН. ОМЗКГМН-10-01-0,22-288 (7,0) – кабели в негорючем исполнении, оболочка из материала, не распространяющего горение. Температурный диапазон эксплуатации от -40 °С до +60 °С. Кабели предназначены для монтажа и прокладки ручным и механизированным способами при температуре не ниже -10 °С. Допустимый радиус изгиба при монтаже и эксплуатации: не менее 20 номинальных диаметров кабеля. Срок службы кабелей: не менее 25 лет. Кабели стойки к воздействию плесневых грибов, росы, дождя, инея, соляного тумана, солнечного излучения, к повреждению грызунами. Кабель поставляется на деревянных барабанах. Технические характеристики: Наружный диаметр кабеля 11,9 – 20,2 мм; Номинальный вес 239 – 640 кг/км; Кабель устойчив к растягивающим усилиям 4 – 80 кН; Кабель устойчив к раздавливающим усилиям не менее

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

1000 Н/см Коэффициент затухания, на длине волны 1550 нм, дБ/км 0,22 Н/см;
Количество волокон в модуле 4 – 16 Общее количество волокон 2 – 288
Электрическое сопротивление наружной оболочки (броня – земля) не менее
2000 МОм/км.

АТС расположена в здании по адресу Южная д.12.

Кабель на 16 волокон протягивается до перекрестка ул. Ленинская и ул. Угловского, где далее с помощью муфты расшивается на 6 кабелей, из которых 5 кабеля по 4 волокна и один кабель по 8 волокон.

Кабель в 8 волокон, в районе Шаландина 82, расшивается на 4 кабеля по 4 волокна.

Кабель на 8 волокон пролегает на протяжении всей улицы Южная, в районе дома номер 4 расшивается на 3 кабеля по 4 волокна.

Кабель на 4 волокна для подключения группы домов, находящихся вблизи по улице Ленинская. Все кабели доходят до оптических распределительных шкафов (ОРШ), в которых находятся сплиттеры. Схема прокладки кабеля в пгт. Яковлево представлена на рисунке 4.3.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

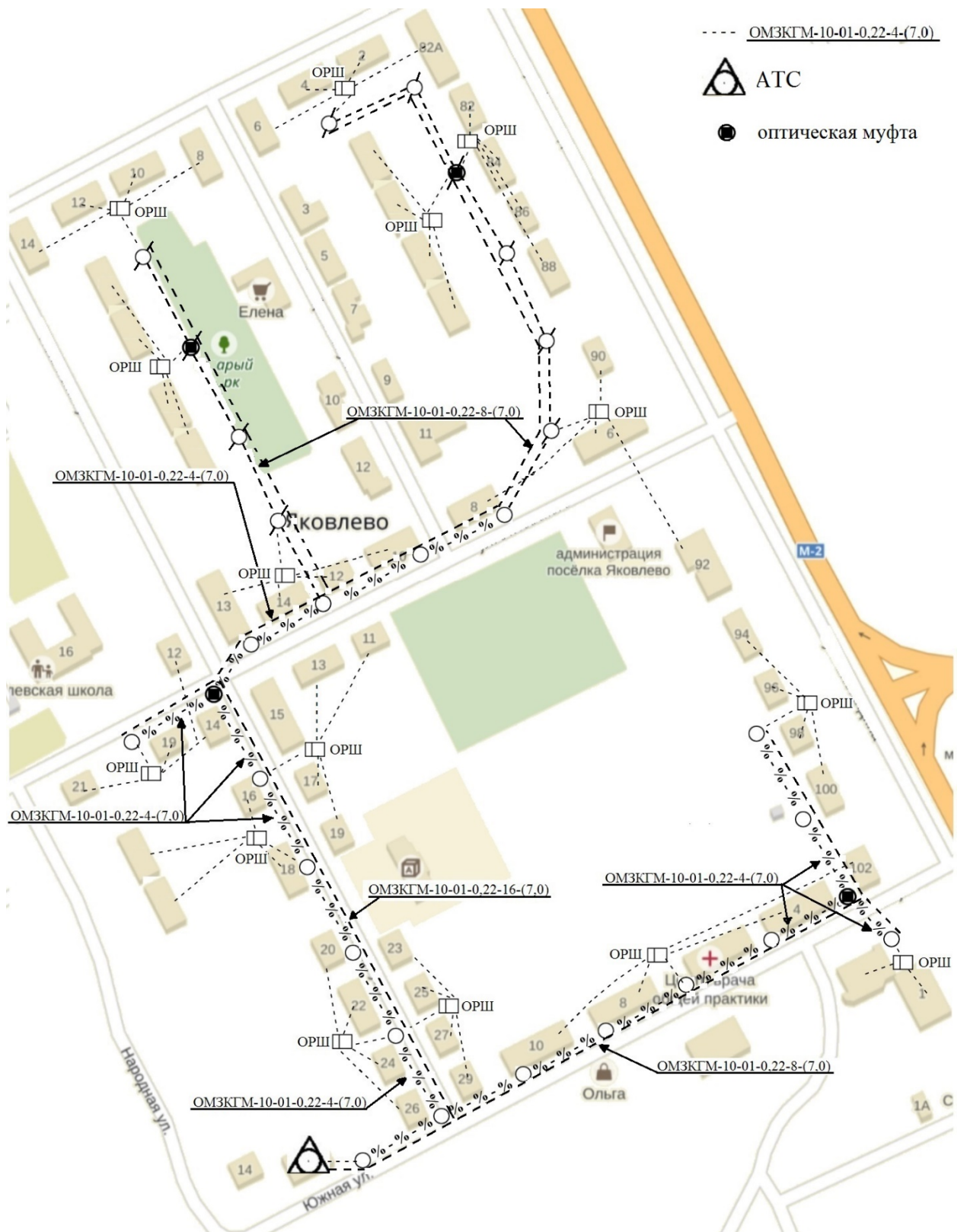


Рисунок 4.3 – схема прокладки кабеля в пгт. Яковлево

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

4.4 Схема разводки оптического кабеля внутридомовая

Внутри домовая разводка кабеля проводится по типовым схемам.

Из ОРШ прилегающему к дому заводится кабель в подвальное помещение, монтируется внутридомовой ОРШ. Внутри него находится кросс панель и сплиттер, разветвляющий волокно по лестничным площадкам.

На лестничных площадках в свою очередь находятся оптические распределительные коробки (ОРК) со сплиттером разветвляющим волокно на количество квартир. После вывода кабель до абонентской розетки. Схема подключения многоквартирного дома представлена на рисунке 4.4.

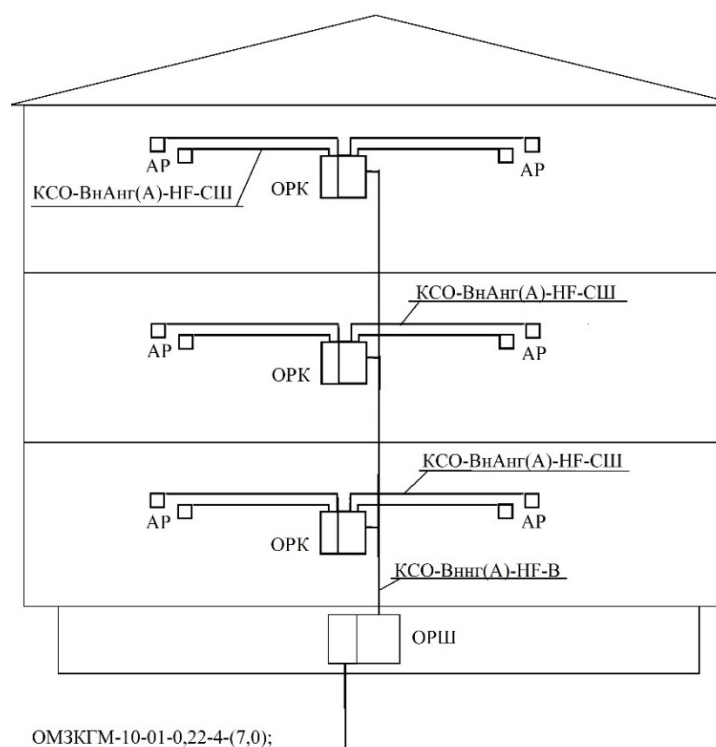


Рисунок 4.4 - Схема подключения многоквартирного дома:

ОРШ – оптический распределительный шкаф со сплиттером внутри N/M;

АР- абонентская розетка;

ОРК – оптическая распределительная коробка

Для внутридомовой разводки были выбраны два вида оптического кабеля:

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

- Оптический кабель КСО-Вннг(А)-НФ-В. Для организации разводки и прокладка в стояках (с возможностью непосредственного подключения разъема), организация разводки на короткие и средние расстояния, а также прокладки в кабель-каналах.

- Оптический кабель КСО-ВнАнг(А)-НФ-СШ. Для изготовления соединительных шнуров.

В среднем высота лестничного пролета равна 3 метра, значит общая длина вертикального кабеля, с учетом запаса, равна 11 метров. Необходимая длина оптического кабеля для этажной разводки от сплиттера до АР равна 10 метров на одного абонента, следовательно, для лестничной площадки надо 40 метров, а для всего дома 120 метров.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ

В настоящий момент на российском рынке множество компаний поставщиков оборудования.

Выбор оборудования необходимо делать исходя из соображения оценки качества, цены и репутации компании на рынке. Так же является целесообразным подбирать оборудование одной компании, что позволит избежать проблем программной и физической совместимости техники.

В данной проекте был сделан выбор в пользу оборудования компании ZyXEL. Данная компания уже давно находится на российском рынке телекоммуникаций и заслужила хорошие рекомендации крупных компаний. Компания предоставила широкий выбор оборудования различных конфигураций средней ценовой категории. Выбранное оборудование для организации сети связи представлено далее.

Модульный коммутатор GPON ZyXEL OLT2406. Принадлежит к новейшему поколению устройств широкополосного доступа, обеспечивает подключение до 1024 абонента с помощью 16 портов ITU-T G.984 GPON, способных работать с трансиверами классов B+ и C+. Термостойкое исполнение позволяет разместить коммутатор как внутри помещений, так и в уличных телекоммуникационных шкафах. Коммутатор OLT2406 может быть установлен в сетях IPv4 и IPv6: он поддерживает двойной стек протоколов, MLD и IGMP, VLAN на базе протокола для IPv6 сетей, ACL для IPv6. Поддержка гибкой трансляции VLAN, широкие возможности по настройке QoS и управлению трафиком абонентов позволяют эффективно предоставлять услуги Triple-play. [20]

Основные преимущества:

- 16 ITU-T G.984-совместимых оптических порта по 64 абонента

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

каждый;

- 4*10Гбит пропускная способность магистральных интерфейсов;
- Модульная архитектура с возможностью горячей замены модулей;
- Доступ ко всем портам и разъемам с лицевой стороны шасси;
- Резервирование всех модулей по схеме "1+1";
- Термостойкое исполнение.



Рисунок 5.1 - Модульный коммутатор GPON ZyXEL OLT2406

Коммутатор GS-4012F - это магистральные маршрутизирующие коммутаторы для распределенных и локальных Ethernet-сетей, хранилищ данных и серверных комнат. Коммутаторы имеют высокую производительность и надежность, обладают идентичной базовой функциональностью и отличаются числом и типами портов Gigabit Ethernet. Коммутатор GS-4012F имеет 12 слотов для установки SFP-трансиверов, четыре из которых совмещены с портами RJ-45. Коммутатор GS-4024 имеет 24 порта RJ-45 10/100/1000 Мбит/с, четыре из которых совмещены с SFP-слотами. Дополнительно на лицевых панелях коммутаторов размещены порты RS-232 и Fast Ethernet для защищенного внесетевого (out-of-band) управления. На задней панели коммутаторов имеется разъем для подключения к опциональному источнику BPS-120, осуществляющему резервирование блоков питания коммутаторов (Backup Power System). [20]



Рисунок 5.3 – Коммутатор GS-4012F

Данное оборудование составляет ядро проектируемой сети. Качество

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

оборудования данного оборудования определяет надежность и стабильность работы сети. В таблице 5.1 представлена таблица с полным набором необходимого оборудования.

Для абонентов рекомендуемое к приобретению оборудование ZyXEL Fiberhome PSG1282N-22. Это высокоскоростной роутер, работающий по технологии GPON. Интернет-центр может работать в режиме роутера и моста, для подключения абонентов используется 4 порта 10/100/1000Base-T с автоматическим определением типа кабеля, и встроенная беспроводная точка доступа WiFi, поддерживающая стандарты 802.11b/g/n. Интегрированный шлюз IP-телефонии представляет собой два FXS порта с разъемом RJ-11 для подключения аналоговых телефонных аппаратов. [20]

Возможность работы в режиме маршрутизатора с NAT позволяет разделить между всеми компьютерами одно Интернет подключение. При этом интернет-центр PSG1282N-22 без всяких дополнительных устройств образует проводную квартирную сеть для четырех компьютеров, а встроенная точка доступа беспроводной сети Wi-Fi нового поколения с увеличенным радиусом действия обеспечивает подключение к интернет-центру ноутбуков, игровых приставок, медиаплееров и других сетевых устройств стандарта IEEE 802.11n на скорости до 300 Мбит/с.



Рисунок 5.2 – Роутер PSG1282N-22

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Таблица 5.1 - Необходимое оборудование и кабели для организации сети связи

№	Наименование	Тип	Кол-во (шт/м)
1	Модульный коммутатор GPON	GPON ZyXEL OLT2406	1
2	Коммутатор	ZyXEL GS-4012F	1
3	Делитель оптический капсульный	SNR-CPC-1x2-SC/APC	1
4	Делитель оптический планарный	SNR-PLC-1x8-SC/APC	2
5	Делитель оптический планарный	SNR-PLC-1x4-SC/APC	310
6	Оптический распределительный шкаф	WQSHF-F-72-SC-505015	15
7	Абонентская розетка	RS-02	340
8	Абонентская распределительная коробка	SNR-FTTH-FDB-04F	141
9	Стойка для оборудования	ЦМО 19" 33U	1
10	Оптический кросс	KPC-16-FC(ST)	1
11	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-4-(7,0)	6 900
12	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-8-(7,0)	1 100
13	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-16-(7,0)	400
14	Оптический кабель	КСО-ВнАнг (А)-HF-СШ	6 720
15	Оптический кабель	КСО-ВнАнг (А)-HF-В	5 600
16	Муфта оптическая	Муфта МТОК-М6/144-1КТ3645-К-44	7

6 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

6.1 Расчет капиталовложений

Для расчета экономических затрат необходимо узнать стоимость необходимого оборудования, стоимость на строительство кабельной канализации, а также стоимость прокладки кабеля. Подробная информация по затратам на оборудование и работы приложена в таблица 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1- Затраты на оборудование

№	Наименование	Тип	Кол-во (шт/м)	Цены (шт/м) руб.	Общая стоимость руб.
1	Модульный коммутатор GPON	GPON ZyXEL OLT2406	1	241 253	241 253
2	Коммутатор	ZyXEL GS-4012F	1	85 850	85 850
3	Делитель оптический капсульный	SNR-CPC-1x2-SC/APC	1	685,13	685,13
4	Делитель оптический планарный	SNR-PLC-1x8-SC/APC	2	1 644,30	3 288,6
5	Делитель оптический планарный	SNR-PLC-1x4-SC/APC	310	1 112,40	344 844
6	Оптический распределительный шкаф	WQSHF-F-72-SC-505015	15	1 250	18 750
7	Абонентская розетка	RS-02	340	29,60	10 064
8	Абонентская распределительная коробка	SNR-FTTH-FDB-04F	141	490	69 090
9	Стойка для оборудования	ЦМО 19" 33U	1	4 659	4 659
10	Оптический кросс	KPC-16-FC(ST)	1	650	650
11	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-4-(7,0)	6 900	43,65	301 185
12	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-8-(7,0)	1 100	42,50	46 750
13	Оптический кабель	ОМЗКГМ-10-01-0,22-16-(7,0)	400	49,80	19 920

Окончание таблицы 6.1

14	Оптический кабель	КСО-ВнАнг (А)-HF-СШ	6 720	12,30	82 656
15	Оптический кабель	КСО-ВнАнг (А)-HF-В	5 600	22,62	126 672
16	Муфта оптическая	Муфта МТОК-М6/144-1КТ3645-К-44	7	4 875	34 125
Общие затраты на оборудование					1 389 756

Цены на оборудования взяты на официальных сайтах производителя и поставщиков оборудования. [] [] []

Таблица 6.2 – Затраты по строительным и монтажным работам

Наименование работ	Стоимость за единицу работ/ км руб.	Общая стоимость работ руб.
Строительство кабельной канализации до 6 каналов	4 500	45 000
Установка ж.б. колодцев ККС-1, включая их стоимость	50 000	500 000
Прокладка и монтаж кабеля на 4 и 8 волокон	105 000	840 000
Прокладка и монтаж кабеля на 16 волокон	112 000	44 800
Прокладка внутридомового кабеля и монтаж соответствующего оборудования	125 000	700 000
Общая сумма затрат строительные и монтажные работы		2 129 800

Цены на строительство КК и монтаж кабеля взяты на официальном сайте компании ЗАО «ВОКС ИТ». []

Общие капитальные вложения представляют собой сумму всех затрат на приобретение оборудования, а также затрат на строительство и монтажные работы, для вычисления можно использовать формулу 6.1.

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ руб.} \quad (6.1)$$

где $K_{об}$ - суммарный объем затрат на приобретение оборудования, руб.;

K_i – общая стоимость одной позиции (типа оборудования);

N – количество позиций.

$$K_{об} = 1\,389\,756 \text{ руб.}$$

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы: $K_{пр}$ – Затраты на приобретение оборудования; $K_{тр}$ – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от $K_{пр}$); $K_{смр}$ – строительно-монтажные расходы (20% от $K_{пр}$); $K_{т/у}$ – расходы на тару и упаковку (0,5% от $K_{пр}$); $K_{зср}$ – заготовительно-складские расходы (1,2% от $K_{пр}$); $K_{пнр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$). А так же учитываем затраты на строительство КК и прокладку кабеля из таблицы 6.2, обозначение $K_{сим}$. Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{пнр})K_{об} + K_{сим}, \text{руб.} \quad (6.2)$$

$$KB = 1389756 + 1389756 \cdot (0.04 + 0.2 + 0.03 + 0.012 + 0.005) + 2129800 = 3918416 \text{ руб.}$$

6.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы - расходы предприятия на производство или предоставление услуг. В их состав входят расходы на содержание и обслуживание сети. Эти расходы имеют текущий характер. Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Для определения эксплуатационных расходов по проекту используются следующие статьи:

- затраты на оплату труда;
- страховые взносы;
- амортизация основных фондов;
- материальные затраты;
- прочие производственные расходы.

Для расчета годового фонда заработной платы определили штат сотрудников, который представлен с учетом оклада, а также премии в размере

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

30% от оклада, в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Состав персонала по обслуживанию оборудования

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	22 000	1	28 600
Инженер 1 кат.	18 500	1	24 050
Инженер-программист.	16 500	1	21 450
Монтажник	16 000	2	41 600
Итого:		5	115 700

Годовой фонд оплаты труда для персонала рассчитывается как:

$$\Phi OT = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб.} \quad (6.3)$$

где: I_i – количество работников каждой категории;

P_i – заработная плата работника каждой категории, руб.;

12 – количество месяцев;

T – коэффициент премии

$$\Phi OT = 115\,700 * 12 = 1\,388\,400 \text{ руб.}$$

Каждое предприятие обязано выплачивать налоги на каждого своего сотрудника, ранее этот налог назывался Единый социальный налог, но с 1 января 2010 года единый социальный налог (ЕСН) был заменён страховыми взносами, а его ставка повышена. Ранее ЕСН составлял лишь 26%, затем он был резко увеличен до 34%. Взносы включают в себя отчисления в: Пенсионный фонд (ПФР) — 22 %, Фонд медицинского страхования (ФФОМС) — 5,1 %, Фонд социального страхования (ФСС) — 2,9 %.

Как видно, на сегодняшний день этот показатель составляет порядка 30% от заработной платы. В случае, если доход работника за 1 год превысит 796 тыс. рублей, то на него вносится дополнительный налог в 10%. При

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

превышении базы в 718 тыс. рублей взносы в ФСС не уплачиваются).

$$CB = \Phi OT * 0,3, \text{ руб.} \quad (6.4)$$

$$CB = 1\,388\,400 * 0.3 = 416\,520 \text{ руб.}$$

Под амортизацией понимается процесс постепенного возмещения стоимости основных фондов, в целях накопления средств для реконструкции и приобретения основных средств. Самым распространенным способом оценки амортизации является учет амортизации, составленный исходя из общего срока службы основных фондов, в этом случае:

$$AO = T / F, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

где T – стоимость оборудования;

F – срок службы этого оборудования.

$$AO = 1\,446\,042 / 20 = 72\,302 \text{ руб.}$$

Величина материальных затрат включает в себя оплату электроэнергии для производственных нужд, затраты на материалы и запасные части и др. Эти составляющие материальных затрат определяются следующим образом:

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

$$Z_{эн} = T * 24 * 365 * P \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$Z_{эн} = 3.53 * 24 * 365 * 0.5 = 15\,462 \text{ руб.}$$

где T – тариф на электроэнергию (руб./кВт. час);

P – мощность установок (кВт);

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

- затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от основных производственных фондов и определяются по формуле:

$$Z_{мз} = KB * 0,035 \text{ руб.} \quad (6.7)$$

$$Z_{мз} = 3\,918\,415 * 0.035 = 137\,144.56 \text{ руб.}$$

где KB – капитальные вложения, затраты на оборудование.

Общие материальные затраты равны:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз} \text{ руб.} \quad (6.8)$$

$$Z_{общ} = 15\,462 + 137\,144.56 = 152\,606.56 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{пр} = ФОТ * 0,15 \text{ руб.} \quad (6.9)$$

$$Z_{пр} = 1\,388\,400 * 0.15 = 208\,260 \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = ФОТ * 0,25 \text{ руб.} \quad (6.10)$$

$$Z_{эк} = 1\,388\,400 * 0.25 = 347\,100 \text{ руб.}$$

Отчисления на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) составляют 1,5% от всей суммы эксплуатационных расходов.

$$\text{НИОКР} = 347\,100 * 0.015 = 5\,207 \text{ руб.}$$

Обобщенные результаты годовых эксплуатационных расходов

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

представлены в таблице 6.4.

Так же в ежемесячные расчеты включаем аренду IP- TV каналов и аренду интернет канала, 60 каналов высокой четкости по 500 руб. за 1 канал. Общая сумма затрат на аренду каналов равна 30 000 руб. Аренда интернет канала равна 200 000 руб.

Таблица 6.4 – Состав персонала по обслуживанию оборудования

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
ФОТ	1 388 400	49.62
Страховые взносы	416 520	14.88
Амортизационные отчисления	72 302	2.58
Материальные затраты	130 095	4.65
Прочие расходы	555 360	19.84
Аренда интернет канала	200 000	7.14
Аренда IP- TV	30 000	1.07
НИОКР	5 207	0.18
ИТОГО	2 797 884	100

6.3 Калькуляция доходов

При выборе размера абонентской платы и стоимости оплаты за подключение следует учитывать аналогичные тарифы у конкурирующих операторов, но так как на данный момент в пгт. Яковлево их нет, то придется учитывать тарифы операторов из соседних поселений.

Так же надо спрогнозировать количество подключений абонентов по годам, самое большое кол-во подключений придется на первый год. Далее количество абонентов по годам будет экспоненциально уменьшаться. Из-за острой востребованности качественного доступа к сети интернет предположим конечное процент проникновения услуги в 90%. Прогноз подключения абонентов по годам представлен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Количество подключаемых абонентов в определенный период времени

Год	Абоненты - Физические лица	Доля от общего кол- во абонентов %
1	310	55
2	155	27,5
3	35	6,2
4	20	3.5

В таблице 5 приведены тарифы для абонентов, т.е. плата за подключение и пользование различными услугами.

Таблица 6.6 – Тарифы для абонентов

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
Абонентская плата за подключение:	5000
Доступ к сети Интернет	600
IP- TV	150
IP – Тел.	100

Годовой доход за предоставление абонентам доступа к различным услугам рассчитывается как:

$$D_{год} = \sum_{i=1}^J N_i * B_i * 12 \quad (6.11)$$

где N – размер абонентской платы за конкретный вид услуги в месяц;

B – количество абонентов, пользующихся конкретной услугой.

Доход от предоставления услуг будет разным, так как не все абоненты будут подключать все услуги. Предположим, что услуги интернет подключат 100% из тех, кто вообще подключается. Из них 65% подключат IP-TV, а IP-Тел. (VoIP) подключат 15%, из-за низкой востребованности данной услуги.

Таблица 6.7 – Доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам

Год	Количество абонентов	Доход, руб.		
	Физические лица	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	310	1 550 000	2 631 900	4 181 900
2	155	775 000	1 315 944	2 090 944
3	35	175 000	309 144	484 144
4	20	100 000	169 800	269 800

6.4 Определение оценочных показателей проекта

Среди основных показателей проекта можно выделить срок окупаемости, т.е. временной период, когда реализованный проект начинает приносить прибыль превосходящую ежегодные затраты.

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

$$NPV = PV - IC \quad (6.12)$$

где PV – денежный доход;

IC – отток денежных средств в начале *n*-го периода.

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (6.13)$$

где P_n – доход, полученный в *n*-ом году;

i – норма дисконта;

T – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=0}^m \frac{I_n}{(1+i)^n} \quad (6.14)$$

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. В теории инвестиционного анализа предполагается, что ставка дисконтирования включает в себя минимально гарантированный уровень доходности, темпы инфляции и коэффициент, учитывающий степень риска и другие специфические особенности конкретного инвестирования.

Используемая ставка дисконта должна обязательно соответствовать выбранному виду денежного потока. Ставка дисконта может быть рассчитана различными способами, наиболее простым является кумулятивный, при котором в качестве нее выбирается средняя ставка по долгосрочным валютным депозитам пяти крупнейших российских банков, включая Сбербанк РФ. Она составляет приблизительно 8 % и формируется в основном под воздействием внутренних рыночных факторов (на период расчета дипломного проекта ставку следует уточнять на примере Сбербанка РФ или другого крупного банка).

В качестве примера в таблице 6.4.1 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями:

- КВ = 3 918 415 руб.;
- Ежегодные затраты 2 797 884 руб.;
- ставка дисконта 8 %.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Нулевым годом считается год реализации проекта.

Параметр Р показывает доход, полученный за текущий год. Не стоит забывать, что в таблице 6.8 приведены доходы от конкретного количества абонентов, которые были подключены за год, т.е. без учета уже имеющихся абонентов.

$$P_i = P_{подкл(i)} + P_{аб(i)} + \sum_{i=2}^T P_{подкл(i-1)} - P_{аб(i-1)} \quad (6.15)$$

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

T – расчетный период.

Таблица 6.8– Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	Р	PV	I	IC	NPV
0	0	0	3 275 284	3918415	-3918415
1	4 181 900	3 872 129,6	2 797 884	6509048	-2636918,704
2	4 722 844	7 921 207,1	2 797 884	8907783	-986575,7682
3	4 431 988	11 439 462	2 797 884	11128833	310628,6722
4	4 526 788	14 766 786	2 797 884	13185362	1581424,725
5	4 426 788	17 779 584	2 797 884	15089555	2690029,417
6	4 426 788	20 569 211	2 797 884	16852696	3716515,243

Как видно из приведенных в таблице 6.4.1 рассчитанных значений, проект окупиться на 3 году эксплуатации, так как в конце 3 года мы имеет положительный NPV.

Срок окупаемости (PP) – показатель, наиболее часто принимаемый в аналитике, под которым понимается период времени от момента начала реализации проекта до того момента полного возврата капитала, затраченного на реализацию.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \left| NPV_{n-1} \right| / (\left| NPV_{n-1} \right| + NPV_n) \quad (6.16)$$

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.

$$PP = 3 + 310628,6722 / (310628,6722 + 986575,7682) = 3,24 \text{ года}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 3.24 года.

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

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6.17)$$

$$PI = 11439462 / 11128833 = 1,027$$

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

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.

Экономический смысл показателя IRR заключается в том, что

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. Чем выше IRR, тем больше возможностей у предприятия в выборе источника финансирования. Иными словами, что он показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (6.18)$$

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:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (6.19)$$

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

i_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV < 0$.

Для описанного выше примера будем иметь:

$i_1 = 8$, при котором $NPV_1 = 310\,628.6722$ руб.; $i_2 = 13$ при котором $NPV_2 = -98\,6575.7682$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 8 + 310628.6722 / (310628.6722 + 986575.7682) * (13 - 8) = 9.67$$

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 9.67%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 8%, таким образом, проект следует принять. В случае если, $IRR < I$ проект нецелесообразен для реализации.

6.5 Выводы по экономическому обоснованию проекта

Таким образом, в данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен общий дохода от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 6.9.

Таблица 6.9 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	568
Капитальные затраты, руб	3 918 415
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	2 797 884
Расходы на оплату производственной электроэнергии	15 462
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	137 144
Фонд оплаты труда	1 388 400
Страховые взносы	416 520
Амортизационные отчисления	72 302
Общие производственные расходы	130 095
Доходы (NPV), руб	1 628 904
Внутренняя норма доходности (IRR)	9.67
Индекс рентабельности (PI)	27%
Срок окупаемости, год	3.24

7 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос стал общемировой проблемой.

Все нормы и правила экологической и рабочей безопасности должны быть определены и зафиксированы в определенном документе. Экологический паспорт предприятия – это комплексная статистика данных, отображающих степень пользования данным предприятием природных ресурсов и его уровню загрязнения прилегающих территорий. Экологический паспорт предприятия разрабатывается за счет компании после согласования с соответствующим уполномоченным органом и подвергается постоянной корректировке в связи с перепрофилированием, изменениями в технологии, оборудовании, материалов и т. д.

Технологические процессы, происходящие во время работы проектируемого оборудования, не производят промышленных отходов в окружающую среду. После выполнения строительно-монтажных работ, для предотвращения травм обслуживающего персонала остатки монтажного провода и упаковочной тары должны утилизироваться на свалке. С учетом выше изложенного, проектные мероприятия исключают отрицательное

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

воздействие запроектированных сооружений на окружающую среду. Проектными решениями по видам проектируемых сооружений предусматривается и указывается на необходимость строго соблюдать нормы и правила по производственной санитарии в процессе непосредственного выполнения строительно-монтажных работ и осуществления последующей эксплуатации и технического обслуживания.

Разработанный проект полностью соответствует экологическим нормам. Так как используемые кабели не выделяют вредных веществ в почву, а работы по строительству КК предусматривают рекреационные составляющие. [14]

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

8.1 Техника безопасности

По видам проектируемых сооружений предусматривается и указывается на необходимость строго соблюдать нормы и правила по технике безопасности и охране труда в процессе непосредственного выполнения строительно-монтажных работ, так и при осуществлении последующей эксплуатации и техническом обслуживании. Данные виды деятельности регламентирую следующими документами:

- ПОТ РО-45-009-2003 «Правила по охране труда при работах на линейных сооружениях кабельных линий передач»;
- ПОТ РО-45-007-96 «Правила по охране труда при работах на телефонных станциях и телеграфах»;
- ГОСТ 12.1.040-83 «Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения»;
- СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»;
- Правила охраны линий связи;
- Правила охраны электрических сетей напряжением до одной тысячи вольт;
- СН 322-74 «Указания по производству и приемке работ по строительству в городах и на промышленных предприятиях коллекторных тоннелей, сооружаемых способом щитовой проходки»;
- Инструкция по проведению работ в охранных зонах магистральных и внутризоновых кабельных линий связи;
- ПОТ РО-45-005-95 «Правила по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации)»;

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

- ОСТ 45.86-96 «Линейно-аппаратные цехи оконечных междугородных станций, сетевых узлов, усилительных и регенерационных пунктов. Требования к проектированию»;

- СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

В качестве мероприятий, обеспечивающих безопасность персонала, обслуживающего технологическое оборудование предусмотрено:

- заземление и занесение корпусов электрооборудования, элементов электроустановок;

- устройство и соблюдение соответствующих эксплуатационных проходов между техническим оборудованием;

- применение специальной технической мебели – стремянки, табуреты и т.д.;

- укладка диэлектрических ковров перед обслуживаемыми сторонами электрооборудования;

- комплект защитных средств и инструментов. [15]

8.2 Пожарная безопасность

По пожарной опасности в соответствии с ОСТ 45.86-96 технологическое помещение с оборудованием OLT относится к категории В и подлежит:

- защите автоматической пожарной сигнализацией, построенной по лучевой схеме, с использованием извещателя «на дым»;

- соблюдением требуемых пределов огнестойкости в соответствии со II-ой степенью огнестойкости здания;

- облицовкой стен несгораемыми и трудносгораемыми материалами в соответствии с требованиями СНиП 2.02-85;

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

- заделкой отверстий в стенах цементно-песчаным раствором после монтажа коммуникаций;
- установкой противопожарных дверей в помещениях с категорией В;
- обеспечением габаритов прохода и дверей в соответствии с противопожарными требованиями СНиП 2.09.02-85, СНиП 2.01.02-85 и другими действующими нормативными документами;
- выбором соответствующих марок кабелей и проводов, способа их прокладки в зависимости от категории и класса помещения по пожарной безопасности;
- применением негорючих материалов для монтажа электрооборудования;
- устройством предупредительных надписей о пожарной опасности.

Помещение с оборудованием OLT должно быть оборудовано углекислотным огнетушителем. [15]

8.3 Электробезопасность

В системе электропитания сети передачи данных используется напряжение переменного тока до 220В и постоянного тока до 60В. При несоблюдении правил по технике безопасности эти величины напряжения представляют серьезную опасность, так как электрический ток, проходя через тело человека, производит термическое и биологическое воздействие, тем самым нарушая нормальную жизнедеятельность.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Можно выделить 4 степени тяжести поражения электрическим током:

- 1-я степень – характеризуется судорожным сокращением скелетных

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

мышц без потери сознания;

- 2-я степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, дыхание и сердечная деятельность при этом не нарушены;

- 3-я степень – потеря сознания и нарушение дыхания и сердечной деятельности;

- 4-я степень – развитие клинической смерти.

Оказание первой помощи при электротравме:

- устранить воздействие тока на пострадавшего (выключить электроустановку, откинуть электропровод и т.п.);

- если пострадавший не дышит, сделать искусственное дыхание;

- при отсутствии сердцебиения сделать непрямой массаж сердца;

- дать пострадавшему подышать нашатырным спиртом (0,5–1 секунду);

- наложить стерильную повязку на место электротравмы;

- вызвать скорую медицинскую помощь;

- проводить мероприятия по неотложной помощи до прибытия реанимационной бригады;

Повышенная температура, влажность, наличие химически активной среды значительно увеличивает опасность поражения человека электрическим током. Это связано с тем, что при нагреве и выделении пота снижается сопротивление человека, а при увлажнении – сопротивление одежды, обуви и полов. Кроме того, химически активная среда оказывает разрушающее действие на изоляцию токоведущих частей электрооборудования.

В соответствии с «Правилами техники безопасности при работах на телефонных и телеграфных станциях», персоналом должны соблюдаться следующие правила:

- перед стойкой питания должны быть положены диэлектрические коврики;

- наличие напряжения на токоведущих частях оборудования и приборов

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

необходимо проверять индикатором напряжения;

- в цехах систем передач данных перед стабилизаторами напряжения, оконечными и промежуточными стойками должны лежать диэлектрические коврики;

- при частичном выключении напряжения могут производиться работы на блоках (платах) питания;

- работы по текущему ремонту аппаратуры уплотнения, на стабилизаторах напряжения и вводных гребенках необходимо производить при полном выключении напряжения;

- токопроводящий пол (металлический, бетонный, кирпичный), на котором стоит человек, резко уменьшает сопротивление его цепи и повышает опасность прикосновения к токопроводящим частям, находящимся под напряжением. В связи с этим, в помещении станционного цеха предусмотрено закрытие бетонного пола деревянными фальшполами.

Помещение, в котором расположено оборудование сети, является помещением с повышенной опасностью, так как в нем есть возможность одновременного прикосновения человека к заземленным корпусам оборудования и к находящимся под напряжением частям электрооборудования. Объем и характер необходимых защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность, определяется в зависимости от сложности работ, к ремонту и обслуживанию электроустановок привлекается персонал III–V групп электробезопасности.

Основные технические мероприятия по обеспечению безопасности работ включают в себя:

- отключение оборудования на участке, выделенном для производства работ, и принятие мер, предупреждающих ошибочное включение или самостоятельное включение;

- установка временных ограждений и вывешивания предупредительных плакатов, проверка отсутствия напряжения на части электроустановки, на

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

которой производятся работы;

- присоединение к заземляющей шине провода переносного заземления, наложение заземления на отключенные токоведущие части и вывешивание плакатов «Работать здесь».

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работы, включают в себя:

- оформление работы нарядом или распоряжением;
- допуск к работе;
- окончание работ без перерывов и переходов на другое рабочее место;
- надзор во время работы. [15]

8.4 Требование безопасности при эксплуатации лазерных приборов

Под лазерными изделиями в последующем понимаем электронно-оптические и оптические элементы, допускающие возможность выхода лазерного излучения наружу.

Используемые лазерные изделия можно отнести к классу 1. Наиболее безопасными как по своей природе (ПДУ облучения никак не может быть превышен), так и по конструктивному исполнению являются лазерные приборы класса 1. В связи с таким двойным подходом допустимые пределы излучения (ДПИ) лазерных приборов класса 1 в спектральной области от 0.4 до 1.4 мкм, для которой возможно, как точечное, так и протяженное повреждение сетчатки, характеризуются значениями в двух аспектах — энергетическом (в ваттах или джоулях) и яркостном.

Непосредственное воздействие на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны, однако, в связи со спектральными особенностями поражаемых органов и существенно различными предельно допустимыми дозами облучения обычно различают воздействие на глаза и кожные покровы человека.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Воздействие лазерного излучения на органы зрения

Основной элемент зрительного аппарата человека — сетчатка глаза — может быть поражена лишь излучением видимого (от 0.4 мкм) и ближнего ИК-диапазонов (до 1.4 мкм), что объясняется спектральными характеристиками человеческого глаза. При этом хрусталик и глазное яблоко, действуя как дополнительная фокусирующая оптика, существенно повышают концентрацию энергии на сетчатке, что, в свою очередь, на несколько порядков понижает максимально допустимый уровень (МДУ) облученности зрачка.

Невидимое УФ ($0.2 < \lambda < 0.4$ мкм) или инфракрасное (ИК) излучение ($1.4 < \lambda < 1000$ мкм) практически не доходит до сетчатки и потому может повреждать лишь наружные части глаз человека: УФ излучение вызывает фотокератит, средневолновое ИК излучение ($1.4 < \lambda < 3$ мкм) — отек, катаракту и ожог роговой оболочки глаза; дальнейшее ИК излучение ($3 \text{ мкм} < \lambda < 1 \text{ мм}$) — ожог роговицы.

Требования к размещению лазерных изделий

Размещение лазерных изделий в каждом конкретном случае производится с учётом класса опасности изделий, условий и режима труда персонала, особенностей технологического процесса, подводка коммуникаций.

Траектория прохождения лазерного пучка должна быть заключена в оболочку из несгораемого материала или иметь ограждение, снижающие уровень лазерного излучения до ДПИ и исключающие попадание лазерного пучка на зеркальную поверхность. Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высота траектории 2,2 м.

Рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы исключать возможность воздействия на персонал лазерного излучения или чтобы его величина не превышала ДПИ для первого класса.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации и другое.) должна обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизические возможности человека.

Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранения заготовок, готовых изделий.

К ремонту, наладке и испытаниям лазерных изделий допускаются лица, имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

К работе с лазерными изделиями допускаются лица, достигшие восемнадцати лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие курс специального обучения работе с конкретными лазерными изделиями и аттестацию на группу по охране труда при работе на электроустановках с соответствующим напряжением.

При эксплуатации изделий выше класса 2 должно назначаться лицо, ответственное за охрану труда при их эксплуатации.

Лазерные изделия, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться регулярной профилактической проверке. При проведении профилактической проверки следует обращать особое внимание на безотказность работы всех защитных устройств, надёжность заземления. [15]

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения ВКР был разработан проект по реконструкции сети связи пгт. Яковлево Белгородской области, представляющий из себя строительство новой мультисервисной сети связи, с использованием имеющихся инфраструктурных строений, на основе технологии GPON.

Данная технология в полной мере удовлетворяет поставленные требования, такие как высокая надежность сети, высокие скорости передачи данных, возможность реализации предоставления услуг IP- телефонии и IP- телевидения, гибкость сети и большой потенциал для ее развития.

Цели ВКР достигнуты, в процессе выполнения, которых, были достигнуты следующие результаты:

- в процессе анализа инфраструктура пгт. Яковлево Белгородской области было определено, что существующая сеть не справляется с нынешними запросами абонентов в качестве и объеме телекоммуникационных услуг, на основании чего для организации новой сети выбрана технология GPON. Так же определена перспективная абонентская группа в 568 человек, проживающих в многоэтажной застройке поселка;

- произведен расчет нагрузки сети, который показал среднюю нагрузку на один оптический порт OLT 261,81 Мбит/с. Так же рассчитан оптический бюджет мощности, показавший, что оптический сигнал пройдя все сварки, коннекторы и сплиттеры сохраняет достаточную мощность для подключения абонентов;

- выбрано оборудование фирмы ZyXEL, по причине оптимального соотношения цены и качества;

- выполнено экономического обоснования проекта, на основе которого можно сказать, что данный проект выгоден в экономическом плане. Так как его окупаемость составляет 3 года и 3 месяца, а также ежегодная прибыль от предоставления услуг связи, данной сеть, равна 1 628 904 рублей.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Основываясь на этих показателях подвидом итог, что проект выполнен верно и пригоден для реализации.

Новая сеть на базе технологии GPON на порядок превосходит существующую сеть, но имеющаяся сеть на базе технологии ADSL является работоспособной. И смысла выводить ее из эксплуатации нет, так как эта сеть имеет охват абонентов в частном секторе, и некоторые абоненты из квартирных домов могут не захотеть пере подключаться к новой сети.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белгородская область пгт. Яковлево [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Е.: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Яковлево> (Дата обращения 1.02.16)
2. Величко, В.В., Субботин, Е.А., Шувалов, В. П., Ярославцев, А. Ф., Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети. Учебное пособие. В 3 томах [Текст]/ В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П Шувалов, А.Ф. Шувалов- М.:Горячая линия-Телеком, 2005.-592 с.
3. Гроднев, И.И., Верник, С.М., Линии связи. [Текст] /И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Радио и связь, 1988. – 542 с.
4. Девицына, С.Н. ЭУМКД дисциплины «Проектирование и эксплуатация сетей связи» [Электронный ресурс]// НИУ «БелГУ», Белгород 2015г/ Режим доступа:<http://pegas.bsu.edu.ru/course/view.php?id=7095/> (дата обращения 10.05.2015)
5. Девицына, С.Н. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Цифровые сети связи» для студентов специальности «Сети связи и системы коммутации» [Электронный ресурс]// НИУ «БелГУ», Белгород 2012г/ Режимдоступа: <http://pegas.bsu.edu.ru/course/view.php?id=7095/> (дата обращения 10.05.2015)
6. История сетевых телекоммуникаций [Электронный ресурс]// Официальный сайт NetHistory Е.: URL: <https://nethistory.wordpress.com/> / (Дата обращения 2.05.15)
7. Леонов, А., Конышев, В., Технология PON – эффективная сеть доступа. [Текст] / Леонов, А., Конышев, В. – М.: CONNEKT, 2007-110-114 с.: ил.
8. Мультисервисные АТМ-сети [Текст]/ Т.Б. Денисова, Б.Я. Лихтциндер, А.Н. Назаров и др.; Под ред. Б.Я. Лихтциндера. - М.: Эко-Трендз, 2005 - 320 с.: ил.

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

9. Мардер, Н.С., Современные телекоммуникации. [Текст] / Н.С., Мардер. – М.: ИРИАС., 2006 – 384 с.: ил.
10. Оборудование для сетей связи [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании KDDS E.: URL: <http://www.kdds.ru/antivandalnye-shkafy/> (Дата обращения 12.05.15)
11. Олифер, В. Г., Олифер, Н. А., Основы Сетей передачи данных [Текст]/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий. – 2003- 248 с.: ил.
12. Пинчук, А.В. Соколов, Н.А. Triple-Play Services: аспекты реализации / А.В. Пинчук, Н.А. Соколов // Вестник связи. – 2005. - №6.
13. Правила по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания. ПОТ РО – 45 – 005 – 95, Москва, 1996.
14. Руководящий технический материал «Принципы обеспечения безопасности на объектах связи». – ФГУП ЦНИИС, 2010. - 145 с.
15. Строительство и техническая эксплуатация ВОЛС [Текст] / Под ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1996. – 176 с.: ил.
16. Семенов, А.Б., Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи [Текст] / А.Б. Семенов. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 302 с.: ил.
17. Соколов, Н.А., Сети абонентского доступа. Принципы построения.[Текст] /Н.А., Соколов. - М.: ЗАО “ИГ” Энтер-профи, 1999.
18. Сети доступа [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Inlinetelecom E.: URL: <http://www.inlinetelecom.ru/solutions/> (Дата обращения 7.05.15)
19. Филимонов, Ю.А. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / Ю.А. Филимонов. -СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 592с.
20. Характеристики оборудования фирмы ZyXEL [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании ZyXEL E.: URL: <https://zyxel.ru/>. (Дата обращения 10.05.16)
21. Цены на прокладку ВОЛС [Электронный ресурс] //

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Официальный сайт компании ЭлектроСвязь Е.: URL: <http://video-fon.com/uslugi/stroitelstvo-vols/prokladka-vols-v-kabelnoj-kanalizacii> (Дата обращения 12.05.16)

22. Цены на оборудование для строительства ВОЛС [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании Settr k Е.: URL: <http://settr.ru>. (Дата обращения 10.05.16)

23. Цены на оптический кабель различных категорий [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании Связь Торг Е.: URL: <http://svztorг.ru> (Дата обращения 10.05.16)

24. PON – пассивные оптические сети [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Связь Телеком Е.: URL: <http://www.skomplekt.com/technology/pon/> (Дата обращения 2.04.16)

25. GPON [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG Е.: <http://nag.ru/articles/reviews/23115/gpon-vs-ethernet.html> (Дата обращения 10.04.16)

					11070006.11.03.02.104.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79