

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Телекоммуникационных систем

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав.кафедрой Байменов А.С., проф. каф. ТКС  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

«    » 201 г.  
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Формирование сети оператора для предоставления услуг голосовой связи и передачи данных в сетях городов Казахстана.

Специальность \_\_\_\_\_

Выполнила Ковалева Регина Дмитриевна Группа МТС-12-4  
(Ф.И.О.)

Научный руководитель Коньшин С.В., профессор каф. ТКС  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«    » 201 г.  
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

Бокаева Г.И., доцент каф. ЭОУ  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«24» мая 2016 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

ст. пр-кт. Бегимбетов А.С.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«30» мая 2016 г.  
(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н., ст. преподаватель Бардина Л.И.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«24» 05 2016 г.  
(подпись)

Нормоконтролер:

Францова Т.Д. ст. пр-кт.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«1» июня 2016 г.  
(подпись)

Рецензент:

Хорош А.А.  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)  
«1» июня 2016 г.  
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники и связи

Кафедра Телекоммуникационных систем

Специальность 5В041900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломного проекта

Студенту Ковалева Регина Дмитриевна  
(Ф.И.О.)

Тема проекта Формирование сети оператора для предоставления услуг голосовой связи и передачи данных в гетерех городах Казахстана

Утверждена приказом по университету № 148 от «19» 10 2015 г.

Срок сдачи законченного проекта «25» 05 2016 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта):

Произвести проектирование сети оператора в гетерех городах Казахстана (г. Алматы, г. Астана, г. Караганда, г. Костанай) по технологии GPRN. Произвести подбор оборудования.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта:

Изучение технологии PON; построение сети и выбор топологии; подбор оборудования; обоснование выбора оборудования; проведение расчетов оптического бюджета мощности; расчет затухания сигнала в линии; расчет количества абонентских портов; расчет пропускной способности канала связи; результаты практических исследований; изучение безопасности жизнедеятельности; обоснование с экологической стороны.



Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Приложение А – Схема существующей кабельной канализации.

Приложение Б – Общая схема сплитирования

Приложение В – Схема сплитирования





Приложение Г – Результаты практических исследований.

Основная рекомендуемая литература:

Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р., все о пассивных оптических сетях.

Журнал «Сети и системы связи» №9, сентябрь 2008.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Безопасность жизнедеят.	Богданова И.И.	01.04 - 30.05.16г.	
Экономическая часть	Боканова Г.И.	01.04 - 25.05.16	
Вн. экон. техника	Борисов В.И.	25.05.16	
Теоретический	Демидов Т.Д.	1.6.2016	

### График подготовки дипломного проекта

[illegible]

Дата выдачи задания « 15 » сентября 201 5 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) ( Байкенов А.С. ) (Ф.И.О.)

Научный руководитель  
Проекта

  
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к  
исполнению студент \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

## **Андатпа**

Берілген дипломдық жобада GPON технологиясы негізінде қазіргі заманғы тармақталған, жылдамдығы жоғары оптикалық байланыс желісін жобалау қарастырылады. Осы желіні жобалау арқылы Қарағанды, Алматы, Астана және Қостанай қалаларында корпоративтік тұтынушыларға телефон және кеңжолақты қатынас қызметі ұсынылады. Егжей-тегжейлі есептеу үшін жобаланатын бөліп тарату желісі ең үлкен Қарағанды қаласы тандап алынды.

Алматы, Астана және Қостанай қалаларында желі топологиясы мен жалпы тұрғызу қағидасы ұқсас.

Тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде қызметкерлердің еңбек шарттары, серверлік бөлмедегі микроклимат шарттары көрсетілген. Сонымен қатар кондициялау жүйесінің есептеулері келтірілген.

Экономика бөлімінде жалпы жоба бойынша келтірілген шығын мен оның өтелу мерзімі анықталған.

## **Аннотация**

В данном дипломном проекте предусматривается проектирование современной разветвленной высокоскоростной оптической линии связи на основе технологии GPON для предоставления услуг телефонии и широкополосного доступа корпоративным клиентам в городах Караганда, Алматы, Астана и Костанай. Для подробного расчета выбран г. Караганда, с самой большой проектируемой распределительной сетью. В городах Алматы, г. Астана и г. Костанай топология сети и общие принципы построения аналогичны.

В разделе безопасности жизнедеятельности определены условия труда сотрудников, микроклимат в серверном помещении, а также произведен расчет системы кондиционирования.

В разделе экономики определена общая стоимость затрат по проекту и срок его окупаемости.

## **Abstract**

This diploma project provides for the design of the modern high-speed branched optical communication line based on the GPON technology to deliver telephony services and broadband access to corporate clients in Karaganda, Almaty, Astana and Kostanay. For a detailed calculation was selected the Karaganda, the city with the largest projected distribution network. In the cities of Almaty, Astana and Kostanay network topology and the general principles are the same.

In the health and safety section are defined the working conditions of employees, the microclimate in server premises, also were made the calculation of air-conditioning system.

In the economy section were determined the overall cost and payback period of the project.

## Содержание

Введение	8
1 Общие сведения и описание технологии PON	10
1.1 Введение в технологию PON	10
1.1.1 Обзор технологии PON	10
1.1.2 Существующие конфигурации FTTx	11
1.1.3 Разновидности стандартов технологии PON (APON, BPON, EPON, GPON)	13
1.2 Среда передачи	15
1.2.1 Топологии сети доступа	15
1.2.2 Волоконно-оптические линии связи	20
1.2.3 Резервирование и надежность PON	27
1.3 Описание технологии GPON	29
1.3.1 Архитектура сети GPON	29
1.3.2 Сравнение технологий GPON и GEPON	31
2 Построение сети оператора	34
2.1 Основные цели и задачи проекта	34
2.2 Описание проекта	34
2.3 Подбор оборудования	35
2.3.1 Мультисервисный узел доступа и агрегации MA4000-PX	36
2.3.2 Коммутатор MES 2124M	37
2.3.3 Абонентский VoIP-шлюз TAU-16/24.IP	39
3 Техническое решение проекта	41
3.1 Схема построения сети и выбор топологии	41
3.2 Расчёт оптического бюджета мощности	42
3.2.1 Понятие «оптического бюджета мощности»	42
3.2.2 Расчет затухания сигнала в линии	43
3.3 Расчёт количества абонентских портов	47
3.4 Расчёт пропускной способности канала	50
3.5 Результаты практических исследований	53
4 Безопасность жизнедеятельности	53
4.1 Анализ условий труда при эксплуатации технологического оборудования	53
4.2 Анализ пожарной безопасности	54
4.3 Микроклимат и воздушная среда рабочей зоны	56
4.4 Система кондиционирования серверного помещения	58
4.5 Выводы по разделу «Безопасность жизнедеятельности»	60
5 Экономическая часть	61
5.1 Резюме	61
5.2 Характеристики предприятия и стратегия развития	61
5.3 Описание предоставляемых услуг	61
5.4 Анализ рынка сбыта. Стратегия маркетинга	62
5.5 Производственный план	65

5.6 Организационный и инвестиционный планы	67
5.7 Прогнозирование финансово-хозяйственной деятельности	69
5.7.1 Показатели эффективности проекта	71
5.7.2 Срок окупаемости проекта	72
5.8 Выводы по разделу «Экономика»	73
Заключение	74
Перечень сокращений	75
Список используемой литературы	76
Приложение А. Схема существующей кабельной канализации	78
Приложение Б Общая схема сплиттирования	79
Приложение В Схема сплиттирования	80
Приложение Г Результаты практических исследований	81
Приложение Д Электронная версия ДП (CD-R)	
Приложение Е Раздаточные материалы (формат А4 – 10 листов)	

## Введение

Формирование инфраструктуры на современном шаге становления общества в условиях научно-технического прогресса, ведет к постоянному возрастанию объемов информации, что приводит к развитию и совершенствованию разных видов услуг и сервисов. А значит, требующих наиболее широкой полосы пропускания и быстрой производительности. Увеличиваются требования к скорости и качеству передачи данных, увеличиваются расстояния между абонентами.

В эру развития научно-технической базы связь стала фактически основным звеном производственного процесса. Она используется для управления и мониторинга технологическими процессами, электронно-вычислительными машинами, роботами, промышленными предприятиями и т. д. Главным и одним из более трудных и дорогостоящих элементов связи являются линии связи (ЛС), по которым передаются информационные потоки данных в виде электромагнитных сигналов от одного абонента к другому (от станции до станции, от передатчика до приемника, от регенератора к регенератору и т. д.) и обратно.

Проводная связь – это один из основных видов электрической связи – существующей уже более ста пятидесяти лет. На сегодняшний день без нее сложно представить себе передовую жизнь. На всех континентах мира можно увидеть ровный ряд столбов с подвешенными на них кабелями. Это воздушные линии связи. Многих линий связи даже не видно. Они располагаются под землей в канализационных шахтах, под водой, проложены по дну рек, морей и океанов. Это подземные или проводные кабели, обеспечивающие связь между абонентами, располагающимися в разных частях города, страны и даже на разных континентах. Под мостовыми и тротуарами городов в специальных трубопроводах проложены кабели городских телефонных сетей и сетей передачи данных [1].

Находясь в начальной стадии создания сети на базе относительно новой оптической технологии, перспективной, как минимум, на ближайшее десятилетие, важно изначально провести стратегическое планирование и выработать оптимальные решения, которые обеспечат надежную, качественную и долгосрочную работу сети, приносящую прибыль.

Планирование и решения должны касаться всех уровней и сторон создания сети: от разработки финансово-экономических показателей и изучения технического совершенства оборудования до применения системного проектирования, и организации технической эксплуатации.

В настоящее время существует возможность передачи по линиям связи сигналов от постоянного тока до оптического диапазона частот, а рабочий диапазон длин волн простирается от 0,85 мкм до сотен километров.

Сегодня выделяют три основных типа линий связи: кабельные линии (КЛ), воздушные линии (ВЛ), волоконно-оптические линии связи (ВОЛС).



Волоконно-оптические линии связи представляют собой системы для передачи световых сигналов в микроволновом диапазоне волн от 0,8 до 1,6 мкм по оптическим кабелям. Данный вид линий связи выделяется как наиболее перспективный. Основными достоинствами ВОЛС являются низкие потери при передаче, большая пропускная способность, малые масса и габаритные размеры кабеля, экономия цветных металлов, задействованных в производстве других видов соединительных кабелей, высокая степень защищенности от внешних и взаимных помех и многое другое.

На сегодняшний день, применение оптического волокна стало возможным на сетях абонентского доступа, благодаря развитию технологий пассивных оптических сетей (PON – Passive Optical Network). Применение данной технологии для построения сетей абонентского доступа в городах Казахстана – это оптимальное решение, учитывая плотность городской застройки, состояние инфраструктуры, технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений, а также разновидности всех типов строений [2].

## **1 Общие сведения и описание технологии PON.**

### **1.1 Введение в технологию PON**

#### **1.1.1 Обзор технологии PON**

Глобальная компьютерная сеть начала свое развитие на базе уже проложенных телефонных линий с использованием технологий xDSL. На сегодняшний день она является главным лидером по количеству соединений во всех точках мира. Однако «медные» линии связи, существующие уже десятки лет, устаревают с каждым днем как физически, так и морально и постепенно на их замену приходят оптические сети передачи данных FTTx, использование которых дает возможность в два раза повысить скорость передачи информации в Интернете. А в ближайшее время – еще больше. За последние годы, процесс замены медных кабельных систем на оптические увеличивается и, по расчетам специалистов, еще через несколько лет пропорция «оптика/медь» в телекоммуникациях целиком перевесит в сторону «оптики».

Архитектура FTTx (Fiber to the x) представляет собой часть оптоволоконной линии связи, подключаемый с одной стороны к приемопередающей станции OLT (Optical Line Terminal - оптический линейный терминал), которая устанавливается у оператора, а с другой стороны подключается к приемопередающим абонентским устройствам – ONT (Optical Network Terminal) или ONU (Optical Network Unit).

ONT – оптический модем, который является по своей сути терминалом индивидуального пользования, который устанавливается в квартире. ONU – устройство с несколькими портами для подключения компьютеров, телевизоров, телефонов, находящихся в соседних квартирах, которое устанавливается в оптическом распределительном шкафу многоквартирного дома.

Устройства ONT и ONU преобразуют оптические сигналы, поступившие от станционного оборудования, в электрические (направленные в телефоны, компьютеры и телевизоры), а также выполняют обратное преобразование электрических сигналов, поступивших от абонентских устройств (терминалов) в оптические, которые далее отправляются в OLT.

При включении оптических сплиттеров в отрезок оптической линии, которые являются пассивными разделителями сигнала, поступающего от OLT и к их выходам подключить абонентское устройство (ONT), то такая трансформация сети от одноволоконной структуры FTTx к древовидной приведет к возникновению пассивной оптической сети – PON (Passive Optical Network) [3].

В 1995 году группа таких компании, как British Telecom, France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefonica и Telecom Italia в поиске решений для реализации идеи множественного доступа по одному волокну в технологии PON, создали консорциум. Данная организация была названа FSAN (Full service access network) и имеет поддержку со стороны ITU-T

(International Telecommunication Union - Telecommunication sector) сектора стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи. В конце 1990-ых годов в ее состав вошло большое количество новых членов – операторов связи и производителей оборудования. Участниками FSAN, для возможности осуществления общих задач между производителями оборудования и операторами связи, а также создания здоровой конкуренции на рынке телекоммуникаций, была поставлена цель – разработка общих рекомендаций и требований к оборудованию PON. По данным на ноябрь 2011 года, участниками FSAN уже являлись 26 операторов и 50 производителей оборудования. Сегодня, FSAN работает в тесном сотрудничестве с такими организациями по стандартизации, как ITU-T, ETSI и ATM Forum [4].

### **1.1.2 Существующие конфигурации FTTx**

На сегодняшний день главной задачей, возникающей перед операторами связи стоит проблема «последней мили» для предоставления все большей полосы пропускания различным абонентам (индивидуальным и корпоративным) с минимальными затратами на современных телекоммуникационных сетях абонентского доступа.

Решением данной проблемы выступает технология PON (Passive optical network) – технология пассивных оптических сетей.

Главным отличием данной технологии является применение топологии дерева и создание полностью пассивной оптической сети между терминалами оптической линии OLT (Optical line terminal), расположенных на АТС и ряда оптических сетевых терминалов или элементов сети ONT (Optical network terminal) в помещениях клиентов. Оба из этих устройств являются потребителями электричества и требуют питания. А вместо использования в связующем оборудовании наружной установки с устройствами электроники, требующей питания, используемые сплиттеры (пассивные разветвители) делят полосу пропускания, что позволяет обеспечивать связью большее количество абонентов.

В зависимости от условий использования имеющийся инфраструктуры, существует несколько конфигураций построения сети на базе технологии PON:

- FTTN (Fiber to the Node) - волокно до сетевого узла. Подведенное оптическое волокно заводится в уличный распределительный шкаф, расположенный на расстоянии 1-2 километров от крайнего потребителя и далее подключение конечных абонентов осуществляется по медным линиям связи или гибридным волоконно-коаксиальным линиям связи. Чаще всего используется для предоставления услуги Triple Play с доставкой расширенного пакета данных.

- FTTC/FTTK (Fiber to the Curb / Fiber to the kerb) — волокно до жилого квартала или группы домов. Данный вариант подключения очень схож с вариантом FTTN, но главным отличием является размещение уличного распределительного шкафа в пределах 300 метров от конечного помещения абоне-

нента. Для использования в пределах диапазона частот с задействованной высокой пропускной способностью медных технологий, таких как проводные сети Ethernet, линии сети электропередач и по беспроводной технологии Wi-Fi.

- FTTdp (Fiber to the Distribution Point) — волокно, достигающее до определенной точки распределения. В данном случае соединение оптического волокна, достигающего до оптической распределительной коробки в нескольких метрах от конечного абонента позволяет предоставлять скорости, близкие к гигабитным.

- FTTP (Fiber to the premises) — волокно достигающее до помещения.

- FTTB (Fiber to the Building) — волокно, достигающее до границы здания, заходящее в подвальное, чердачное здание или технический этаж, далее распределяющееся до конечного жилого помещения для возможности подключения с помощью альтернативных методов как в конфигурациях FTTN или FTTP.

- FTTH (Fiber to the Home) — волокно доводится до границы жилой площади дома или квартиры.

- FTTD / FTTS (Fiber to the desktop, Fiber to the Subscriber) — оптическое соединение, приходящее в серверную комнату или в рабочий терминал близ рабочего места абонента [5].

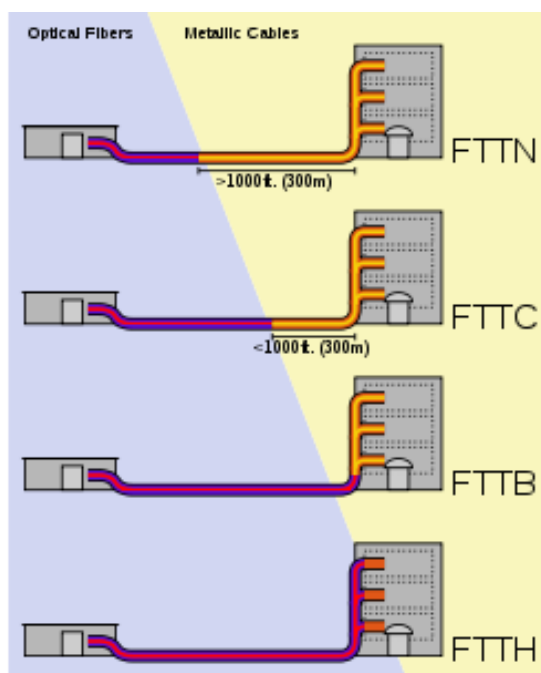


Рисунок 1.1 - Схема, иллюстрирующая различия архитектур FTTx

Таким образом, данная технология позволяет исключить активные компоненты из сети между стационарным и абонентским терминалами. За счет этого снижаются расходы на финансирование и эксплуатацию, так как для пассивных элементов оптической сети не требуется подача электропитания.

К тому же, техническое обслуживание и развертывание подобных элементов, вне станции, обходится дешевле. За счет совместного использования части распределительной сети несколькими абонентами, требуется меньше пространства для установки активных интерфейсов и оптического кроссового оборудования в полках, установленных на станции.

### **1.1.3 Разновидности стандартов технологии PON (APON, BPON, EPON, GPON)**

В середине 90-х годов была распространена точка зрения, что только технология ATM способна обеспечивать удовлетворительное качество услуг связи Quality of Service (QoS) среди конечных абонентов. Поэтому организацией FSAN, для обеспечения транспорта мультисервисных услуг через сеть PON, была взята за основу технология ATM. В октябре 1998 года, по итогам работы, был создан первый эталон ITU-T G.983.1, основанный на транспорте ячеек ATM в дереве PON и получивший название APON (ATM PON). В последующие несколько лет было внесено большое количество новых поправок и рекомендаций в серии G.983.x (x=1–7), скорость передачи данных была увеличена до 623 Мбит/с. После появления рекомендации G.983.3 в марте 2001 года, были добавлены и внесены некоторые существенные изменения в стандарт PON:

- стало возможным передавать различные приложения (видео, голос и данные) – это позволило на практике производителям устанавливать и подключать подходящие интерфейсы к станционному оборудованию для осуществления возможности подключения к магистральной сети, а также подключения абонентских терминалов (ONT) к станции;

- расширение спектрального диапазона – позволило открыть возможность предоставления дополнительных услуг, задействуя другие длины волн в условиях одного и того же дерева PON, к примеру, предоставление широко-вещательного телевидения на третьей длине волны;

- расширение возможностей данного стандарта получило название BPON (Broadband PON) [6].

На сегодня APON допускает динамическое распределение полосы DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) между разными приложениями и различными ONT и рассчитан на предоставление широкополосных и узкополосных услуг.

В ноябре 2000 года на базе пожеланий многих профессиональных экспертов, для построения сети PON на наиболее приближенном к общеустановленному и используемому стандарту Ethernet, комитетом LMSC (LAN/MAN Standards Committee) IEEE была создана специальная комиссия, которая получила название “Ethernet на первой миле” (EFM, Ethernet in the First Mile) 802.3ah. В декабре 2001 года был сформирован союз EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance), который совместно с EFM работали над созданием позже представленного стандарта. Целью данной работы было разрешение конфликтов между операторами и производителями оборудования, а также создание



полностью совместимого стандарта IEEE 802.3ah с разрабатываемым стандартом магистрального пакетного кольца IEEE 802.17.

В июле 2004 года, комиссия стандартизировала три вида решений под названием EFMF (EFM Fiber):

- решение «точка-точка» с использованием витых медных пар, которое получило название EFMC (EFM Copper);
- решение «точка-точка» на основе оптического кабеля, которые включали в себя несколько вариантов подключений:
  - «Duplex по одному волокну, на разных длинах волн»;
  - «Duplex по паре волокон»;
  - «Duplex по одному волокну, на одинаковых длинах волн»;
  - А также новые варианты оптических приемопередатчиков.
- Решение «точка-многоточка» через подключение по оптическому волокну, которое выступило в качестве альтернативы технологии APON, которое получило название EPON.

В октябре 2003 года после принятия стандарта GPON ITU-T Rec. G.984.3, которое по своей сути считалось дополнением технологии APON, были увеличены такие показатели, как полоса пропускания сети PON и эффективность передачи различных мультисервисных приложений.

Технология GPON представляет собой структуру, с возможностью масштабирования кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/с, имеет поддержку симметричных и ассиметричных скоростей для восходящего и нисходящего потоков в дереве PON, делая упор на стандарт общего протокола кадров ITU-T G.704.1 GFP (Generic Framing Protocol), который обеспечивает инкапсуляцию данных в синхронный транспортный протокол любого типа сервиса (в том числе TDM).

Научные изучения и полученные фактические результаты подтверждают эффективность применения технологии GPON, так как даже в случае самой неблагоприятной ситуации распределения трафика и колебаний потоков, использование полосы пропускания составляет 93,5%, что является показателем больше, нежели у стандарта APON, который составляет 71% [7].

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ технологий APON, EPON и GPON

Параметры	APON (BPON)	EPON	GPON
Дата принятия стандарта	10.1998	07.2004	10.2003
Институты стандартизации/альянсы	ITU-T SG15/FSAN	IEEE/EFMA	ITU-T SG15/FSAN

*Продолжение таблицы 1.1*

Параметры	APON (BPON)	EPON	GPON
Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Скорость передачи данных, (прямой/обратный поток, Мбит/с)	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155, 622, 1244 2488/622, 1244, 2488
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Приложения	любые	IP, данные	любые
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Коррекция ошибок FEC	предусмотрена	нет	необходима
Задействованные длины волн для при работе прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310	1550/1310 (1480/1310)
IP-фрагментация	да	нет	да
Вид шифрования данных	шифрование открытыми ключами	нет	шифрование открытыми ключами
Резервирование	да	нет	да
Оценка поддержки голосовых приложений и QoS	высокая	низкая	высокая

## **1.2 Среда передачи**

### **1.2.1 Топологии сети доступа**

За счет постоянных изменений и роста скорости передачи данных оптическое волокно на нынешний день становится лучшей средой не только для построения магистральных сетей, однако и для небольших сетей доступа. Один сегмент PON может охватывать до 32 абонентских узлов в радиусе до 20 км. Каждый из сегментов рассчитан на обслуживание сотни абонентов в обыкновенном жилом доме. Если технология xDSL способна гарантировать скорости до 1 Мбит/с, то благодаря технологии пассивных оптических сетей можно достигнуть скорости передачи до десятков мегабит в секунду.

Высокоскоростное развитие сети интернет, влечет за собой столько же быстрое появление новейших услуг связи, что способствует возрастанию объемов передаваемых по сети потоков данных и заставляет операторов искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. При выборе решения сегодня им необходимо учитывать разнообразие потребностей абонентов, потенциал дальнейшего развития сети и ее экономичность.

В настоящее время строительство сетей доступа происходит по четырем основным направлениям:

- сети на основе существующих медных телефонных пар, по технологии xDSL;
- гибридные волоконно-коаксиальные сети;
- беспроводные сети;
- волоконно-оптические сети.

Беря во внимание тот факт, что построение сети на основе технологии xDSL — это самый простой и недорогой способ увеличения пропускной способности, который позволяет задействовать существующую кабельную систему на основе медных витых пар, не позволяет добиться скоростей, достигающих 1 Мбит/с. Хотя, такой путь для операторов является наиболее экономичным и оправданным, достижение скоростей передачи, составляющих десятки мегабит в секунду на существующих кабельных системах, с учетом достаточно больших расстояний (до нескольких км) и низкого качества медных линий связи, представляется непростым и более дорогим решением.

Другое традиционное решение — гибридные волоконно-коаксиальные сети HFC (hybridfiber-coaxial). Подключение множества кабельных модемов на один коаксиальный сектор приводит к понижению средних издержек на возведение инфраструктуры сети в расчете на одного абонента и делает привлекательным такие решения. В целом же здесь сохраняется конструктивное ограничение по полосе пропускания [8].

Беспроводные сети доступа могут быть эффективны там, где отсутствует возможность прокладки кабельных или проводных линий связи. В последнее время наиболее привлекательной и более массовой является технология WiFi, позволяющая обеспечивать общую полосу пропускания до 10 Мбит/с. А в ближайшее время, ведутся разработки для достижения полосы пропускания до 50 Мбит/с.

Стоит отметить, что для всех перечисленных выше направлений дальнейшее увеличение пропускной способности сети является достаточно затруднительным, в отличие от такой среды передачи, как волокно. Таким образом, единственным путем, позволяющем изначально заложить способность сети работать с новыми приложениями, требующими все большей скорости передачи — это прокладка оптического кабеля (ОК) от центрального офиса до абонента или до корпоративного клиента.

Этот достаточно действенный способ, еще некоторое время назад считавшийся крайне дорогостоящим. Однако на сегодняшний день, благодаря существенному снижению расценок на оптические составляющие, его актуальность возрастает с каждым днем. Сегодня прокладка оптического кабеля для организации сети доступа получило широкое распространение как при обновлении старых, так и при строительстве новых сетей доступа (последних миль). При этом существует достаточно вариантов выбора для построения по волоконно-оптической технологии доступа. Наряду с уже привычными решениями на основе оптических модемов, оптического Ethernet, технологии

Micro SDH возникли новые решения с использованием архитектуры сетей PON.

Существует четыре топологии сетей доступа, получивших наиболее широкое применение при строительстве сетей по технологии PON.

- точка-точка (P2P);
- кольцо;
- дерево с активными узлами;
- дерево с пассивным оптическим элементами (PON-P2MP) [9].

Рассмотрим каждый из предложенных вариантов:

1) Топология ТОЧКА-ТОЧКА (Point-to-Point). Топология с наиболее простой архитектурой, главным недочетом которой считается низкая эффективность кабельных систем. Представленная топология реализуется посредством отведения от центрального узла или офиса отдельной волоконно-оптической линии до каждого конечного здания или конечного корпоративного клиента (рисунок 1.2). Топология точка-точка применима в том случае, если имеется возможность рентабельного использования выделенных кабельных линий, прокладываемых до абонентского узла. Основными преимуществами является то, что данная топология никак не накладывает ограничения на применяемую сетевую технологию, что позволяет осуществлять решения на базе любого сетевого стандарта, так и с помощью оптических модемов. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации при таком виде соединений, осуществляется защищенность абонентских узлов на максимальном уровне. Распространение данная технология получила в основном сегменте крупных корпоративных клиентов за счет привлекательности и высокой стоимости, из-за необходимости прокладки ОК индивидуально до каждого абонента [10].

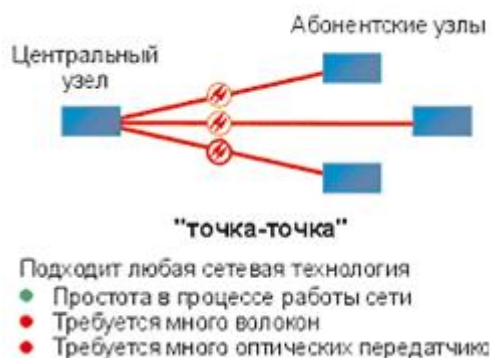


Рисунок 1.2 – Топология «ТОЧКА-ТОЧКА»

2) Топология КОЛЬЦО (рисунок 1.3). Представленная топология хорошо зарекомендовала себя при работе по технологии SDH в городских телекоммуникационных сетях. Но при построении сетей доступа существуют некоторые отличия и свои нюансы. Главным отличием от технологии SDH является тот прецедент, что размещение узлов городской магистрали уже намеча-

ется на шаге проектирования, то в сетях доступа нет возможности заблаговременно просчитать количество и расположение абонентских узлов. При случайном территориальном и временном подключении пользователей кольцевая топология имеет возможность переоплотиться в сильно изломанное кольцо с большим обилием ответвлений, процесс подключения новых абонентов осуществляется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике часто такие петли сочетаются в одном кабеле, что в дальнейшем приводит к образованию колец, схожих больше на ломаную – «сжатых» колец (collapsed rings), что существенно снижает надежность сети. Практически основное превосходство кольцевой топологии сводится к минимуму [11].



Рисунок 1.3 – «Топология КОЛЬЦО»

3) Топология Дерево с активными узлами (рисунок 1.4). Данная топология является наиболее экономичной с точки зрения использования волокна и наиболее применима к стандарту Ethernet со скоростями 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL) от центрального узла к конечным пользователям. Особенностью данной топологии является обязательное наличие активного устройства. В IP-сетях данным устройством может выступать свитч или роутер. Несмотря на относительно небольшую стоимость использования оптических сетей Ethernet, существует единственный недостаток такой сети – необходимость обеспечения дополнительного бесперебойного питания для активных устройств сети [12].



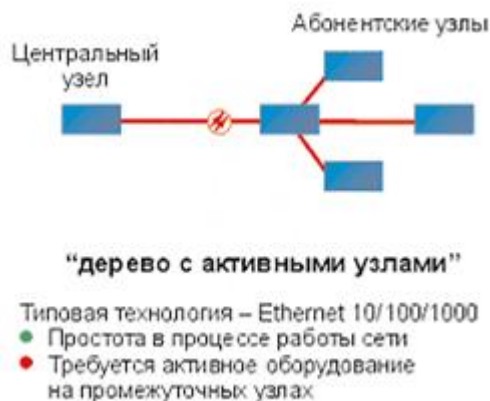


Рисунок 1.4 – Топология «Дерево с активными узлами»

4) Топология Дерево с пассивным оптическим разветвлением PON (рисунок 1.5). Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологию "точка-многоточка" P2MP (point-to-multipoint), которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла (станции) можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, с возможностью подключения нескольких десятков абонентов (до 128). При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания. Технология PON при использовании такой топологии позволяет значительно сократить затраты на приобретение кабельной продукции, за счет сокращения общей протяженности ОВ. Благодаря включению в сеть оптического разветвителя, на участке между ним и центральным узлом задействуется всего лишь одно волокно.

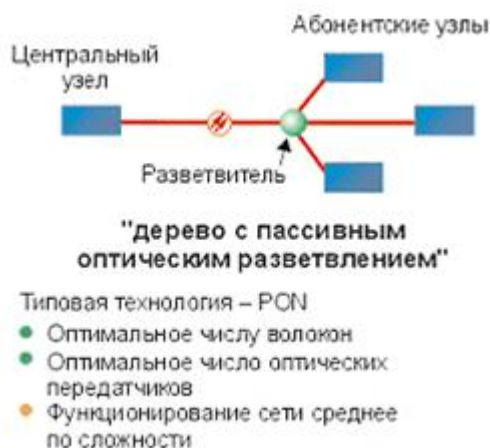


Рисунок 1.5 – Топология «Дерево с пассивным разветвлением»

Помимо этого, еще одним из факторов экономии является уменьшение числа оптических приемников и передатчиков в центральном узле, что по результатам исследований доказывает более существенную экономию. Если рассматривать конфигурацию PON с разветвителем в центральном офисе в непосредственной близости к центральному узлу оказывается экономичнее,

чем сеть точка-точка, хотя сокращение длины оптического волокна практически нет. Еще одним средством, снижающем затраты на эксплуатацию такой сети служит расположение сплиттеров в центральном офисе, нежели их приближенное расположение к абонентским узлам [13].

### **1.2.2 Волоконно-оптические линии передачи**

Волоконно-оптическая линия передачи (ВОЛП) – это система, состоящая из пассивных и активных элементов, предназначенная для передачи информации посредством диэлектрических волноводов (оптических волокон) в инфракрасном диапазоне. Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. Основания так считать вытекают из ряда особенностей, присущих оптическим волноводам. Данный вид линий связи получил большое распространение в различных телекоммуникационных сетях. Начиная от межконтинентальных магистралей и заканчивая домашними и корпоративными компьютерными сетями.

Основными преимуществами оптических линий связи по сравнению с медными и релейными линиями связи являются:

- небольшие габариты и масса, т.к. имеют диаметр примерно 100 мкм., то есть очень компактны и легки, что в ближайшей перспективе может быть использовано в авиации, приборостроении, в кабельной технике;
- маленькое затухание сигнала (0,15 дБ/км в третьем окне прозрачности), по сравнению с иными средами передачи, дает возможность транслировать информацию на существенно большие расстояния без задействования усилителей. Усилители в ВОЛП могут устанавливаться на расстояниях в 40, 80 и 120 километров, в зависимости от класса оконечного оборудования;
- высокая пропускная способность оптического волокна позволяет передавать информацию на огромных скоростях, недостижимой для прочих систем связи. Широкополосность оптических сигналов, обусловленная достаточно высокой частотой несущей ( $f_0=10-14$  Гц). Это значит, что по оптической линии связи можно передавать информацию на скоростях от 10-12 бит/с до нескольких Терабит/с. Возможное увеличение скорости сигнала обуславливается тем, что передача информации осуществляется сразу в двух направлениях, так как световые волны имеют возможность распространяться по одному оптическому волокну не мешая друг другу. Помимо этого, в оптическом волокне также могут передаваться световые сигналы двух разных поляризаций, а это позволяет в два раза увеличить пропускную способность оптического канала связи. На сегодняшний день на практике предел по плотности передаваемой информации по оптическому волокну до сих пор не достигнут;
- достаточно высокая надёжность оптической среды: оптические волокна не подвергаются окислению, не промокают, и даже не подвержены слабому электромагнитному воздействию. Стекланные волокна – это не металл,

при строительстве систем связи автоматически достигается гальваническая развязка частей. Использую особенно крепкий пластик, на кабельных заводах производят самонесущие навесные кабели, без содержания металла что и обуславливает их безопасность в электрическом отношении. Такого рода кабели разрешено устанавливать на мачтах имеющихся линий электропередач, как раздельно, так и интегрированные в фазовый провод, что дает возможность снижать затраты на прокладку кабеля через речки и остальные препятствия;

– информационная безопасность — информация по оптическому волокну передаётся «из точки в точку» и прослушать либо внести изменения в неё можно только путем физического вмешательства в линию передачи. Системы связи на базе оптических волокон устойчивы к электромагнитным помехам, а передаваемая по световодам информация защищена от несанкционированного доступа. Волоконно-оптические линии связи невозможно прослушать неразрушающим методом. Каждое действие, сделанное с волокном может быть зарегистрировано методом мониторинга (постоянного контроля) единства линии. Теоретически есть некоторые методы для того, чтобы обойти охрану путем мониторинга, но издержки для реализации данных методов станут настолько значительными, что превзойдут стоимость перехваченной информации. Есть также метод скрытой трансляции информации по оптическим линиям связи. При скрытой передаче сигнал от источника излучения модулируется не по амплитуде, как в обычных системах, а по фазе. Потом, после внесения дополнительных задержек на определенное время, большее, чем время когерентности источника излучения, сигнал смешивается с самим собой. При этом методе передачи информация никак не имеет возможности быть перехвачена с помощью амплитудного приемника излучения, так как он лишь способен зарегистрировать лишь знак непрерывной интенсивности. Для обнаружения перехватываемого сигнала может быть использован перестраиваемый интерферометр Майкельсона специальной конструкции. При этом, видимость интерференционной картины может быть ослаблена как  $1:2N$ , где  $N$  - число сигналов, передаваемых по оптической системе связи в одно время. Можно разделить информацию для передачи на множество сигналов или транслировать некоторое количество шумовых сигналов, внося этим ухудшения для условий перехвата информации. Необходимо будет осуществить достаточно большой подбор мощности из волокна, чтобы несанкционированно перехватить оптический передаваемый сигнал, а это вмешательство достаточно просто зарегистрировать с помощью систем мониторинга;

– достаточно высокая огражденность от межволоконных воздействий — уровень экранирования излучения составляет не менее 100 дБ. Излучение в одном волокне совсем никак не воздействует на сигнал в соседнем волокне;

– пожаро- и взрывобезопасность при изменении физических и химических характеристик за счет производства из кварца, в базу которого входит двуокись широко распространенного кремния;

– важное свойство оптического волокна - долговечность. Время жизни волокна, то есть сохранение им собственных параметров в конечных пределах, превосходит 25 лет, что позволяет прокладывать оптический кабель один раз и, по мере надобности, увеличивать пропускную способность канала путем подмены приемников и передатчиков на более быстродействующие [14].

Однако, наряду и с преимуществами, у данного вида линий связи также существуют и недостатки:

– относительная хрупкость оптического волокна. При сильном изгибании кабеля вероятна неисправность волокон или их помутнение из-за появления микротрещин, поэтому при прокладке кабеля нужно следовать советам производителя оптического кабеля (в каком месте, в частности, нормируется максимально возможный радиус изгиба);

– как следствие, при аварии (обрыве) оптического кабеля издержки на возобновление его работоспособности больше, чем при работе с медными кабелями;

– непростая технология производства, как самого волокна, также и компонентов ВОЛП;

– сложность преобразования сигнала (в интерфейсном оборудовании);

– условная дороговизна оптического оконечного оснащения, но, дороговизна оборудования обусловлена в абсолютных цифрах. При соотношении цены, а также пропускной способности для ВОЛП лучше, нежели для остальных существующих систем систем;

– помутнение волокна вследствие радиационного облучения (но, есть легированные волокна с высочайшей радиационной стойкостью);

– для монтажа оптических волокон потребуется прецизионное, а поэтому дорогостоящее, технологическое оснащение.

Преимущества от применения волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) настолько значительны, что несмотря на перечисленные недостатки оптического волокна, эти линии связи все шире используются для передачи информации [15].

Активными элементами волоконно-оптических линий связи являются такие устройства, как:

мультиплексор/демультиплексор;

– регенератор - устройство, осуществляющее восстановление формы оптического импульса, который, распространяясь по волокну, претерпевает искажения. Регенераторы могут быть как чисто оптическими, так и электрическими, которые преобразуют оптический сигнал в электрический, восстанавливают его, а затем снова преобразуют в оптический;

– лазер - источник монохромного когерентного оптического излучения. В системах с прямой модуляцией, которые являются наиболее распространёнными, лазер одновременно является и модулятором, непосредственно преобразующим электрический сигнал в оптический;

– усилитель - устройство, усиливающее мощность сигнала. Усилители также могут быть оптическими и электрическими, осуществляющими оптико-электронное и электронно-оптическое преобразование сигнала;

– модулятор - устройство, модулирующее оптическую волну, несущую информацию по закону электрического сигнала. В большинстве систем эту функцию выполняет лазер, однако в системах с непрямой модуляцией для этого используются отдельные устройства;

– фотоприемник - устройство, осуществляющее оптоэлектронное преобразование сигнала;

К основным изделиям и компонентам пассивной оптической сети относятся:

– оптические кабели магистральной, распределительной сетей и абонентской проводки;

– оптические соединители;

– оптические разветвители (сплиттеры);

– оптические муфты для сети PON;

– оптический кросс высокой плотности (ODF OLT);

– оптические распределительные шкафы (ОПШ);

– оптические распределительные коробки (ОПК);

– оптические абонентские розетки (ОРА);

– мультиплексоры WDM и аттенюаторы [16].

Волоконно-оптические кабели

Волокна кабелей для сети PON должны быть одномодовыми, с низким водяным пиком (расширенным диапазоном длин волн). Одномодовое волокно G.652D поддерживает большую пропускную способность для сети доступа в диапазоне 1270...1610 нм с интервалом 20 нм и технологию CWDM (грубое спектральное мультиплексирование), используемую в сети PON. Для кабеля абонентской проводки, соединительных оптических шнуров (пигтейлов, патч-кордов) в составе ODF, ОПШ, ОПК, ОРА, муфт должно использоваться волокно с улучшенными изгибными характеристиками. Конструкция оптического кабеля должна сочетаться с методами прокладки и условиями окружающей среды.

Оптические соединители

Качественный волоконно-оптический разъёмный соединитель должен обеспечивать:

– малые вносимые потери (не более 0,3 дБ);

– высокие возвратные потери (не менее 50 дБ для сети PON);

– высокую стабильность параметров соединения (изменение вносимых потерь менее 0,2 дБ);

– хорошую повторяемость параметров соединения (порядка 500 раз).

Оптические характеристики соединителя определяются полировкой торцов



наконечников: PC, SPC, UPC, APC. Для достижения возвратных потерь не менее 50 дБ, следует использовать соединители с полировкой UPC ( 50 дБ) или APC ( 60 дБ).

При использовании на сети услуги доставки контента кабельного телевидения (КТВ) с аналоговой (цифровой) составляющей на участках с наличием сигнала КТВ должны использоваться только соединители с угловой полировкой APC. На выходах сплиттеров 1\*32, в оконечных ОРК допустимо использование полировки UPC.

Основными типами разъемных соединителей являются: SC, LC, FC. Для реализации на сетях широкополосного абонентского доступа следует использовать разъемные соединители SC. Допускается применение других типов разъемов с учетом конструктивных особенностей применения оборудования или изделий. Разъемные соединители поставляются в составе изделий и устройств оптической сети: ODF, ОРШ, ОРК, ОРА и муфт (в отдельных случаях) с учетом их монтажа и проверки в заводских условиях [17].

#### Оптические разветвители

Оптические разветвители (ОР) в сети PON, устанавливаемые на первом уровне каскадной схемы реализации (в основном, с коэффициентом 1х2, 1х4) в ОРШ конструктивно поставляются в компактном или блочном исполнении, оконцованные или неоконцованные разъемными соединителями, в зависимости от типа ОРШ: в настенном ОРШ малой емкости — компактные на модуле оконцованные, в напольном ОРШ большой емкости — компактные неоконцованные или блочные оконцованные.

Если ОР первого уровня каскадирования устанавливается непосредственно на оптическом кроссе ODF, то обычно такой ОР выполняется в блочном или стоечном исполнении для установки на месте сплайс-кассет или коммутационных панелей.

Оптические разветвители, устанавливаемые на втором (или третьем) абонентских уровнях реализации каскадной схемы (1х8, 1х16, 1х32) поставляются оконцованными оптическими разъемами в блочном исполнении в составе сплиттерных оптических распределительных коробок (ОРК-СП).

#### Оптические муфты

Современные муфты для магистральных и распределительных оптических сетей абонентского доступа должны иметь множество (6, 8, 12) кабельных патрубков для ввода/вывода кабелей различных внешних диаметров, герметичный и прочный пластиковый корпус механической конструкции (плоский или круглый), удобные сплайс-кассеты для сварных соединений с возможностью установки в них сплиттеров и/или коммутационных разъемов (для абонентских муфт).

Муфты, используемые на открытом воздухе (при воздушной прокладке) должны иметь возможность работать в жестких температурных условиях, иметь минимальные габариты (абонентские муфты) и конструкцию в виде боксов (шкафов).

Кабельные вводы в муфты должны быть герметизированы надежно, независимо от перепадов температур, доступа влаги и других внешних воздействий. В качестве основного способа герметизации вводов муфт следует применять термоусадку. Допускается, в зависимости от условий эксплуатации, использование способа герметизации вводов с помощью водоблокирующих гелей или лент.

Муфты для сращивания кабелей с протяженными металлическими элементами в бронепокрове должны иметь внутри себя заземляющие шины с винтовым креплением для соединения силовых металлических элементов кабелей между собой [18].

#### Оптические станционные кроссы

Для выполнения большого объема абонентских соединений сети широкополосного доступа с применением оптической технологии, на больших сетевых узлах устанавливаются, как правило, оптические кроссы нового поколения, созданные специально для таких сетей: кроссы высокой плотности.

Оптические кроссы высокой плотности ODF OLT в сети PON предназначены для коммутации линейных направлений волоконно-оптических кабелей, приходящих от абонентов, на станционную сторону подключения к активному оборудованию OLT.

Конструктивно кроссы высокой плотности различных производителей могут быть выполнены в виде закрытого шкафа, открытой стойки или специфической конструкции. Целесообразно использовать кроссы глубиной не более 300 мм с возможностью их установки «спина к спине».

Кроссы должны иметь модульные блоки для сварных соединений и коммутационные оптические панели, которые могут составлять единую конструкцию со сплайс-пластинами или выполняться отдельно. Конструкции коммутационных панелей и сплайс-пластин для сварок должны обеспечивать присоединения оптических волокон или шнуров с соблюдением допустимого радиуса изгиба, определенного для используемого волокна.

Оптический кросс ODF для использования на сетях PON должен обеспечивать возможность его комплектации оптическими разветвителями с коэффициентами деления от 1x2 до 1x32 в блочном и безкорпусном исполнении.

Обычно, на СУ оптический кросс ODF OLT размещается в непосредственной близости от стоек с оборудованием OLT. Функционально, на кроссе выполняется с помощью оконцованных с двух сторон оптических шнуров (патч-кордов) прямое соединение магистральных линий с оптическими интерфейсами оборудования OLT без разделения на линейную и станционную стороны. Допускается организация отдельных модулей станционной стороны OLT на ODF при технической невозможности/нецелесообразности организации выделенных кабель-каналов между стойками OLT и ODF (в этом случае рекомендуется использование предоконцованных кабелей при условии технической возможности их прокладки) [19].

### Оптические распределительные шкафы

Оптические распределительные шкафы (ОРШ) являются оконечными устройствами магистральной сети PON, в которых производится ввод магистральных ВОК, разделка в кассетах сварных соединений, кроссировка кабелей распределительной сети. При необходимости в ОРШ устанавливаются оптические разветвители (сплиттеры).

Конструкция и исполнение ОРШ может быть двух типов: настенный ОРШ (внутриподъездный) и ОРШ с установкой на фундаменте (уличный или внутриподъездный).

Основные требования к ОРШ заключаются в следующем:

- сплайс-пластины для сварных соединений и коммутационные панели должны иметь возможность модульно размещаться в корпусе с изъятием (отсоединением) для проведения монтажных работ. Целесообразно, чтобы сплайс-пластины были размещены в ОРШ отдельно от коммутационных панелей (модулей);

- разъемные соединители (коннекторы) на коммутационных панелях должны быть смонтированы в предоконцованном виде или с пигтейлами в заводских условиях;

- оптические шнуры (пигтейлы, патчкорды) должны быть выполнены из волокна по Рекомендации G.657A.

- оптические шнуры (пигтейлы, патчкорды) в ОРШ уличного исполнения должны иметь оболочку 900 мкм. При необходимости, должны предусматриваться оптические шнуры с гидрофобным заполнением;

- кабельных выводов должно быть достаточно для ввода/вывода не менее 12 кабелей. В общем случае количество кабельных патрубков (верх/низ): в

- компактных ОРШ (ОРШ-М) — не менее 7/7, в больших ОРШ (ОРШ-С, ОРШ-Б) — не менее 12;

- в ОРШ должны предусматриваться специальные места для размещения оптических разветвителей (ОР) любого уровня и коэффициента ветвления. Количество ОР определяется типом ОРШ и максимальной емкости коммутации. ОР в ОРШ уличного исполнения должны использоваться во влагозащитном корпусе и с более жесткими параметрами температурной стабильности;

- в ОРШ должны предусматриваться дополнительные конструктивные элементы для укладки оптических кабелей и шнуров с допустимым радиусом изгиба;

- в ОРШ должна быть предусмотрена шина заземления;

- в ОРШ должен быть наклеен знак лазерного излучения.

### Оптические распределительные коробки

Оптические распределительные коробки, боксы (ОРК) входят в состав устройств распределительной сети PON и являются коммутационными узлами между абонентскими подключениями и ОРШ магистральной сети. ОРК предусматриваются к установке на стенах в подъездах жилых домов или в

монтажных нишах и разделяются на оконечные, проходные и с возможности внутренней установки оптических разветвителей (сплиттеров).

Мультиплексоры WDM и аттенюаторы

Пассивные мультиплексоры WDM в сети PON применяются как компоненты для подключения внешних сигналов видеоинформации при подмешивании их в общий линейный поток PON. Реализация выделенной сети видео возможна после установки на сетевых узлах вместе с мультиплексорами WDM оборудования V-OLT и организации необходимых контентов.

Оптические аттенюаторы относятся к пассивным компонентам сети и используются для уменьшения уровня оптической мощности в волокне при построении небольших сетей. У приемного детектора кроме минимальной чувствительности существует и верхняя граница динамического диапазона, которая называется порог перегрузки (minimum overload). При более мощном сигнале детектор уже не может принимать сигнал с требуемым для рабочего режима уровнем ошибок, и требуется ослабление оптического сигнала. В сети PON аттенюаторы устанавливаются, если затухание в линии менее 15 дБ. Аттенюаторы выпускаются с оптическими коннекторами или с пигтейлами [20].

### **1.2.3 Резервирование и надежность PON**

Главной причиной беспокойства при работе с данной системой является нарушение целостности волокна, которое прокладывается от стационарного оборудования до ближайшего разветвителя. Этим обуславливается главный недостаток сети PON по сравнению с кольцевой топологией SDH. При однократном повреждении волокна это может привести к отключению и потере связи всех абонентов, подключенных к данному узлу. От этого могут пострадать как нескольких десятков, так и сотни абонентов, которые остаются без возможности подключения к сети. На восстановление и решение данной проблемы может потребоваться достаточно долгое время. Которое может составлять от пары дней до нескольких недель. Так как время ремонтных работ обуславливаются такими факторами как: сложность повреждения, удаленность от населенного пункта и прочих возможностей оператора.

За счет использования различных топологий при построении сетей PON и кольцевой SDH, обеспечение надежности и резервирования, а также бесперебойного функционирования является достаточно непростой задачей. При том, что полоса обратного потока в технологии PON является общей и формируется множеством абонентских узлов, подключенных к основной станции.

Согласно стандарту G.983.1 существует четыре основных топологии для построения резервных систем PON. Ниже будут рассмотрены три варианта построения из них.

Как показано на рисунке 1.6 (а) – частичное резервирование со стороны центрального узла осуществляется по схеме 2хN. Главный узел обеспечивается парой оптических модулей ЛТ-1 и ЛТ-2, к которым подключается двухволоконный кабель. В режиме без повреждений, задействуется один основной канал, который является активным и работает по принципу дуплексной пере-

дачи. Второй канал, являющийся резервным не активен, т.е оптически излучатель на ЛТ-2 выключен. Фотоприемник на ЛТ-2 при этом может прослушивать обратный поток. В случае повреждения основного волокна, которое проложено от головной станции, в автоматическом режиме задействуется резервное волокно и включается система ЛТ-2. Для повышения надежности, в качестве фидерных более целесообразно выбирать волокна, которые входят в состав разных физически разнесенных оптических кабелей.

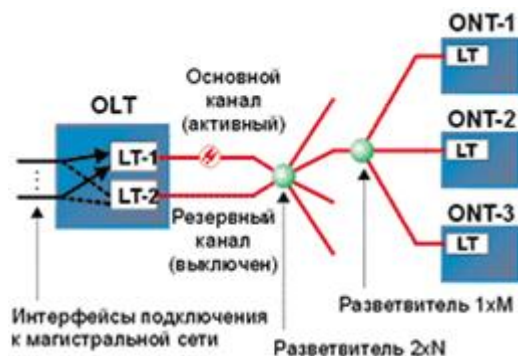


Рисунок 1.6 (а) – Вариант №1 построения резервной системы PON.

Частичное резервирование со стороны абонентского узла позволяет повысить надежность его работы (рисунок 1.6(б)). Для этого варианта необходима установка двух оптических модулей ЛТ-1 и ЛТ-2 на абонентском узле. Переключение на резервный канал происходит аналогично ранее рассмотренному варианту. Нет необходимости в подключении всех абонентских узлов через резервный канал. Это обуславливается стоимостью самого абонентского устройства, поэтому данное решение позволяет рационально предлагать услуги для различных категорий абонентов.

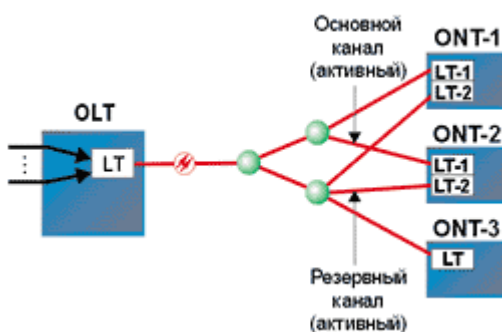


Рисунок 1.6 (б) – Вариант № 2 построения резервной системы PON.

При применении полного резервирования системы PON она становится устойчивой как к выходу из строя приемо-передающего оборудования OLT и ONT, так и к повреждению любого из участков волоконно-оптической кабельной системы. Информационные потоки на ONT генерируются одновременно обоими узлами LT-1 и LT-2 и передаются в два параллельных канала



(рисунок 1.6 (в)). Станционное оборудование передает в магистраль только одну копию последовательности сигналов [21].

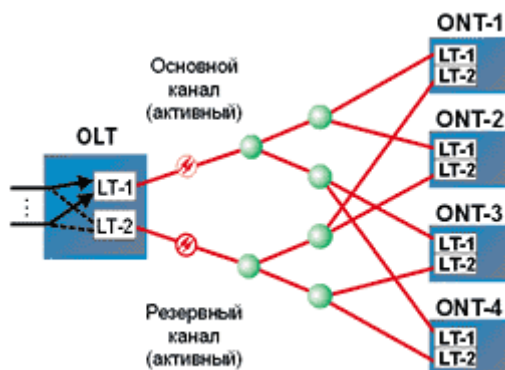


Рисунок 1.6 (в) – Вариант № 3 построения резервной системы PON.

Подобным образом осуществляется дублирование трафика в прямом потоке. Абонентское устройство передает далее на пользовательские интерфейсы только одну копию входного сигнала. При повреждении волокна или приемопередающих интерфейсов переключение на резервный канал осуществляется очень быстро и не приводит к прерыванию связи. Подключать все абонентские узлы по резервному каналу, как и во втором варианте, также нет необходимости.

### 1.3 Описание технологии GPON

#### 1.3.1 Архитектура сети GPON

GPON – это широкополосная сеть мультисервисного доступа, с возможностью предоставления услуг Triple Play (передача данных, услуги телефонии и телевидения) по одному кабелю с возможностью организации пропускной способности до 1 Гбит/с, а также с гарантированным качеством обслуживания. Главной идеей архитектуры PON является применение пассивной оптической сети доступа с применением топологии «дерево», а также задействование одного приемопередающего модуля в главном станционном оборудовании для передачи информации большому количеству абонентских устройств ONT или ONU (Optical Network Unit) и приема информации от них.

Количество абонентских узлов в сети, подключенной к основной станции может быть ограничено исключительно такими параметрами как: коэффициент сплитирования (согласно рекомендациям 32,64,128 абонентов на порт), бюджет мощности, обусловленный классами оптических трансиверов (A/B/B+/C/C+) и максимальная скорость головной станции (1,25/2,5/10 Гбит/с).

Передача нисходящего потока информации, т.е. от центрального узла к абонентскому устройству как правило, осуществляется на длине волны 1490 нм. И наоборот, восходящие потоки данных от имеющихся абонентских узлов к головной станции, которые принято называть обратными, передаются на

длине волны 1310 нм. В оборудовании центрального узла и абонентских терминалах имеются встроенные мультиплексоры WDM, которые позволяют разделять прямые и обратные потоки.

Прямой поток на уровне оптических сигналов является широкополосным. Каждое абонентское устройство, считывая адресные поля, выделяет из этого общего потока только ту часть информации, которая предназначена именно ему (рис. 1.7). Принцип данного распределения очень схож с демультиплексированием.

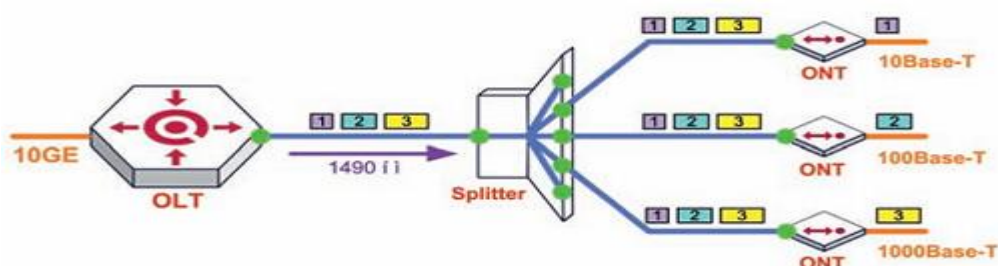


Рисунок 1.7 – Нисходящий поток в сети PON

Все абонентские узлы ONT осуществляют передачу информации в обратном потоке на одной и той же длине волны, используя технологию множественного доступа с временным разделением TDMA (Time Division Multiple Access) (рис. 1.8) [22].

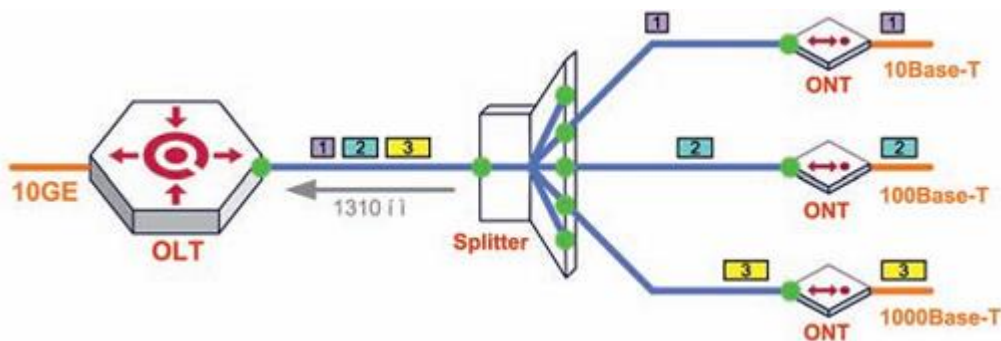


Рисунок 1.8 – Восходящий поток в сети PON

Для исключения возможности пересечений сигналов от различных абонентских узлов, для каждого из них станция определяет отрезок времени для передачи данных с учетом всех составляющих, таких как состояние буфера и поправок на задержку, связанную с дальностью физического разнесения абонентского узла от станции.

На рисунке 1.9 представлены форматы пакетов сети PON. По структуре они схожи со стандартными пакетами Ethernet, но имеют multicast-адрес места назначения и код Ethertype.

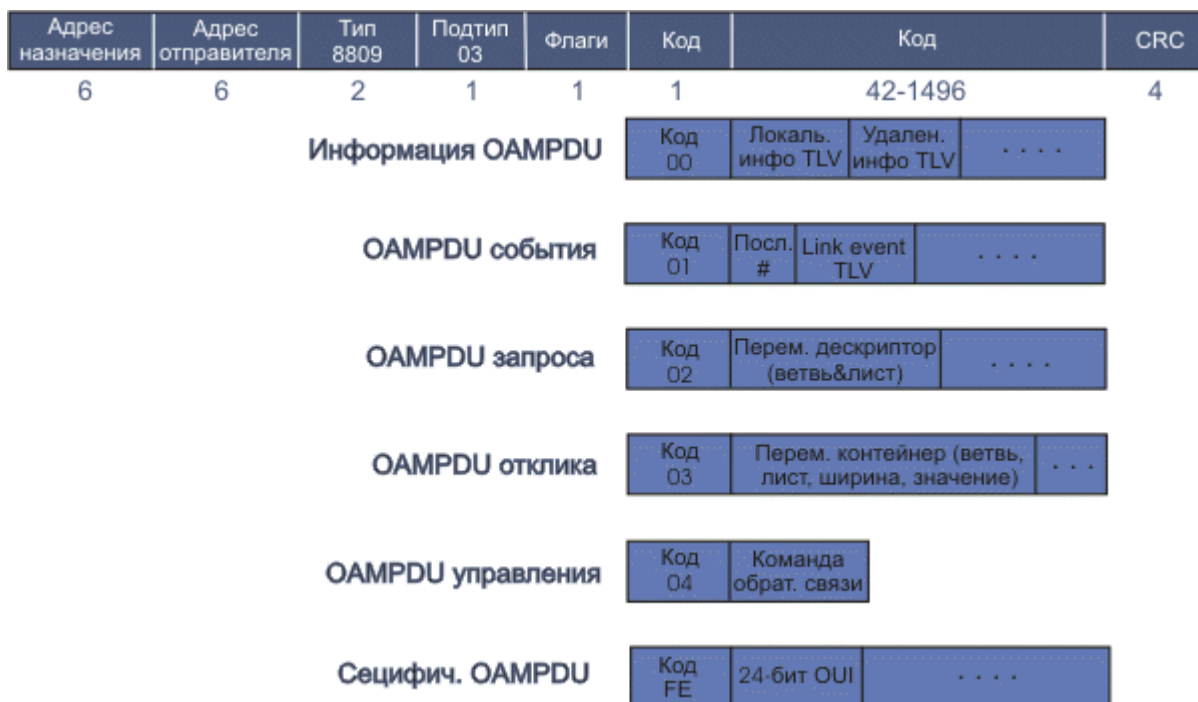


Рисунок 1.9 – Формат пакетов PON

Коды multicast-адреса назначения (0180C20002) и EtherType определяют, что это кадр медленного протокола. Стандарт 802.3 определяет несколько медленных протоколов; одним из них является LACP (Link Aggregation Control Protocol). Протоколы задаются кодом подтипа протокола, значение 3 выделено для OAM (Operations Administration and Maintenance). Использование протокольного MAC-адреса гарантирует корректную интерпретацию OAMPDU (PDU - поля данных) подуровнем MAC. Большая часть информации OAMPDU передается в формате TLV (type-length-value). Первый октет (или байт) указывает на тип данных. Этот код в программах обозначается переменной и определяет в клиенте OAM то, как следует декодировать данные. Следующий октет содержит длину информации. Этот код обычно используется, чтобы обойти массив данных, когда тип этой информации не может быть интерпретирован клиентом OAM. Последующие октеты представляют собственно информацию.

### 1.3.2 Сравнение технологии GPON и GEPON

На сегодняшний день наибольшее распространение получили 2 технологии PON-а: GPON и GEPON.

- GPON (Gigabit PON) – ITU G.984;
- GEPON (Gigabit Ethernet PON) – IEEE 802.3ah.

Одними из главных различий между технологиями GPON и GEPON являются различия в полосе пропускания обратного потока (DownStream). Разница видна при сравнении: Gpon – 2.5G, а GEpon 1.25G. Помимо этого, имеются различия в структуре кадров. Структура кадра GEpon очень схожа с форматом кадра Ethernet. А у Gpon имеется сходство с SDH.

Также, существует еще один тип технологии PON: TurboGEPON. Отличием данной технологии является увеличенная полоса пропускания нисходящего потока до 2,5G. Технология не является стандартизированной.

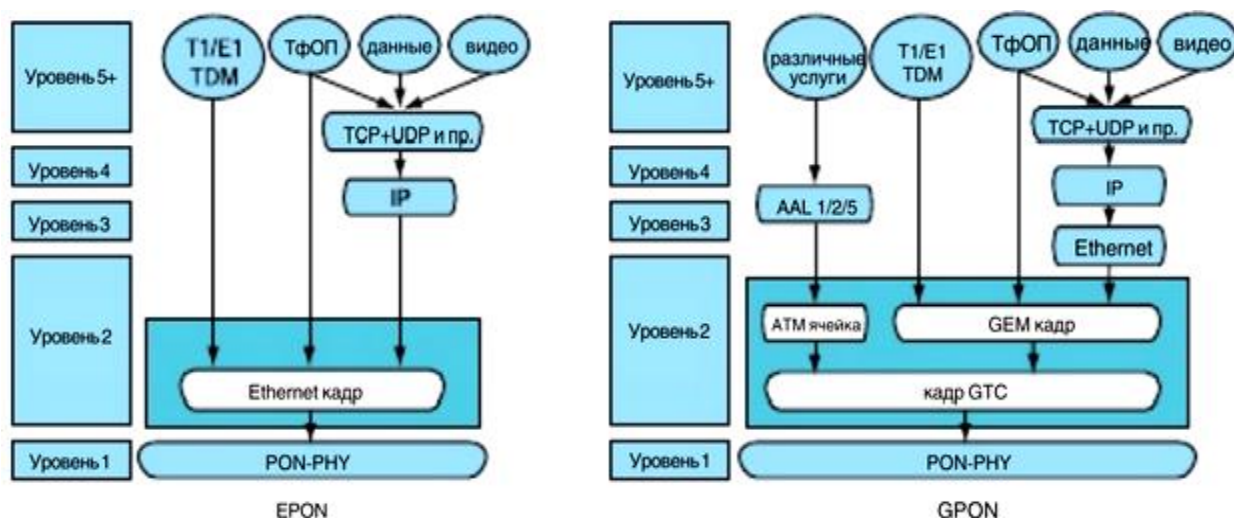


Рисунок 1.10 – Протоколы EPON и GPON

Передача Ethernet пакетов по технологии GEPON осуществляется в неизмененном формате по сети PON. А для передачи информации по технологии GPON есть необходимость двухуровневой инкапсуляции. Первым шагом информационные потоки телефонных сетей (TDM, E1/T1) и Ethernet-кадры «формируются» в кадры GEM (GTC Encapsulation Method) с переменной длиной полезной нагрузки, которые имеют GFP-подобный формат (Generic Frame Procedure, ITU-T G.7401). Затем, ячейки ATM и кадры GEM совместно инкапсулируются в кадры GTC, которые в итоге передаются по сети PON. В технологии GEM осуществляется фрагментация кадров, которая отсутствует в технологии GEPON, что уменьшает эффективность использования полосы пропускания.

В таблице 1.2 приведены основные сравнительные характеристики двух стандартов технологии PON.

Таблица 1.2 – Сравнительная таблица

Характеристики	GPON	GEPON
Пакет услуг	TriplePlay	-
Структура уровней	ячейки ATM и кадры GEM (содержащие кадры Ethernet и TDM)	кадры Ethernet (содержащие TDM)
Скорости передачи	DS: 2,5Gbps US: 1,2Gbps	DS: 1.2Gbps US: 1.2Gbps

Продолжение таблицы 1.2

Характеристики	GPON	GEPON
Максимальное количество подключенных абонентов на 1 порт OLT	64 (128)	32 (64)
Доступ к среде	TDMA; за счет управляющих кадров	-
Подключение и аутентификация абонентских устройств	Обнаружение новых подключений в автоматическом режиме	-
Работа на длинах волн для прямого и обратного потоков	DS: 1480–1500нм US: 1260–1360нм  1550нм служит в качестве резерва для КТВ	-
Помехоустойчивое кодирование FEC	Возможность увеличения кол-ва подключенных устройств за счет использования меньшего уровня чувствительности приемника	-
Шифрование Данных	AES-128 шифрование полезной нагрузки GEM-кадра и ATM-ячейки	AES-128 шифрование полезной нагрузки Ethernet-кадра

Если сравнивать между собой три выше рассмотренных технологии, то можно выделить основные достоинства и недостатки (Таблица 1.3): [28]

Таблица 1.3 – Сравнительная таблица

Технология	Достоинства	Недостатки
GPON	Полностью стандартизированная технология (рекомендация ITU-T G.984)	Дорогостоящее оборудование, в сравнении с GEPON
	Полностью стандартизированный протокол управления OMCI (протокол TR-069)	Конфигурирование оборудования производится сложнее, чем GEPON.
	Использование линейного кода NRZ без избыточности («чест-	-

	ные» 2.5G)	
--	------------	--

*Продолжение таблицы 1.3*

Технология	Достоинства	Недостатки
	Более эффективные механизмы для передачи TDM-трафика	-
GPON / Turbo-GPON	Стоимость стационарного оборудования ниже, чем GPON	Технология без стандарта (в основе лежит стандарт IEEE 802.3ah)
	Более простая настройка оборудования	Использование избыточного линейного кода 8B/10B («чистая» полоса меньше на ~20%)

## **2 Построение сети оператора**

### **2.1 Основные цели и задачи проекта**

Главной целью данного проекта является построение сети оператора на основе анализа исходных данных. Для этого требуется провести необходимые расчеты и выработать оптимальные решения, опираясь на действующие нормативные и регламентирующие документы, решить задачи по стратегическому планированию и построению современной сети по технологии GPON в четырех городах Республики Казахстан (г. Астана, г. Алматы, г. Караганда, г. Костанай). По результатам реализации проекта предполагается подключение абонентов к услугам широкополосного доступа, а т.е. полное удовлетворение потребительского спроса на услуги телефонии, и передачи данных в районе охвата технологией GPON.

### **2.2 Описание проекта**

В данном дипломном проекте предусматривается проектирование современной разветвленной высокоскоростной оптической линии связи на основе технологии GPON для предоставления услуг телефонии и широкополосного доступа корпоративным клиентам в городах Караганда, Алматы, Астана и Костанай. Для подробного расчета выбран г. Караганда, с самой большой проектируемой распределительной сетью. В городах Алматы, г. Астана и г. Костанай топология сети и общие принципы построения аналогичны. Связь между городами предполагается посредством арендуемого канала 1Gbps у национального оператора АО «Казахтелеком».

Проектируемая сеть позволит обеспечить защищенными услугами телефонии и широкополосного доступа распределенную филиальную сеть корпоративных клиентов, имеющих офисы и представительства в городах Караганда, Алматы, Астана и Костанай.

## 2.3 Подбор оборудования

Уже не первый год операторы связи строят свои сети на оптике. По сравнению с 2004 годом, когда эта технология была не то, что малоизвестна, но и очень дорога, к 2008 году, стоимость не только на активное оборудование, но и на пассивное снизилась в несколько раз. Технология Gpon позволяет организовать передачу данных на высоких скоростях и с весьма достойным качеством обслуживания. Все эти и многие другие преимущества позволяют сделать выбор при построении сети в сторону Gpon.

Исходя из того, местоположение объектов, которых необходимо обеспечить связью находится на достаточно небольшом расстоянии и абонентская база превышает 512 абонентов и более того, в ближайшее время у оператора планируется расширение, то можно остановить свой выбор на модульном оборудовании. С возможностью установки дополнительных плат для подключения абонентов. Так как объекты расположены на территории Республики Казахстан, то наибольшее предпочтение хотелось бы отдать оборудованию отечественного производства. Для возможности горячей замены оборудования, близко расположенного сервисного центра, русскоязычной технической поддержке и конечно же стоимости оборудования не зависящей от курса иностранной валюты.

Казахстанская компания «ЭлтексАлатау» предлагает полнофункциональные решения в области построения сетей, включая оборудование GPON.

Сеть Gpon структурно состоит из активного оборудования (Станционное – OLT и абонентское – ONT), а также пассивной части.

Так как основными потребителями услуг оператора являются юридические лица, а то есть организации, находящиеся в бизнес центрах, то подключение абонентов будет осуществляться по следующей схеме (рисунок 2.1)

Для организации подключений большого числа пользователей, необходимо произвести подключение абонентов через многопортовые устройства. Этими устройствами будут являться коммутаторы доступа фирмы «Eltex» MES 2124M. К ним, с помощью оптического SFP ONU трансивера будет подключаться оптический кабель, приходящий от станционного оборудования OLT. Затем, для организации телефонной связи будут установлены голосовые шлюзы. Которые через UTP кабель будут подключены к коммутатору доступа.



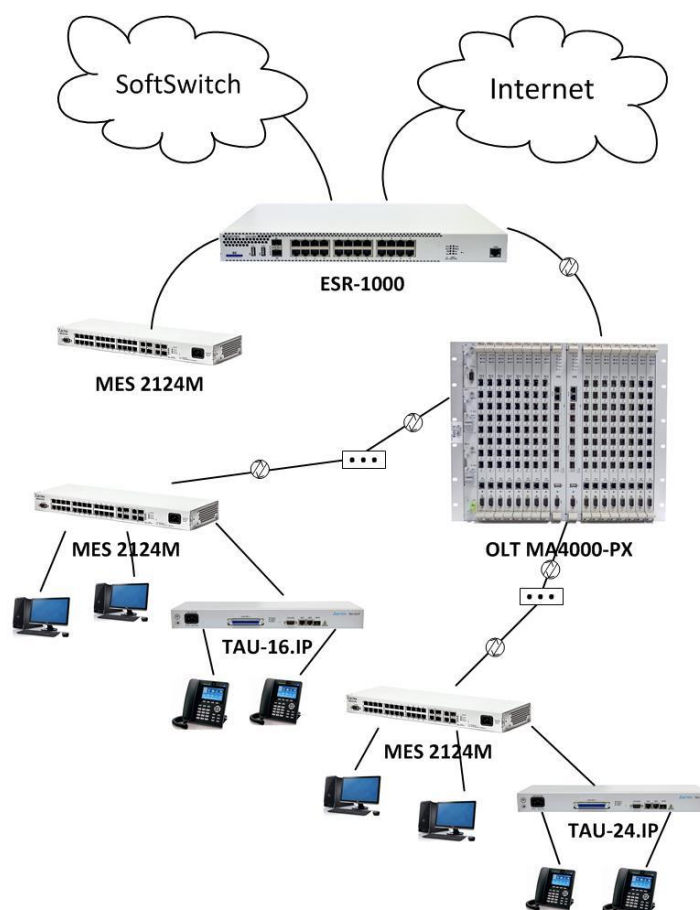


Рисунок 2.1 – Схема подключения абонентов

### 2.3.1 Мультисервисный узел доступа и агрегации OLT MA4000-PX

Мультисервисный узел доступа и агрегации MA4000-PX предназначен для построения сетей доступа по технологии GPON. Система позволяет строить масштабируемые, отказоустойчивые сети «последней мили», обеспечивающие высокие требования безопасности, как в сельской, так и городской местности. Узел доступа осуществляет управление абонентскими устройствами, коммутацию трафика и соединение с транспортной сетью.

Данный вид оборудования позволяет устанавливать до двух коммутационных плат PP4X и до 16-ти плат PLC8 для подключения абонентских терминалов.

За счет резервирования коммутаторов данное оборудование позволяет увеличить пропускную способность системы за счет распределения потоков данных между модулями путем их стекирования.

Плата управления и коммутации PP4X

- общая производительность оборудования составляет 680 Gbps;
- тип процессора - Marvell MV78x00, архитектура ARMv5TE;
- тактовая частота процессора - 1000МГц;
- количество ядер - 2;
- оперативная память - DDR2 SDRAM 512 МБ 800 МГц;

- энергонезависимая память - 2 Гб NAND Flash;

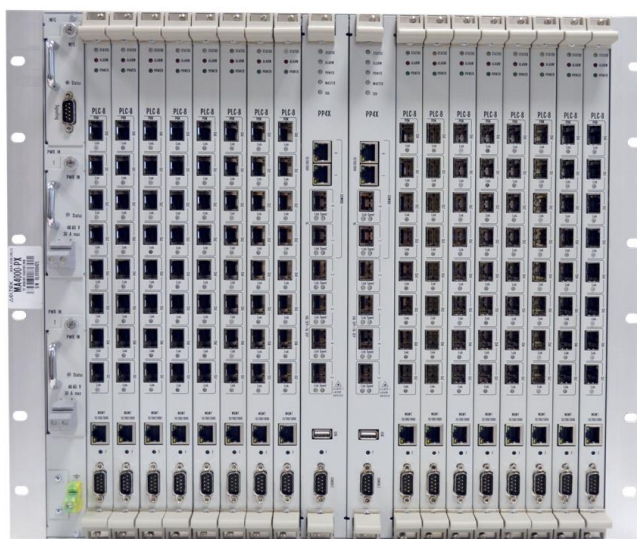


Рисунок 2.2 – Коммутационный блок MA4000-PX.

Сетевые интерфейсы:

- внешние соединения: – 4 порта 10GBase-X(SFP+)/1000Base-X (SFP);
- 2 порта (10/100/1000Base-T/1000Base-X (SFP));
- консольный порт - RS-232;

Модуль интерфейсов GPON PLC8

Модуль PLC8 предназначен для организации широкополосного доступа в сеть передачи данных по технологии GPON на скорости до 2.5 Гбит/с в сторону пользователя. Модуль предназначен для использования на участке «последней мили» и позволяет подключить до 512 оконечных устройств (ONT).

- 8 портов 2.5/1.25 Гбит/с GPON (SFP);
- производительность коммутатора - 128 гбит/с;

Параметры sfp pon (class c+):

- максимальная дальность действия – 60 км;
- передатчик: 1490nm dfb laser;
- data rate: 2488mb/s;
- average launch power +3..+7 dbm;
- spectral line width-20 db 1.0 nm;
- приемник: 1310nm apd/tia detector/amplifier;
- data rate: 1244mb/s;
- receiver sensitivity -32 dbm;
- receiver optical overload -2 dbm;
- receiver burst mode dynamic range 20 db [23].

### 2.3.2 Коммутатор MES 2124M

В последние годы наблюдается тенденция к осуществлению масштабных проектов по построению сетей связи в соответствии с концепцией NGN.

Одной из основных задач при реализации крупных мультисервисных сетей является создание надежных и высокопроизводительных транспортных сетей, которые являются опорными в многослойной архитектуре сетей следующего поколения. Для достижения высоких скоростей широко применяются технологии передачи информации Gigabit Ethernet (GE). Передача информации на высоких скоростях, особенно в сетях крупного масштаба, подразумевает выбор такой топологии сети, которая позволяет гибко осуществлять распределение высокоскоростных потоков. Коммутаторы MES2124 могут использоваться на сетях крупных предприятий и предприятий малого и среднего бизнеса (SMB), а также на сетях операторов. Они обеспечивают высокую производительность, гибкость, безопасность и многоуровневое качество обслуживания (QoS) [23].



Рисунок 2.3 – Коммутатор доступа MES 2124M.

Коммутатор доступа MES 2124M – управляемый коммутатор второго уровня (L2), имеющий 24 порта Gigabit Ethernet с электрическими интерфейсами (10/100Base-T) и 4 порта Gigabit Ethernet, совмещенные со слотами для установки SFP-трансиверов «combo-порты» (1000Base-T/Base-X).

Коммутаторы данной серии позволяют подключить конечных пользователей к сети крупных предприятий, предприятий малого и среднего бизнеса, а также к сетям операторов связи благодаря интерфейсам Fast и Gigabit Ethernet. Расширенные функциональные возможности коммутатора обеспечивают физическое стекирование, поддержку виртуальных локальных сетей, многоадресных групп рассылки и расширенные функции безопасности.

Основные характеристики:

- производительность – 56 Гбит/с;
- 24 порта 10/100Base-T;
- 4 комбо-порта 1000Base-T/Base-X;

Поддержка VLAN:

- до 4K VLAN;
- поддержка Voice VLAN;
- поддержка 802.1Q;
- поддержка Q-in-Q;
- поддержка Selective Q-in-Q;
- поддержка GVRP;

Функции L2 Multicast:

- поддержка 1K групп;

- поддержка профилей Multicast;
- поддержка статических Multicast групп;
- поддержка IGMP Snooping v1,2,3;

Функции L2:

- поддержка протокола STP (Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1d) ;
- поддержка Spanning Tree Fast Link option;
- поддержка STP Multprocess (32 независимых STP процесса) ;
- поддержка RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1w) ;
- поддержка MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1s) ;

Функции обеспечения безопасности

- DHCP snooping;
- опция 82 протокола DHCP;
- IP Source address guard;
- Dynamic ARP Inspection (Protection) ;
- проверка подлинности на основе MAC-адреса;
- проверка подлинности по портам на основе 802.1x;
- Guest VLAN;
- система предотвращения DoS атак [24].

### **2.3.3 Абонентский VoIP-шлюз TAU-16/24.IP**

Серия многопортовых абонентских VoIP-шлюзов TAU-16/24.IP предназначена для передачи голосовой и факсимильной информации через IP-сети. Шлюзы обеспечивают абонентов качественной телефонной связью с поддержкой дополнительных видов обслуживания: переадресация, ожидание вызова, трехсторонняя конференция, перехват вызова, групповой вызов, определитель номера и т.д.

TAU-24.IP/TAU-16.IP – это абонентский шлюз IP-телефонии с интегрированным Ethernet коммутатором 2-го уровня, использующий для подключения к IP-сети оператора медный и оптический интерфейсы Gigabit Ethernet. Устройство преобразует аналоговые речевые сигналы в цифровые пакеты данных для передачи по IP-сетям. Предназначен для организации IP-телефонии в жилых домах и офисных помещениях.

Применение терминала на этапе перехода от сетей TDM к сетям NGN сохранит имеющуюся инфраструктуру сети и обеспечит выход аналоговых абонентов в IP-сети.

Устройство имеет следующие типы интерфейсов:

- 24/16 аналоговых абонентских портов FXS;
- два электрических интерфейса Ethernet 10/100/1000Base-T;
- один оптический интерфейс Mini-Gbic (SFP) Ethernet 1000Base-X;

Возможности устройства:

- встроенный Ethernet коммутатор 2-го уровня;
- протоколы IP-телефонии: H.323, SIP/SIP-T 1;
- поддержка статического адреса и DHCP;

- эхо компенсация (рекомендации G.168);
- маскировка потери пакетов (PLC);
- детектор активности речи (VAD);
- подавление пауз (Silence suppression);
- обнаружение и генерирование сигналов DTMF;
- передача DTMF (INBAND, rfc2833, методами SIP/H.323);
- передача факса:
- T.38 UDP Real-Time Fax;
- upspeed/pass-through.
- поддержка Cisco NSE;
- поддержка V.152;
- гибкий план нумерации;
- работа с внешним гейткипером (H.323/RAS);
- работа с несколькими SIP-серверами в разных SIP профилях;
- возможность работы телефонии внутри шлюза при потере связи с SIP-сервером;
- поддержка активной сессии при работе по протоколу SIP через NAT;
- передача категории абонента src-rus по протоколу SIP;
- загрузка/выгрузка файлов конфигурации: через FTP/FTPS, TFTP, HTTP/HTTPS.



Рисунок 2.4 – Абонентский VOIP-шлюз TAU-24.IP (24 FXS)

Поддерживаемые ДВО:

- удержание вызова Call Hold/Retrieve;
- передача вызова Call Transfer;
- уведомление о поступлении нового вызова – Call Waiting;
- переадресация по занятости – Call Forward Busy;
- переадресация по неответу – Call Forward No Answer;
- безусловная переадресация – Call Forward Unconditional;
- переадресация по необслуживанию – Call Forward Out Of Service;
- Caller ID по ETSI FSK type 1, type 2;
- Caller ID в формате DTMF;
- горячая/тёплая линия – Hotline/warmline;
- группа вызова – Call Hunt;
- перехват вызова - Call PickUp;

- трехсторонняя конференция – 3-way conference (локально и на сервере конференций);
- уведомление о голосовом сообщении – MWI;
- не беспокоить – Do Not Disturb. – выбор конфигурации питания: от сети постоянного или переменного тока [25].

### **3 Техническое решение проекта**

Для того чтобы убедиться в правильности выбранного оборудования необходимо просчитать такие параметры как затухание сигнала в линии от конечного устройства до станционного, расчет бюджета мощности, пропускной способности, расчет количества абонентских портов.

В Приложении А представлена общая схема кабельной канализации. На основании данной схемы необходимо спроектировать и построить топологию сети оператора связи (далее «Оператор»).

#### **3.1 Схема построения сети и выбор топологии**

Перед началом проектирования необходимо определиться с выбором топологии, по которой в дальнейшем будет построена сеть. Сети Gpon можно проектировать и строить в любых вариациях, на сколько позволяет воображение проектировщика. Так как, учитывая все условия, данный вид сетей можно применять при различных видах и вариантах застройки. Выбор правильной топологии обусловлен такими факторами, как расход строительных материалов, кабеля, стоимость работ, количество пассивного и активного оборудования. А главное – гарантированное качество предоставляемых услуг для уже имеющих абонентов и возможность расширения сети в будущем.

На сегодняшний день наиболее распространенными топологиями на практике являются «звезда», «шина» и «дерево», а также их различные комбинации. Наиболее часто возникающими вопросами в процессе проектирования являются вопросы, касающиеся расчета бюджета мощности, расчет вносимых потерь и другие. Произведя все эти расчеты можно определиться с наиболее подходящим выбором топологии и вариантом построения сети.

Топология «звезда» наиболее эффективна в районах большой плотности и равноудаленном местонахождении конечных абонентов от головной станции. В данном варианте сплиттер первого каскада размещается в помещении, непосредственно рядом со станцией. В этом случае схема достаточно проста и удобна в эксплуатации и обслуживании для поиска и устранения повреждений на линии.

В Приложении представлены: общая схема кабельной канализации, схемы сплиттирования, распределения оптических кабелей и разварки волокон в планируемых муфтах.

Исходя из схемы построения сети и расположению абонентов, дальнейший расчет будем проводить по топологии «дерево».

## 3.2 Расчет оптического бюджета мощности

### 3.2.1 Понятие «оптического бюджета мощности»

Расчёт таких показателей как оптический бюджет мощности и оптический бюджет потерь является одним из самых основных при проектировании дерева PON. По своей сути, оптический бюджет мощности, это разница между мощностью передатчика (оптического трансивера, установленного в стационарном оборудовании) и чувствительностью приёмника в абонентском терминале.

В этой части дипломного проекта будет произведен расчет затухания оптического сигнала с места подключения оптического волокна в стационарном оборудовании (с передающей стороны) до 10-ти удаленных абонентских устройств, учитывая самое близкое и самое дальнее расположение с приемной стороны.

На сети PON главными источниками вносимых затуханий являются:

- потери в оптическом волокне;
- потери на границе сварных соединений;
- потери на границе разъемных соединений;
- потери, зависящие от дальности расстояния (на километр);
- потери при использовании сплиттеров;

Зависимость затухания уровня сигнала от неоднородности среды представлена на рисунке 3.1.

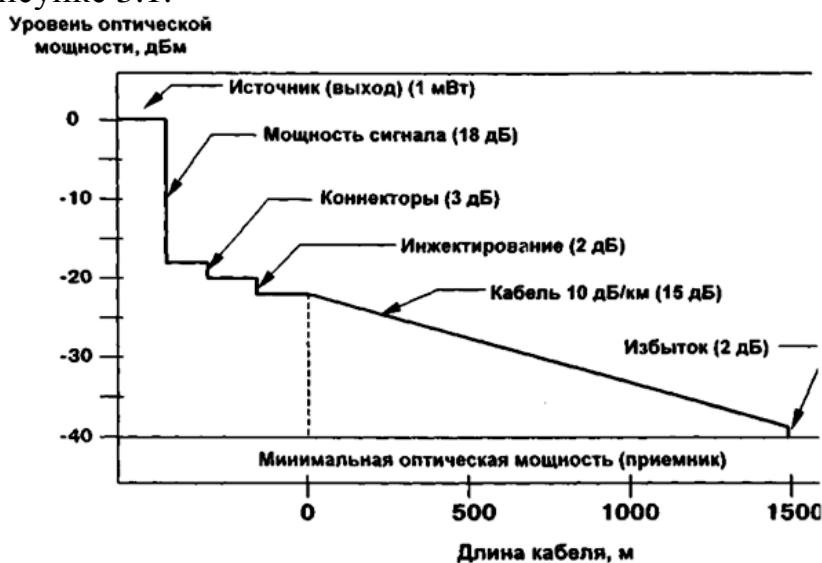


Рисунок 3.1 - Зависимость затухания уровня сигнала от неоднородности среды.

Оптический бюджет мощности рассчитывается как сумма всех вносимых затуханий, которые возникают на всем участке сети и представляет собой энергетический бюджет затухания. Во время проектирования сети, обязательно закладывается и учитывается эксплуатационный запас с учетом дополнительных сварок и вставок во время проведения ремонтных работ, в том числе,

учитывается запас на естественное старение волокна. Как правило, запас бюджета мощности должен составлять от 1 до 1,5 дБ при условии подключения всех возможных ответвлений в тракте от станции до абонента, с учетом затуханий, вносимых в доме, квартире и на абонентском устройстве у абонента.

Согласно рекомендации ITU G.983.4 оптический бюджет должен базироваться в рамках от 15 до 30 дБ для С-класса PON. Данная рекомендация должна выполняться в строгом соответствии с правилами, особенно при использовании сплиттеров с большой емкостью. Главным источником потерь в оптической сети являются сплиттера, так как входная мощность сигнала делится на несколько частей в соответствии с количеством выходных портов. Соответственно, потери на прямую зависят от количества выходов. Потери, вносимые при использовании какого-либо сплиттера просчитаны и указаны в таблице 2.1.

Таблица 3.1 – Вносимые потери при использовании сплиттеров с различными коэффициентами деления

Коэффициент деления сплиттера	Максимальные вносимые потери, дБ
1:2	< 4,0
1:4	< 7,2
1:8	< 10,7
1:16	< 14,4
1:32	< 18,5
1:64	< 20,5

### 3.2.2 Расчет затухания сигнала в линии

В приложении Б представлена схема сплиттирования. На основании нее далее будет произведен расчет оптического бюджета.

Изначально, необходимо просчитать бюджет из расчета:

Выходная мощность трансивера (Tx) на станционном оборудовании (OLT) – чувствительность ресивера (Rx) на абонентском терминале. (ONT).

Согласно техническим характеристикам, выходная мощность станционного оборудования марки Eltex составляет +3dBm. А чувствительность ONT составляет –28dBm. Следовательно, на основании данных значений можно вычислить оптический бюджет мощности для восходящего потока.

*Расчет:*  $+3 - (-28) = 31 \text{ dBm}$ .

Для нисходящего потока: выходная мощность ONT составляет 0,5dBm, а чувствительность OLT –32dBm.

*Расчет:*  $+0,5 - (-32) = 32,5 \text{ dBm}$ .



Так как передача восходящего и нисходящего потоков осуществляется по одному оптическому волокну, то допустимый оптический бюджет составляет более 31 dBm.

Далее рассчитаем затухание в линии для нескольких абонентов: двух самых далеко отдаленных абонентов от OLT (абонент 20 и абонент 33) и одного абонента с наибольшим количеством сплиттеров, встречающихся на пути (абонент 39).

Расчет затухания на линии до абонента № 33:

Определим полное затухание в линии по формуле:

$$P = F + C + Sl + Sp, \quad (3.1)$$

где P – бюджет мощности (максимальные оптические потери в ODN – Optical Distribution Network).

F – затухания, вносимые оптическим волокном на каждый км.

C – затухания, вносимые оптическими коннекторами.

Sl – затухания, возникающие в соединениях волокна.

Sp – затухания сигнала при использовании сплитера.

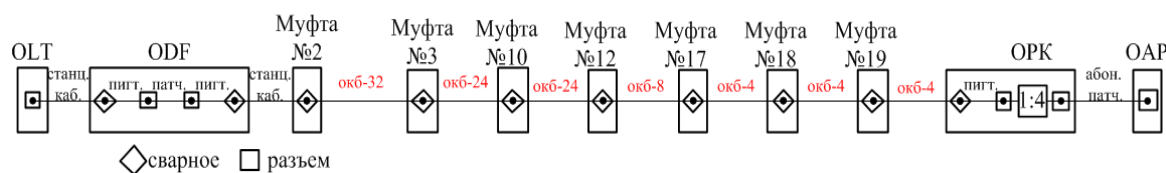


Рисунок 3.2 – Схема подключения абонента №33.

$$P_{33} = 0,3 + 0,004 + 0,1 + 0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,019 + 0,1 + 0,126 + 0,1 + 0,044 + 0,1 + 0,177 + 0,1 + 0,220 + 0,1 + 0,142 + 0,1 + 0,280 + 0,1 + 0,1 + 0,211 + 0,1 + 0,3 + 7,20 + 0,3 + 0,008 = 11,03 \text{ (дБм)}$$

Таблица 3.2 – Расчет затухания оптической линии до абонента 33

Описание	ед.	кол-во	внос. затухание	общ. затухание
порт OLT - станц. кабель	разъем	1,000	0,3	0,300
станционный кабель от OLT к ODF	км	0,010	0,4	0,004
станционный кабель - пигтейл	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
патчкорд - пигтейл	разъем	1,000	0,3	0,300
пигтейл-станционный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
станционный кабель от ODF до муфты в шахте	км	0,047	0,4	0,019
станционный кабель - линейный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-32 от муфты №2 в шахте до муфты №3	км	0,315	0,4	0,126
сварка в муфте №2	сварка	1,000	0,1	0,100

Продолжение таблицы 3.2

Описание	ед.	кол-во	внос. затухание	общ. затухание
магистральный кабель ОКБ-24 от муфты №3 в шахте до муфты №10	км	0,109	0,4	0,044
сварка в муфте №3	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-24 от муфты №10 в шахте до муфты №12	км	0,442	0,4	0,177
сварка в муфте №10	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-8 от муфты №12 в шахте до муфты №17	км	0,551	0,4	0,220
сварка в муфте №12	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-4 от муфты №17 в шахте до муфты №18	км	0,354	0,4	0,142
сварка в муфте №17	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-4 от муфты №18 в шахте до муфты №19	км	0,700	0,4	0,280
сварка в муфте №18	сварка	1,000	0,1	0,100
муфта на распредел. кабеле	сварка	1,000	0,1	0,100
распределительный кабель ОКБ-4	км	0,527	0,4	0,211
распред кабель - пигтейл ОРК	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - вход сплиттера	разъем	1,000	0,3	0,300
сплиттер 1 каскад	1:4	1,000	7,20	7,20
выход сплиттера - абонентский патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
абонентский патчкорд	км	0,020	0,4	0,008
Общее затухание				11,030

Расчет затухания на линии до абонента № 20:

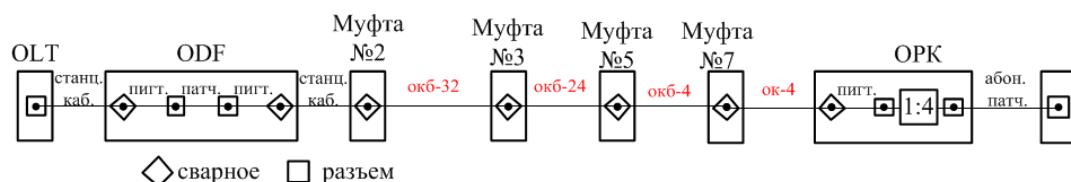


Рисунок 3.3 – Схема подключения абонента №20.

$$P_{20} = 0,3 + 0,004 + 0,1 + 0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,019 + 0,1 + 0,126 + 0,1 + 0,166 + 0,1 + 0,485 + 0,1 + 0,1 + 0,97 + 0,1 + 0,3 + 7,20 + 0,3 + 0,008 = 10,404 \text{ (дБм)}$$

Таблица 3.3 – Расчет затухания оптической линии до абонента 20

Описание	ед.	кол-во	внос. затухание	общ. затухание
порт OLT - станц. кабель	разъем	1,000	0,3	0,300
станционный кабель от OLT к ODF	км	0,010	0,4	0,004
станционный кабель - пигтейл	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
патчкорд - пигтейл	разъем	1,000	0,3	0,300
пигтейл-станционный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
станционный кабель от ODF до муфты в шахте	км	0,047	0,4	0,019

Продолжение таблицы 3.3

Описание	ед.	кол-во	внос. за- тухание	общ. за- тухание
станционный кабель - линейный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-32 от муфты №2 в шахте до муфты №3	км	0,315	0,4	0,126
сварка в муфте №2	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-24 от муфты №3 в шахте до муфты №5	км	0,414	0,4	0,166
сварка в муфте №3	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-4 от муфты №5 в шахте до муфты №7	км	1,212	0,4	0,485
сварка в муфте №5	сварка	1,000	0,1	0,100
муфта на распредел. кабеле	сварка	1,000	0,1	0,100
распределительный кабель ОКБ-4	км	0,242	0,4	0,097
распред кабель - пигтейл ОРК	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - вход сплиттера	разъем	1,000	0,3	0,300
сплиттер 1 каскад	1:4	1,000	7,20	7,20
выход сплиттера - абонентский патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
абонентский патчкорд	км	0,020	0,4	0,008
Общее затухание				10,404

Расчет затухания на линии до абонента № 39:

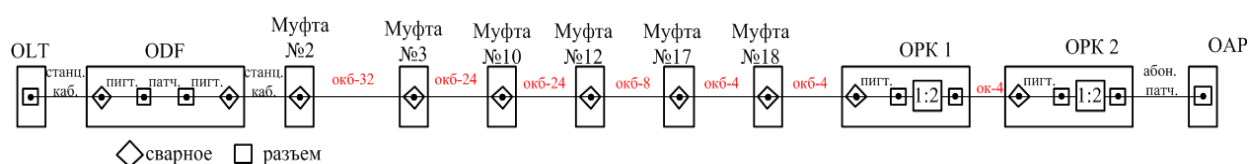


Рисунок 3.4 – Схема подключения абонента №39

$$P_{39} = 0,3 + 0,004 + 0,1 + 0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,019 + 0,1 + 0,126 + 0,1 + 0,044 + 0,1 + 0,177 + 0,1 + 0,220 + 0,1 + 0,142 + 0,1 + 0,1 + 0,002 + 0,1 + 0,3 + 3,50 + 0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,013 + 0,1 + 0,3 + 7,20 + 0,3 + 0,1 + 0,008 + 0,1 = 15,254 \text{ (дБм)}$$

Таблица 3.4 – Расчет затухания оптической линии до абонента 39

Описание	ед.	кол-во	внос. за- тухание	общ. за- тухание
порт OLT - станц. кабель	разъем	1,000	0,3	0,300
станционный кабель от OLT к ODF	км	0,010	0,4	0,004
станционный кабель - пигтейл	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
патчкорд - пигтейл	разъем	1,000	0,3	0,300
пигтейл-станционный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
станционный кабель от ODF до муфты в шахте	км	0,047	0,4	0,019
станционный кабель - линейный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-32 от муфты №2 в шахте до муфты №3	км	0,315	0,4	0,126
сварка в муфте №2	сварка	1,000	0,1	0,100

*Продолжение таблицы 3.4*

Описание	ед.	кол-во	внос. за- тухание	общ. за- тухание
магистральный кабель ОКБ-24 от муфты №3 в шахте до муфты №10	км	0,109	0,4	0,044
сварка в муфте №3	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-24 от муфты №10 в шахте до муфты №12	км	0,442	0,4	0,177
сварка в муфте №10	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-8 от муфты №12 в шахте до муфты №17	км	0,551	0,4	0,220
сварка в муфте №12	сварка	1,000	0,1	0,100
магистральный кабель ОКБ-4 от муфты №17 в шахте до муфты №18	км	0,354	0,4	0,142
сварка в муфте №17	сварка	1,000	0,1	0,100
муфта на распредел. кабеле	сварка	1,000	0,1	0,100
распределительный кабель ОКБ-4	км	0,005	0,4	0,002
распред кабель - пигтейл ОРК1	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - вход сплиттера	разъем	1,000	0,3	0,300
сплиттер 1 каскад	1:2	1,000	3,50	3,50
выход сплиттера - абонентский патчкорд	разъем	1,000	0,3	0,300
патчкорд - пигтейл	разъем	1,000	0,3	0,300
пигтейл-распределительный кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
распределительный кабель ОКБ-4	км	0,032	0,4	0,013
распред кабель - пигтейл ОРК2	сварка	1,000	0,1	0,100
пигтейл - вход сплиттера	разъем	1,000	0,3	0,300
сплиттер 2 каскад	1:4	1,000	7,2	7,200
выход сплиттера - пигтейл	разъем	1,000	0,3	0,300
пигтейл - абонентский кабель	сварка	1,000	0,1	0,100
абонентский кабель	км	0,020	0,4	0,008
абонентский кабель - пигтейл в ОАР	сварка	1,000	0,1	0,100
Общее затухание				15,254

Произведя расчеты, можно сделать вывод, что затухание сигнала не превышает допустимого значения, а значит, на стороне абонента можно будет наблюдать гарантированную скорость передачи данных.

### **3.3 Расчет количества абонентских портов**

По проекту Оператору необходимо произвести подключение 1048 абонентов в г. Караганда и обеспечить доступ в сеть Интернет, а также организовать передачу голосового трафика. Учитывая территориальное разнесение абонентов, а также количество абонентов в каждом из объектов (см. Таблица 3.5), можно просчитать количество задействованных абонентских портов на OLT.

Таблица 3.5 – Количество подключаемых абонентов на каждом из объектов

Наименование объекта	Кол-во подключаемых абонентов на первом этапе	
	Услуги телефонии	Услуги передачи данных
Объект 1	50	14
Объект 2	66	14
Объект 3	10	2
Объект 4	52	12
Объект 5	16	8
Объект 6	10	6
Объект 7	4	2
Объект 8	18	10
Объект 9	18	8
Объект 10	108	36
Объект 11	48	16
Объект 12	160	34
Объект 13	66	18
Объект 14	18	4
Объект 15	58	20
Объект 16	58	12
Объект 17	60	20
Объект 18	20	4
Объект 19	6	2
Объект 20	34	10
Всего	880	252

Учитывая территориальное разнесение конечных абонентов (Приложение А), а также коэффициенты сплиттирования первого и второго каскадов, можно определить количество задействованных портов на OLT. Результат расчетов приведен в Приложении В. Общее количество задействованных портов составляет 24 абонентских порта.

Теперь произведем расчет задействованных портов со стороны абонента и просчитаем количество оборудования, которое потребуется установить на первом этапе реализации проекта с учетом запаса на дальнейшие подключения.

Таблица 3.6 – Расчет требуемого оборудования для организации голосовой связи на каждом из объектов

Наименование объекта	Количество имею- щихся абонентов	Краткое наименова- ние оборудования	Количество оборудования, шт
Объект 1	50	Tau-16	2
		Tau-24	1
Объект 2	66	Tau-24	3

Продолжение таблицы 3.6

Наименование объекта	Количество имеющих абонентов	Краткое наименование оборудования	Количество оборудования, шт
Объект 3	10	Tau-16	1
Объект 4	52	Tau-16	2
		Tau-24	1
Объект 5	16	Tau-24	1
Объект 6	10	Tau-16	1
Объект 7	4	Tau-16	1
Объект 8	18	Tau-24	1
Объект 9	18	Tau-24	1
Объект 10	108	Tau-16	1
		Tau-24	4
Объект 11	48	Tau-24	2
Объект 12	160	Tau-16	1
		Tau-24	6
Объект 13	66	Tau-24	3
Объект 14	18	Tau-24	1
Объект 15	58	Tau-16	1
		Tau-24	2
Объект 16	58	Tau-16	1
		Tau-24	2
Объект 17	60	Tau-16	1
		Tau-24	2
Объект 18	20	Tau-16	2
Объект 19	6	Tau-16	1
Объект 20	34	Tau-24	1
		Tau-16	1
Всего	880	Tau-24	31
		Tau-16	16

Таблица 3.7 – Расчет требуемого оборудования для организации доступа в сеть Интернет на каждом из конечных объектов

Наименование объекта	Количество имеющих абонентов	Краткое наименование оборудования	Количество оборудования, шт
Объект 1	14	MES 2124M	1
Объект 2	14	MES 2124M	1
Объект 3	2	MES 2124M	1
Объект 4	12	MES 2124M	1
Объект 5	8	MES 2124M	1
Объект 6	6	MES 2124M	1
Объект 7	2	MES 2124M	1
Объект 8	10	MES 2124M	1

*Продолжение таблицы 3.7*

Наименование объекта	Количество имеющихся абонентов	Краткое наименование оборудования	Количество оборудования, шт
Объект 9	8	MES 2124М	1
Объект 10	36	MES 2124М	2
Объект 11	16	MES 2124М	1
Объект 12	34	MES 2124М	2
Объект 13	18	MES 2124М	1
Объект 14	4	MES 2124М	1
Объект 15	20	MES 2124М	1
Объект 16	12	MES 2124М	1
Объект 17	20	MES 2124М	1
Объект 18	4	MES 2124М	1
Объект 19	2	MES 2124М	1
Объект 20	10	MES 2124М	1
Всего	252	MES 2124М	22

Произведя данные расчеты, можно сделать вывод, что для возможности подключения 1048 абонентов на первом этапе к услугам голосовой связи и передачи данных, потребуется закупить такое оборудование, как коммутатор доступа в количестве 22 штук, а также многопортовые голосовые шлюзы с различной портовой емкостью в общем количестве 47 единиц. Для подключения абонентов на всех этапах подключения будут задействованы 24 стационарных порта с использованием коэффициентов сплиттирования 1:2 и 1:4.

### **3.4 Расчет пропускной способности канала.**

В этой части дипломного проекта произведем расчет пропускной способности канала для каждой и конечных групп абонентов согласно Приложения В и Таблице 3.5 в п.3.3.

В качестве заявленной скорости у каждого абонента будем считать скорость, равную 100 Мбит/с.

Пропускную способность, которую необходимо обеспечить при условии подключения всех имеющихся абонентов на скорости 100 Мбит/с рассчитаем по формуле:

$$Capacity = N \cdot 100 \text{ Mbps}, \quad (3.2)$$

где *Capacity* - Пропускная способность канала;

*N* - количество подключаемых абонентов;

Скорость входящего канала определим по формуле:

$$Uplink = 2.5 \text{ Gbps}/n, \quad (3.3)$$

где  $Uplink$  – скорость входящего канала;  
 $n$  – коэффициент сплиттирования;  
 $2,5\ Gbps$  – Скорость нисходящего потока OLT;

Произведем расчет для каждой группы абонентов, учитывая что:

$$1Gbps = 1024\ \text{Мбит}$$

### Расчет скорости входящего канала

Объект 1	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 2	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 3	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 4	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 5 (2каскад)	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 6 (2каскад)	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 7	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 8	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 9	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 10	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 11	=	$(2,5 \cdot 1024)/2$	=	1280	(Мбит/с)
Объект 12	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 13	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 14	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 15	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 16	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 17	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 18	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 19	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)
Объект 20	=	$(2,5 \cdot 1024)/4$	=	640	(Мбит/с)

Внесем полученные данные в таблицу 3.8.

Произведя расчет пропускной способности канала, мы получили данные, на основании которых можно сделать выводы. В час наибольшей нагрузки при количестве, превышающем 6 и 12 абонентов при условии сплиттирования первого и второго каскадов 1:2 и 1:4 соответственно, более 50% абонентов будут иметь гарантированную заявленную скорость передачи данных в 100Мбит/с.



Таблица 3.8 – Расчет пропускной способности канала

Наименование объекта	Количество абонентов, подключаемых к услугам передачи данных	Требуемая полоса пропускная способность канала для организации заявленной скорости передачи данных (100 Мбит/с), Мбит/с	Скорость входящего канала, Мбит/с	Количество пользователей, имеющие заявленную скорость (100 Мбит/с) в момент наивысшей нагрузки, %
Объект 1	14	1 400	1280	91
Объект 2	14	1 400	1280	91
Объект 3	2	200	1280	100
Объект 4	12	1 200	640	53
Объект 5	8	800	640	80
Объект 6	6	600	1280	100
Объект 7	2	200	1280	100
Объект 8	10	1 000	1280	100
Объект 9	8	800	640	80
Объект 10	16	1 600	640	40
	20	1 800	640	36
Объект 11	16	1 600	1280	80
Объект 12	13	1 300	640	49
	21	2 100	640	30
Объект 13	18	1 800	640	36
Объект 14	4	400	640	100
Объект 15	20	2 000	640	32
Объект 16	12	1 200	640	53
Объект 17	20	2 000	640	32
Объект 18	4	400	640	100
Объект 19	2	200	640	100
Объект 20	10	1 000	640	100

### **3.5 Результаты практических исследований. (Вставить логи)**

В данном разделе дипломного проекта описан процесс настройки оборудования.

Выполнены следующие эксперименты:

- Просмотр текущей конфигурации;
- Изучение текущих настроек аутентификации, авторизации и учета для управления доступа пользователей к системе;
- Конфигурирование ONT GPON;

Результаты практических исследований представлены в Приложении Г.

## **4. Безопасность жизнедеятельности.**

### **4.1 Анализ условий труда при эксплуатации технологического оборудования.**

В соответствии с данным дипломным проектом рассматривается построение пассивной оптической сети по технологии GPON в г. Караганда. Целью предоставления современных услуг связи в бизнес центре г. Караганда является обеспечение персонала голосовой связью и услугами передачи данных.

Для работы с оборудованием требуется персонал в составе двух человек. Сотрудник, работающий с серверным оборудованием и оборудованием, состоящем в сети бизнес центра получает вредное дополнительное воздействие целой группы факторов, что в свою очередь влияет на снижение его производительности труда.

Факторы, оказывающие воздействие на производительность сотрудников технического персонала:

- высокий уровень шума;
- неправильная освещенность;
- наличие напряжения;
- нарушение микроклимата.

В качестве рассматриваемого помещения для анализа работы была выбрана серверная комната, расположенная на первом этаже Бизнес Центра, в стороне от источников электромагнитного излучения. Общая площадь помещения составляет 12 кв.м (3м x 4м), что соответствует требованиям, исходя из соотношений 14кв.м. на 10 рабочих зон. Высота потолка составляет 3 м. Дверной проем составляет в ширину 0,98 метров, а в высоту 2,15 метра. В помещении отсутствуют окна, так как это является дополнительным источником большого количества опасностей, таких как несанкционированное проникновение, солнечная радиация, усложняющая кондиционирование и многие другие. Система микроклимата способна поддерживать температурный режим в течение круглого года и рассчитана на непрерывную круглосуточную работу.

В серверной комнате имеются два рабочих места для временного пребывания сотрудников, отвечающих за работоспособность имеющегося оборудо-

дования. Рабочие места расположены у стены для возможности наблюдения мониторинга трафика данных. А также внутри комнаты находятся 3 серверных шкафа, размером по 42U каждый. Ниже представлен план помещения на Рисунке 4.1.

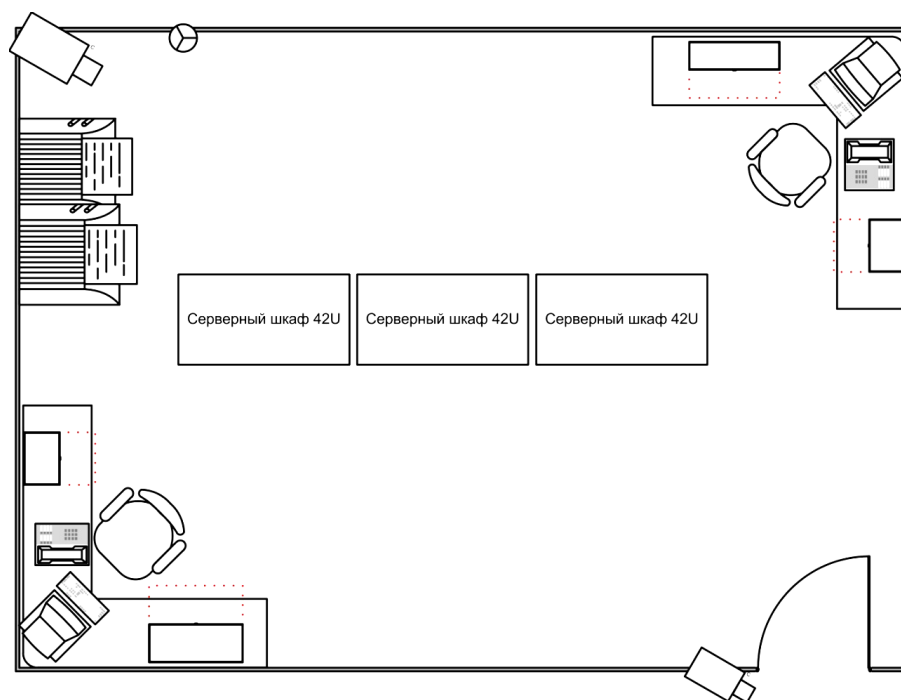


Рисунок 4.1 – План помещения серверной комнаты.

Негативными факторами при условии долгого пребывания в серверной комнате являются шум, тепловыделение и электромагнитное излучение. На основании данных факторов будет произведен расчет в пунктах 4.3 и 4.4.

#### **4.2 Анализ пожарной безопасности.**

В соответствии с СНиП 2.04.09-84 данное сооружение относится к I-ой группе категории D по степени опасности развития пожара. Основными причинами возникновения пожара могут стать:

- возгорание элементов аппаратуры;
- неисправность электрических составляющих оборудования и возгорание отделочных материалов;
- неправильное использование и эксплуатация оборудования сотрудниками технического отдела.

Во избежание возникновения чрезвычайных ситуаций на рабочем месте, которые могут повлечь за собой возгорание дорогостоящей аппаратуры и возникновение человеческих жертв и нарушение целостности помещения. В связи с этим, необходимо применять меры для выявления причин на ранней стадии. Основными источниками возникновения короткого замыкания могут быть электронные схемы, оборудование, которое применяется для технического обслуживания, оборудование для кондиционирования, устройства электропитания и многое другое. В результате неправильного использования или

нарушения правил техники безопасности, может возникать перегрев элементов и т.п.

Согласно требованиям правил пожарной безопасности помещение должно быть оборудовано углекислотными огнетушителями ОУ-5 из расчета на 100 кв.м. один огнетушитель. Исходя из общей площади помещения, которая составляет 12 кв.м. существует необходимость установки одного огнетушителя.

В качестве огнетушащего вещества применяется комбинированный углекислотно-хладоновый состав. Расчетная масса комбинированного углекислотно-хладонового состава  $m_d$ , кг, для объемного пожаротушения определяется по формуле:

$$m_d = K \cdot g_n \cdot V, \quad (4.1)$$

где  $K = 1,2$  – коэффициент компенсации не учитываемых потерь углекислотно-хладонового состава;

$g_n = 0,04$  – нормативная массовая концентрация углекислотно-хладонового состава;

$V$  – объем помещения,  $\text{м}^3$

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (4.2)$$

где  $a = 3$  м – длина помещения,

$b = 4$  м – ширина помещения,

$h = 3$  м – высота помещения.

$$V = 3 \cdot 4 \cdot 3 = 36 \text{ м}^3$$

Исходя из этого,  $m_d = 1,2 \cdot 0,04 \cdot 36 = 1,728$  кг

Расчетное число баллонов  $\xi$  определяется из расчета вместимости в 20-литровый баллон 12 кг углекислотно-хладонового состава. Определим внутренний диаметр магистрального трубопровода  $D_I$  (мм) по формуле:

$$D_I = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ мм}, \quad (4.3)$$

$$D_I = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ мм}$$

Эквивалентную длину магистрального трубопровода  $L_2$ , м, определим по формуле:

$$L_2 = K_1 \cdot l, \quad (4.4)$$

где  $K_1 = 1,2$  – коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитывающих местных потерь,

$l = 3\text{ м}$  – длина трубопровода по проекту тогда,

$$L_2 = 1,2 \cdot 3 = 3,6$$

Расход углекислотно-хладонового состава  $Q$ , кг/с, в зависимости от эквивалентной длины и диаметра трубопровода равна 1,6 кг/с. Расчетное время подачи углекислотно-хладонового состава  $t$  мин, определяется по формуле:

$$t = \frac{m_d}{60 \cdot Q} \quad (4.5)$$

$$t = \frac{1,728}{60 \cdot 1,6} = 0,018 \text{ мин}$$

Масса основного запаса углекислотно-хладонового состава  $m$ , кг, определяется по формуле:

$$m = 1,1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{K_2}{K}\right), \quad (4.6)$$

где  $K_2 = 0,2$  – коэффициент учитывающий остаток углекислотно-хладонового состава в баллонах и трубопроводах

$$m = 1,1 \cdot 1,728 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{1,2}\right) = 2,2176 \approx 3 \text{ кг}$$

#### **4.3 Микроклимат и воздушная среда рабочей зоны**

Микроклимат в производственных помещениях это условия среды внутри данных помещений, который определяется по нескольким факторам, влияющим на организм человека. Данными факторами являются: температура воздуха, температура окружающих поверхностей, относительная влажность, а также скорость движения воздуха.

В случае, если сотрудник находится на рабочем месте более 50% рабочего времени или в течение двух непрерывных часов, рабочее место считается постоянным. В случае несоблюдения установленных условий микроклимата, производительность труда может понизиться, а здоровье сотрудника подвергаться угрозе.

Микроклимат в серверной комнате соответствует оптимальным и допустимым параметрам. Согласно ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ «Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования», предусматривается 3 категории работ. Работу сотрудников технического отдела при работе в серверной

комнате можно отнести к первой категории. Первая категория – легкая физическая. (Таблица 4.1)

Таблица 4.1 – Категории работ по энергозатратам организма

Работа	Категория	Энергозатраты Организма Дж/с (ккал/ч)	Характеристика работы
Легкая физическая	I а	Менее 138 (менее 120)	Производится сидя и не требует физического напряжения.
	I б	138-172 (120-150)	Производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением.

После определения категории работы, требуется описать параметры микроклимата для оптимальных условий работы. (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	T, °C	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	I а	22-24	0,1
	I б	31-23	0,1
Теплый	I а	23-25	0,1
	I б	22-24	0,2

В любой из периодов года микроклиматические параметры в нашем помещении не превышают установленных допустимых значений: температура летнего периода + 23°C, температура зимнего периода +22°C, +24° C, относительная влажность воздуха – 60% при температуре ниже 36°C, скорость движения воздуха не превышает 0,1 м/с в любой период года.

Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года

Категория работы	Температура воздуха, °C	Относительная влаж- ность воздуха, %, не более	Скорость движе- ния воздуха, м/с, не более
I а	21-25/22-28	75/55 при 28°C	0,1/0,1-0,2

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 помещение по содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны можно соответствует 4 классу опасности. В таблице 4.4 представлены нормирование показателей для классов опасности. Таблица 4.4 – Нормирование показателей для класса опасности

Наименование	Норма для класса опасности
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Малоопасные, 4
	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/ж <sup>3</sup>	Более 50000

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Оптимальные и допустимые нормы микроклимата, в зависимости от категории работ», работу сотрудников, обслуживающих данное оборудование можно отнести к работе лёгкой тяжести (1а), так как работа с оборудованием ведется дистанционно за счет использования компьютеров. Обеспечение условий труда, соответствующих установленным требованиям и нормам является целью создания микроклимата на рабочем месте.

При работе с электронно-вычислительными машинами необходимо придерживаться определенных установленных условий, которые представлены ниже в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Нормальные условия

Условия	Холодный период	Теплый период
Оптимальная температура	22-24 С°	23-25 С°
Допустимая температура	18-26 С°	20-30 С°
Относительная влажность	40-60 %	40-60 %
Допустимая влажность	75%	55%
Относительная скорость движение воздуха	0,1 м/с	0,1 м/с
Допустимая скорость движение воздуха	0,1 м/с	0,1- 0,2 м/с.

#### 4.4 Система кондиционирования серверного помещения

Серверное помещение, в котором расположено оборудование, имеет следующие размеры:

Высота (h) – 3 м;

Ширина (b) – 3 м;

Длина (a) – 4 м;

Число людей (работников) – 2 человека;

Так как данное помещение относится к помещениям с тепловыделением, то необходимо произвести расчет воздухообмена на удаление избыточного тепла. Количество необходимого воздуха для удаления, рассчитаем по формуле:

$$L = \frac{Q_{изб}}{C \cdot \rho (T_B - T_H)}, \quad (4.7)$$

где  $Q_{изб}$  – количество теплоты в помещении;

$C$  – удельная теплоемкость воздуха ( $C = 0,279 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ );

$\rho$  – плотность воздуха ( $\rho = 1,204 \text{ кг/м}^3$ );

$T_B$  – температура выходящего воздуха ( $T_B = 28 ^\circ\text{C}$ );

$T_H$  – температура приточного воздуха ( $T_H = 19 ^\circ\text{C}$ );

Количество избытков тепла рассчитывается по формуле:

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_l + Q_{осв} + Q_p, \quad (4.8)$$

где  $Q_{об}$  – тепло, выделяемое оборудованием;

$$Q_{об} = P_{об} \cdot \eta, \quad (4.9)$$

где  $P_{об}$  – мощность оборудования, Вт;

$\eta$  – коэффициент перехода тепла в помещение;

$$Q_{об} = 883 \text{ Вт} \cdot 4,5 \cdot 0,8 = 3179 \text{ Вт}$$

$Q_l$  – тепловыделение от людей;

$$Q_l = n \cdot q, \quad (4.10)$$

где  $n$  – количество людей (работников);

$q$  – тепловыделение одного человека  $q \approx 80 \text{ Вт}$ ;

$$Q_l = 2 \cdot 80 = 160 \text{ Вт}$$

$Q_{осв}$  – тепло, выделяемое источниками искусственного освещения;

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \cos \varphi, \quad (4.11)$$

где  $P_{осв}$  – мощность осветительной установки (298 Вт);

$\alpha$  – КПД перевода электрической энергии в тепловую, для люминесцентных ламп,  $\alpha = 0,87$ ;

$\beta$  – КПД одновременности работы аппаратуры ( $\beta = 1$  – вся аппаратура работает);



$$\cos\varphi = 0,69$$

$$Q_{ocв} = 298 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,69 = 179 \text{ Вт}$$

$Q_p$  - тепло, вносимое солнечной радиацией. Данным параметром в расчетах мы можем пренебречь, так как в серверном помещении окна отсутствуют.

$$L = \frac{3179 + 160 + 179}{0,279 \cdot 1,204 \cdot (28 - 19)} = \frac{3518}{3,023} = 1164 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Определим кратность воздухообмена:

$$n = \frac{L}{V}, \quad (4.12)$$

где  $V$  – объем помещения;

$$V = a \cdot b \cdot h = 3 \cdot 4 \cdot 3 = 36 \text{ м}^3, \quad (4.13)$$

$$n = \frac{1164}{36} = 32$$

Исходя из расчетов, выбираем настенный кондиционер марки Gree серии Jade для установки в серверной комнате со следующими параметрами:

- Потребляемая мощность – 0,18 кВт;
- Мощность в режиме охлаждения – 0,61 кВт;
- Питание – 220В AC;
- Минимальный уровень шума – 37 дБ;
- Вес – 7 кг;
- Габариты: 260x160x800 мм;
- Имеется возможность регулировки температурного режима в соответствии с требованиями производственного микроклимата.

#### **4.5 Выводы по разделу «Безопасность жизнедеятельности»**

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был произведен анализ условий труда в серверной комнате. Описано серверное помещение, с указанием всех размеров и типами имеющегося оборудования. Рассмотрены и выявлены негативные факторы, способные незначительно, но отражаться на здоровье работников. Определена и обозначена категория работ (легкая -1А). Исходя из полученных результатов, уровень условий труда находится в допустимых пределах. Также, для обеспечения функционирования системы автоматического пожаротушения в соответствии с установленными нормами, в данном помещении потребуется 1 баллон углекислотно-хладонового состава

вместимостью 20 литров, с массой смеси 3 кг. Помимо смеси для пожаротушения, в помещении имеется автоматическая установка газового пожаротушения для автоматического старта в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83. Произведены расчеты системы кондиционирования в серверном помещении. По результатам расчетов было выбрано соответствующее оборудование марки Gree серии Jade для установки в серверной комнате для возможности регулирования температурного режима.

## **5. Экономическая часть**

### **5.1 Резюме**

Бизнес план данного дипломного проекта подтверждает рентабельность запуска проекта по построению сети оператора для предоставления услуг голосовой связи и передачи данных в г. Караганде. Реализация данного проекта позволит пользователям иметь доступ в глобальную сеть Интернет и пользоваться услугами телефонной связи по самой современной технологии с высокими скоростями передачи информации, а также по более низким тарифам, что позволяет оператору удовлетворить все потребности абонентов. Запуск проекта дает оператору возможность получения дополнительной прибыли по мере роста абонентской базы, а также ее расширения. Согласно проведенным расчетам срок окупаемости данного проекта составляет 6 лет, что удовлетворяет условию:  $\text{Срок окупаемости} < \text{Срок дисконтирования}$  ( $6 \text{ лет} < 11 \text{ лет}$ ). А значит, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным.

### **5.2 Характеристика предприятия и стратегия развития**

Задачами оператора связи на сегодняшний день являются: предоставление высококачественных услуг потребителям, построение высокоскоростных систем передачи данных, модернизация имеющегося оборудования, предоставление технической поддержки и оказание консультационных услуг, а также продажа цифрового контента потребителям.

Реализация данного проекта способствует расширению и удержанию абонентской базы на современном телекоммуникационном рынке, а также приведет к увеличению доходов от потребителей. Удовлетворение существующего и прогнозируемого спроса на услуги телекоммуникаций в районах, где отсутствуют сети телекоммуникаций;

### **5.3 Описание предоставляемых услуг**

Компания специализируется на предоставлении ряда услуг, таких как: стандартная телефония, IP телефония, интернет для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, VPN услуги и многое другое. Все виды услуг предоставляются по самой современной технологии GPON с гарантированным качеством обслуживания и высокой скоростью передачи.

Стандартная телефония представляет из себя телефонную связь, основанную на технологии с коммутацией каналов с выделенной физической линией для каждого сеанса. Где каждый канал связи представляет собой одно физическое соединение, по которому в режиме реального времени передается речь без задержек и искажений.

IP телефония – это связь организуемая посредством интернет соединения. Данное решение является не только современным, но и надежным для организации доступа к местной, междугородной и международной телефонии. А также позволяет с минимальными затратами и в короткие сроки получить весь предоставляемый функционал.

Благодаря использованию виртуальных частных сетей (VPN) компании имеют возможность организовать передачу данных между своими филиалами в защищенном режиме. Наиболее часто пользуются данными услугами такие компании, которым достаточно важна конфиденциальность передаваемых данных. К таким организациям относятся: банковские структуры, операторы недвижимости, страховые и финансовые компании, различные сети продажи и дистрибуции товаров и услуг и многие другие.

#### **5.4 Анализ рынка сбыта. Стратегия маркетинга**

В п.5.3 были определены сегменты предоставляемых услуг. В данном пункте рассматривается стоимость за предоставление полного перечня возможных услуг. Ниже в таблицах (5.1-5.4) представлены прайс-листы на все виды услуг.

Таблицы 5.1(а,б,в) – Тарифы и услуги на «Традиционную телефонию»

Таблица 5.1(а) – Подключение к Услугам для физических лиц, ИП

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Услуга «Телефония/SIP-телефония»	5 040
Услуга «Интернет+Телефония»	6 160
Перенос телефонной линии в пределах здания	3 360
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.1(б) – Стоимость подключения для Юридических лиц и Корпоративных клиентов

Наименование услуги	SIP телефон/стационарный телефон Стоимость, тенге с НДС*
Услуга «Телефония/ SIPтелефония»	7 280
Услуга «Интернет+Телефония»	14 560
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.1(в) – Ежемесячная абонентская плата

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Телефония стандартная и SIP	1 109
Разговоры внутри города с абонентами других городских станций	Бесплатно!

*Продолжение таблицы 5.1(в)*

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Разговоры между абонентами внутри сети между городами Астана, Алматы, Караганда, Костанай	Бесплатно!
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблицы 5.2(а,б,в) – Тарифы и услуги на «IP телефонию»

Таблица 5.2(а) – Подключение к Услугам для физических лиц, ИП

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Услуга «Телефония/SIP-телефония»	5 040
Услуга «Интернет+Телефония»	6 160
Перенос телефонной линии в пределах здания	3 360
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.2(б) – Стоимость подключения для Юридических лиц, Корпоративных клиентов

Наименование услуги	SIP телефон/стационарный телефон Стоимость, тенге с НДС*
Услуга «Телефония/ SIPтелефония»	7 280
Услуга «Интернет+Телефония»	14 560
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.2(в) – Ежемесячная абонентская плата

Наименование услуги (ежемесячная стоимость)	Стоимость, тенге с НДС*
Телефония стандартная и SIP	1 109
Разговоры между абонентами внутри сети между городами Астана, Алматы, Караганда, Костанай	Бесплатно!
Разговоры внутри города с абонентами других городских станций	Бесплатно!
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.3 – Тарифы за услуги «VPN»

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Подключение виртуального канала передачи данных (одна точка подключения)	27 429
Ежемесячные платежи	
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 512 кбит/с	5 028
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 1024 кбит/с	8 389
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 2048 кбит/с	10 629

*Продолжение таблицы 5.3*

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 3072 кбит/с	18 469
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 4096 кбит/с	31 909
Абонентская плата за канал передачи данных на скорости 5120 кбит/с	41 989
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблицы 5.4(а-е) – Тарифы на «услуги Интернета»

Таблица 5.4(а)

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Подключение услуги Интернет	9000
Переход от стороннего оператора	3500
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.4(б) – Пакетное подключение для Юридических лиц

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Подключение услуги Интернет+Телефония	11000
Переход от стороннего оператора	5000
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.4(в)

Наименование тарифного плана	Стоимость, тенге с НДС*	Скорость доступа на внутренние ресурсы KZ	Скорость доступа, Мбит/с	Объем входящего предоплаченного трафика, Гбайт	Снижение скорости после достижения порога входящего трафика
Business 1	9900	до 20 Мбит/с	до 20 Мбит/с	Безлимитно	Безлимитно
Business 2	28000	до 30 Мбит/с	до 30 Мбит/с	Безлимитно	Безлимитно
Business 3	36000	до 40 Мбит/с	до 40 Мбит/с	Безлимитно	Безлимитно
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.					

Таблица 5.4(г) – Тарифные планы Интернет для Юридических лиц, Корпоративных клиентов

Наименование услуги	SIP/стационарный телефон Стоимость, тенге с НДС*
Подключение услуги Интернет	5500
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.4(д) – Пакетное подключение для Юридических лиц, Корпоративных клиентов

Наименование услуги	Стоимость, тенге с НДС*
Подключение услуги Интернет+Телефония	11000
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.	

Таблица 5.4(е)

Наименование тарифного плана	Стоимость, тенге с НДС*	Скорость доступа на внутренние ресурсы KZ	Скорость доступа, Мбит/с	Объем входящего предоплаченного трафика, Гбайт
Corporate 1	45000	до 50 Мбит/с	до 50 Мбит/с	Unlimited
Corporate 2	64000	до 70 Мбит/с	до 70 Мбит/с	Unlimited
Corporate 3	100 000	до 100 Мбит/с	до 100 Мбит/с	40 Гб
Corporate 4	150000	до 100 Мбит/с	до 100 Мбит/с	Unlimited
Примечание - стоимость указана с учетом поправочного коэффициента.				

## 5.5 Производственный план

Для расчета капитальных затрат составим смету на приобретение оборудования на основе приема – сдаточной ведомости на оборудование фирмы «Eltex». Сводка цен на приобретение оборудования приведена в Таблицах 5.5 и 5.6 на 20.05.2016, взята с прайс-листа ТОО «ЭлтексАлатау».

Таблица 5.5 – Стоимость активного оборудования фирмы «Eltex» для проектирования сети

Наименование оборудования	Обозначение	Стоимость за ед., тенге	Кол-во, шт	Общая стоимость, тенге
Каркас коммутационного блока OLT MA4000-PX	MA4000-PX	56 492	1	56 492
Ethernet-коммутатор PP4X, 4 порта 10/100/1000Base-T, 4 порта 10G Base-R (SFP+), L2+	PP4X	250 758	1	250 758
Модуль оптического доступа OLT-GPON, 8 портов SFP-xPON, RSSI	PLC8	662 455	3	1 987 365
SFP xPON 2,5 GE модуль, 1 волокно, class C+HP	SFP-xPON (C+HP)	52 834	24	1 268 016
SFP+ 10GE модуль 20 км, 1 волокно, комплект 1270/1330 nm, LC, DDM	SFP+ 10GE	78 585	1	78 585
Ethernet-коммутатор MES2124, 24 порта 10/100/1000 Base-T, 4 порта 10/100/1000 Base-T/1000Base-X (SFP), L2, 220V AC	MES2124_AC	65 840	22	1 448 480
VoIP-шлюз TAU-16.IP: 16xFXS, 3xRJ45-10/100/1000, SIP/H.323, 1U, AC 220V	TAU-16.IP-AC-S	152 203	16	2 435 248
VoIP-шлюз TAU-24.IP: 24xFXS, 3xRJ45-10/100/1000, SIP/H.323, 1U, AC 220V	TAU-24.IP-AC-S	171 168	31	5 306 208

*Продолжение таблицы 5.5*

Наименование оборудования	Обозначение	Стоимость за ед., тенге	Кол-во, шт	Общая стоимость, тенге
NSP-100 SFP	SFP ONU	19 800	22	435 600
Итого				13 266 752

Таблица 5.6 – Сводка цен на приобретение пассивного оборудования для проектирования сети

Наименование оборудования	Ед. измерения	Стоимость за ед., тенге	Кол-во, шт	Общая стоимость, тенге
Кабель КС-ОКЛ-П-4-G.652.D-CF-2,7-2901	км.	689 534	7	4 826 738
Кабель волоконно- оптический ИКСЛ-М4П-А8-2,5	км.	129 000	2,3	296 700
Кабель волоконно- оптический ИКСЛ-М4П-А24-2,5	км.	212 426	1	212 426
Кабель волоконно- оптический ИКСЛ-М4П-А32-2,5	км.	219 000	2,931	641 889
Кабель волоконно- оптический ИКСЛ-М6П-А64-2,5	км.	558 000	0,2	111 600
Кабель волоконно- оптический ИКСЛ-М8П-А96-2,5	км.	765 000	0,74	566 100
БК-550-31-3U/1,5	шт	7 000	28	196 000
муфта оптическая проходная STC-HTSC-102 (48 F)	шт	14 900	40	596 000
оптический сплиттер PLC 1:2 SC/APC -1m	шт	4 800	10	48 000
оптический сплиттер PLC 1:4, 1260/1650 SC/APC -1m	шт	6 500	20	130 000
Кассета для муфты на 24 волокна	шт	7 567	23	174 041
Итого				7 799 494

Общая стоимость оборудования для проектируемой сети составит:

$$K_{об} = K_{об1} + K_{об2} \quad (5.1)$$

$$K_{об} = 13\,266\,752 + 7\,799\,494 = 21\,066\,246 \text{ тг.}$$

- Капитальные затраты состоят из следующих составляющих:
- Стоимость оборудования и его монтажа (стоимость монтажа 10% от стоимости оборудования);
- Транспортных расходов (5% от стоимости оборудования);

Общие капитальные затраты составляют:

$$K_{итог} = K_{об} + K_{об} * 0,1 + K_{об} * 0,05 \quad (5.2)$$

$$K_{итог} = 21\,066\,246 + 21\,066\,246 * 0,1 + 21\,066\,246 * 0,05 = 24\,226\,183 \text{ тг.}$$

## 5.6 Организационный план

В данном разделе будет произведен расчет затрат на создание и поддержание рабочих мест, а также затраты на обеспечение сотрудников, обслуживающих оборудование, заработной платой и прочие расходы.

Как уже было определено в п.5.5, капитальные затраты ( $K_{\text{итог}}$ ) составляют 24 226 183 тенге.

Эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = \text{ФОТ} + O_c + \mathcal{E}_\text{эл} + A_0 + \text{Пр}_{\text{адм}}, \quad (5.3)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

$O_c$  – социальные отчисления;

$A_0$  – амортизационные отчисления;

$\mathcal{E}_\text{эл}$  – затраты на электроэнергию;

$\text{Пр}_{\text{адм}}$  – прочие административные и управленческие расходы (с учетом аренды сети провайдера).

Таблица 5.7 – Расчет численности сотрудников и ФОТ [26]

Список персонала	Численность персонала	Оклад (за 1 месяц), тенге на одного сотрудника	Оклад (за 1 год), тенге на одного сотрудника	Оклад (за 1 год), тенге на всех сотрудников
Инженер по обслуживанию оборудования	1	60 000	720 000	720 000
Рабочий	2	60 000	720 000	1 440 000
Итого				2 160 000

Социальные отчисления, 11% от ФОТ (ст. 358 п. 1 НК РК) [27]:

$$O_c = (\text{ФОТ} - P_\text{ф}) \cdot 0,11, \quad (5.4)$$

где  $P_\text{ф}$  – пенсионный фонд, который является 10% от ФОТ. [28]

$$O_c = (2\,160\,000 - 2\,160\,000 \cdot 0,1) \cdot 0,11 = 213\,840 \text{ тг.}$$

Затраты на электроэнергию будут рассчитаны по формуле:

$$\mathcal{E}_\text{эл} = N \cdot t \cdot Q, \quad (5.5)$$

где  $N = 833 \text{ Вт}$  – мощность оборудования;

$t = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ ч}$  – количество часов работы оборудования.



При двузонной системе учета:  
 дневная ставка тарифа (с 7-00 до 23-00) составляет 24,21 тенге за 1 кВтч;  
 ночная ставка тарифа (с 23-00 до 7-00) составляет 6,65 тенге за 1 кВтч; [29]

$Q = 15,81 \text{ тг}$  – цена 1 киловатта в час электроэнергии,

$$\text{Эл} = 0,833 \cdot 8760 \cdot 15,81 = 115\,366 \text{ тг.}$$

Амортизационные отчисления устанавливаются в соответствии с едиными нормами, которые являются определённым процентом от основного фонда, и рассчитывающиеся по формуле:

$$A_0 = \frac{\Phi \cdot H_A}{100 \%}, \quad (5.6)$$

где  $\Phi$  – балансовая стоимость основных фондов;

$H_A$  – норма амортизационных отчислений (15%).

Амортизация для оборудования, при построении сети:

$$A_{0.об} = H_A \cdot C_0;$$

$$A_{0.об} = 0,15 \cdot 21\,066\,246 = 3\,159\,937 \text{ тг.}$$

Прочие административные расходы могут составлять до 5% от общей стоимости оборудования, закупаемого для проекта:

$$\text{Пр}_{\text{АДМ}} = 0,05 \cdot C_0;$$

$$\text{Пр}_{\text{АДМ}} = 0,05 \cdot 21\,066\,246 = 1\,053\,312 \text{ тг.}$$

$$\text{Пр}_{\text{АДМ}} = 1\,053\,312 \text{ тг.}$$

После определения всех значений, можно приступить к просчету эксплуатационных расходов, а также составлению таблицы для более наглядного представления расходов в качестве диаграммы.

$$\text{Э} = 2\,160\,000 + 213\,840 + 115\,366 + 3\,159\,937 + 1\,053\,312 = 6\,702\,455 \text{ тг.}$$

Таблица 5.8 – Расходы на эксплуатацию сети и их процентное соотношение

Наименование расходов	Стоимость, тенге	Удельный вес, %
ФОТ	2 160 000	32,2
Социальные отчисления	213 840	3,2
Затраты на электроэнергию	115 366	1,7
Амортизационные отчисления	3 159 937	47,1

Продолжение таблицы 5.8

Наименование расходов	Стоимость, тенге	Удельный вес, %
Прочие административные и управленческие расходы	1 053 312	15,7
Эксплуатационные расходы	6 702 455	100

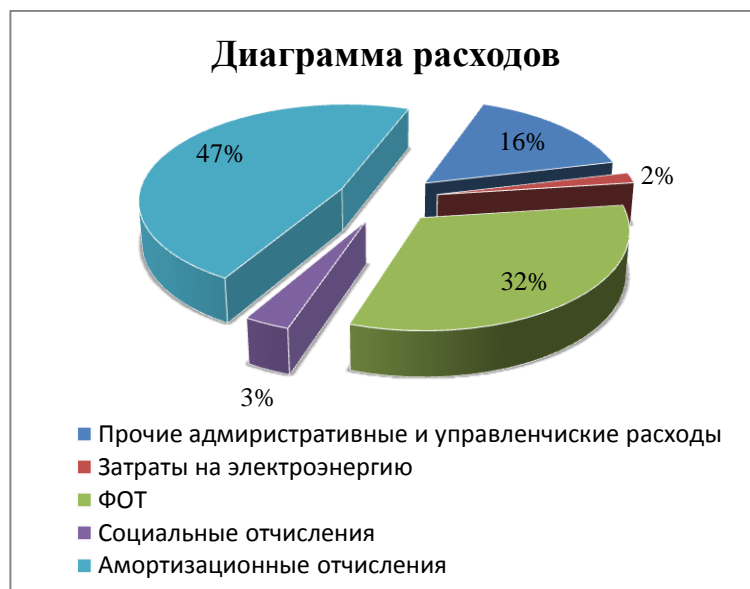


Рисунок 5.1 – Диаграмма расходов

### 5.7 Прогнозирование финансово-хозяйственной деятельности

В данном разделе будет составлен план получения средств для расширения и модернизации компании, возможности получения прибыли и участия в других проектах. Оценивать доходы необходимо по следующим критериям:

- доходы от подключения абонентов к телефонной сети;
- доходы от подключения абонентов к сети передачи данных (интернет);
- доходы от подключения абонентов к услугам телефонии и передачи данных;
- доходы от абонентской платы;

Тарифная сетка за услуги оператора представлена в п.5.4 в таблицах 5.1-5.4.

Абонентскую базу оператора на первое время будут составлять только юридические лица. Абонентская база складывается следующим образом:

Таблица 5.9 – Абонентская база

Подключаемые услуги	Количество возможных абонентов
Планируемая абонентская база через 2 года после запуска проекта	3 000
Имеющаяся абонентская база на начало запуска проекта	1048

В связи с тем, что заранее невозможно определить какое количество абонентов подключатся и какой тарифный план выберут для себя подключаемые абоненты, можно предположить, что для юридических лиц требуется более высокое качество предоставляемых услуг и на больших скоростях. Следовательно, предположим, что:

- 76 % потребителей являются пользователями телефонной связи ( 796 абонентов);
- 16 % подключений – это подключения к сети доступа ( 168 абонентов);
- 8% абонентов пользуются двумя услугами одновременно ( 84 абонентов);

В качестве базового тарифа, выберем тариф из п.5,4.

Таблица 5.10 – Базовые тарифы на предоставление услуг

Наименование услуги	Стоимость
Услуга «Интернет+Телефония»	14 560
Услуга «Телефония/ SIPтелефония»	7 280
Подключение услуги Интернет	5500

Следовательно, доходы оператора складываются следующим образом:

$$D_{\text{общ}} = D_{\text{инт+тел}} + D_{\text{инт}} + D_{\text{тел}}, \quad (5.7)$$

где  $D_{\text{общ}}$  – общие доходы оператора;

$D_{\text{инт+тел}}$  – доходы от предоставления услуг телефонии и интернета;

$D_{\text{инт}}$  – доходы от предоставления услуг интернета;

$D_{\text{тел}}$  – доходы от предоставления услуг телефонии;

Определим тарифные доходы, получаемые от абонентов, согласно процентному соотношению использования услуг:

$$D_{\text{инт+тел}} = 84 * 14\,560 = 1\,223\,040 \text{ тг/мес}$$

$$D_{\text{инт}} = 168 * 5\,500 = 924\,000 \text{ тг/мес}$$

$$D_{\text{тел}} = 800 * 7\,280 = 5\,794\,880 \text{ тг/мес}$$

$$D_{\text{общ}} = 1\,223\,040 + 924\,000 + 5\,794\,880 = 7\,941\,920 \text{ тг/мес.}$$

*Расчет экономической эффективности*

Прибыль – это валовый доход за вычетом суммы эксплуатационных затрат.

$$\text{Пр} = D_{\text{в}} - \Sigma \text{Эз}, \quad (5.8)$$

где  $D_{\text{в}} = 7\,941\,920 \text{ тг/мес}$ , а  $\Sigma \text{Эз} = 6\,702\,455 \text{ тг/мес}$ .

$$\text{Пр} = 7\,941\,920 - 6\,702\,455 = 1\,239\,465 \text{ тг/мес.}$$

Экономическая эффективность показывает, какую часть денежных средств ежегодно возвращает оператор от суммы вложенных средств.

Для расчета срока окупаемости необходимо знать величину рентабельности.

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{ЧИСТ}} &= \Pi \cdot 80\% : \\ \Pi_{\text{ЧИСТ}} &= 1\,239\,465 \cdot 0,8 = 991\,572 \text{ тг.} \end{aligned} \quad (5.9)$$

Фонд накопления (ФН) состоит из 70% от прибыли:

$$\text{ФН} = \Pi_{\text{ЧИСТ}} \cdot 70\% , \quad (5.10)$$

$$\text{ФН} = 991\,572 \cdot 0,7 = 694\,100 \text{ тг.}$$

Ожидаемое чистое денежное поступление:

$$\text{ОЧДП} = \text{ФН} + A_0 , \quad (5.11)$$

где  $A_0$  – Амортизационные отчисления

$$\text{ОЧДП} = 694\,100 + 3\,159\,937 = 3\,854\,037 \text{ тг.}$$

### 5.7.1 Показатели эффективности проекта

Просчитаем показатели эффективности с учетом подключения 1 000 абонентов ежегодно. Расчет коэффициента дисконтирования сделаем по формуле:

$$\alpha_n = \frac{1}{(1+E)^n}, \quad (5.12)$$

где  $\alpha_t$  – коэффициент дисконтирования;

$E$  – норма дисконта (0,20);

$n$  – номер шага расчета (т.к. срок окупаемости 6 лет, то  $n = 5$ ).

$$\alpha_n = \frac{1}{(1 + 0,20)^1} = 0,8$$

Общая накопительная величина дисконтированных доходов рассчитывается по формуле:

$$PV = \frac{\text{ЧП}}{(1+E)^t}, \quad (5.13)$$

где  $\text{ЧП} = \text{Пр} - 0,2\text{Пр}$  – налог на прибыль (20%);

$t$  – год.

$$PV_1 = \frac{3\,854\,037}{(1+0,20)^1} = 3\,211\,698 \text{ тг};$$

$$PV_2 = \frac{3\,854\,037*2}{(1+0,20)^2} = 5\,352\,829 \text{ тг};$$

$$PV_3 = \frac{3\,854\,037*3}{(1+0,20)^3} = 6\,691\,036 \text{ тг};$$

$$PV_4 = \frac{3\,854\,037*4}{(1+0,20)^4} = 7\,434\,485 \text{ тг};$$

$$PV_5 = \frac{3\,854\,037*5}{(1+0,20)^5} = 7\,744\,255 \text{ тг};$$

Общая формула расчета показателя DPP имеет вид:

$$DPP = t + \frac{K - (PV_1 + PV_2 + \dots + PV_t)}{PV_{t+1}}, \quad (5.14)$$

В нашем случае показатель DPP будет иметь значения при  $t = 1$ , т.е. формула станет:

$$\begin{aligned} DPP &= 5 + \frac{K - (PV_1 + PV_2 + PV_3 + PV_4)}{PV_5} = \\ &= 5 + \frac{24\,226\,183 - (3\,211\,698 + 5\,352\,829 + 6\,691\,036 + \\ &\quad + 7\,434\,485)}{7\,744\,255} = 5 \text{ лет} \end{aligned}$$

### 5.7.2 Срок окупаемости проекта

Срок окупаемости – это период времени за который происходит покрытие вложенных денежных средств (капитальных вложений), инвестированных на запуск проекта.

Экономический эффект:

$$T_{OK} = \frac{K_{ИТОГ}}{\PhiН + A_0}, \quad (5.15)$$

$$T_{OK} = \frac{24\,226\,183}{694\,100 + 3\,159\,937} = 6 \text{ лет}$$

## **5.8 Выводы по разделу «Экономика»**

В разделе «Экономика » была определена стоимость оборудования и итоговые затраты, в том числе определены амортизационные отчисления, затраты на электроэнергию и эксплуатационные затраты. Произведены расчеты для определения срока окупаемости проекта, показатели эффективности проекта. Таким образом, при условии инвестирования средств на запуск проекта для организации голосовой связи и передачи данных, включающие в себя подключение 35% от общей абонентской базы на первом этапе подключения и увеличение абонентской базы с каждым годом на 1000 абонентов, данные вложения окупятся через 6 лет.

## **Заключение**

В данном дипломном проекте была проведена работа по проектированию сети оператора связи для возможности подключения абонентов к услугам голосовой связи и передачи данных. В качестве основного города для проведения расчетов был выбран г. Караганда, по причине наиболее разветвленной топологии сети, а также самой большой имеющейся абонентской базой. Были произведены расчеты количества задействованных стационарных и абонентских портов, рассчитано затухание в линии связи от станции до самого удаленного абонента. Затухание в линии не превышает допустимого значения в 31 дБм.

С точки зрения безопасности жизнедеятельности был проведен анализ условий труда и выполнены расчеты системы кондиционирования серверного помещения и подобран соответствующий кондиционер, отвечающим всем требованиям.

С экономической стороны доказана рентабельность запуска проекта. Разработан бизнес план проектируемой сети. Срок окупаемости проекта обусловлен большими первоначальными вложениями на построение сети.

Для проведения расчетов и графического оформления схем в дипломной работе были использованы средства программ Microsoft Excel и Microsoft Visio.

## Перечень сокращений

APON – ATM PON  
BPON – Broadband PON  
DBA – Dynamic Bandwidth Allocation  
EFMA – Ethernet in the First Mile Alliance  
FSAN – Full service access network  
FTTB – Fiber to the Building  
FTTC – Fiber to the Curb  
FTTD – Fiber to the desktop  
FTTdp – Fiber to the Distribution Point  
FTTH – Fiber to the Home  
FTTK – Fiber to the kerb  
FTTN – Fiber to the Node  
FTTP – Fiber to the premises  
FTTS – Fiber to the Subscriber  
FTTx – Fiber to the x  
GEM – GTC Encapsulation Method  
GEAPON – Gigabit Ethernet PON  
ITU-T – International Telecommunication Union  
LACP – Link Aggregation Control Protocol  
LAN – Local Area Network  
LMSC – LAN/MAN Standards Committee  
MAN – Metropolitan area network  
MSTP – Multiple Spanning Tree Protocol  
OAM – Operations Administration and Maintenance  
ONT – Optical Network Terminal  
ONU – Optical Network Unit  
P2MP – Point-to-multipoint  
PON – Passive Optical Network  
QoS – Quality of Service  
RSTP – Rapid Spanning Tree Protocol  
TLV – type-length-value  
VLAN – Virtual Local Area Network  
ВЛ – Воздушные линии  
ВОЛП – Волоконно-оптическая линия передачи  
КЛ – Кабельные линии  
ЛС – Линии связи  
ОР – Оптические разветвители  
ОРК-Сп – Оптическая распредел. коробка в составе со сплиттером  
ОРИП – Оптический распределительный шкаф



## Список используемой литературы

- 1 Михеева Е., Агафонов М., Доклад по волоконной оптике // URL: <http://fan-5.ru/entry/work-57644.php> (дата обращения 15.03.16)
- 2 Методика построения xPON сетей // URL: <http://foxes-com.ru/articles/xpon-m/tekhnologii-postroeniya-xpon> (дата обращения 18.03.16)
- 3 Технология GPON // URL: <http://omega-mikro.net/index.php/home/39-tehno/52-tehno> (дата обращения 12.03.16)
- 4 Распределительная сеть доступа PON //URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/412111> (дата обращения 21.04.16)
- 5 Журнал «Сети и системы связи» № 9, сентябрь 2008 // URL: [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Fiber\\_to\\_the\\_x#FTTB](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x#FTTB) (дата обращения 15.04.16)
- 6 Проектирование сети PON // URL: [http://biblio\\_fond.ru/view.aspx?id=803662](http://biblio_fond.ru/view.aspx?id=803662)
- 7 Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р., Телеком Транспорт // все о пассивных оптических сетях //URL: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2004/08/40806.html>
- 8 Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. //Топология пассивных оптических сетей // URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/telecom2004/part2/topology.shtml> (дата обращения 23.03.16)
- 9 Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. //Топология пассивных оптических сетей // URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/telecom2004/part2/topology.shtml> (дата обращения 12.04.16)
- 10 Разработка проекта сети доступа по технологии GPON микрорайона №5 г.Минусинска // URL: [http://knowledge.allbest.ru/radio/3c0b65625a3bc78b5c43a88521216d26\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/radio/3c0b65625a3bc78b5c43a88521216d26_0.html) (дата обращения 22.05.16)
- 11 Основные топологии оптических сетей доступа // URL: <http://www.generallytech.ru/gentecs-308-1.html> (дата обращения 03.05.16)
- 12 Основные топологии оптических сетей доступа // URL: <http://www.generallytech.ru/gentecs-308-1.html> (дата обращения 05.05.16)
- 13 Основные топологии оптических сетей доступа // URL: <http://www.generallytech.ru/gentecs-308-1.html> (дата обращения 31.05.16)
- 14 Основные топологии оптических сетей доступа // URL: <http://www.generallytech.ru/gentecs-308-1.html> (дата обращения 13.05.16)
- 15 Волоконно-оптические системы передачи и кабели. Справочник. под ред. Гроднева И.И., Мурадяна А.Г., Шарафутдинова Р.М. и др., М., Радио и связь, 1993// URL: <http://alpha.vimcom.ru/vimcomfo/theory/optic.htm> (дата обращения 30.04.16)
- 16 Волоконно оптическая линия передачи // URL: <http://www.ssktb.ru/volokonno-opticheskaya-liniya-peredachi>
- 17 Организация сети абонентского доступа на базе технологии FTTH в г.Кызылорда // URL: [http://www.aipet.kz/student/diplom/2014/frts/aes/aes\\_ru/59.pdf](http://www.aipet.kz/student/diplom/2014/frts/aes/aes_ru/59.pdf)
- 18 Указания по строительству сетей ШПД по технологии GPON в ОАО «Ростелеком», 2013.

- 19 Указания по строительству сетей ШПД по технологии GPON в ОАО «Ростелеком», 2013.
- 20 Указания по строительству сетей ШПД по технологии GPON в ОАО «Ростелеком», 2013.
- 21 Надежность и резервирование в Gpon // URL: <http://www.generallytech.ru/gentecs-309-1.html>
- 22 Проектирование сети PON // URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=803662> (дата обращения 30.05.16)
- 23 MA4000 Gpon OLT //URL: <http://eltexcm.ru/catalog/oborudovanie-xpon/gpon/MA4000-PX.html> (дата обращения 30.05.16)
- 24 MES 2124 // URL: <http://eltex-msk.ru/catalog/ethernet/ethernet-kommutatoryi-dostupa/mes2124.html>
- 25 IP шлюзы TAU // URL: <http://www.oc.ru/katalog/voice/TAU32/> (дата обращения 16.04.16)
- 26 Организация технической эксплуатации линейных сооружений сетей PON // URL: [http://studopedia.ru/9\\_224629\\_organizatsiya-tehnicheskoy-ekspluatatsii-lineynih-sooruzheniy-setey-PON.html](http://studopedia.ru/9_224629_organizatsiya-tehnicheskoy-ekspluatatsii-lineynih-sooruzheniy-setey-PON.html) (дата обращения 17.05.16)
- 27 Внесенные изменения в систему оплаты труда // URL: <http://www.inform.kz/rus/article/2851514> (дата обращения 23.05.16)
- 28 Изменение правил пенсионных отчислений // URL: <http://www.inform.kz/kaz/article/2776082> (дата обращения 15.05.16)
- 29 Тарифы на электроэнергию в Караганде // URL: <http://www.caravan.kz/gazeta/tarify-na-ehlektroehnergiyu-v-karagande-pereraschet-ili-novye-iski-83566/> (дата обращения 13.05.16)

## Приложение А



Рисунок А1 – Схема существующей кабельной канализации

## Приложение Б

### Общая схема сплиттирования

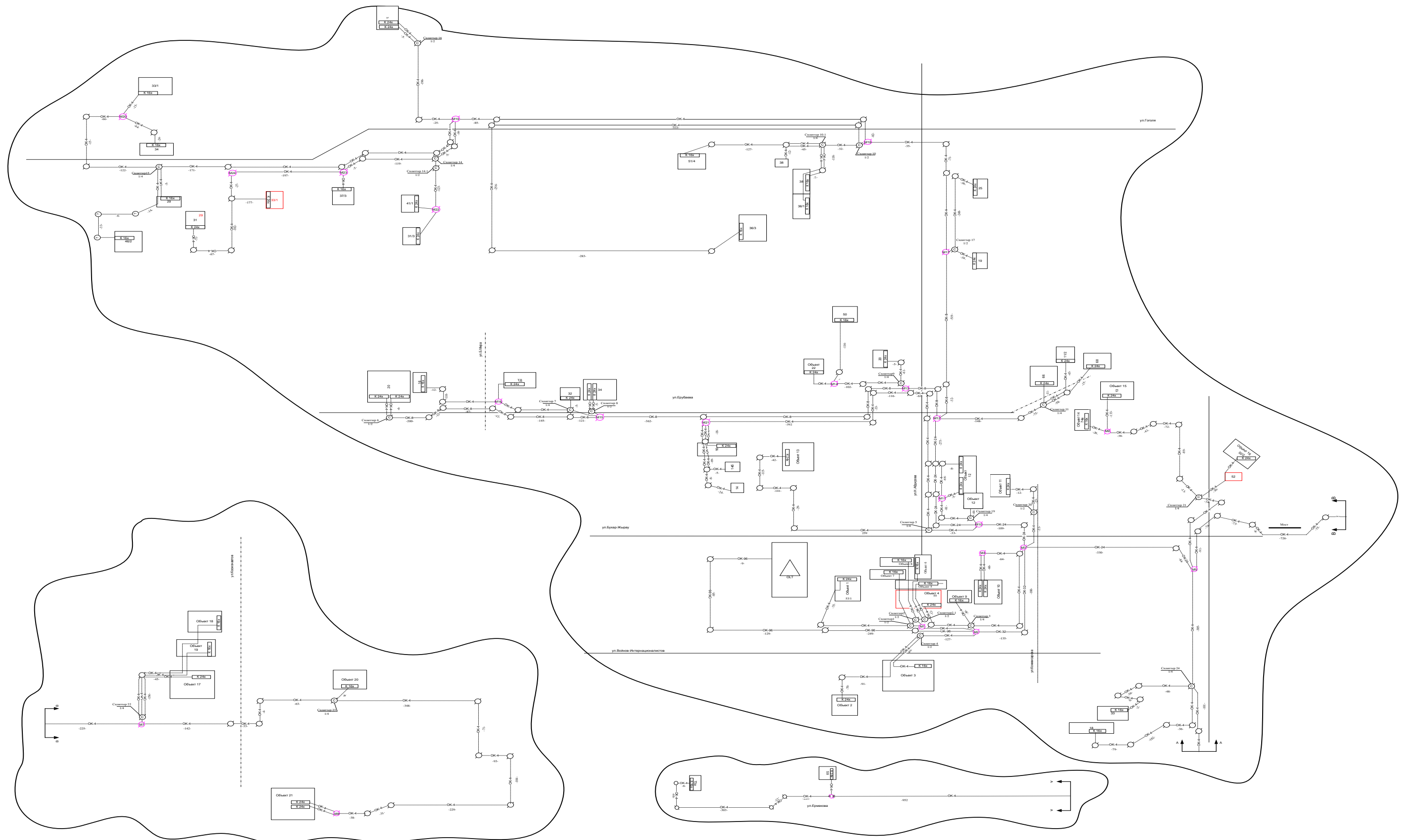
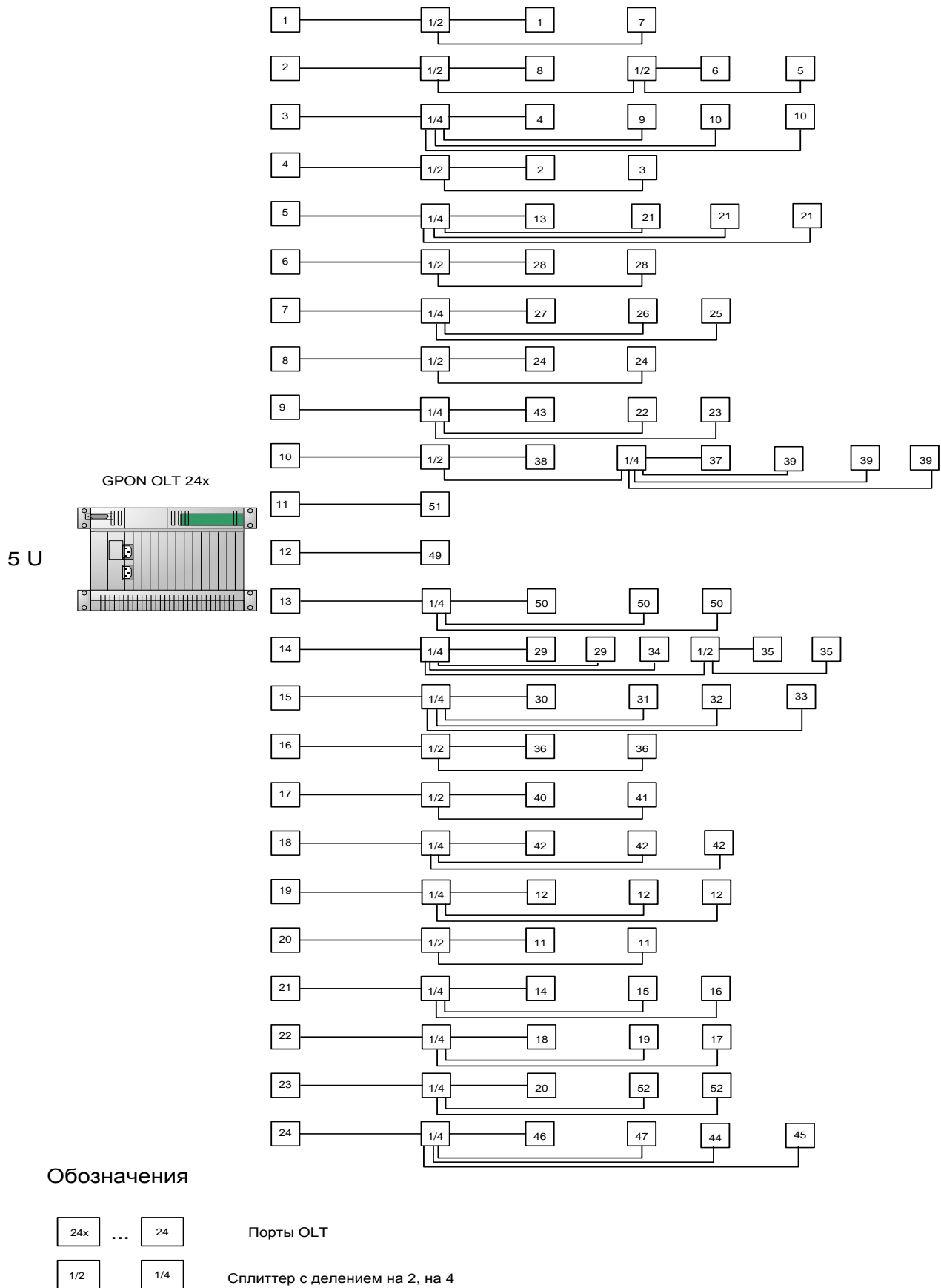


Рисунок Б1 – Схема сплиттирования, распределения оптических кабелей и разварки волокон в планируемых муфтах

# **Приложение В** **Схема сплиттирования**



**Рисунок В1 – Схема сплиттирования**

## Приложение Г

### Результаты практических исследований

#### *Просмотр текущей конфигураций системы*

```
ma4000# show running-config
configure terminal
hostname ma4000
clock timezone hours 06 minutes 00
management ip 10.1.4.2 255.255.252.0
management gateway 10.1.4.1
management vlan 100
ip sntp poll-period 1000
ip sntp server 10.1.4.201
ip sntp client
slot 0 type plc8
slot 1 type plc8
slot 2 type plc8
slot 3 type plc8
slot 4 type plc8
slot 5 type plc8
slot 6 type plc8
slot 7 type plc8
slot 8 type plc8
slot 9 type plc8
slot 10 type plc8
slot 11 type plc8
slot 12 type plc8
slot 13 type plc8
slot 14 type plc8
slot 15 type plc8
interface front-port 1/1
    pvid 101
exit
vlan 1
    forbidden front-port 1/0
    forbidden front-port 1/1
    forbidden front-port 1/2
    forbidden front-port 1/3
    forbidden front-port 1/4
    forbidden front-port 1/5
    forbidden front-port 2/0
    forbidden front-port 2/1
    forbidden front-port 2/2
    forbidden front-port 2/3
    forbidden front-port 2/4
```

```
    forbidden front-port 2/5
exit
vlan 7
    name VLAN0007
    tagged front-port 1/0
    tagged front-port 1/1
    tagged front-port 1/2
    tagged front-port 1/3
    tagged front-port 1/4
    tagged front-port 1/5
    tagged front-port 2/0
    tagged front-port 2/1
    tagged front-port 2/2
    tagged front-port 2/3
    tagged front-port 2/4
    tagged front-port 2/5
    tagged slot-channel 0
    tagged slot-channel 1
    tagged slot-channel 2
    tagged slot-channel 3
    tagged slot-channel 4
    tagged slot-channel 5
    tagged slot-channel 6
    tagged slot-channel 7
    tagged slot-channel 8
    tagged slot-channel 9
    tagged slot-channel 10
    tagged slot-channel 11
    tagged slot-channel 12
    tagged slot-channel 13
    tagged slot-channel 14
    tagged slot-channel 15
exit
```

```
vlan 100
    name management
    tagged front-port 1/0
    tagged front-port 1/1
    tagged front-port 1/2
    tagged front-port 1/3
    tagged front-port 1/4
    tagged front-port 1/5
    tagged front-port 2/0
    tagged front-port 2/1
    tagged front-port 2/2
    tagged front-port 2/3
```

```
tagged front-port 2/4
tagged front-port 2/5
tagged slot-channel 0
tagged slot-channel 1
tagged slot-channel 2
tagged slot-channel 3
tagged slot-channel 4
tagged slot-channel 5
tagged slot-channel 6
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
tagged slot-channel 13
tagged slot-channel 14
tagged slot-channel 15
exit
vlan 101
name VLAN0101
tagged front-port 1/0
tagged front-port 1/2
tagged front-port 1/3
tagged front-port 1/4
tagged front-port 1/5
tagged front-port 2/0
tagged front-port 2/1
tagged front-port 2/2
tagged front-port 2/3
tagged front-port 2/4
tagged front-port 2/5
tagged slot-channel 0
tagged slot-channel 1
tagged slot-channel 2
tagged slot-channel 3
tagged slot-channel 4
tagged slot-channel 5
tagged slot-channel 6
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
```



```
    tagged slot-channel 13
    tagged slot-channel 14
    tagged slot-channel 15
    untagged front-port 1/1
exit
vlan 200
    name internet
    tagged front-port 1/0
    tagged front-port 1/1
    tagged front-port 1/2
    tagged front-port 1/3
    tagged front-port 1/4
    tagged front-port 1/5
    tagged slot-channel 0
    tagged slot-channel 1
    tagged slot-channel 2
    tagged slot-channel 3
    tagged slot-channel 4
    tagged slot-channel 5
    tagged slot-channel 6
    tagged slot-channel 7
    tagged slot-channel 8
    tagged slot-channel 9
    tagged slot-channel 10
    tagged slot-channel 11
    tagged slot-channel 12
    tagged slot-channel 13
    tagged slot-channel 14
    tagged slot-channel 15
exit
vlan 300
    name voip
    tagged front-port 1/0
    tagged front-port 1/1
    tagged front-port 1/2
    tagged front-port 1/3
    tagged front-port 1/4
    tagged front-port 1/5
    tagged slot-channel 0
    tagged slot-channel 1
    tagged slot-channel 2
    tagged slot-channel 3
    tagged slot-channel 4
    tagged slot-channel 5
    tagged slot-channel 6
```

```
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
tagged slot-channel 13
tagged slot-channel 14
tagged slot-channel 15
exit
vlan 400
  name VLAN0400
  tagged front-port 1/0
  tagged front-port 1/1
  tagged front-port 1/2
  tagged front-port 1/3
  tagged front-port 1/4
  tagged front-port 1/5
  tagged front-port 2/0
  tagged front-port 2/1
  tagged front-port 2/2
  tagged front-port 2/3
  tagged front-port 2/4
  tagged front-port 2/5
  tagged slot-channel 0
  tagged slot-channel 1
  tagged slot-channel 2
  tagged slot-channel 3
  tagged slot-channel 4
  tagged slot-channel 5
  tagged slot-channel 6
  tagged slot-channel 7
  tagged slot-channel 8
  tagged slot-channel 9
  tagged slot-channel 10
  tagged slot-channel 11
  tagged slot-channel 12
  tagged slot-channel 13
  tagged slot-channel 14
  tagged slot-channel 15
exit
vlan 500
  name VLAN0500
  tagged front-port 1/0
  tagged front-port 1/1
```

```
tagged front-port 1/2
tagged front-port 1/3
tagged front-port 1/4
tagged front-port 1/5
tagged front-port 2/0
tagged front-port 2/1
tagged front-port 2/2
tagged front-port 2/3
tagged front-port 2/4
tagged front-port 2/5
tagged slot-channel 0
tagged slot-channel 1
tagged slot-channel 2
tagged slot-channel 3
tagged slot-channel 4
tagged slot-channel 5
tagged slot-channel 6
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
tagged slot-channel 13
tagged slot-channel 14
tagged slot-channel 15
exit
vlan 1010
name VLAN1010
tagged front-port 1/0
tagged front-port 1/1
tagged front-port 1/2
tagged front-port 1/3
tagged front-port 1/4
tagged front-port 1/5
tagged front-port 2/0
tagged front-port 2/1
tagged front-port 2/2
tagged front-port 2/3
tagged front-port 2/4
tagged front-port 2/5
tagged slot-channel 0
tagged slot-channel 1
tagged slot-channel 2
tagged slot-channel 3
```

```
tagged slot-channel 4
tagged slot-channel 5
tagged slot-channel 6
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
tagged slot-channel 13
tagged slot-channel 14
tagged slot-channel 15
exit
vlan 4094
name acs
tagged slot-channel 0
tagged slot-channel 1
tagged slot-channel 2
tagged slot-channel 3
tagged slot-channel 4
tagged slot-channel 5
tagged slot-channel 6
tagged slot-channel 7
tagged slot-channel 8
tagged slot-channel 9
tagged slot-channel 10
tagged slot-channel 11
tagged slot-channel 12
tagged slot-channel 13
tagged slot-channel 14
tagged slot-channel 15
exit
```

*Текущие настройки аутентификации, авторизации и учета для управления доступом пользователями к системе*

```
aaa authentication enable default local
gpon olt authentication "serial"
gpon olt model "3"
```

*В режиме PROFILE cross-connect выполняется настройка параметров VLAN операций GEM-порта для передачи трафика от/к ONT.*

```
profile cross-connect "acs"
outer vid "100"
```

```
type "management"
exit
profile cross-connect "p100"
outer vid "100"
user vid "100"
exit
profile cross-connect "p300"
outer vid "300"
user vid "300"
exit
profile cross-connect "p400"
outer vid "400"
user vid "400"
exit
profile cross-connect "p500"
outer vid "500"
user vid "500"
exit
profile cross-connect "p7"
outer vid "7"
user vid "7"
exit
profile cross-connect "p1010"
outer vid "1010"
user vid "1010"
exit
profile cross-connect "sfp100"
bridge
bridge group "50"
outer vid "100"
user vid "100"
exit
profile cross-connect "sfp200"
bridge
bridge group "50"
outer vid "200"
user vid "200"
exit
profile cross-connect "sfp300"
bridge
bridge group "50"
outer vid "300"
user vid "300"
exit
profile cross-connect "p101"
```

```
outer vid "101"  
type "management"  
exit
```

*В режиме PROFILE DBA выполняется настройка параметров DBA для GEM-порта, передающего трафик от ONT.*

```
profile dba "dba-01"  
exit
```

*В режиме PROFILE PORTS выполняется настройка параметров и режимов работы ETHERNET/VEIP портов ONT, параметров передачи multicast-трафика.*

```
profile ports "NTP"  
exit  
profile ports "SFP"  
port 0 bridge group "50"  
exit
```

*В режиме PROFILE MANAGEMENT выполняется настройка IP-параметров интерфейса управления ONT (для работы клиента TR-069).*

```
profile management "TR069"  
url "http://10.1.5.20:9595"  
username "acs"  
password "acsacs"  
exit  
profile management "ACS2"  
url "http://10.1.2.3:9595"  
username "acs"  
password "acsacs"  
exit
```

*Конфигурирование ONT GPON.*

```
interface ont 0/0/1  
serial "ELTX1A00B911"  
service 0 profile cross-connect "p100"  
service 0 profile dba "dba-00"  
service 1 profile cross-connect "p200"  
service 1 profile dba "dba-00"  
service 2 profile cross-connect "p300"  
service 2 profile dba "dba-00"  
service 3 profile cross-connect "p500"
```

```

service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "p101"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/2
serial "ELTX1A01ABC6"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "p101"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/3
serial "ELTX1A01EFF5"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p7"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "p101"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/4
serial "ELTX1A01C140"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p101"

```

```
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/5
serial "ELTX1A01881C"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p101"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/6
serial "ELTX1A01A327"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p101"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/0/7
serial "ELTX1A01AC7F"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p101"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/1/1
serial "ELTX1A017186"
```



```
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p400"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "p101"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/1/2
serial "ELTX1A01E888"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "acs"
service 2 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 0/2/2
serial "30303146A4942DAE"
service 0 profile cross-connect "sfp100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "sfp200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "sfp300"
service 2 profile dba "dba-00"
profile ports "SFP"
exit
interface ont 0/2/3
serial "30303146A4942D5A"
service 0 profile cross-connect "sfp100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "sfp200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "sfp300"
service 2 profile dba "dba-00"
profile ports "SFP"
exit
interface ont 0/4/1
```

```

serial "ELTX1A000322"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p101"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "ACS2"
exit
interface ont 0/4/2
serial "ELTX1A017654"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 0/4/3
serial "ELTX1A010110"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 1/0/1
serial "ELTX1A002CCD"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p500"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"

```

```

service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/0/1
serial "ELTX1A0196BF"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p1010"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-01"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/0/2
serial "ELTX1A01EFFA"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p400"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/1/1
serial "ELTX1A00EC27"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"

```

```
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/1/2
serial "ELTX1A016765"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/1/3
serial "ELTX1A01ABC7"
service 0 profile cross-connect "p200"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p300"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p400"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/1/4
serial "ELTX1A01764B"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
```

```

interface ont 2/2/1
serial "ELTX1A00C82B"
service 0 profile cross-connect "p200"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p300"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p400"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/2/2
serial "ELTX1A010C6C"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/2/3
serial "ELTX1A00F81E"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/2/4
serial "ELTX1A010A56"

```

```

service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/3/1
serial "ELTX1A01BA16"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/3/2
serial "ELTX1A01010E"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "acs"
service 3 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/4/1
serial "ELTX1A00C872"
service 0 profile cross-connect "p200"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p300"
service 1 profile dba "dba-00"

```

```
service 2 profile cross-connect "p400"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
interface ont 2/5/1
serial "ELTX1A01E897"
service 0 profile cross-connect "p100"
service 0 profile dba "dba-00"
service 1 profile cross-connect "p200"
service 1 profile dba "dba-00"
service 2 profile cross-connect "p300"
service 2 profile dba "dba-00"
service 3 profile cross-connect "p500"
service 3 profile dba "dba-00"
service 4 profile cross-connect "acs"
service 4 profile dba "dba-00"
profile ports "NTP"
profile management "TR069"
exit
mirror rx interface plc-pon-port 2/2
mirror tx interface plc-pon-port 2/2
exit
ma4000#
```