

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка проекта телекоммуникационной сети доступа для микрорайона Самал г. Тараз

Специальность 5B071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Выполнил (а) Мамышев Е.Ж. МТСу-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Артюхин А.В. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Бабич А.А.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« 29 » _____ 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С. Е.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« 29 » _____ 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

ст. препод. Сейсенова Д.О.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« 04 » _____ 06 2014 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. препод. Кондратович А.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« 4 » _____ 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент:

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Заочного обучения и переподготовки специалистов
Специальность 5В071900«Радиотехника, электроника и телекоммуникации»
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Мамышев Ерлан Жолшибекович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Разработка проекта телекоммуникационной сети
доступа для микрорайона Самал г. Тараз

утверждена приказом ректора № от « » сентября 20 г.

Срок сдачи законченной работы « » 20 г.

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

Коэффициент затухания волокна 0,25 дБ

Рабочая длина волны 1,49 мкм

Количество подключаемых абонентов 720

Скорость передачи данных 10 Мбит/с

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или
краткое содержание дипломного проекта:

Выбор топологии сети доступа, возможной трассы и схемы прокладки
оптического кабеля

Анализ различных топологий сети

Расчет количества потенциальных абонентов

Выбор оборудования для сети доступа

Выбор оптического кабеля. Определение суммарного затухания на
участке

Общие рекомендации по строительству ВОЛС

Бизнес-план

Безопасность жизнедеятельности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

_____ Трасса прокладки магистрального оптического кабеля _____
 _____ Схема распределения кабеля по зданию _____
 _____ Схема организации сети доступа _____
 _____ Концентратор EPON UT Starcom BBS 4000 _____
 _____ Абонентский терминал Fox Gate ONU 104 _____
 _____ Характеристика магистрального кабеля марки КС-ОКЛ _____

Рекомендуемая основная литература

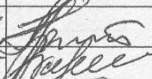
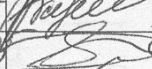

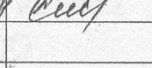
_____ Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. – 246 с. _____

_____ Гитин В.Я., Кочановский Л.Н. Волоконно-оптические системы передачи: Учеб. пособие. – СПб.: СПб ГУТ, 1996. – 156 с. _____

_____ Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Статья «Всё о пассивных оптических сетях (PON)», к.ф.-м.н. Телеком Транспорт. Журнал «СЮ» № 26, 2005. - С. 48-52. _____

_____ Башилов Г.А. Статья «Пассивные оптические сети: возможности и перспективы». Журнал «СЮ» № 12, 2004. - С. 24-32. _____

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Техническая часть	Артюхин А.В.	07.04 - 31.05.14	
Экономическая часть	Бабич А.А.	29.04 - 29.05	
Безопасность жизнед.	Мананбаева С. Е.	29.04 - 29.05	
Вычислительная техн.	Сейсенова Д.О.	26.05 - 04.06.14	

ПОДГОТОВКИ дипломного проекта

[illegible]

Дата выдачи задания «01» апрель 2014 г.

Заведующий кафедрой: _____ Шагиахметов Д.Р.
(подпись) (Фамилия и инициаль)

Руководитель _____ Артюхин А.В. _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Мамышев Е.Ж.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобаның тақырыбы Тараз қаласының «Самал» ықшам ауданының.

Телекоммуникациялық байланыс жүйесінің қолжетімділігін арттырып, жобаны өңдеу болып табылады. Бұл жобада топологиялық байланыс жүйесіне рұқсат алудың амалдары, беріліс технологиялары, бейтарап жүйеге жауапты талаптарының талғамдары зерттелген. Құрылыстарды ұйымдастырудың, талшықты оптикалық кабельдің салынудың және олардың телекоммуникациялық байланыс жүйесіне қол жеткізуінің негізгі мәселелері қарастырылды.

Жасалынаты жұмыс орнының барлық жағдайы жасалып, мысалы салқындатқыш жүйелері, қоршаған ортаның қауіпсіздігі сияқты іс-шараларға сараптама жасалды. Қабылдау жүйелеріне экономикалық мақсатта өлшеулер жүргізілді.

Аннотация

Темой дипломного проекта является разработка проекта телекоммуникационной сети доступа для микрорайона «Самал» города Тараза.

В данном проекте осуществлен выбор топологии сети доступа, технологии передачи, типа волоконного оптического кабеля и необходимого оборудования, отвечающего всему перечню требований к пассивной сети. Рассмотрены основные вопросы по организации строительства телекоммуникационной сети доступа и вопросы прокладки волоконно-оптического кабеля.

Осуществлен анализ и разработаны мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности, эргономики на рабочем месте и системы кондиционирования. Приведен расчет экономической целесообразности внедрения сети доступа.

Abstract

The theme of the degree project is the development of the project of telecommunication network access for micro-district «Samal» the city of Taraz.

In this project made the choice of topology network access, technology transfer, type of fiber optic cable and the necessary equipment that meets all the requirements for a passive network. The basic issues on organization of construction of a telecommunication network access and the issues of installation of fiber-optic cable.

The analysis and developed measures to ensure the safety, ergonomics in the workplace and air conditioning systems. The calculation of economic expediency of introduction of the access network

Содержание

	Введение	7
1	Выбор топологии сети доступа, возможной трассы и схемы прокладки оптического кабеля	9
1.1	Обзор существующих оптических сетей	9
1.2	Анализ различных топологий сети	10
1.3	Выбор топологии сети	14
1.4	Требования к предоставляемым услугам	16
1.5	Выбор трассы прокладки оптического кабеля	17
1.6	План-схема организации сети доступа в микрорайоне «Самал»	18
1.7	Технология подключения абонентов к сети доступа	19
1.8	Расчёт ёмкости сети доступа	24
2	Выбор типа оптического кабеля	27
2.1	Анализ существующих кабелей	28
2.2	Характеристики оптических кабелей	28
3	Выбор оборудования для сети доступа	34
3.1	Выбор аппаратуры	34
3.2	Описание аппаратуры	34
4	Расчёт бюджета мощности	51
4.1	Анализ причин затухание сигнала	51
4.2	Расчёты затухания	53
4.3	Расчёт затухания для максимально отдалённого здания	54
4.4	Расчет апертуры	55
4.5	Основной энергетический расчет системы	60
4.6	Расчет надежности сети доступа	63
5	Безопасность жизнедеятельности	66
5.1	Организационно – технические мероприятия по обеспечению оптимальных условий работы операторов	66
5.2	Организация рабочего места оператора	66
5.3	Расчёт системы кондиционирования	68
5.4	Выводы по разделу	73
6	Бизнес план проекта строительства телекоммуникационной сети доступа для микрорайона «Самал» г. Тараза	74
6.1	Резюме	74
6.2	Анализ рынка сбыта. Изучение рынка услуг	74
6.3	Финансовый план	75
6.4	Выводы по разделу	83
	Заключение	84
	Список литературы	85
	Приложение А	86

Введение

В настоящее время в Казахстане наблюдается активный процесс развития телекоммуникационной отрасли. На этапе эволюции рыночных отношений в экономике Казахстана телекоммуникационные системы оказались предметом внимания среди предпринимателей и инвесторов, обеспечивая сравнительно высокую доходность.

Последние годы происходит непрерывный процесс модернизации сети телекоммуникаций в Казахстане. Основное внимание и интерес уделяется волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС). Согласно данным Концепции Правительства Республики Казахстан от 4 декабря 2001 года № 1564 реализованы планы по строительству и вводу в эксплуатацию Транс-Азиатско-Европейской волоконной оптической линии связи (ТАЕ), протяженностью по территории Республики Казахстан около 1751 км, Северная волоконная оптическая линия связи г. Петропавловск – г. Корниловка в Российской Федерации, общей протяженностью около 138 км; сдана в эксплуатацию Западная волоконная оптическая линия связи г. Шымкент – г. Кызылорда – г. Актобе – г. Атырау – с. Ганюшкино общей протяженностью около 2529 км. В 2007 году завершилась стыковка сети АО «Kaz Trans Com» на участке Атырау-Астрахань по наземным волоконно-оптическим линиям с международными операторами связи (Лондон и Европа). В 2007 году ВОЛС были соединены Актобе и Уральск. В 2009 году АО «Казахтелеком» завершило строительство ВОЛС по маршруту г. Петропавловск – с. Булаево на границе с Российской Федерацией.

Таким образом, очевидно, что в Казахстане происходит тенденция развития строительства ВОЛС [1].

Растущие запросы пользователей телекоммуникационных услуг (прежде всего касательно передачи данных) и стремительное развитие новых сервисов приводят к необходимости опережающего развития инфраструктуры операторов. Существовавшие ранее сети уже не отвечают требованиям времени. Современная инфраструктура телекоммуникационной компании должна не только обеспечивать текущие потребности клиентов, но и их будущие потребности, в противном случае быстро меняющийся мир связи потребует постоянной масштабной перестройки сетей.

Основные операторы по всему миру, в том числе и в Казахстане, сейчас ведут строительство волоконно-оптических линий связи, которые соответствуют указанным требованиям. В Казахстане особое внимание обращает на себя проект компании АО «Казахтелеком». Оператор, обладающий крупнейшей сетью в стране, осуществляет ее полную перестройку. Речь идет о проекте национального масштаба по строительству сети ФТТН (оптическое волокно до дома), что будет оказывать существенное влияние на облик телекоммуникационной инфраструктуры страны.

В рамках дипломной работы и в соответствии с заданием на дипломную работу целью работы является - разработать проект телекоммуникационной сети доступа с использованием волоконно-оптической линии связи для микрорайона «Самал» г. Тараза. Эта сеть должна обеспечить население микрорайона следующими телекоммуникационными услугами - интернет, телевидение и телефония, и дать возможность быстрого перехода к мультисервисным сетям связи. Проектируемая сеть доступа будет в основном загружена интернетом и кабельным цифровым телевидением. Для передачи голоса потребуется скорость — 64 кбит/с, интернет предполагается передавать со скоростью до 10 Мбит/с, а предоставление услуг кабельного телевидения с качеством HD – 8 Мбит/с.

Для достижения цели работы необходимо поставить перед собой и выполнить следующие задачи:

- 1) Выбрать топологию, тип сети доступа и возможную оптимальную трассу прокладки кабеля;
- 2) Провести анализ существующих волоконных оптических кабелей (ВОК) в Казахстане и выбрать наиболее подходящий тип;
- 3) Выполнить расчёт проектируемой ёмкости будущей сети, рассчитать пропускную способность сети доступа и разработать схему организации сети;
- 4) Выполнить анализ современного сетевого оборудования и на основании расчетов выбрать соответствующий тип;
- 5) Рассчитать экономическую целесообразность и сделать вывод.

1 Выбор топологии сети доступа, возможной трассы и схемы прокладки оптического кабеля

1.1 Обзор существующих оптических сетей

В данной главе будут рассмотрены вопросы различных вариантов существующих сетей доступа и используемые топологии, все это необходимо для понимания процессов функционирования проектируемой сети, назначения и иерархии основных элементов.

Оптические сети можно разделить на два класса – активные и пассивные. Между узлом доступа и оконечным пользовательским оборудованием активной сети имеется какое-либо активное оборудование (например, регенератор или коммутатор). В пассивной сети активное оборудование отсутствует, то есть сеть состоит только из пассивных компонентов. Зачастую применяют необходимые виды пассивных элементов - волоконно-оптические соединители, разветвители и мультиплексоры WDM.

Часто за место названия «пассивная оптическая сеть» применяется аббревиатура PON (Passive Optical Network). Принцип действия сети PON изображен на рисунке 1.1.1. Активное оборудование в центральном пункте или в точке доступа называется оптическим линейным терминалом (Optical Line Terminal - OLT), а оборудование на абонентском узле – оптическим сетевым устройством (Optical Network Unit - ONU). Услуги передачи данных, обычно предоставляемые сетями PON – это интернет, телевидение и телефония.

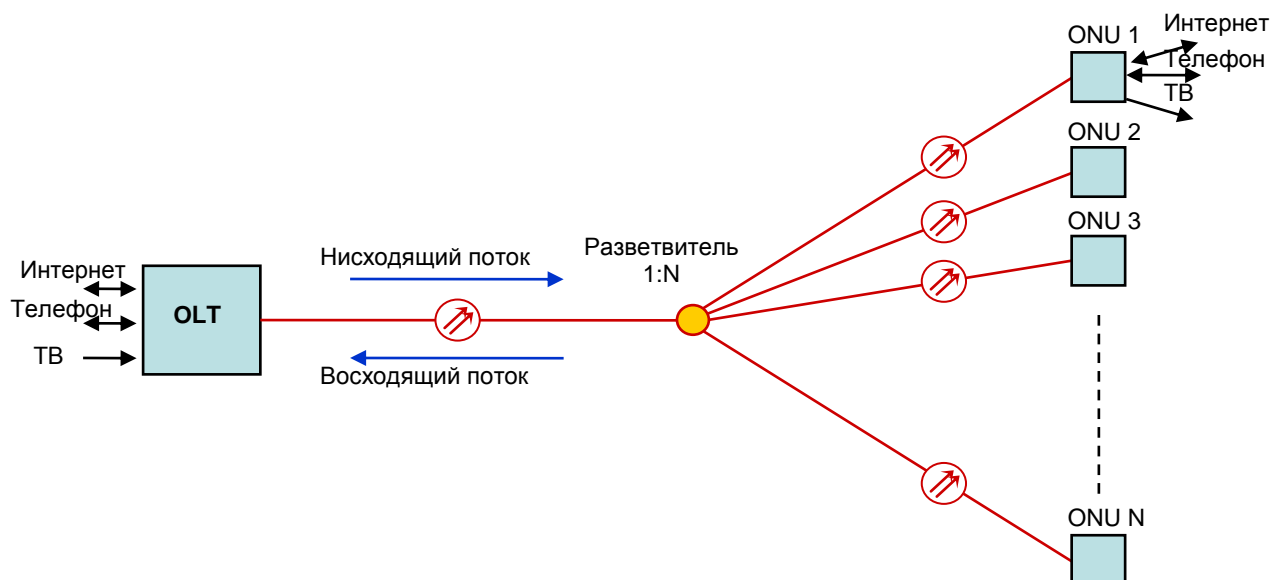


Рисунок 1.1.1 – Принцип построения структуры сети PON

Архитектура сети PON — подразумевает применение одного приемо-передающего модуля в OLT для передачи информации большому количеству абонентских устройств ONU и соответственно приема информации от них. Количество абонентских точек доступа, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT, будет зависеть от характеристик приемопередающей аппаратуры [2]. Для передачи потока данных от OLT к ONU — прямого (восходящего) потока, в основном, используется длина волны 1550 нм. Соответственно, потоки информации от других абонентских точек доступа в центральный узел, вместе образуя обратный (нисходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и ONU используют мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.

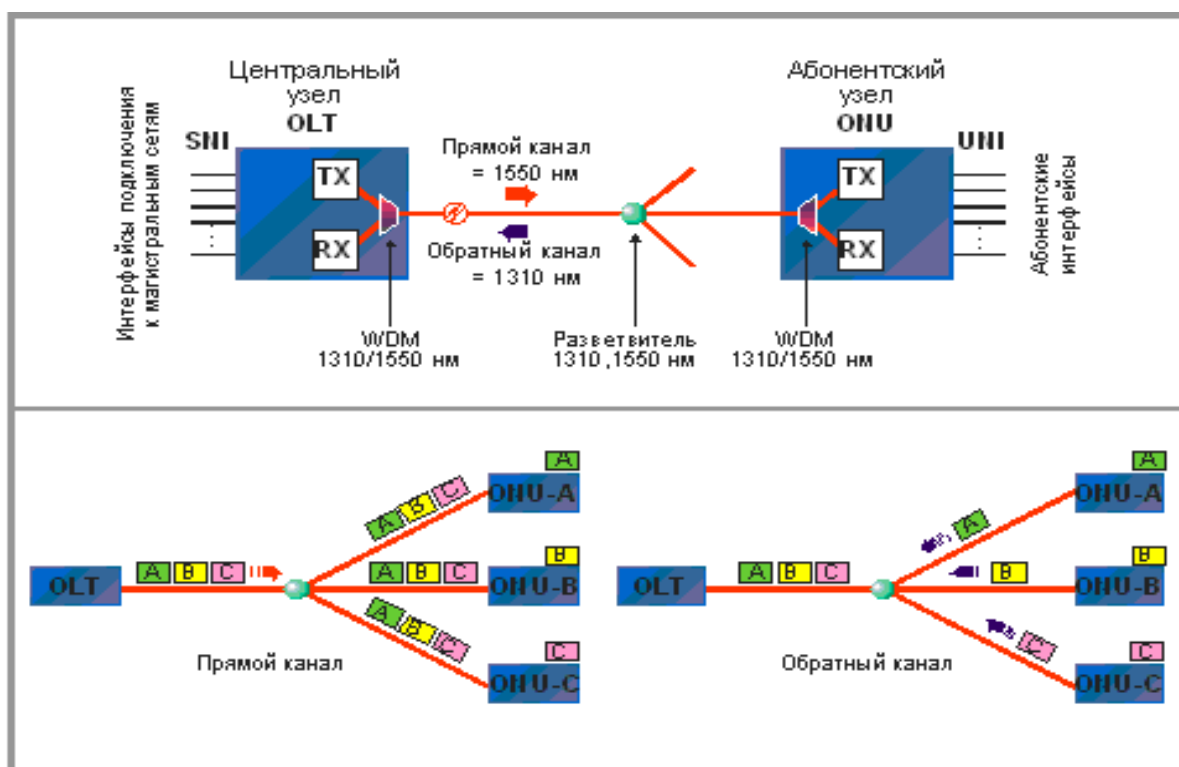


Рисунок 1.1.2 – Архитектура и принцип функционирования PON

В направлении нисходящего потока все, передаваемые оборудованием OLT кадры Ethernet, принимаются каждым ONU в сети. Оборудование ONU распознает кадры, адресованные пользователям, которых оно обслуживает, и направляет их соответствующему оконечному оборудованию (или локальной сети). Кадры Ethernet, передаваемые в сети EPON, аналогичны стандартным кадрам Gigabit Ethernet за исключением первых восьми байт, которые специфичны для сети EPON.

В направлении восходящего потока оборудование ONU может передавать кадры только в течение выделенного ему периода времени (time slot). Такое управление трафиком используется во всех пассивных оптических сетях из-за топологии точка-многоточка.

Тип сети PON обозначается дополнительной буквой перед аббревиатурой PON. Наиболее распространенными сетями PON являются:

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

BPON (Broadband PON – широкополосная пассивная оптическая сеть),

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

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

1.2 Анализ различных топологий сети

Существуют четыре топологии оптических сетей доступа: точка-точка, кольцо, дерево с активными узлами, дерево с пассивными оптическими элементами. Рассмотрим их.

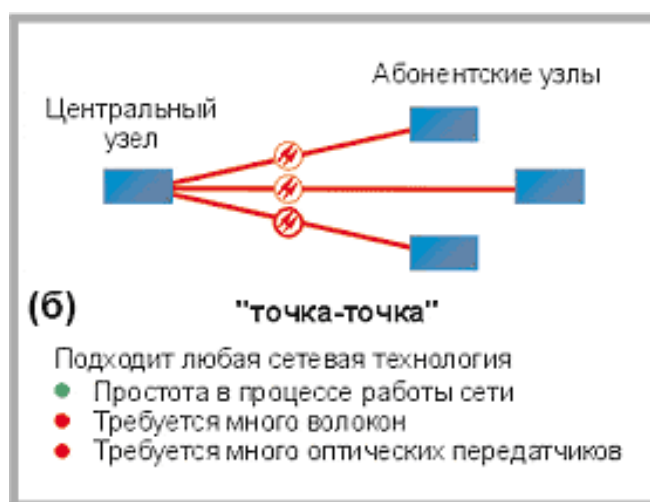


Рисунок 1.2.1 – Топология точка-точка (P2P)

На рисунке 1.2.1 представлена самая простая архитектура. Главный недостаток вызван низкой эффективностью использования кабельных систем. Необходимо проложить отдельный ВОК из центрального узла в каждое помещение или к каждому абоненту. Эта топология может быть осуществлена тогда, когда абонентский узел, к которому прокладывается выделенная кабельная линия, может использовать эти линии рентабельно.

Топология P2P не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию. P2P может быть реализована, как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных (proprietary) решений, таких как оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Так как ОК нужно прокладывать индивидуально до каждого абонента, то

этот вариант является самым дорогим и предназначен в основном для абонентов в лице крупных корпоративных клиентов.

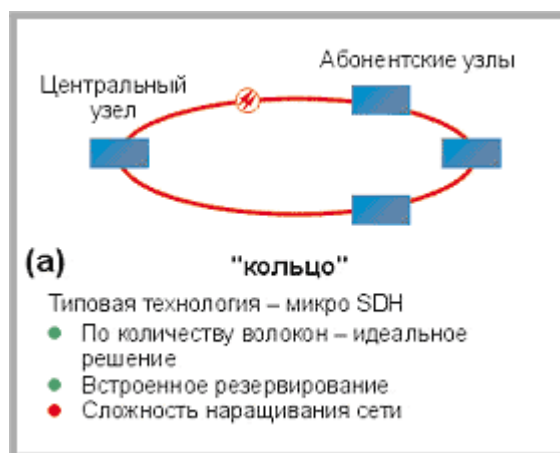


Рисунок 1.2.2 – Топология кольцо

На рисунке 1.2.2 представлена кольцевая топология на основе SDH, которая хорошо зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Хотя в сетях доступа применяется редко. Основной недостаток в том, что при проектировании сети доступа невозможно заранее знать сколько, когда и где будет установлено абонентских узлов, так как это известно при проектировании городской магистрали. Если при построении городской магистрали. При случайном временном и территориальном подключении абонентов кольцевая топология превращается в сильно изломанное кольцо с множеством ответвлений. Подключение новых пользователей выполняется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике такие петли совмещаются в одном кабеле, что приводит к появлению колец, похожих больше на ломаную. Так называемые «сжатые» кольца (collapsed rings) в сильной степени снижают надежность сети, а основные преимущества сводятся к минимуму.

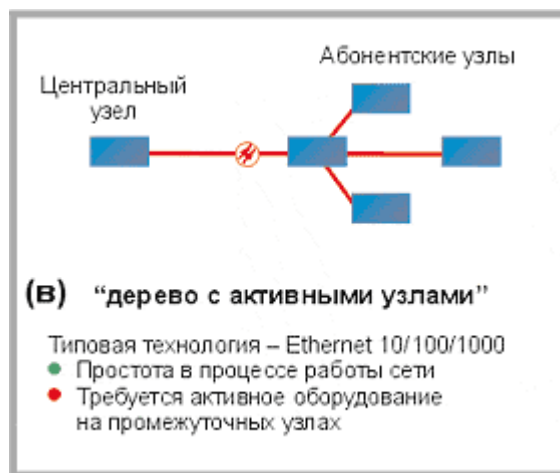


Рисунок 1.2.3 – Топология дерево с активными узлами

На рисунке 1.2.3 представлена топология дерево с активными узлами — это самое экономичное решение с точки зрения использования кабеля. Оно хорошо подходит под рамки стандарта Ethernet с иерархией по скоростям от центрального узла к абонентам 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL). Стандарт IEEE 802.3 Ethernet давно перестали ограничивать нишей корпоративных сетей. Строящиеся по этому принципу сети могут иметь достаточно сложную и разветвленную древовидную архитектуру. Однако в каждом узле дерева обязательно должно находиться активное устройство (применительно к IP-сетям коммутатор или маршрутизатор). Оптические сети доступа Ethernet, преимущественно использующие данную топологию, относительно недороги. К основному недостатку относится наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального источника питания.

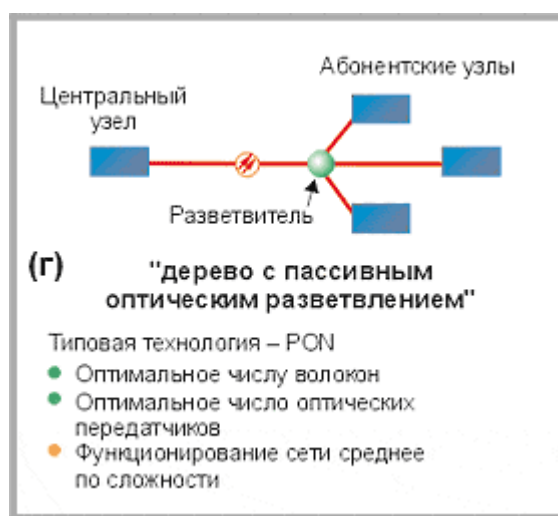


Рисунок 1.2.4 – Топология дерево с пассивным оптическим разветвлением

На рисунке 1.2.4 представлена топология дерево с пассивным оптическим разветвителем, когда в качестве пассивного оптического элемента выступает оптический разветвитель, является сеть PON, использующая топологию «точка-многоточка» P2MP (point-to-multipoint). К одному порту центрального узла может быть подключен целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом оптические разветвители, устанавливаемые в промежуточных узлах дерева, полностью пассивны и не требуют питания и специализированного обслуживания.

В топологии P2MP за счет оптимизации размещения разветвителей можно достичь большой экономии оптических волокон и снижения стоимости кабельной инфраструктуры. Абонентские узлы не влияют на работоспособность сети в целом. Подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных.

Преимущества архитектуры PON сводятся, во-первых, к отсутствию промежуточных активных узлов и экономии волокон. Во-вторых, экономятся

оптические приемопередатчики в центральном узле. В-третьих, нужно отметить легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных).

Древовидная топология P2MP позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей, исходя из реального расположения абонентов, затрат на прокладку ОК и эксплуатацию кабельной сети. К недостаткам можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева. Эта топология наиболее подходит к проектируемой сети доступа.

1.3 Выбор топологии сети

В результате анализа была выбрана пассивная оптическая сеть (PON) с топологией дерево с пассивным оптическим разветвлением, при этом нужно знать, что только технологии EPON и GPON позволяют передавать кадры Ethernet. Сети BPON могут передавать только пакеты ATM. Сеть EPON проще, и стоимость оборудования для нее снижается более быстрыми темпами. Сеть GPON обеспечивает лучшие характеристики и более универсальна, но она сложнее и требует больших капитальных вложений. Возможность передачи по сети GPON пакетов ATM и фреймов SDH востребовано, однако, лишь небольшим числом индивидуальных абонентов, так как основной тенденцией является развитие сетей Ethernet. С другой стороны, индивидуальные абоненты - это как раз та группа пользователей, для которых наиболее важно получать услуги широкополосного доступа по умеренной цене. Обе технологии являются новыми, и развитие этих систем только началось, поэтому о реальных тенденциях изменения стоимости оборудования EPON и GPON можно будет говорить только по прошествии некоторого времени.

Максимальная скорость передачи в сети EPON по существующему стандарту составляет 1 Гбит/с. Весной 2006 года в институте IEEE началась разработка нового стандарта сети EPON со скоростью передачи 10 Гбит/с. Этот стандарт был утвержден в 2010 году. Пропускная способность сети EPON может быть увеличена при использовании технологии CWDM. Это значит, например, что в сети EPON, состоящей из 16 абонентских узлов, каждому узлу может быть выделена своя длина волны, на которой он будет передавать и получать данные со скоростью 1 Гбит/с.

Структура сети EPON показана на рисунке 1.3.1. Скорость передачи в сетях EPON составляет 1 Гбит/с. Важнейшие физические характеристики EPON приведены в таблице 1.3.1.

Как видно из таблицы 1.3.1 сеть EPON использует для связи одно волокно. Скорость передачи в обоих направлениях составляет 1000 Мбит/с или 1 Гбит/с. Для передачи сигналов в разных направлениях используются разные

длины волн. Как и во всех пассивных оптических сетях PON сетевое оборудование узла доступа сети EPON называют оптическим линейным терминалом (optical line terminal – OLT), а оборудование абонентского узла – оптическим сетевым устройством (optical network unit - ONU).

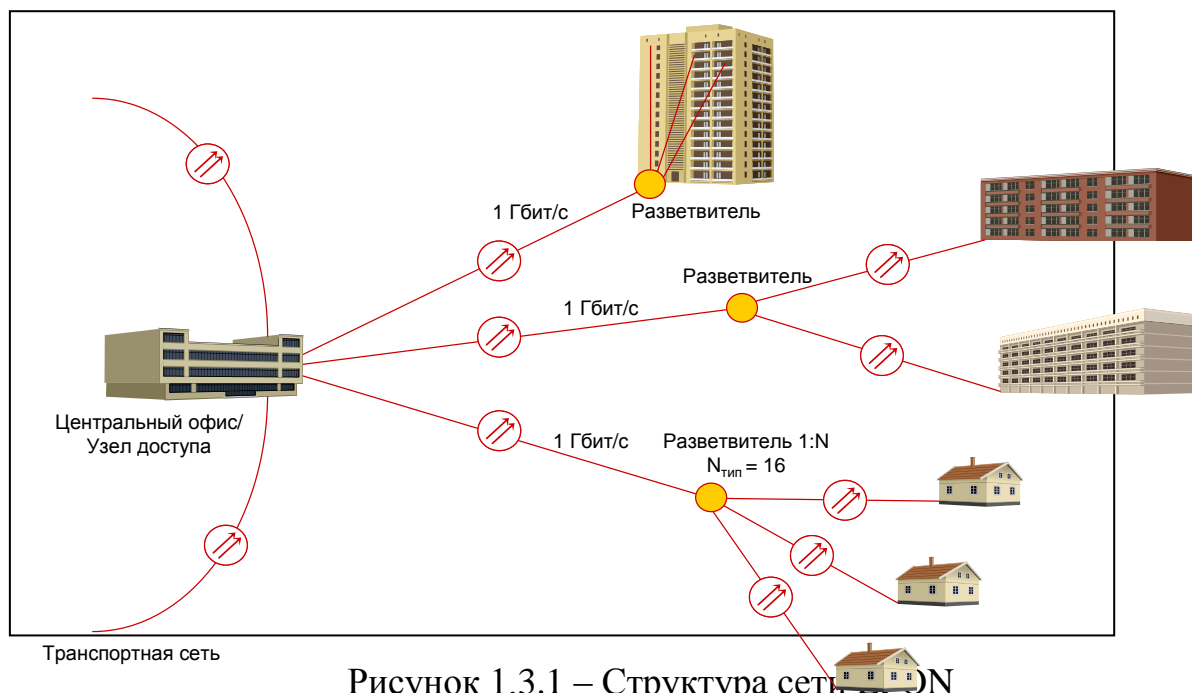


Рисунок 1.3.1 – Структура сети EPON

Таблица 1.3.1 – Физические характеристики сети EPON

	1000BASE-PX10-U	1000BASE-PX10-D	1000BASE-PX20-U	1000BASE-PX20-D
Тип волокна	Одномодовое волокно IEC 60793-2: B1.1, B1.3 (ITU-T G.652.D)			
Число волокон	1			
Длина волны	1310 нм	1490 нм	1310 нм	1490 нм
Направление передачи	Восходящий поток	Нисходящий поток	Восходящий поток	Нисходящий поток
Максимальное расстояние	10 км		20 км	
Максимальное затухание	20 дБ	19,5 дБ	26 дБ	24,5 дБ
Минимальное затухание	5 дБ		10 дБ	

Для управления трафиком сети EPON необходим дополнительный протокол канального уровня (два уровня модели OSI), в качестве которого используется протокол Multipoint MAC Control (MPMC). Протокол MPMC использует для управления трафиком три типа сообщений длиной 64 байта:

GATE (строб), REPORT (уведомление) и REGISTER (регистрация). Сообщение GATE передается от оборудования OLT к ONU и содержит информацию о начале и длительности временного интервала, зарезервированного для посылаемых оборудованием ONU кадров. В сообщении GATE используется информация, полученная в сообщении REPORT, которое посылается оборудованием ONU. Сообщение REPORT содержит информацию о количестве байт данных в буфере ONU и предупреждает оборудование OLT, что ONU подключилось к сети. Оборудование OLT также использует протокол MPMC для определения времени распространения и расстояния до каждого ONU. Информация о времени распространения необходима для выделения временных интервалов оборудованию ONU [3].

Сильной стороной сети EPON является естественная поддержка всех приложений Ethernet без преобразования протоколов или расщепления кадров с их последующей инкапсуляцией (сравните с сетями BPON и GPON). Поэтому данная технология является очень подходящей для оптических сетей доступа, благодаря ей работа IP-приложений в сети Ethernet становится легкой, гибкой и экономически эффективной. Такими IP-приложениями являются:

- Широкополосный Интернет и связанные с ним приложения и услуги.
- IP-телефония (VoIP).
- IP-телевидение (IPTV) – действительно цифровое телевидение.
- Основанные на протоколе IP услуги видео по требованию (VoD).

Будучи частью стандарта IEEE 8002, семейство технологий EPON совместимо с:

- Классификацией и системой приоритетов услуг, описанными в стандарте IEEE 802.1D.
- Виртуальными локальными сетями (Virtual Local Area Network - VLAN), описанными в стандарте IEEE 802.1Q.

1.4 Требования к предоставляемым услугам

В настоящее время в сетях доступа преобладающим видом трафика остается голосовой (телефонный) [4]. Однако процесс совершенствования кабельных технологий связи идет непрерывно. В связи с этим широкое распространение получают новые технологии и услуги связи, такие как Интернет, электронная почта, IP-телефония, цифровое телевидение, передача технологической, юридической, финансовой информации, дистанционные медицинские услуги, использование компьютерных сетей передачи данных Ethernet и т.д. Так в соответствии с заданием на дипломный проект для микрорайона «Самал» г. Тараза необходимо обеспечить предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить:

- IP-телефония;

- Проводной интернет;
- Кабельное цифровое телевидение.

Для передачи голоса нужен канал — 64 кбит/с, а интернет предполагается передавать со скоростью до 10 Мбит/с, предоставление услуг кабельного телевидения с качеством HD – 8 Мбит/с.

1.5 Выбор трассы прокладки оптического кабеля

Микрорайон «Самал» находится на расстоянии около двух км. от станции ГТС АО «Казахтелеком» города Тараза. В соответствии с существующей схемой расположения кабельной канализации в городе выбираем трассу прокладки ОК, которая представлена на рисунке 1.5.1. Линия передачи ВОЛС будет проложена от здания ГТС АО «Казахтелеком», до микрорайона «Самал», протяжённостью около двух км.



Рисунок 1.5.1 – Трасса прокладки оптического кабеля

Кабель начнём прокладывать с городской телефонной станции, находящейся в самом выгодном положении, т.е. самая близкая к микрорайону «Самал». Кабель будет проходить по существующей системе кабельной канализации, проложенной вдоль автомобильных дорог и улиц. Далее оптический кабель будет подведён к центральному распределительному щиту, расположенному в микрорайоне «Самал». Далее оптическим кабелем с помощью разветвителя сеть доступа подводится к каждому зданию индивидуально и далее разводится по квартирам непосредственно к абонентам.

1.6 План-схема организации сети доступа в микрорайоне «Самал»

На территории микрорайона планируется разместить центральный распределительный щит и несколько дополнительных для осуществления распределения ВОЛП ко всем жилым зданиям микрорайона. Так же в микрорайоне «Самал» расположена «Библиотека имени «Абая» и «Школа гимназия № 45», которые то же следует подключить к проектируемой сети доступа. Все жилые дома будем подключать по технологии FTTH (Fiber to the Home) — волокно до жилища (квартиры или отдельного частного дома), а школу-гимназию и библиотеку по технологии FTTB (Fiber to the Building) — волокно до здания. Примерная схема организации сети доступа для микрорайона представлена на рисунке 1.6.1.

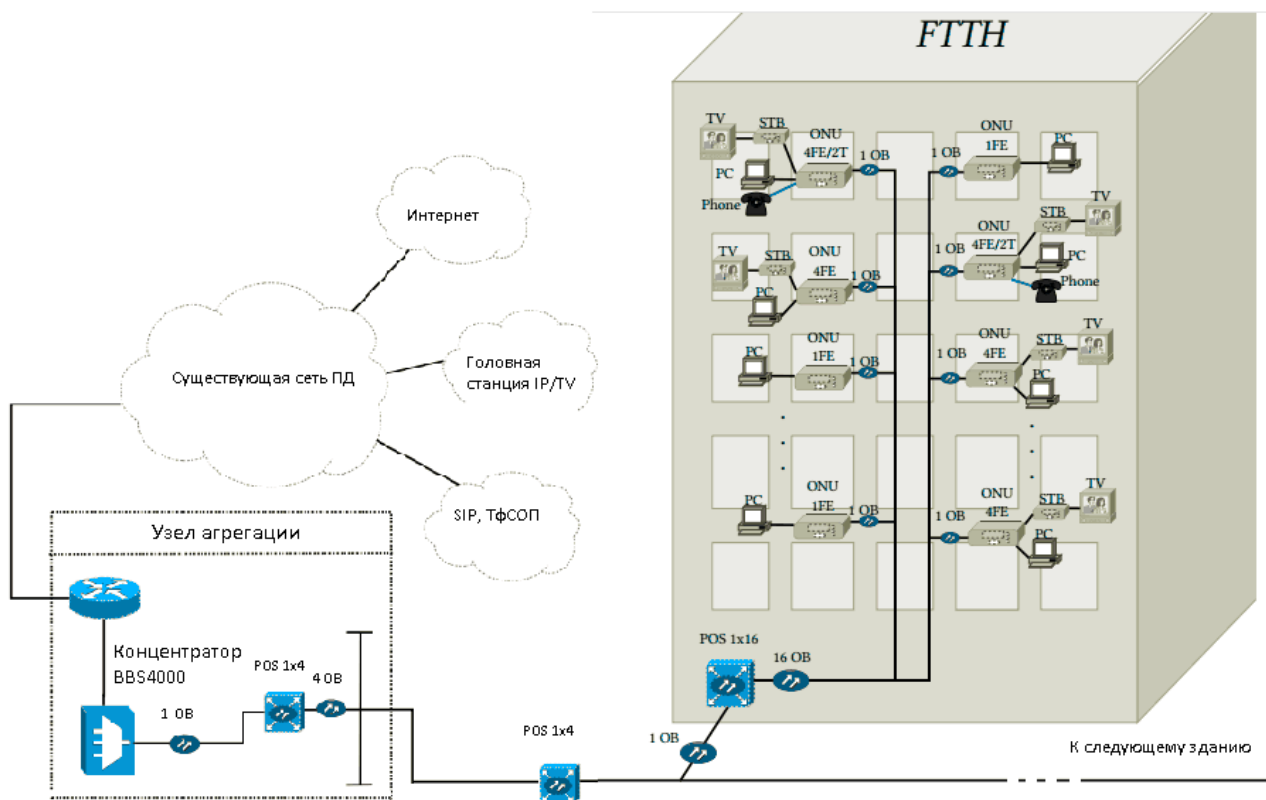


Рисунок 1.6.1 – План-схема организации сети доступа в микрорайоне «Самал»

1.7 Технология подключения абонентов к сети доступа

Сети FTTH для абонентов пяти этажных домов в городах Республики Казахстан самые распространенные. Однако, в каждом городе, есть свои архитектурные особенности домов и свое уникальное расположение жилых массивов, поэтому каждый проект должен рассматриваться индивидуально. В нашем случае выберем типовую рабочую схему, которую можно использовать при проектировании подключения к сети доступа конкретных жилых комплексов.

1.7.1 Разработка схемы распределения от точки коммутации на улице до жилого дома

В начале разработаем схему распределение кабеля от муфты/шкафа одним кабелем на дом.

В нашем варианте использования одного кабеля на дом желательно использовать малогабаритные разветвительные муфты mQODC, которые более предпочтительно будет расположить в подвале, чем на фасаде, с точки зрения обслуживания. В этом случае в муфте будут выделяться отдельные волокна на вертикальные кабели, а остальные пропускаться транзитом на следующие подъезды. Вторая возможность - завести кабель в шкаф, который может быть установлен в любом месте здания (на чердаке, в центральном или крайнем подъезде на этаже). Данный шкаф взять за центральную точку коммутации, от которой будут расходиться малогабаритные кабели КС-ОКГонг-2/4 или КС-FTTH на этажные коробки КРЭ. И в последнем варианте предлагается вводить кабель в этажную коробку КРЭ в первом подъезде, оставить один или два волокна, остальные пустить транзитом на коробки КРЭ, установленные в следующих подъездах. Следует помнить, что в этом случае магистральный кабель должен использоваться емкостью равной количеству подъездов помноженное на два волокна.

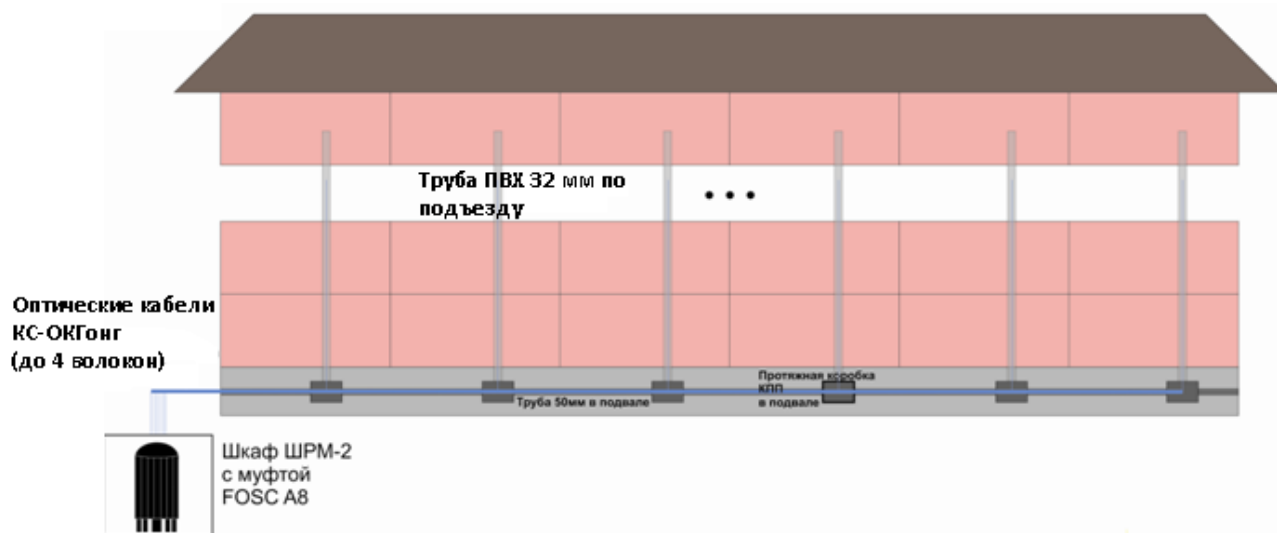


Рисунок 1.7.1 – Схема распределение кабеля от шкафа одним кабелем на дом

Далее разработаем схему распределения кабеля в пятиэтажных домах, которые преобладают в микрорайоне «Самал», с использованием единого на дом навесного шкафа в качестве центрального коммутационного узла.

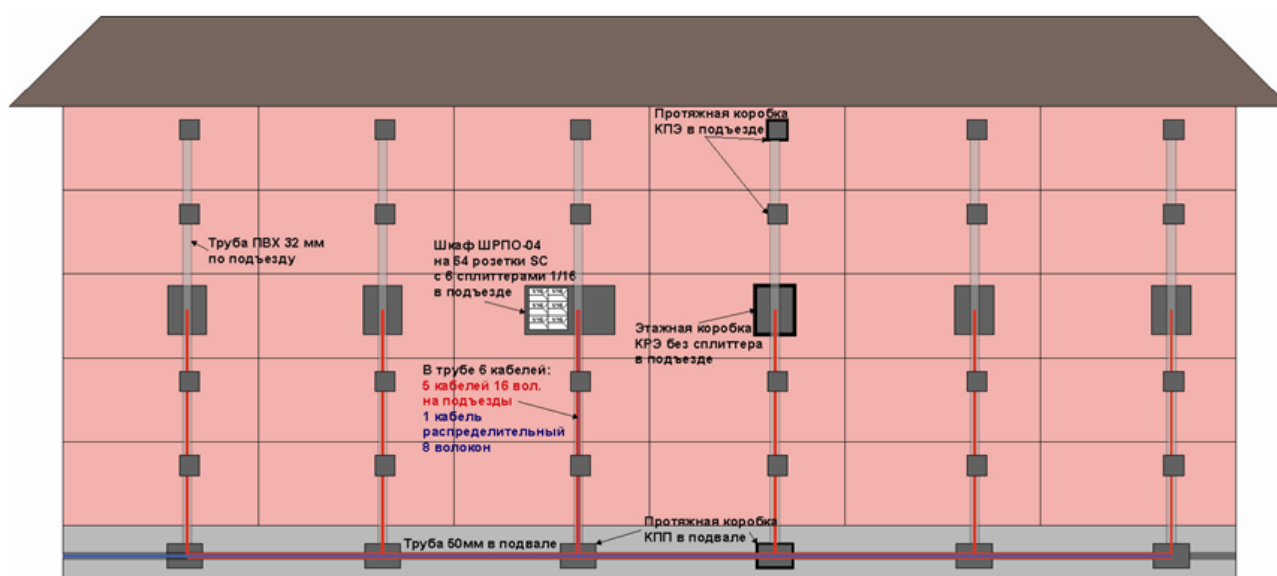


Рисунок 1.7.2 – Схема распределения кабеля в пятиэтажных домах

В предлагаемом варианте на дом устанавливается один центральный коммутационный узел шкаф ШРПОу-05м в любом месте возле дома, куда подходит магистральный/распределительный кабель. Предпочтительно узел расположить в центре дома, для того, чтобы расстояние до крайних подъездов было минимальным. В центральном шкафу устанавливаются сплиттеры, от которых прокладываются оптические кабели (в данном варианте 16-ти волоконные кабели КС-ОКЭ-16 с волокнами в оболочке 900 мкм) до этажных коробок КРЭ. Преимущество такого варианта в том, что существует

возможность установки сплиттеров по мере подключения абонентов: установить один сплиттер 1/16, после того как появилась заявка от 17-го абонента, устанавливается 2-ой сплиттер 1/16 и т.д. От этажной коробки КРЭ в пределах одного подъезда подключаются абоненты через протяжные коробки КПЭ, установленные на каждом этаже, гибким абонентским одноволоконным DROP кабелем FTTH со стандартом волокна G.657A2 КС-FTTH-A-1. Либо использовать готовые патчкорды FTTH. Запасы патчкордов предлагается помещать в протяжные этажные коробки КПЭ-06, КПЭ-08, которые устанавливаются на каждом этаже.

Возможен также альтернативный вариант, когда центральный шкаф служит только как главная точка распределения либо вообще без сплиттеров (в том случае, если сплиттеры 1/2, 1/4 устанавливаются на станции или в точке распределения на улице), либо со сплитерами 1/2, 1/4. От центрального шкафа до этажной коробки КРЭ-09, КРЭ-12 прокладывается кабель КС-FTTH-П-2-4. В случае, если данный кабель в направлении из подъезда в подъезд будет проходить по подвальным помещениям или по фасаду здания, то рекомендуется использовать кабель КС-ОКГонг-2-4.

Использование этажных коробок для хранения сплиттера и протяжных коробок на каждом этаже.

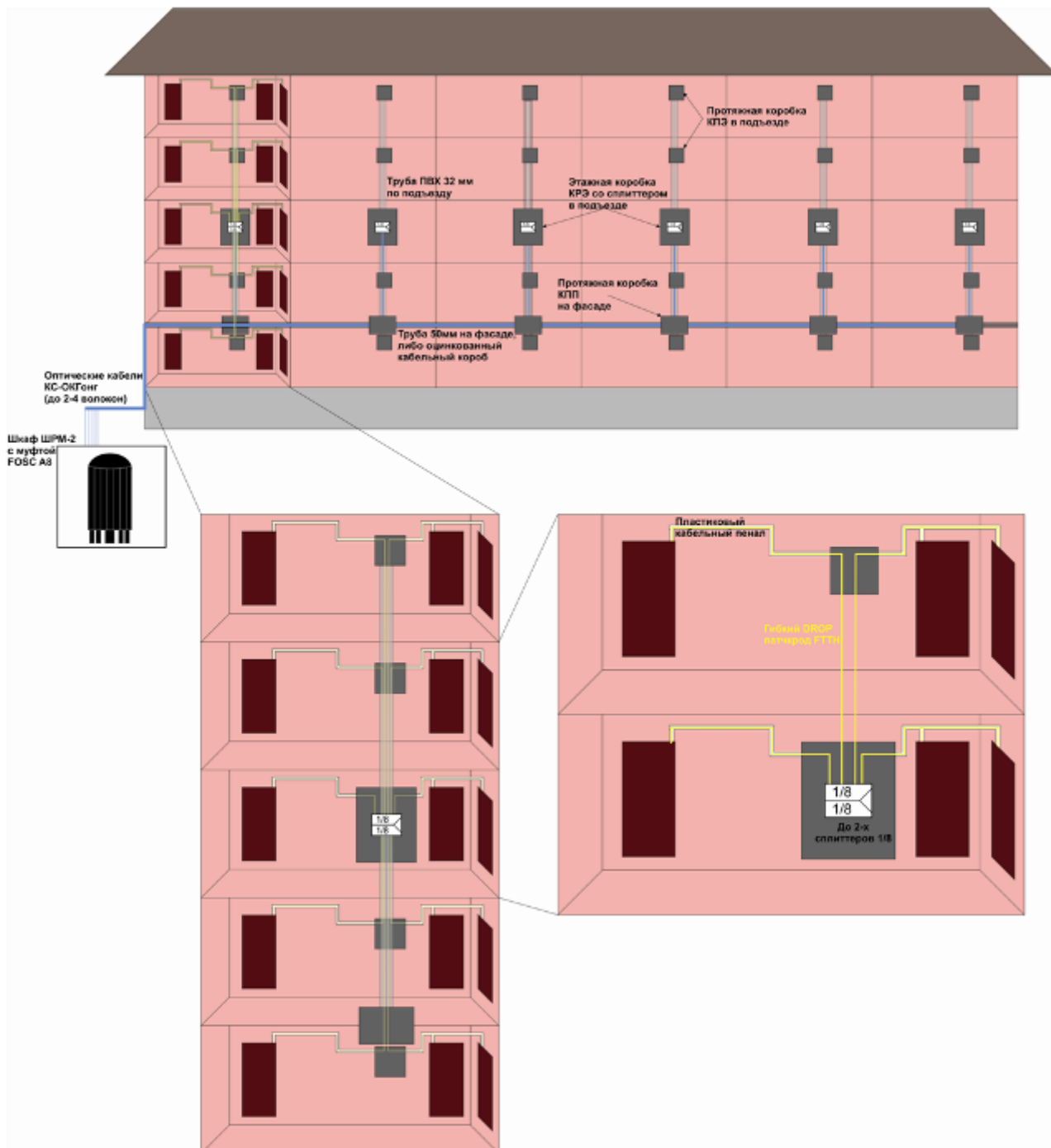


Рисунок 1.7.3 – Схема размещения кабеля по зданию

Каждый подъезд подключается индивидуальным кабелем от распределительного устройства на улице (муфта или шкаф). На среднем этаже (в данном случае на третьем) устанавливается этажная коробка КРЭ-09, КРЭ-12, в которую помещается сплиттер 1/16, либо до 2-х сплиттеров 1/8. От этой коробки до абонента протягиваются гибкие DROPP кабели FTTH KC-FTTH-П-1 белого цвета со стандартом волокна G.657A2, либо патчкорды FTTH из того же кабеля. Выход на абонента на каждом этаже осуществляется через

протяжные коробки КПЭ, там же хранится запас оптических абонентских патчкордов или излишки абонентского кабеля.

1.7.2 Технология непосредственного подключения абонента

Абонента можно подключить несколькими вариантами:

1) Использовать абонентский DROP кабель КС-FTTH-П-1 белого цвета и сваривать этот кабель в этажной коробке КРЭ-09, КРЭ-12, а после у абонента в абонентской розетке АР-8686. С опытом внедрения сетей FTTH от данного варианта практически отказались, так как это занимает очень много времени, требует наличие достаточного количества сварочных аппаратов и специалистов по сварке, которых по факту в каждой телекоммуникационной компании ограниченное количество;

2) Использовать абонентский DROP кабель КС-FTTH-П-1 белого цвета и быстрые коннектора производства 3М или производства Fujikura. Такой метод позволит протянуть кабель необходимой длины конкретно под каждого абонента, после обжать кабель быстрыми коннекторами;

3) Использовать абонентский патчкорд FTTH из кабеля КС-FTTH-П-1 белого цвета. Плюс данного метода в том, что за качество коннектора отвечает завод-изготовитель, минус в том, что при вводе кабеля в квартиру абонента придется высверливать не менее 1 см в диаметре отверстие для того, чтобы без повреждений завести коннектор SC. Многие абоненты не соглашаются на такой вариант. Еще один минус в том, что неизбежно будут оставаться запасы абонентского кабеля, так как очень сложно рассчитать точное расстояние от коробки до абонента в каждом доме на каждом этаже, поэтому на каждом этаже ставят протяжные этажные коробки КПЭ-06-1, КПЭ-08М, в которые помещаются запасы патчкордов. Многие заказчики покупают определенной длины патчкорды (например, 40 метров), делят их пополам. Заводской коннектор включают в коробку КРЭ-09, КРЭ-12, второй обрезанный конец заводят к абоненту и после обжимают быстрым коннектором. Этот вариант позволяет избежать большого отверстия в квартиру абонента, но не избавляет от появления обрезков кабеля.

Абонентский кабель в квартире абонента подключается либо в абонентскую настенную розетку АР-8686, либо напрямую в модем ONT. Первый вариант удорожает проект, однако, позволяет более эффективно обслуживать сеть и производить более легким способом поиск повреждений. Второй вариант более дешевый, убирает лишнюю точку соединения, которая вносит затухание, однако при повреждении абонентского кабеля (по статистике большинство повреждений происходит именно в квартире абонента) возникнет проблема с его заменой, что в конечном итоге может привести к большим затратам, чем в первом варианте.

1.8 Расчёт ёмкости сети доступа

Общий поток трафика, предполагаемый к использованию в микрорайоне, зависит от общего количества абонентов, т.к. предполагается оснастить сетью доступа каждый дом. В микрорайоне «Самал» расположено 45 пятиэтажных зданий, которые необходимо подключить к сети доступа FTTH, в каждом по четыре подъезда и четыре квартиры на этаже соответственно. В итоге получается 3600 потенциальных абонентов. Но с учетом того, что не все пожелают подключаться (из-за аналогичных услуг 3G и 4G конкурентов), расчетное число абонентов возьмем 20% от общего и получим 720 абонентов. Также планируется подключить библиотеку имени Абая и школу-гимназию № 45 по технологии FTTB. Необходимое число каналов рассчитаем через пропускную способность сети.

Требуемая пропускная способность сети может быть определена при следующих исходных данных:

виды услуг:

IP - телефония (интерактивная речь);

Интернет (видеотелефон, видеоконференции, телемедицина, телеобразование, электронная почта, электронная коммерция и т.д.);

Цифровое кабельное телевидение.

1. Передача данных IP – телефонии.

Сейчас считается, что приемлемое качество может быть достигнуто при скорости связи 64 кбит/с.

Таким образом скорость канала передачи данных $V_{\text{пд ip}} = 64$ кбит/сек;

- предполагаемое количество абонентов $P_{\text{аб}} = 50\%$ от общего числа абонентов;

Отсюда имеем число каналов для IP - телефонии:

$$P_{\text{аб}} = 720 \frac{50}{100} = 360 \text{ каналов.}$$

По-найденному количеству пользователей IP - телефонии, нам достаточно трафика для передачи данных 22,5 Мбит/с.

2. Передача данных Интернет:

- скорость канала передачи данных $V_{\text{пд}} = 10$ Мбит/сек;

- предполагаемое количество абонентов $P_{\text{аб}} = 100\%$ от общего числа;

Отсюда имеем число каналов для передачи данных Интернет:

$$P_{аб} = 720 \frac{100}{100} = 720 \text{ каналов.}$$

По-найденному количеству каналов интернета, нам достаточно одного провайдера с каналом для передачи интернета 7,3 Гбит/с.

3. Цифровое кабельное телевидение:

- количество цифровых ТВ каналов $N_{ТВ} = 64$ (54 бесплатных и 10 коммерческих каналов);

- скорость передачи 1 ТВ канала (DVB-C) $V_{ТВ} = 8$ Мбит/сек;

Итого скорость передачи всех 64 каналов цифрового телевидения составит:

$$V_{тв} = 8 \cdot 64 = 512 \text{ Мбит/с.}$$

4. Потребности в организации локальных сетей для школы-гимназии и для библиотеки имени Абая:

Выберем тип сети Ethernet, скорость обмена $V_{ЛВС} = 100$ Мбит/сек.

Расчет суммарного объема трафика сети доступа производится на основе оценки суммарной скорости передачи для удовлетворения всех потребностей в услугах связи.

Суммарная скорость передачи по линии определяется по выражению:

$$V_{сумм} = V_{пд. ip} + V_{пд} + V_{ТВ} + V_{ЛВС}, \text{ Мбит/сек.} \quad (1.8.1)$$

Получаем:

$$V_{сумм} = 22,5 + 7300 + 512 + 100 = 7,934 \text{ Гбит/сек.}$$

Определим общее количество первичных цифровых потоков Е1 (2048 Кб/с), выделяемых на передаваемые нами услуги связи по формуле:

$$N_{Е1} = V/2048 \quad (1.8.2)$$

Отсюда:

Количество потоков Е1 выделяемых для передачи Internet:

$$Е1_{пд} = 7300/2,048 = 3564$$

Количество потоков Е1 выделяемых для передачи Ethernet:

$$Е1_{ЛВС} = 100/2,048 = 50$$

Количество потоков E1 выделяемых для передачи цифрового ТВ:

$$E1_{\text{ТВ}} = 512 / 2,048 = 250$$

Количество потоков E1 выделяемых на IP - телефонию:

$$E1_{\text{ТЛФ}} = 22,5 / 2,048 = 11$$

Общее количество передаваемых потоков E1 по проектируемой ВОЛС составит:

$$N_{E1} = 3564 + 50 + 250 + 11 = 3875$$

Полученное значение количества цифровых потоков является определяющим для выбора типа активного оборудования соответствующего уровня SDH иерархии. Рассчитанное число потоков E1 соответствует скорости передачи 7,934 Гбит/с.

Отсюда следует, что система передачи, применяемая для проектируемой ВОЛС, должна быть выбрана с запасом и должна быть на уровне STM – 64 (10 Гбит/с).

Так же ориентировочно рассчитаем длину кабеля, от центрального распределительного шкафа до каждого абонента. Центральный шкаф устанавливается в наиболее подходящем месте, такое место оказалось на краю микрорайона, в связи с условиями застройки. Так как от центрального шкафа до крайнего здания расстояние около 500 метров, а число зданий в микрорайоне «Самал» 45 пятиэтажных домов, то среднее расстояние до одного здания возьмем 250 метров. В итоге получим, что необходимо кабеля для проведения сети во все дома, примерно 12 км.

В итоге от ГТС «Казахтелеком» до центрального распределительного щита в микрорайоне «Самал» используется 2 км кабеля марки КС-ОКЛ, а от щита до каждого абонента примерно 12 км кабеля марки КС-ОКГонг.

2 Выбор типа оптического кабеля

Распределение оптики фактически рассчитано на реализацию сетей FTTx, которые включают в себя FTTC – оптика до уличного шкафа с применением активного оборудования DSAM/MSAN, FTTB – оптика до здания/подъезда, с применением в подъездных шкафах коммутаторов доступа и непосредственно сам FTTH. В состав районного распределения входит следующее пассивное оборудование:

- оборудование для распределения на центральном узле (станции);
- оборудование для распределения на улице.

Оптический кабель должен удовлетворять следующим условиям:

- не поддерживать горение, безгалогенный;
- диэлектрический, для того, чтобы избежать проблем с заземлением кабеля в подъезде;
- малогабаритный (не более 9 мм в диаметре), емкостью не более 12 волокон;
- рассчитанный для прокладки в кабельной канализации.

Оптическое распределительное устройство должно удовлетворять следующим требованиям:

- неограниченный многократный доступ;
- класс защиты не менее IP54 для уличных шкафов, IP68 для оптических муфт;
- возможность установки оптических сплиттеров;
- возможность соединения кабелей с помощью оптических коннекторов и розеток;
- возможность заземления кабелей.

В качестве магистральных кабелей рекомендуется использовать кабель марки КС-ОКЛ.

Отрезок кабеля от распределительного узла до жилого дома будет проходить в канализации.

Непосредственно в дома можно провести кабель либо через подвал, устанавливая в подвале протяжные коробки КПП и затягивая кабели в трубу диаметром 40-50 мм, либо проходить по фасаду дома между 1-ым и 2-ым этажами, устанавливая протяжные коробки КПФ над подъездами и затягивая кабель либо в трубу диаметром 40-50 мм, либо в оцинкованный металлический короб.

2.1 Анализ существующих кабелей

В настоящее время в Казахстане освоено производство оптических кабелей практически любых типов и назначений.

Эти кабели отвечают требованиям международных стандартов, рекомендациям МСЭ (ITU-T) G.651-G.654. Для изготовления ОК применяются импортные материалы высокого качества.

Оптические волокна поставляются известными фирмами - Lucent Technologies, Corning, Fujikura (Япония), Samsung (Южная Корея), Ericsson.

Оптические кабели в Казахстане производит завод по производству телекоммуникационной и электротехнической продукции АО «Казцентрэлектропровод», расположенный в г. Караганде.

Номенклатура выпускаемых кабелей как по числу ОВ, так и по роду защитных покровов в основном соответствует мировой практике.

Основное назначение оптического кабеля – защита оптических волокон и обеспечение качества передачи информации по волокну. Волокно чувствительно к механическим воздействиям, поэтому, от того, насколько грамотно будет разработана для него защита, зависит срок службы всей оптической линии и, в конечном итоге, экономия средств при эксплуатации ВОЛП.

Проанализировав состав продукции, выпускаемой вышеназванными производителями, ценовые категории, территориальное расположение, условия и сроки поставки, а также соответствие техническим требованиям, я пришел к выводу, что наиболее оптимально использовать кабельную продукцию АО «Казцентрэлектропровод», (г. Караганда).

Одним из основных требований, предъявляемых к оптическим кабелям, является их соответствие внутригосударственным и международным стандартам. Оптические кабели производства АО «Казцентрэлектропровод», отвечают необходимым требованиям МЭК и сертифицированы.

Все оптические кабели связи проходят испытания на соответствующие указанные выше требования по методикам, приведенным в ТУ.

2.2 Характеристики оптических кабелей

АО «Казцентрэлектропровод» выпускает ОК, предназначенные для использования на линиях передачи магистральных, внутризоновых и местных сетей.

В данной дипломной работе в качестве магистрального используется оптический кабель марки КС-ОКЛ, характеристики которого представлены в таблице 2.2.1 и 2.2.2, и на рисунке 2.2.1, а так же в качестве распределительного кабель марки КС-ОКГонг (см. рисунок 2.2.2).

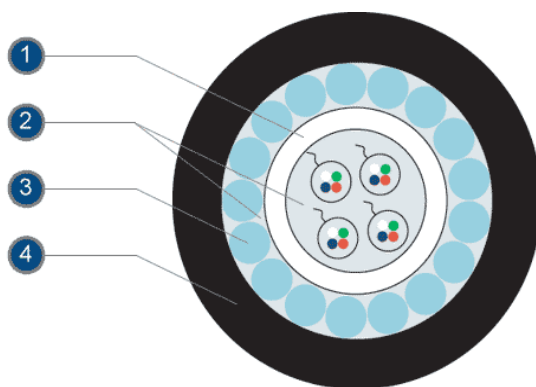


Рисунок 2.2.1 – Кабель с броней из гофрированной стальной ленты КС-ОКЛ

Структура кабеля:

1. ПБТ-ПА трубка со свободно уложенными ОВ и гидрофобным гелем.
2. Межмодульный гидрофобный наполнитель.
3. Армирование стальными оцинкованными проволоками.
4. Наружная черная ПЭ оболочка с маркировкой.

- оптическое волокно одномодовое или многомодовое;
- анизотропный наполнитель (гель);
- оболочка оптического модуля (РВТ);
- ЦСЭ (стеклопластик FRP или стальная оцинкованная проволока);
- оптические модули и кордели скручены SZ-скруткой вокруг ЦСЭ;
- сердечник заполнен гидрофобным наполнителем;
- сердечник кабеля скреплен синтетическими нитями;
- на сердечник кабеля наложена броня из сталеполимерной гофрированной ленты;
- оболочка кабеля из светостабилизированного ПЭ;
- цвет оболочки — черный.

Технические характеристики:

- кабели оптические бронированные сталеполимерной гофрированной лентой в соответствии с СТ ТОО 41021646-27-2007;
- предельно допустимая рабочая температура в условиях фиксированного монтажа от - 40 °С до + 60 °С;
- устойчивость к циклической смене температур от - 40°С до + 60°С;
- допустимая относительная влажность при температуре 35 °С – до 98 %;
- оптические параметры волокна представлены в таблице;
- наружная оболочка устойчива к воздействию ультрафиолетового излучения;
- оптическое волокно – согласно ITU-T Rec. G.652 (В, С или D), ITU-T Rec. G.655 или ITU-T Rec. G.651;
- электрическое сопротивление изоляции наружной оболочки кабеля, измеренное между металлическими элементами кабеля и землей — не менее 2000 МОм на км;

- максимальное растягивающее усилие – до 2700 Н;
- максимальная раздавливающая нагрузка – 0,4 кН/см;
- минимальный радиус изгиба кабеля — не менее 20-ти кратного наименьшего размера кабеля;
- наружный диаметр кабеля – от 11,4 мм;
- масса кабеля – от 130 кг/км;
- строительная длина кабеля — не менее 4000 метров.

Кабель марки КС-ОКЛ предназначен для прокладки в зданиях, в кабельной канализации, при отсутствии опасности механических повреждений и возможности нарушения целостности наружной оболочки грызунами, а также в защитных полиэтиленовых трубах методом пневмозадувки, в трубах, блоках, на мостах и шахтах, при отсутствии возможности затопления на длительный срок, в условиях повышенных электромагнитных полей (в исполнении с диэлектрическим ЦСЭ или с экраном из алюмополиэтиленовой ленты). Возможна эксплуатация кабеля как внутриобъектового в исполнении с наружной оболочкой из самозатухающего ПЭ или ПВХ пластика (в маркировке кабеля добавляется «нг»: КС-ОКЛнг).

Применение муфт на данный тип кабеля - муфта 2179 CS.

Таблица 2.2.1 – Геометрические параметры оптического волокна

Параметры	Тип оптического волокна			
	SM		MM(50)	MM(62,5)
	ITU-T Rec. G. 652D	ITU-T Rec. G. 655	ITU-T Rec. G. 651	
Диаметр сердцевины ОВ, мкм	-	-	50±3	62,5±3
Диаметр оболочки ОВ, мкм	125±1		125±2	
Некруглость оболочки ОВ, %, не более	1,0		2,0	
Неконцентричность сердцевины и оболочки ОВ, мкм (не более)	0,5		2,0	
Неконцентричность модового поля и оболочки ОВ, мкм (не более)	0,5		-	-
Диаметр модового поля, мкм, на длине волны: - 1310 нм - 1490 нм	9,2±0,4 10,5±1,0	- 9,2-10,0	-	-
Диаметр защитного покрытия	245±5		245±10	245±10

Таблица 2.2.2 – Оптические параметры волокна

Параметры	Тип оптического волокна			
	Рекомендации ITU-T			
	SM		MM (50)	MM (62,5)
	G. 652D	G. 655	G. 651	
1. Рабочая длина волны, нм	1310-1550	1550-1625	850-1300	850-1300
2. Коэффициент затухания ОВ на длине волны, дБ/км (не более)				
850нм	-	-	2,5	3
1300нм	-	-	0,7	0,7
1310нм	0,36	-	-	-
1490нм	0,36	-	-	-
1550нм	0,22	0,22	-	-
1625нм	0,25	0,25	-	-
3. Длина волны отсечки (в кабеле), нм (не более)	1260	1490	-	-
4. Длина волны нулевой дисперсии, нм, в пределах	1300-1490	<1510 >1565	-	-
5. Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, пс/нм ² *км (не более)				
1285-1490 нм	0,093	-	-	-
1525-1575 нм	-	0,05	-	-
6. Хроматическая дисперсия, пс/(нм*км), не более в диапазоне длин волн:				
1285-1490 нм	3,5	-	-	-
1530-1565 нм	18	2,6	-	-
1565-1625 нм	22	4,5-11,2	-	-
7. Числовая апертура	-	-	0,200±0,015	0,275±0,015
8. Дисперсия поляризованной моды пс/км ^{1/2} (не более)	0,2	0,1	-	-
9. Коэффициент широкополосности, МГц*км (не менее) на длине волны 850/1300 нм	-	-	400/800	200/600

КС-ОКГонг – кабель оптический распределительный
Назначение.

Кабель марки КС-ОКГонг предназначен для прокладки в зданиях, по стенам зданий. Возможна прокладка кабеля в кабельной канализации на короткие расстояния до 50 метров. Не защищен от грызунов. Возможно исполнение в негорючей оболочке. В этом случае маркировка кабеля представляется как ОКГонг.

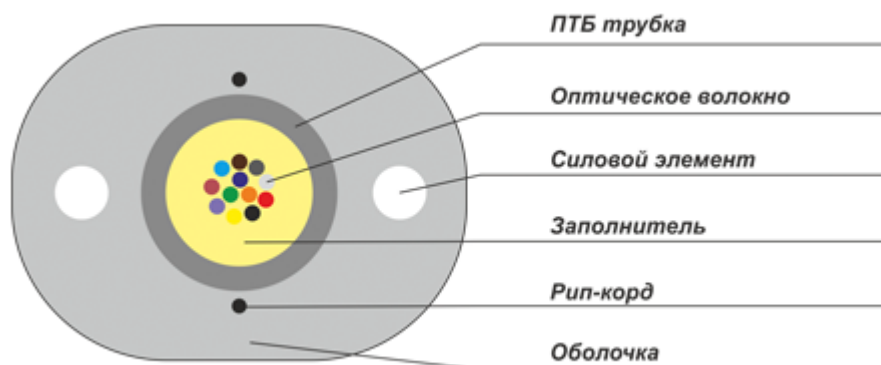


Рисунок 2.2.2 – Структура кабеля КС-ОКГонг

Структура кабеля:

- оптическое волокно одномодовое G.652D или многомодовое;
- тиксотропный гель;
- оболочка оптического модуля (PBT);
- центральный силовой элемент ЦСЭ (стеклопластик FRP);
- две синтетические нити – рип-корд;
- оболочка кабеля из светостабилизированного ПЭ;
- цвет оболочки — черный.

Таблица 2.2.3 – Технические характеристики кабеля КС-ОКГонг

Параметр	Значение
Значение растягивающего усилия, не менее, кН	
динамическое	1,5
статическое	0,75
Раздавливающие усилие, kN/см	0,3
Рабочая температура	от -40 до +60 °С
Относительная влажность при температуре до 35 ⁰ С, %	98
Строительная длина кабеля	2,0 км
Упаковка	Барабан № 10 ГОСТ 5151-79 Вместимость – 3,0 км

Таблица 2.2.4 – Оптические параметры кабеля КС-ОКГонг

Параметр	Значение
Класс пожароопасности	ПРГО-2 по СТ РК 1798-2008
Оптическое волокно	Corning Fiber с рекомендацией ITU-T G.652.D
Силовой элемент	материал - стеклопластик диаметр – 1,25мм количество - 2шт.
Рип-корд	Две синтетические нити
Гидрофобный наполнитель	Тиксотропный гель
Оптический модуль	ПБТ трубка
Оболочка	материал - светостабилизированный ПЭ цвет – черный или негорючий компаунд нг
Рабочая длина волны, нм	1310-1550
Коэффициент затухания ОВ на длине волны, дБ/км, не более	
1310 нм	0,36
1490 нм	0,36
1550 нм	0,22
1625 нм	0,3
Диаметр модового поля волокна, мкм	
1310 нм	9,0 ±0,7
1490 нм	9,5 ±0,7
Длина волны отсечки (в кабеле), нм, не более	1270
Длина волны нулевой дисперсии, нм, в пределах	1300~1324
Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, пс/нм ² *км, не более	
1285-1490 нм	0,093
1525-1575 нм	-
Дисперсия поляризованной моды пс/км, не более	0,2
Хроматическая дисперсия, пс/(нм*км), не более в диапазоне длин волн:	
1285-1490 нм	3,5
1530-1565 нм	18
1565-1625 нм	22

3 Выбор оборудования для сети доступа

3.1 Выбор аппаратуры

В настоящее время, по крайней мере, двенадцать производителей объявили о наличии у них продуктов PON, в той или иной мере доступных среди них – Alcatel, Lucent, Marconi и Fujitsu. Однако наибольшее внимание к себе привлекли две новые компании – UT Starcom и Terawave.

В связи с возросшим интересом к технологии, специалисты компании Olen Com Electronics московского представительства компании-производителя UT Starcom представили последние разработки компании в этой области – концентратор EPON BBS 4000+, который способен передавать трафик со скоростью до 10 Гбит/с, распределяющийся между 64 терминальными устройствами на один EPON интерфейс. Таким образом, концентратор в корпусе 9U может обслуживать максимально до 1408 абонентов, и, совместно с оптическим терминальным оборудованием UT Starcom серии ONU, является завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на участке последней мили.

Обеспечение разнообразными сервисами большого числа абонентов, сравнительно не высокая цена на оборудование, а также невысокие затраты, необходимые для развертывания сети на базе технологии EPON, делают BBS 4000 великолепным решением для организации доступа на участке последней мили.

3.2 Описание аппаратуры

3.2.1 BBS 4000+, концентратор GEPON



Рисунок 3.2.1 – GEPON концентратор UTSTARCOM BBS 4000

Концентратор BBS 4000 имеет достаточную гибкость, функциональность и расширяемость для интеграции во все существующие сети провайдеров и будущие сети широкополосного доступа. Он поддерживает все требования по качеству обслуживания и обеспечению необходимой полосы пропускания. Поэтому идеально подходит для построения оптических сетей доступа на базе технологии Ethernet/IP.

Концентратор выполнен в металлическом корпусе высотой 9U, обеспечивающем монтаж в 19” стойку или настольное размещение. И в своем составе имеет:

- 2 слота для комплектации модулями CSM;
- 12 универсальных слотов для установки модулей EPM04, и GEM04;
- 3 слота для модуля вентиляции;
- 2 слота для двух резервируемых модулей питания постоянного тока (-48В).

Все модули обладают функцией “горячей” замены.

Модуль CSM совмещает функции менеджмента с неблокируемой коммутацией (1 EPON порт на 1 GEthernet uplink) уровня L2/L3, его производительность составляет 48 Gbps. При наличии двух модулей CSM шасси обеспечивает их совместную работу по схеме сдвоенная звезда.

Модуль GEM04 оснащенный 4 портами под SFP модули позволяет осуществить подключение концентратора к внешней IP сети.

Модуль EPM04 обеспечивает подключение 4 линий EPON.



Рисунок 3.2.2 – Функциональная схема BBS 4000

Наличие универсальных слотов позволяет гибко оснащать и поэтапно наращивать производительность коммутатора необходимыми портами (GEthernet или EPON).

При полной комплектации, за счет своей архитектуры, BBS 4000 позволяет максимально подключить до 44 EPON «деревьев» (до 1408 ONU) и

обеспечить горячее резервирование критически важных элементов (CSM и электропитание).

Спецификация:

- EPON на базе стандарта IEEE 802.3 ah;
- Древовидная структура, поддерживающая до 64 подключений на один EPON интерфейс;
- По 4 порта EPON в каждом модуле EPM04;
- До 44 EPON портов;
- Дальность передачи до 20 км для 32 подключений и 10 км для 64 подключений;
- Оптоволокну: Одномодовое оптоволокну SC разъем;
- Скорость передачи: Симметричные восходящий и нисходящий потоки до 10 Гбит/с;
- Бюджет оптической мощности: 29 dB;
- Длины волн: Передача (Tx): 1490 нм, прием (Rx): 1310 нм;
- По 4 порта 1000-X SFP Gigabit Ethernet в каждом модуле GEM04 для подключения магистрали;
- Управление: 1 порт RS-232(RJ45), 1 порт 10/100 Ethernet (RJ45) на каждом CSM модуле;
- Неблокируемая архитектура коммутации, гибкое определение адресов VCCI, UL and FCC part 15B, Layer 2 IGMP snooping, VLAN 802.1 p & q, IEEE 802.3ad link aggregation, зеркалирование пакетов входного/выходного портов, пакетная буферизация и расширенный контроль потока;
- Встроенные механизмы качества обслуживания (QoS): до 8 CoS очередей на каждого абонента, 802.1p & q, IPv4 TOS приоритетность, динамическое распределение полосы пропускания (DBA), лимитирование выходной полосы пропускания;
- Возможность тарифицировать переданный трафик с точностью до 1 Мб;
- Функции маршрутизации третьего уровня: протоколы: TCP/IP, ICMP, ARP, Proxy ARP, OSPF v2, BGP-4, RIPv2, PIM-DM, PIM-SM, IGMPv2;
- Авторизация пользователя на базе: IEEE 802.1x/Radius;
- 9U в стойке 19";
- Размеры (мм): 482.6 (Ш) x 415(Г) x 399.2(В);
- Вес: шасси(с вентиляцией) – 12,5кг , максимальный – 20,5 кг;
- Электропитание: Постоянный ток: -48 Вольт (2 сменных модуля для резервной защиты);
- Энергопотребление: при полной загрузке: максимум 438 Ватт.

3.2.2 Абонентский терминал Fox Gate ONU 104



Рисунок 3.2.3 - Абонентский терминал Fox Gate ONU 104

Fox Gate ONU 104 — четырехпортовый абонентский терминал GEPON, разработанный для применения в решениях FTTH/FTTO. Соответствие стандартам IEEE802.3ah и CTC 2.1 позволяет использовать данное оборудование в сетях, построенных с применением оборудования GEPON различных мировых производителей.

Абонентский терминал Fox Gate ONU 104 протестирован на совместимость и может работать в сети GEPON под управлением OLT BBS 4000, обеспечивая базовый функционал.

Таблица 3.2.1 – Характеристики терминала Fox Gate ONU 104

Интерфейс PON	1 EPON интерфейс, SC, симметричная скорость передачи по одному волокну 1.25 Гбит/с
Длины волн	Передача 1310 нм, прием 1490 нм
Оптический интерфейс	Коннектор SC/PC
Интерфейсы LAN	4 порта Ethernet 10/100 Мбит/с, RJ45
Индикаторы	7 индикаторов: POWER, LAN 1-4, PON, LOS
Кнопка включения питания	1
Потребляемая мощность, Вт	≤ 3
Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	160×115×35
Масса, кг	0,5

Примечание.

Для корректной работы Fox Gate ONU 104 с OLT BBS 4000 значение параметра “cycletime” в настройках DBA не должно быть менее 80000. Рекомендуется использовать динамическое значение параметра (установлено по умолчанию), команда `epon dba hardware dynamic-cycletime discovery-frequency 60 discovery-length 1024`. Для того, чтобы зафиксировать значение

параметра “cycletime”, используется команда `epon dba hardware cycletime 80000` `discovery-frequence 60` `discovery-length 1024`. Следует обратить внимание, что при этом максимальные доступные значения PIR и CIR будут 781250, минимальные: для PIR 9612, для CIR 512.

При работе с OLT BBS серии 4000 дополнительные настройки не требуются.

3.2.3 Шкаф распределения оптики уличного исполнения ШРОу-05М



Назначение.

Шкаф ШРОу-05М предназначен для установки на улице и служит для распределения оптики с применением технологий FTTx.

Возможности.

Шкаф ШРОу-05М предусматривает установку на 19-тидюймовой раме до 5 полок по 144 волокна каждый.

В полках могут быть расположены сплиттеры с делением от 1/2 до 1/32. В полке используется универсальная планка с возможностью установки до 20 штук сплиттеров любой емкости. На планке также расположено место под розетки SC для подключения входов сплиттеров (до 20-ти).

Максимальное количество, устанавливаемых в полку, сплиттеров 1/2 либо 1/4 составляет 20 штук. При сплиттерах 1/8 – 16 штук, 1/16 – 8 штук, 1/32 – 4 штуки.

В шкафу предусмотрено хранение и выкладка запасов оптических патчкордов.

Основное отличие модификации ШРОу-05М от ШРОу-05 заключается именно в изменении органайзера для выкладки патчкордов. В модификации «М» органайзер сделан таким образом, чтобы полностью исключить

возможность перекрещивания патчкордов. Длина патчкордов, используемых в данной модификации шкафа, должна быть 3,5 метра.

Технические характеристики.

Общая емкость шкафа составляет 720 оптических волокон.

Габаритные размеры шкафа (ВхШхГ) – 1790х1020х420 мм. Высота в юнитах – 27.

Количество оптических полок RP14402 – 5.

Количество кабельных вводов: 24.

Количество сплиттеров на полку – до 4-х с делением 1/32, до 8-ми - 1/16, до 16-ти - 1/8, до 20-ти делением 1/2, 1/4.

Краска – полимерное покрытие, RAL 7035, шагрень, грубая структура, глянцевая.

Шкаф в антивандальном исполнении. Класс защиты IP 54 по ГОСТ 14254-96.

Толщина металла – 2 мм.

Условия эксплуатации: от + 60⁰С до - 40⁰С. Климатическое исполнение У категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69.

Конструктивные особенности.

Шкаф имеет доступ с двух сторон. С лицевой стороны производится коммутация оптических портов магистральных и распределительных сетей между собой при помощи оптических патчкордов. С задней стороны производится ввод оптических кабелей и сварка волокон в оптических полках.

Шкаф состоит из трех частей: основание (может поставляться отдельно от конструкции шкафа. Часто заказчик заранее получает основание, монтирует его, после получает сам шкаф), цоколь, шкаф.

Внутреннее исполнение.

В центре шкафа расположена 19-тидюймовая рама, на которую есть возможность установки до пяти полок RP-14402 емкость 144 волокна каждая. Высота каждой полки 4U. В шкаф можно установить любую полку, которая может быть установлена в 19-тидюймовый конструктив, однако, с учетом удобства сварочных работ и эксплуатации, рекомендуется использовать 4-хюнитовые полки RP14402. (При установке других полок следует учитывать, что глубина полки не должна превышать 285 мм).

На лицевой стороне справа расположена панель с катушками для намотки оптических патчкордов и выкладки запасов. Между катушками и полками по всей высоте 19-тидюймовой рамы установлены кроссировочные скобы для прокладки общего пучка патчкордов. Для формирования пучков в комплекте предусмотрена черная лента скотч-флекс.

Для внутренней коммутации рекомендуется использовать патчкорды длиной не более 3,5 метров.



Рисунок 3.2.5 – Внутреннее исполнение шкафа

С задней стороны вводятся приходящие/магистральные кабели (до 144 волокон) и уходящие/распределительные кабели (от 4 до 32 волокон). В нижней части шкафа расположено 24 кабельных ввода под соответствующее количество кабелей. Каждый ввод снабжен индивидуальным кабельным сальником типа PG и конструкцией под крепление силового элемента. На кабельном вводе оптический кабель разделяется на оптические модули. Модули помещаются в разрезанные серпантинном трубки ПВД (до 6 модулей в одну трубку) и по кроссировочным кольцам по левой стороне подаются в оптические полки.

Для кабелей требующих заземление бронепроводов в нижней части предусмотрена шина заземления.

Вся внутренняя поверхность шкафа имеет утеплитель из вспененного каучука, на который нанесен теплоизоляционный материал.

Двери.

Двери двухстворчатые. Петли на дверях внутреннего исполнения.

На каждой двери, последовательно открывающиеся антивандальные замки, первый открывается специальным ключом, второй обычным. Второй замок нельзя открыть, пока не будет открыт первый.

На передней двери предусмотрен карман для хранения документации.

Основание.

Шкаф монтируется на основание, которое в свою очередь поставляется в комплекте с 6-ю анкерными болтами для заливки основания в бетон.

В основании с лицевой и задней стороны предусмотрены шины с двумя болтами заземления, которые закрываются планкой с отверстиями типа

«жалюзи». Планка имеет двойное назначение: закрывает доступ к болтам заземления и отводит влажный воздух.

Полка RP14402.

Оптическая полка RP14402 представляет собой модульный конструктив высотой 4U с возможностью установки в 19-тидюймовую раму. Емкость полки составляет 144 оптических порта.

В полку устанавливается 6 либо 12 модулей. Каждый модуль рассчитан либо на 24, либо на 12 оптических розеток в соответствии с требованиями заказчика: SC/LC/FC.

По желанию заказчика в оптическую полку RP-14402 возможно установить оптические сплиттеры с делением от 1/2 до 1/32. Сплиттеры могут быть как в компактном исполнении с оконцованными волокнами в буферной трубке 900 мкм. Опционально можно использовать сплиттеры в защитном боксовом исполнении с выводами в патчкордовой оболочке диаметром 2-3 мм. В этом случае заказчик при формировании заказа должен указать количество сплиттеров в боксовом исполнении, коэффициент деления сплиттеров, а также длину выводов.

Полка закрывается съемной панелью.

3.2.4 Оптическая муфта mQODC



Рисунок 3.2.6 – Оптическая муфта mQODC

Назначение.

Муфта mQODC – оптическая муфта, компактная и простая в монтаже. Основное назначение муфты – переход с распределительного кабеля на абонентский кабель в сетях FTTH/FTTB.

Имея максимальную степень защиты, mQODC может быть установлена в любой точке сети, включая колодцы и возможность размещения на улице для подключения домов частного сектора.

Чаще всего mQODC используют для разводки по многоподъездным жилым зданиям. В этом случае муфту устанавливают в подвальных, либо чердачных помещениях, реже на этажах.

Возможности.

Муфта mQODC обеспечивает максимальный класс защиты IP68 и позволяет создавать точки распределения оптических волокон в местах с повышенной влажностью (полностью водонепроницаемая) и запыленностью. При монтаже не требует применения огня для термоусадок, не требует специальных мастик, не требует специального инструмента.

В муфте возможно разместить до 24 сварок 45 мм и установить один сплиттер с делением до 1/4 (с выводами под сварку).

mQODC рассчитана на ввод до 2-х распределительных кабелей диаметром до 11 мм, и вывод до 8-ми абонентских кабелей диаметром до 3,5 мм.

Технические характеристики:

Габаритные размеры mQODC (ДхШхГ)– 260х83х55 мм (длина муфты с учетом кабельных вводов – 295 мм).

Класс защиты – IP68/IK10.

Цвет – черный.

Вводимые кабели:

Распределительный кабель – до двух кабелей диаметром до 11 мм.

Абонентские кабели: до 2-х кабелей диаметром 4/6 мм, до 8-ми кабелей диаметром 2,5/3,5 мм.

3.2.5 Коробка распределительная этажная КРЭ-12



Рисунок 3.2.7 – Коробка распределительная этажная КРЭ-12

Назначение.

КРЭ-12 предназначена для установки на этажах в жилых многоэтажных домах. КРЭ-12 служит для подключения до 8-ми абонентов на этаже/этажах к общей оптической сети провайдера.

Возможности:

КРЭ-12 предусматривает установку оптического PLC сплиттера с делением от 1/2 до 1/8.

Коробка имеет два кабельных ввода (под трубу до 32 мм) один на верхней стенке, другой зеркально на нижней.

КРЭ-12 предусматривает возможность сварки магистрального кабеля/кабелей пигтейлами (до 8-ми пигтейлов).

Основное отличие КРЭ-12 от коробки КРЭ-09 в том, что КРЭ-12 более компактная, имеет восемь портов против 16-ти в КРЭ-09, возможность установки одного сплиттера против двух сплиттеров в КРЭ-09, и имеет два кабельных ввода в отличие от КРЭ-09, которая имеет два дополнительных ввода на боковых стенках.

Технические характеристики:

Габаритные размеры КРЭ-12 (ВхШхГ) – 220x171x73 мм. Коробка антивандального исполнения. Класс защиты IP-43 по ГОСТ 14254-96. Краска – полимерное покрытие, RAL 7035, шагрень, грубая структура, глянцевая.

Толщина металла – 1,2 мм.

Условия эксплуатации: от плюс 40°С до минус 10°С.

Климатическое исполнение У категории размещения 3 по ГОСТ 15150-69.

Гарантийный срок эксплуатации – 1 год.

Рекомендуемое количество вводимых линейных кабелей – до 2-х.

Количество креплений силовых элементов – 2.

Количество кабельных вводов (под трубу диаметром 32 мм) – 2.

Количество сплиттеров – 1 (сплиттер 1/8, при комплектации до 4 волокон 1 сплиттер 1/4).

Конструктивные особенности:

Задняя стенка.

На задней стенке коробки предусмотрены четыре выдавленных отверстия для крепления на стену. Выгнутость на отверстиях обеспечивает ровное крепление КРЭ-12 к стене с неровностями. В состав изделия входит комплект из четырех дюбель-гвоздей для крепления к стене.

На задней стенке коробки расположены крепления под кабельные стяжки для фиксации вертикального межэтажного кабеля, а также расположены крепления для силового элемента оптического кабеля. В центре задней стенки расположена оптическая кассета, рассчитанная на установку 8-ми КДЗС. (максимальное количество 16 КДЗС, установка производится в два ряда).



Рисунок 3.2.8 – Конструктивные особенности коробки распределительной
этажной КРЭ-12

Откидывающаяся панель.

В центре конструктива КРЭ установлена откидывающаяся панель.

На внутренней стороне откидывающейся панели предусмотрено место для крепления одного сплиттера (в случае его использования), место под установку симплексной оптической розетки SC для подключения входа сплиттера, органайзеры для выкладки запасов волокна сплиттера/сплиттеров.

На лицевой стороне панели расположена планка на восемь симплексных розеток SC (количество розеток устанавливается согласно заказу). Также на лицевой стороне произведена Т-образная перфорация под кабельные стяжки для фиксации абонентских патчкордов FTTH со стандартом волокна G.657A.

Кабельные вводы.

Два кабельных ввода расположены зеркально справа на верхней и нижней стенках. Кабельные вводы под трубы диаметром 32 мм используются для кабелей вертикальной межэтажной прокладки, ввода магистрального кабеля и разводки абонентских патчкордов.

Двери.

Двери изделия закрываются замком типа Eurolock. На внутренней поверхности двери нанесено уплотнение.

3.2.6 Коробка протяжная подвальная КПП-01

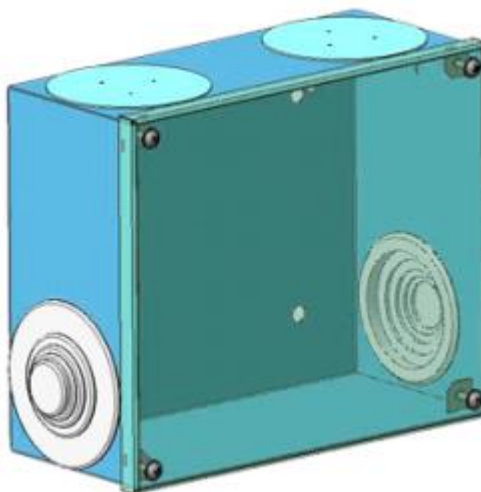


Рисунок 3.2.9 - Коробка протяжная подвальная КПП-01

Описание.

Коробка протяжная подвальная предназначена для установки и разводки медно-жильного или оптического кабеля в подвальном помещении здания. Климатическое исполнение У, рекомендуемая категория размещения 3 по ГОСТ 15150.

Цвет - серо-бежевый RAL-7035. Имеет покрытие из прочной эпоксидно-порошковой композиции. Фактура покрытия – мелкая шагрень.

Особенности конструкции.

Корпус коробки изготовлен из металла толщиной 0,7 мм. Коробка состоит из основания и крышки. В основании коробки расположены четыре отверстия под крепёж дюбель- гвоздями.

Отверстия (по умолчанию закрыты металлическими заглушками) предназначены для установки сальников, входящих в комплект коробки. Крышка коробки крепится к корпусу коробки при помощи четырех винтов.

Технические характеристики:

Габаритные размеры коробки, мм.....125x150x70

Масса , кг.....0,46

3.2.7 Коробка протяжная этажная КПЭ-07

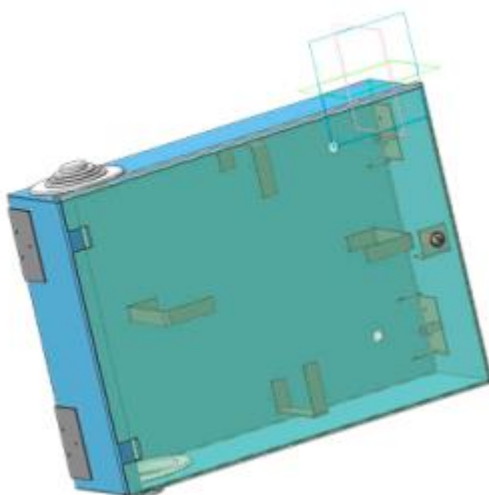


Рисунок 3.2.10 – Коробка протяжная этажная КПЭ-07

Назначение.

Коробка протяжная этажная КПЭ-07 предназначена для установки и разводки оптического абонентского кабеля на этажной площадке жилых зданий.

Конструкция.

Корпус коробки изготовлен из металла толщиной 0,8 мм. Коробка состоит из основания и крышки.

Крышка закрывается одним невыпадающим винтом, расположенным справа в центре. На задней стенке, в верхней части в центре коробки расположены органайзеры для выкладки запасов абонентских оптических патчкордов.

Коробка имеет два отверстия для ввода/вывода трубы диаметром 32 мм и четыре отверстия под кабельный канал размерами 25х16 мм. Отверстия (по умолчанию закрыты металлическими заглушками) предназначены для установки сальников, входящих в комплект коробки. На задней стенке коробки предусмотрены четыре отверстия для крепления дюбель-гвоздями на стену.

Технические характеристики:

Габаритные размеры коробки КПЭ-07 – 140х190х55 мм.

Климатическое исполнение У, рекомендуемая категория размещения 3 по ГОСТ 15150.

Краска – RAL 7035, полимерное покрытие, шагрень, грубая структура, глянцевая.

Толщина металла – 0,8 мм.

Условия эксплуатации: от + 40⁰С до - 10⁰С.

Гарантийный срок эксплуатации – 1 год.

3.2.8 Патчкорд FTTH-SC/xPC



Рисунок 3.2.11 - Патчкорд FTTH-SC/xPC

Назначение.

Оптический соединительный шнур – патчкорд из сверхгибкого DROP кабеля FTTH со стандартом волокна G.657A2 предназначен для прокладки внутри помещений, в трубах, по стенам зданий в кабельных каналах.

Белый одноволоконный кабель рекомендуется прокладывать от этажной коробки до абонентской розетки (AP) и в квартире абонента от AP до модема ONT. Белый кабель предназначен только для прокладки внутри помещений.

Кабели черного цвета рекомендуется использовать для внутривъездной разводки, предназначены как для прокладки в помещениях, так и в уличных условиях.

Общее описание.

Кабель оптический маловолоконный со сверхгибким волокном в оболочке LSZH, не распространяющей горение, безгалогенной, низкодымной.

В кабеле применяется оптическое одномодовое сверхгибкое волокно с диаметром сердцевины 9-10 мкм (рекомендации Rec. ITU-T G.657A2).

Силовой элемент кабеля выполнен в виде круглого стержня из стеклопластика, армидных или стеклянных нитей, пропитанных клеящим составом.

Таблица 3.2.2 – Характеристики оптического волокна G.657.A2

Параметры	Значение оптического параметра
	Рекомендации ITU-T ITU-T Rec. G. 657A2
1. Рабочая длина волны, нм	1310-1550

Продолжение таблицы 3.2.2

2. Коэффициент затухания ОВ на длине волны, дБ/км, не более 1310 нм 1490 нм 1550 нм 1625 нм	 0,35 0,31 0,22 0,25
3. Затухание при изгибе волокна - прирост затухания, дВ (радиус оправки 10 мм, 1 виток) 1310 нм 1490 нм	 0,1 0,2
4. Затухание при изгибе волокна - прирост затухания, дВ (радиус оправки 7,5 мм, 1 виток) 1310 нм 1490 нм	 0,5 1,0
5. Диаметр модового поля волокна, мкм 1310	8,6-9,5
6. Длина волны отсечки (в кабеле), нм, не более	1260
7. Длина волны нулевой дисперсии, нм, в пределах	1300~1324
8. Наклон дисперсионной характеристики в области длины волны нулевой дисперсии, в интервале длин волн, пс/нм ² *км, не более 1285-1490 нм 1525-1575 нм	 0,092 -
9. Коэффициент поляризационной модовой дисперсии (PND), не более	0,2 пс/√км

Таблица 3.2.3 – Характеристики оптического кабеля

1. Значение растягивающего усилия, не более, кН (динамическое)	0,08
2. Значение растягивающего усилия, не более, кН (статическое)	0,04
3. Значение раздавливающего усилия кН/10 мм, не более	0,1
4. Температура эксплуатации, хранения и транспортирования	от -40 до +60 °С
5. Температура монтажа	от -10 до +50 °С
6. Относительная влажность при температуре до 35 °С, %	98
7. Размеры, мм (для 1-2 волокон)	2х3,1 ±0,2
8. Размеры, мм (для 1-4 волокон)	2х3,5 ±0,2

3.2.9 Шкаф для размещения муфты – ШРМ-02



Рисунок 3.2.12 – Шкаф для размещения муфты – ШРМ-02

Назначение.

Шкаф ШРМ-02 предназначен для размещения соединительных и разветвительных тупиковых оптических муфт большой емкости при магистральном распределении в сетях FTTx а также для хранения технологического запаса магистрального и распределительного оптического кабеля. Размещение шкафа рекомендовано к установке в подвальных помещениях, на чердаках и на фасадах жилых домов.

Возможности.

Шкаф антивандальный со съемной крышкой, уличного исполнения, с креплением на стену. Рассчитан на размещение оптической муфты (в большинстве случаев используются купольные муфты диаметром до 185 мм и длиной до 485 мм). В муфте возможно уложить до 64 метров запаса оптического кабеля.

Отличительной особенностью шкафа является возможность извлечения муфты и запасов кабеля при проведении монтажных работ без перетягивания запаса через технологические отверстия за счет того, что отверстие под ввод кабеля выполнено полуоткрытым.

Технические характеристики:

Габаритные размеры ШРМ-02 (ВхШхГ) – 783х635х200 мм.

Рекомендованное количество устанавливаемых муфт – 1 шт.

Количество технологического запаса ОК – до 64 метров кабеля диаметром до 14 мм.

Рекомендуемый запас на один кабель – 6-8 метров.

Краска RAL 7035 PE, покрытие полимерное, шагренёв, грубая структура,

глянцевая.

Толщина металла – 1,5 мм.

Масса – 21,1 кг.

Количество технологических проемов ввода/вывода – 3.

Условия эксплуатации: от плюс 40°C до минус 60°C . Климатическое исполнение У категории 1, эксплуатируются на открытом воздухе.

Конструктивные особенности.

Шкаф состоит из самого шкафа и съемной крышки, на которой расположено четыре невыпадающих винта. Съемная, легкая и прочная крышка имеет на верхней стороне удобный крюк для подвеса, подъема или спуска при проведении монтажных работ.

На задней стенке шкафа расположены отверстия для крепления с помощью анкерных болтов к стене. Шкаф имеет три технологических проема ввода/вывода распределительного кабеля со съемными крышками/заглушками. Два из них находится в нижней части на левой и правой боковых стенках, третий на нижней стенке. Заглушка кабельного ввода имеет пластину, которая выламывается в случае использования данного ввода.

На задней стенке шкафа расположены органайзер и скобы под металлические хомуты или кабельные стяжки для крепления запасов кабеля, уложенного кольцами диаметром не менее 500мм. (Кабельные стяжки следует применять только уличного исполнения, стойким к низким и высоким температурам).

4 Расчет бюджета мощности

4.1 Анализ причины затухание сигнала

Под затуханием сигнала понимают уменьшение его оптической мощности при распространении по оптическому волокну. Затухание измеряется в дБ/км. На затухание света в волокне в основном влияют такие факторы как потери на поглощение и потери на рассеивание. Поглощение в оптическом волокне может быть собственным и примесным. Собственное поглощение обусловлено поглощением кварца в инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) областях спектра, а примесное - наличием примесей в волокне. Среди примесей, вызывающих наибольшее затухание, выделяют ионы ОН (гидроксильные группы). Из-за малых (микроскопических) изменений плотности и, следовательно, изменений показателя преломления материала волокна свет, распространяющийся в определенном направлении, может распределяться (рассеиваться) в разных направлениях, в том числе и в обратном. Это приводит к появлению рассеянного излучения и, следовательно, к потерям. Даже при отсутствии затухания за счет поглощения в волокне всегда будет присутствовать затухание, обусловленное рэлеевским рассеянием, которое составляет приблизительно 0,16 дБ/км на длине волны 1550 нм. Зависимость затухания от длины волны для плавленого кварца приведена на рисунке 4.1.1.

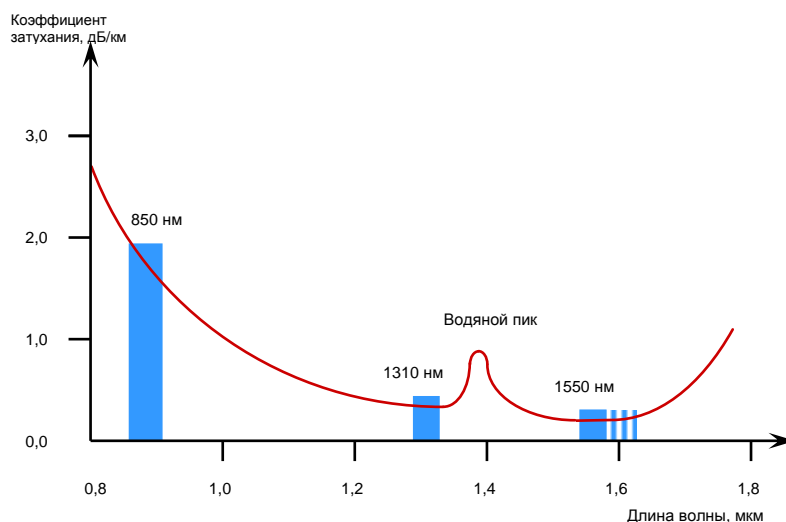


Рисунок 4.1.1 – Зависимость коэффициента затухания кварцевого волокна от длины волны и используемые окна прозрачности

Как видно из рисунка 4.1.1, величина затухания минимальна в диапазоне длин волн 800...1700 нм. Поглощение в УФ области на более коротких длинах волн и в ИК на более длинных резко увеличивают затухание.

В системах связи используются три диапазона длин волн или так называемые окна прозрачности:

- Окно прозрачности 850 нм
- Окно прозрачности 1300/1310 нм
- Окно прозрачности 1550 нм

Рабочие окна для многомодовых волокон 850 и 1300 нм, для одномодовых – 1310 и 1550 нм. Одномодовые волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) могут использоваться также при работе на длинах волн в интервале между 1310 и 1550 нм, одномодовые волокна с ненулевой смещенной дисперсией (ITU-T G.656) - на длинах волн L-диапазона (свыше 1550 нм). L-диапазон так же показан на рисунке 4.1.1. Области длин волн, на которых могут использоваться одномодовые волокна, поделены еще более плотно на следующие диапазоны:

О-диапазон:	1260 ...1360 нм
Е- диапазон:	1360 ...1460 нм
S- диапазон :	1460 ...1530 нм
С- диапазон:	1530 ...1565 нм
L- диапазон:	1565 ...1625 нм
(U- диапазон:	1625 ...1675 нм)

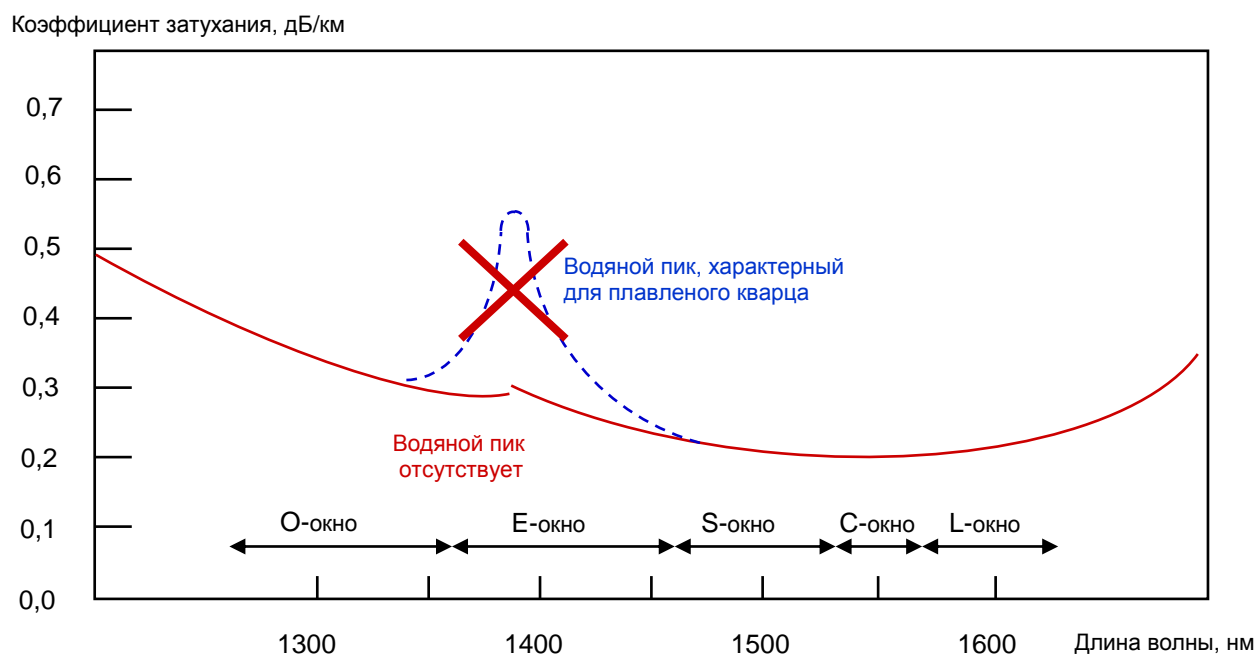


Рисунок 4.1.2 – Зависимость коэффициента затухания одномодового волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) от длины волны

Пик затухания, обусловленный наличием гидроксильных групп, находится между окнами 1310 нм и 1550 нм и называется водяным пиком. У одномодового волокна с низким водяным пиком (LWP) значение затухания на пике так мало, что это волокно может использоваться даже на длинах волн,

соответствующих водяному пику. В соответствии с рекомендациями ITU-T G.652.D значение затухания на длине волны 1383 нм такое же или даже ниже, чем нормированное значение для длины волны 1310 нм.

Кривая затухания для одномодового волокна с низким водяным пиком представлена на рисунке 4.1.2, где также показаны O, E, S, C и L - диапазоны.

Добавочное затухание может быть вызвано макроизгибами (с радиусом изгиба $\gg 1$ мм) и микроизгибами (с радиусом изгиба < 1 мм), а также радиоактивным излучением. Эти факторы, приводящие к дополнительному ослаблению сигнала, должны быть минимизированы или полностью исключены при разработке конструкции кабеля и при последующей его прокладке и монтаже.

4.2 Расчеты затухания

Выбор системы передачи определяет максимально допустимое затухание между передатчиком и приемником. Так называемый бюджет затухания представляет собой сумму всех потерь, которые возникают на участке оптической сети доступа между передатчиком и приемником. Рассмотрим следующие источники потерь:

Полное затухание в оптическом волокне. Оно зависит от коэффициента затухания волокна (дБ/км) на определенной длине волны и от его полной длины (км).

Полные потери в сростках. Они зависят от потерь в каждом сростке (дБ) и от их общего количества.

Полные потери в соединителях. Они зависят от потерь в каждом соединителе (дБ) и от их общего количества.

Потери в разветвителях волокон (например, в пассивных оптических сетях (PON) или в сетях кабельного телевидения). Эти потери зависят от коэффициента разветвления и возрастают примерно на 3,5 дБ каждый раз, когда сигнал делится пополам.

Из всего вышесказанного следует, что максимально допустимые потери или бюджет затухания не могут превышать некоторой величины. Следовательно, и длина линии, и коэффициент разветвления также ограничиваются бюджетом затухания. Следует заметить, что в пассивной оптической сети потери разветвления часто имеют значительную величину и могут превышать половину бюджета затухания.

Другой фактор, ограничивающий длину оптической линии связи и максимальную скорость передачи - это дисперсия. Однако при расчете допустимого расстояния для системы передачи в оптической сети доступа обычно учитывают только бюджет затухания, т.к. именно затухание, а не дисперсия является главным ограничивающим фактором.

Необходимо проводить расчеты полного затухания для каждого отдельного волокна (линии) и сравнивать результаты с максимально допустимым затуханием. Эти расчеты проводятся на стадии проектирования оптической сети доступа.

4.3 Расчёт затухания для максимально отдалённого здания

Таблица 4.3.1 – Результаты расчёта затухания

Параметры линии связи Тип волокна: G.652 ITU-T D		Единица измерения	Длина волны, нм	
			1310	1490
			Результат расчета	
1	Коэффициент затухания волокна	дБ/км	0,40	0,25
2	Хроматическая дисперсия	пс/нм км	3,50	18,0
3	Длина линии	км	0,5	0,5
4	Вносимое волокном затухание	дБ	0,20	0,125
5	Потери в соединителях при ремонте	дБ	1,0	1,0
6	Эксплуатационный запас	дБ	3,0	3,0
7	Средние потери в соединителях	дБ	0,30	0,30
8	Количество соединителей	шт.	7	7
9	Суммарные потери в соединителях	дБ	2,10	2,10
10	Потери разветвления 1: 8	дБ	5,5	5,5
11	Потери разветвления 1: 4	дБ	3,5	3,5
12	Общие потери в линии связи	дБ	15,3	15,225
13	Допустимые потери	дБ	26,0	24,5
14	Остаточный запас по затуханию	дБ	10,7	9,275

Затухание, вносимое волокном ($Z_{\text{вв}}$) – это произведение коэффициента затухания волокна ($K_{\text{зв}}$) на длину линии (L):

$$Z_{\text{вв}} = K_{\text{зв}} * L, (\text{дБ}) \quad (4.3.1)$$

Суммарные потери в соединителях (S_s) – это произведение количества соединителей (N_s) на средние потери в соединителях (P_s):

$$S_s = N_s * P_s, (\text{дБ}) \quad (4.3.2)$$

Рассчитаем затухание вносимое волокном и суммарные потери с помощью программы Mathcad 8 Rus. Результат расчета представлен на рисунке 4.3.1.

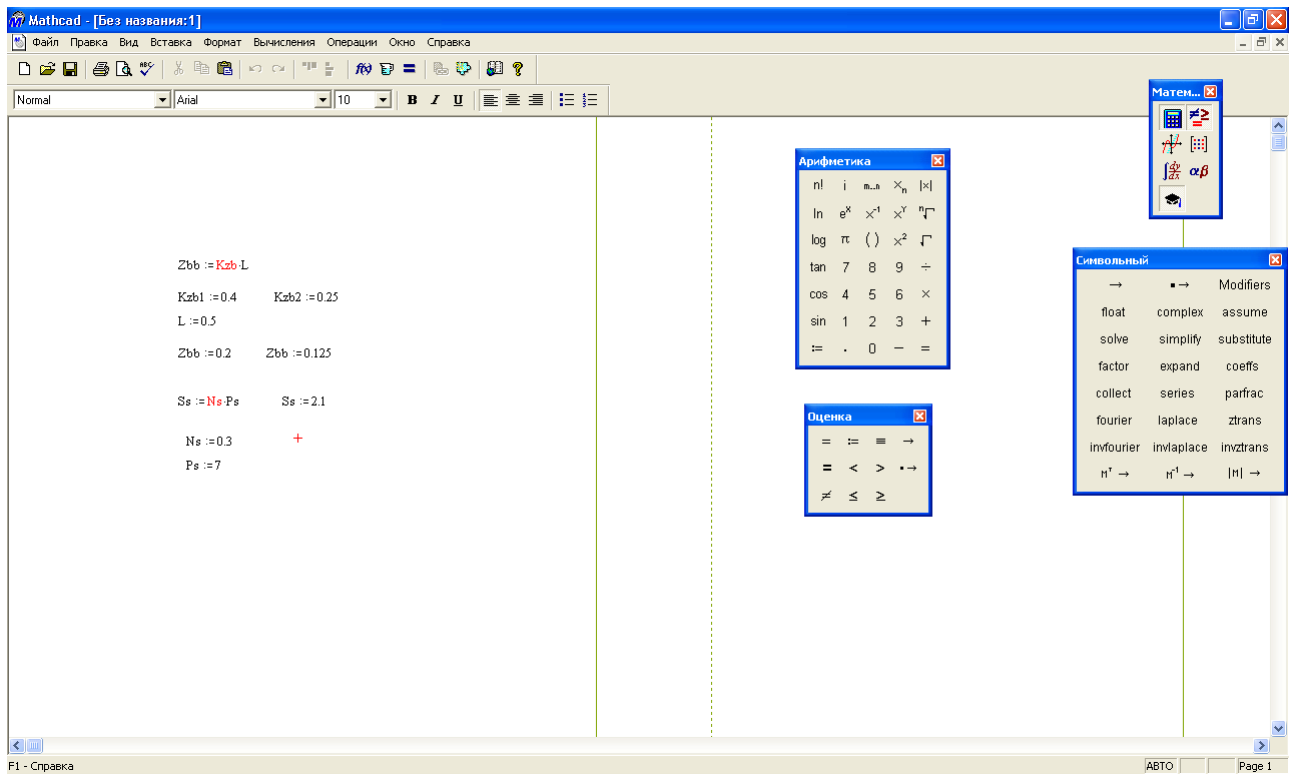


Рисунок 4.3.1 – Расчет с помощью программы Mathcad 8 Rus

4.4 Расчет апертуры

Теперь необходимо рассчитать апертуру, она является важнейшим обобщённым параметром волоконного кабеля.

Апертура – это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, попадающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения.

Вычислим значение преломления оболочки n_2 , исходя из оптических характеристик кабеля числовая апертура $NA = 0,13$

Известно что:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (4.4.1)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины, 1,4681.
Далее определим n_2 из (3.12):

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2} \quad (4.4.2)$$

$$n_2 = \sqrt{1,4681^2 - 0,13^2} = \sqrt{2,1553 - 0,0169} = 1,4623.$$

Зная значения преломления оболочки n_2 и сердцевины n_1 , вычислим относительную разность значений преломления Δ :

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (4.4.3)$$

$$\Delta := \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681},$$

$$\Delta = 3.951 \times 10^{-3} = 0,395\%$$

Главным параметром волоконного световода, используемым для оценки его свойств, служит нормированная частота V . Она, рассчитывается, по следующей формуле:

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot NA}{\lambda} \quad (4.4.4)$$

где a - радиус сердцевины оболочки, $a = 4,5$ мкм;
 n_1 - значение преломления сердцевины, $n_1 = 1,4681$;
 n_2 - значение преломления оболочки, $n_2 = 1,4623$.

$$V = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \frac{0,13}{(1,55 \cdot 10^{-6})} = 2,3702$$

Просчитаем параметры кабеля, исходя из того, что у нас одномодовые волокна со ступенчатым профилем показателя преломления и с диаметром сердцевины $2a = 9$ мкм, а критической длиной волны $\lambda = 1250$ нм, диаметр поля моды $2\omega_0$ при длине волны 1490 нм.

$$2\omega_0 \approx \frac{2,6 \cdot \lambda}{V_c \cdot \lambda_c} \cdot 2a, \quad (4.4.5)$$

где λ - рабочая длина волны, нм;

λ_c - критическая длина волны, выше которой в световоде направляется только основная мода;

V_c - критическая нормированная частота, для одномодового режима $V_c = 2,405$.

$$\lambda = 1490 \text{ нм: } 2\omega_0 \approx \frac{2,6 \cdot 1490}{2,405 \cdot 1250} \cdot 9 = \frac{36270}{3006,25} = 12 \text{ мкм.}$$

Это значит, что можно выбирать оптического волокна с диаметром сердцевины до 12 мкм.

Режим полного внутреннего отражения предопределяет условие подачи света на входной торец волоконного световода. Световод пропускает лишь свет, заключённый в пределах телесного угла θ_a , значение которого обусловлено углом полного внутреннего отражения θ_v . Этот телесный угол θ_a характеризуется числовой апертурой:

$$NA = \sin \theta_a = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = \sqrt{(1,4681^2 - 1,4623^2)} = 0,13.$$

Между углами полного внутреннего отражения θ_v и апертурным углом падения луча θ_a имеется взаимосвязь. Чем больше угол θ_v , тем меньше апертура волокна θ_a . Следует стремиться к тому, чтобы угол падения луча на границу сердечник - оболочка w_r был больше угла полного внутреннего отражения θ_v и находился в пределах от θ_v до 90 градусов, а угол ввода луча в торец световода w укладывался в апертурный угол θ_a ($w < \theta_a$).

Определим критический угол θ_c , при котором ещё выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$\theta_c := \sqrt{\left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)^2} \quad (4.4.6)$$

$$\theta_c := \sqrt{\left(1 - \frac{1,4623}{1,4681}\right)^2}$$

$$\theta_c = 0,00395 \text{ рад} \approx 11,5^\circ$$

Так как критический угол в основном находится в пределах $10...15^\circ$, то мы получили вполне допустимое значение критического угла.

Все расчеты выполнены с помощью MathCad и приведены в приложении А.

Теперь рассчитаем данные взаимных влияний в оптическом кабеле. Световоды, находящиеся в общем сердечнике оптического кабеля, могут оказывать воздействие на соседние волокна. Уровень взаимных помех в оптическом кабеле зависит от конструкции кабельного сердечника, т.е. от взаимного расположения волокон.

Степень влияния между оптическими волокнами можно определить, вычислив вторичные параметры влияния от двух соседних волокон. Переходные потери на ближнем конце рассчитываются по формуле:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4\alpha}{N^2 m (1 - e^{2\alpha L})} \right| ; \quad (4.4.7)$$

Защищенность от помех рассчитывается по формуле:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{N^2 m L} \right| \quad (4.4.8)$$

Переходное затухание на дальнем конце рассчитывается по формуле:

$$A_l = A_3 + \alpha L , \quad (4.4.9)$$

где α - коэффициент затухания оптического волокна [дБ/км];

L - длина усилительного участка оптического кабеля (км);

m – коэффициент связи между волокнами ($m=0,6-0,7$);

N – коэффициент проникновения поля через оболочку волокна.

$$N = (g_{1,2} g_{23} \cdot e^{-kt}) / (1 - P_{1,2} P_{23} \cdot e^{-2kt}) . \quad (4.4.10)$$

где k - коэффициент потерь в оболочке, рассчитываемый по формуле:

$$k = \omega \sqrt{\mu_a \varepsilon_a} \quad (4.4.11)$$

t – толщина оболочки; ($1 \div 3$ мкм);

g_{12} и g_{23} - коэффициенты преломления на границе сердечника (n_1), в оболочке (n_2) и воздуха (n_3);

$$g_{1,2} = 2n_1 / n_1 + n_2 ; \quad (4.4.12)$$

$$g_{23} = 2n_2 / n_2 + n_3 . \quad (4.4.13)$$

При параметрах оптического волокна:

$t = 2$, мкм;

$\alpha = 2.52$, дБ/км;

$L=2$, км; $f = 1,935^{14}$ Гц.

Рассчитываем коэффициенты преломления на границе в оболочки и в воздухе по формулам (4.4.12) и (4.4.13):

$$g_{12} = \frac{2 \cdot 1.4681}{1.4681 + 1.4623} = 1.002;$$

$$g_{2,3} = \frac{2 \cdot 1.4623}{1.4623 + 1} = 1.19.$$

Находим вероятности преломления на границе сердечник – оболочка и оболочка воздух по формулам:

$$P_{1,2} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}; \quad (4.4.14)$$

$$P_{23} = \frac{n_2 - n_3}{n_2 + n_3}. \quad (4.4.15)$$

И вычисляем значения:

$$P_{1,2} = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681 + 1.4623} = 0.002;$$

$$P_{23} = \frac{1.4623 - 1}{1.4623 + 1} = 0.19,$$

Найдем коэффициент потерь в оболочке по формуле:

$$k = \frac{2}{3} \pi \cdot 1.195 \cdot 10^{14} \cdot 1.4623 \cdot 10^{-8} = 4.901 \cdot 10^6$$

$$\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \text{ Ф/м};$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м};$$

$$\varepsilon = n^2; \mu = 1.$$

Найдем коэффициент проникновения поля через оболочку волокна по формуле:

$$N = \frac{1.002 \cdot 1.19 \cdot e^{-2 \cdot 1.16510^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}}{1 - 0.002 \cdot 0.19 \cdot e^{-2 \cdot 1.16510^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 6.59 \cdot 10^{-5};$$

Переходные потери на ближнем конце вычисляются по формуле:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4 \cdot 2.52}{(4.22 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0.6 \cdot (1 - e^{2.2.52 \cdot 10})} \right| = 157.027, \text{ дБ/км};$$

Защищенность от помех по рассчитывается формуле:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{(4.22 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0.6 \cdot 10} \right| = 137.702, \text{ дБ};$$

Найдем переходное затухание на дальнем конце рассчитывается по формуле:

$$A_l = 137.702 + 2.52 \cdot 10 = 389.702, \text{ дБ}.$$

N характеризует долю просачивания энергии через оболочку волокна и, если он меньше $10^{-5} \div 10^{-6}$, то для используемых на практике оптических волокон и величин $L - A_0 > 120$ дБ; $A_3 > 90$ дБ; $A_l > 100 \div 120$ дБ их взаимными влияниями можно пренебречь.

4.5 Основной энергетический расчёт системы

Энергетический расчёт с учетом затухания на вводе и выводе энергии из оптического кабеля, или полный запас мощности системы, дБ, можно рассчитать по формуле:

$$\Pi = P_{\text{пер}} - a_{\text{вх}} - a_{\text{вых}} - P_{\text{пр мин}}, \quad (4.5.1)$$

$$\Pi = -2 - 0.25 - 0.25 - (-38) = 35.5 \text{ дБ}.$$

Энергетический запас системы определяют как разность между полным запасом мощности (4.5.1) и общими потерями. Величина энергетического запаса работоспособной системы связи должна быть положительной.

$$\Pi - a_{\Sigma} \geq 0 \quad (4.5.2)$$

Подставляя значения в выражение, проверяем выполнение этого неравенства:

$$35.5 - 15.3 = 20.2 \geq 0 \text{ неравенство верно}.$$

Полученное значение энергетического запаса системы, оказалось положительным, что говорит о ее работоспособности.

Значение отношения сигнал/шум или вероятность ошибки, отводимой на длину регенерационного участка, имеет важное значение при расчете системы. Для цифровой волоконной оптической системы связи рассчитывается по следующей формуле:

$$p_{\text{ош}} = p' \cdot l_{\text{py}}, \quad (4.5.3)$$

где p' - вероятность ошибки, приходящейся на один километр оптического линейного тракта (для внутризоновой $1,67 \cdot 10^{-10}$, для местной 10^{-9} и для магистральной сети 10^{-11}).

Обычно $p_{\text{ош}} = 10^{-8} - 10^{-9}$.

Подставляя значения в выражение (4.5.3), получаем следующий результат:

$$p_{\text{ош}} = 10^{-11} \cdot 2 = 2 \cdot 10^{-10}$$

Можно сказать, что полученное значение вполне подходит для нашей системы, и удовлетворяет примерно принятым значениям.

Теперь определим значение передачи мощности оптического излучения на выходе передающего оптического модуля (ПОМ), дБм, который определяется по формуле:

$$P_{\text{пер}} = P_c - \Delta P, \quad (4.5.4)$$

где P_c – значение средней мощности оптического сигнала на выходе источника излучения;

ΔP – снижение значения средней мощности, зависящее от характера сигнала (для кода NRZ -3дБ, для RZ -6дБ).

$$P_{\text{пер}} = 0 - (-3) = 3 \text{ дБ.}$$

Что касается уровня мдм (порога чувствительности приемного оптического модуля – ПРОМ), то здесь мы получаем для pin-фотодиода:

$$P_{\text{min}} = \begin{cases} -55 + 11 \lg B, & \text{при } B < 50 \text{ Мбит/с} \\ -55 + 10 \lg B, & \text{при } B \geq 50 \text{ Мбит/с} \end{cases} \quad (4.5.5)$$

Подставим значения: $p_{\text{min}} = -55 + 10 \lg(622.08) = -26.79 \text{ дБ}$

И получаем вполне приемлемое значение для нашего участка.

Что касается быстродействия системы, то быстродействие зависит от характера передаваемого сигнала, скорости передачи информации и рассчитывается по формуле:

$$t_{\Sigma} = \frac{\beta}{B}, \quad (4.5.6)$$

где β – коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (линейного кода), для кода NRZ $\beta = 0,7$; для остальных $\beta = 0,35$.

Общее расчётное быстродействие ВОЛС, определяется по формуле:

$$t_{\text{ож}} = 1,111\sqrt{t_{\text{пер}}^2 + t_{\text{пр}}^2 + t_{\text{ОВ}}^2}, \quad (4.5.7)$$

где $t_{\text{пер}} = (0,5 \dots 10)$ нс – быстродействие ПОМ;

$t_{\text{пр}} = (0,2 \dots 20)$ нс – быстродействие ПРОМ;

$t_{\text{ОВ}}$ – уширение импульса на протяжённости регенерационного участка:

$$t_{\text{ОВ}} = \tau l_{\text{пу}}, \quad (4.5.8)$$

где τ – дисперсия оптического кабеля, с/км.

Подставляя все необходимые значения в выражения (4.5.6), (4.5.7), (4.5.8) получим следующий результат:

$$\begin{aligned} t_{\Sigma} &= \frac{0.7}{622.08} = 1.13 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \\ t_{\text{ОВ}} &= 2 \cdot 10^{-12} \cdot 54 = 0.13 \text{ нс}; \\ t_{\text{ож}} &= 1,111\sqrt{5^2 + 10^2 + 0.13^2} = 12.42 \text{ нс}. \end{aligned}$$

Если выполняется следующее неравенство:

$$t_{\text{ож}} < t_{\Sigma}, \quad (4.5.9)$$

то выбор оптического кабеля сделан правильно. Запас по быстродействию, рассчитывается разностью:

$$\Delta t = t_{\text{ож}} - t_{\Sigma} \quad (4.5.10)$$

Проверим правильность кабеля и рассчитаем запас по быстродействию:

$$\Delta t = |12.42 \cdot 10^{-9} - 1130000 \cdot 10^{-9}| = 1.13 \cdot 10^{-3} \text{ с}.$$

Сравнив значения по формуле (4.5.10) $12.42 \cdot 10^{-9} < 1.13 \cdot 10^{-3}$, делаем вывод, что выбор оптического кабеля был сделан верно.

4.6 Расчет надежности сети доступа

Требуемая быстрота и точность передачи информации средствами электросвязи обеспечиваются высоким качеством работы всех звеньев сети электросвязи: предприятий, линий связи, технических средств. Обобщающим показателем качества работы средств связи является надёжность.

Надёжностью называется свойство объектов выполнять свои функции с требуемыми показателями качества, определяемыми системой нормативно-технической документации, в заданных условиях работы и в заданное время. Надёжность отражает влияние главным образом внутрисистемных факторов – случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами её изготовления или ошибками обслуживающего персонала.

Исходя из общей теории надежности, применяемой в народном хозяйстве, разработана методика расчета надежности кабельных линий связи.

Анализ характера и причин повреждений кабельных линий связи показывает, что надежность их работы зависит от многочисленных факторов, влияющих на исправную работу линии. По характеру действия все факторы можно разделить на конструктивно – производственные и эксплуатационные.

К конструктивно – производственным относятся факторы, связанные с разработкой, проектированием и изготовлением отдельных изделий и устройств, составляющих кабельную линию.

К эксплуатационным относятся факторы, влияющие на надежность кабельной линии в процессе её эксплуатации, обусловленные влиянием среды, в которой находится кабель, системой технического обслуживания, квалификацией технического персонала, наличием измерительной аппаратуры и т. п.

Для оценки надежности междугородних кабельных линий используются следующие основные характеристики:

Коэффициент готовности K_r – это вероятность того, что объект технической эксплуатации (ОТЭ) окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течении которых использование объекта по назначению не предусматривается.

Коэффициент простоя K_{π} – это вероятность того, что в произвольный момент времени система окажется в неработоспособном состоянии, кроме планируемых периодов.

Время восстановления T_v – это математическое ожидание времени восстановления работоспособности состояния ОТЭ после отказа.

Интенсивность отказов $\lambda_{ок}$ – это условная плотность вероятности возникновения отказа ОТЭ определенная при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возникал.

Требуемые показатели качества и надежности в соответствии с РД 45.047-99 для местной сети передачи (МСП) с максимальной протяженностью до 200 км приведены в таблице 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Показатели надежности для МСП

Показатели надежности	Канал ТЧ или ОЦК	Канал ОЦК на перспективной цифровой сети	Аппаратура линейного тракта
Коэффициент готовности (K_r)	>0,997	>0,9994	0,9987
Среднее время между отказами, час (T_0)	>400	>7000	>2500
Время восстановления, час (T_v)	<1,1	<4,24	Смотри примечание

Примечание:

Время восстановления менее 2,5 часа, в том числе время подъезда два часа.

Время восстановления ОРП и ОП менее 0,5 часа.

Время восстановления ОК менее 10 часов, в том числе время подъезда менее 3,5 часа.

Учитывая высокую надежность современной аппаратуры цифровых систем передачи, целесообразно принять значение коэффициента готовности кабельной линии 0,985, а аппаратуры 0,995. Тогда на подземной кабельной линии связи должны обеспечиваться следующие показатели:

- коэффициент готовности – не менее 0,985;
- среднее время между отказами не менее 320 часов;
- среднее время восстановления – не более 5,2 часов;
- плотность повреждений – не более 0,1823.

Среднее число (плотность) отказов ОК за счет внешних повреждений на 100 км кабеля в год (по статистике на коаксиальных кабелях из опыта эксплуатации на магистральной сети первичной связи) равно $\mu = 0,34$, тогда интенсивность отказов оптического кабеля за один час на длине трассы ВОЛС определится как:

$$\lambda_{ок} = \frac{\mu \times L}{8760 \times 100}, \quad (4.6.1)$$

где L – протяженность трассы, км;

8760 – количество часов в году.

Для кабеля проложенного на трассе, протяженность которой два км. данный коэффициент будет равен:

$$\lambda_{ок} = \frac{0,34 \times 2}{8760 \times 100} = 7,76 \times 10^{-7},$$

При существующей на эксплуатации стратегии восстановления, начинающегося с момента обнаружения отказа (аварии), коэффициент простоя (неготовности) определяются по широко известной формуле:

$$K_n^a = \frac{\lambda_o \times T_e}{1 + \lambda_o \times T_e} = \frac{T_e}{T_o + T_e}, \quad (4.6.2)$$

а коэффициент готовности:

$$K_z = 1 - K_n = \frac{T_o}{T_o + T_e}, \quad (4.6.3)$$

Для проектируемой ВОЛС это составит:

$$K_n^a = \frac{7,76 \times 10^{-7} \times 10}{1 + 7,76 \times 10^{-7} \times 10} = 7,7 \times 10^{-7},$$

$$K_z = 1 - 7,7 \times 10^{-7} = 0,9999992$$

При длине линии L не равной $L_m = 200$ км, среднее время между отказами определится как:

$$T_o(L) = T_o \times \frac{L_m}{L}, \quad (4.6.4)$$

где L_m – нормированное расстояние трассы. Таким образом, реальное время между отказами для нашей трассы длиной два километра будет составлять:

$$T_o(L) = 2500 \times \frac{200}{2} = 250000 \text{ часов},$$

Сравнивая заданный и рассчитанный коэффициент готовности ($0,9999992 > 0,9994$) видно, что полученное значение больше заданного, что обеспечивает необходимые нормы по надежности проектируемой волоконно-оптической линии связи. К числу мероприятий, направленных на повышение надежности кабельных линий связи, следует отнести: правильный выбор типа кабеля, трассы и глубины его прокладки, применение защитных устройств от механических повреждений, улучшение организации службы эксплуатации, повышение квалификации обслуживающего персонала, оснащение измерительной техникой, проведение технического надзора за состоянием трассы кабеля. Очень важное значение имеет анализ и выявление причин повреждений.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Организационно – технические мероприятия по обеспечению оптимальных условий работы операторов

Оборудование, с которым во время работы приходится взаимодействовать операторам, представляют персональные компьютеры, терминалы и принтеры, в связи с чем рассмотрим организационно – технические мероприятия по оборудованию операторской комнаты, такие как создание микроклиматических условий и эргономики.

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на работника. Отклонения отдельных параметров микроклимата от рекомендованных значений снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и могут привести к профессиональным заболеваниям.

Нормирование параметров микроклиматических условий осуществляется в зависимости от категории работы. Существует три категории работ в зависимости от энергозатрат организма.

Работа в операторской относится к категории Ia – легкая физическая работа – производится сидя и не требует физического напряжения (ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ «Воздух рабочей зоны, общие санитарно – гигиенические требования»).

Так как операторы находятся в комнате управление системой, где используется электронное оборудование, которое не выделяет вредных веществ, тепла, электромагнитные поля и другие вредные факторы для человека, то будем рассматривать оптимальный вариант системы микроклимата удовлетворяющей потребности операторов. Перспективным с точки зрения создания нормальных микроклиматических условий в рабочей зоне является использование автономных систем кондиционирования и вентиляции, которые охлаждают воздух, автоматически поддерживают заданную температуру, очищают воздух от пыли, вентилируют помещение, уменьшают влажность, изменяют скорость движения воздушного потока и направляют его, обеспечивая воздухообмен с наружной средой.

5.2 Организация рабочего места оператора

Организация рабочего места оператора имеет большое значение в организации труда. Правильная организация рабочего места оператора устраняет такие проблемы как: дискомфорт, преждевременная усталость, отрицательное воздействие на организм человека ухудшающего его здоровье, снижение производительности труда.

Рабочее место оператора это место в системе «человек - машина», оснащенное средствами отображения информации, органами управления и

вспомогательным оборудованием, на котором осуществляется его трудовая деятельность.

Для обеспечения нормальных условий труда установлены санитарные нормы СН 245 – 71 на одного работающего: объем производственного помещения не менее 15 м^3 ; площадь помещения, отгороженного стенами или глухими перегородками не менее $4,5 \text{ м}^2$. Помещение где находится операторская, в которой будут находиться два оператора, имеет размеры: площадь 42 м^2 , объем 48 м^3 , что соответствует санитарным нормам.

В помещении операторской установлены столы эргономичного дизайна. Покрытие поверхности стола матовое, серого цвета, углы и передняя верхняя грань доски стола закруглены. Справа на столе предусмотрено место для ПЭВМ с полкой, для монитора регулируемой как по высоте, так и по горизонтали, имеется выдвижная полочка для клавиатуры, слева регулируемая полочка с зажимом для документов, также слева имеется крепление для настольной лампы. Дополнительно имеется передвижная тумбочка для документов и с левой стороны установлен приставной столик, на котором установлено устройство вывода информации на печать и телефонные аппараты. Стол оснащен подставкой под ноги, которая имеет возможность перемещаться по полу и регулировать угол наклона по желанию оператора. Сиденья кресел, которые установлены, для операторов имеют выемку, соответствующую форму, огибающую поясницу. Кресла регулируются по высоте и по наклону спинки. Кресла очень подвижны, так как имеют колесики и могут вращаться вокруг своей оси, что позволяет операторам в случае необходимости быстро покидать и занимать рабочее место, а также иметь эффективный доступ ко всем элементам оборудования и местам хранения документации, не прилагая при этом больших физических усилий. Такая мебель позволяет обеспечить комфортные и удобные условия труда операторов с учетом антропометрических данных каждого.

При организации рабочего места оператора нами были установлены компьютеры, в которых используются мониторы, выполненные на основе плазменной технологии размером 17 дюймов, что сразу устранило такие отрицательные воздействия на организм человека, в частности на его зрительные органы, как: электромагнитные излучения, мерцание экрана, инертность изображения. Эти мониторы имеют высокое качество изображения и возможности его регулирования и имеют плоский, тонкий корпус, что обеспечивает большее рабочее пространство на столе оператора. Также в этих компьютерах используются антистатические изогнутой формы клавиатура и устройства «мышь» в форме своей повторяющие изгибы кисти рук человека, что обеспечивает удобство при работе с компьютером.

При планировке рабочего места необходимо учитывать удобство, наблюдение норм расположения элементов оборудования и документации, а также зоны досягаемости рук оператора.

5.3 Расчет системы кондиционирования

Расчет систем кондиционирования произведен согласно методическим указаниям [2] и в соответствии с СНиП РК 4.04-05-2001 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [8].

Схема помещения для которого ведется расчет представлена на рисунке 5.1, а исходные данные для расчета в таблице 5.1.

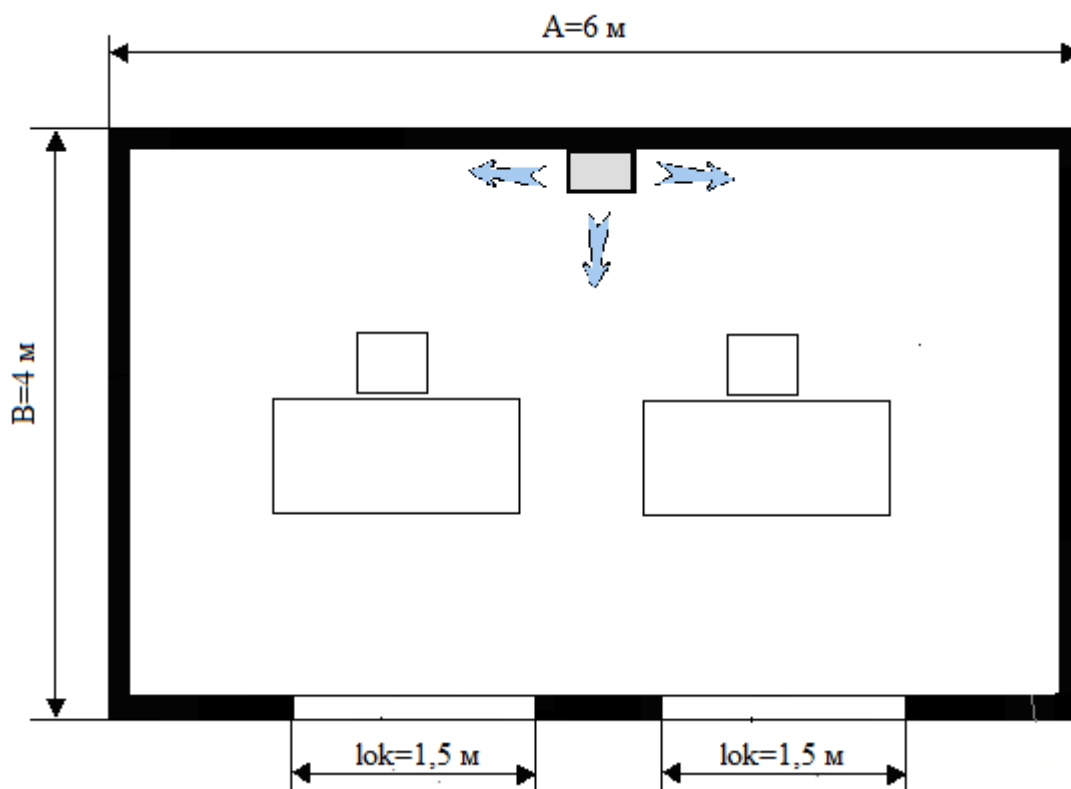


Рисунок 5.1 – Схема расположения кондиционера в помещении

Таблица 5.1 – Исходные данные

Параметр	Значение
Город	Тараз
Параметры помещения (А х В х Н), м	6 х 4 х 3
Данные по оборудованию	
количество	2
мощность $P_{об}$, кВт/ч	2
КПД η	0,8
Данные по источнику света	
мощность $N_{ос.уст.}$, Вт/м ²	22
вид источника света	Люминесцентные лампы
Число сотрудников, из них: мужчины	2

Продолжение таблицы 5.1.

Окна:	
количество	2
площадь одного окна, м ²	2,25
расположение	Ю
вид	жалюзи, деревянный переплет,
загрязнение	незначительное
Расчетное время суток, ч.	12-13
Температура в помещении, °С:	летом 24
	зимой 22
Вид положения работы	сидя

В помещениях различного назначения действуют в основном тепловые нагрузки, возникающие снаружи помещения (наружные); а также тепловые нагрузки, возникающие внутри зданий (внутренние).

Наружные тепловые нагрузки представлены следующими составляющими:

- теплопоступления или теплопотери в результате разности температур снаружи и внутри здания через стены, потолки, полы, окна и двери.

- разность температур снаружи здания и внутри него летом является положительной, в результате чего имеет место приток тепла снаружи вовнутрь помещения; и наоборот – зимой эта разность отрицательна и направление потока тепла меняется;

- теплопоступления от солнечного излучения через застекленные площади; данная нагрузка проявляется в форме ощущаемого тепла;

- теплопоступления от инфильтрации.

В зависимости от времени года и времени суток наружные тепловые нагрузки могут быть положительными.

Теплопоступления и теплопотери в результате разности температур определяются по формуле:

$$Q_{огр\,зима} = V_{пом} \cdot X_o \cdot (t_{Врасч} - t_{Нрасч}), \text{ Вт} \quad (5.1)$$

где $V_{пом}$ – объем помещения, м³:

$$V_{пом} = 6 \cdot 4 \cdot 3 = 72 \text{ м}^3;$$

X_o – удельная тепловая характеристика, Вт/м³ °С:

$$X_o = 0,42 \text{ Вт} / \text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$t_{Нрасч}$ – наружная температура.

$t_{\text{Врасч}}$ – внутренняя температура, выбирается с учетом комфортных условий или технологических требований, предъявляемых к производственным процессам.

Для теплого времени года:

$$Q_{\text{огр}} = 0 \text{ кВт.}$$

Для холодного времени года:

$$t_{\text{Нрасч}} = -10^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{Врасч}} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{огр}} = 72 \cdot 0.42 \cdot (-32) = -967,68 \text{ Вт}$$

Избыточная теплота солнечного излучения в зависимости от типа стекла почти до 90% поглощается средой помещения, остальная часть отражается. Максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения, которое имеет прямую и рассеянную составляющие. Интенсивность излучения зависит от ширины местности, времени года и времени суток.

Теплопоступление от солнечного излучения через остекление определяется по формуле:

$$Q_p = (q^I F_0^I + q^{II} F_0^{II}) \cdot \beta_{\text{с.з.}} \quad (5.2)$$

где q^I , q^{II} – тепловые потоки от прямой и рассеянной солнечной радиации, Вт/м²;

F_0^I , F_0^{II} – площади светового проема, облучаемые и необлучаемые прямой солнечной радиацией, м²;

$\beta_{\text{с.з.}}$ – коэффициент теплопропускания.

По таблице 4 [18] $\beta_{\text{с.з.}} = 0,15$ (для ставень-жалюзи, 90 градусов с деревянными пластинками).

При отсутствии наружных затеняющих козырьков, ребер и т. д. для периода облучения остекления солнцем, когда его лучи проникают через окно в помещение $F_0^I = F_0$; $F_0^{II} = 0$, (3):

$$Q_p = q^I F_0 \cdot \beta_{\text{с.з.}} = (q_{\text{пр}} + q_{\text{р}}) \cdot K_1^c \cdot K_2 \cdot \beta_{\text{с.з.}} \cdot n \cdot S_o, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

$q_{\text{вп}}$; $q_{\text{вр}}$ – тепловые потоки от прямой рассеянной радиации, Вт/м². По таблице 5 [18] для широты в 44°СШ после полудня в 12-13 ч. при расположении Юг:

$$q_{\text{вп}} = 288 \text{ Вт/м}^2; q_{\text{вр}} = 85 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F_0 = n S_o = 2 \cdot 2,25 = 4,5 \text{ м}^2 \text{ – площадь светового проема}$$

(n – число окон; S_o – площадь 1 окна);

K_1 – коэффициент затемнения остекления переплетами (K_1^c – для облученных проемов).

По таблице 6 [18] $K_1^c = 0,46$;

K_2 – коэффициент загрязнения остекления.

По таблице 7 [18] $K_2 = 0,95$ (загрязнение незначительное).

Тогда:

$$Q_p = (288 + 85) \cdot 0,46 \cdot 0,95 \cdot 0,15 \cdot 4,5 = 110 \text{ Вт}$$

Внутренние нагрузки в жилых, офисных или относящихся к сфере обслуживания помещениях слагаются в основном из тепла:

- выделяемого людьми;
- выделяемого лампами и осветительными, электробытовыми приборами;
- выделяемого компьютерами, печатающими устройствами фотокопировальными машинами пр.;

В производственных и технологических помещениях различного назначения дополнительными источниками тепловыделений могут быть: нагретое производственное оборудование, горячие материалы, в том числе жидкости и различного рода полуфабрикаты, продукты сгорания и химических реакций.

Теплопоступления от людей зависят от интенсивности выполняемой работы и параметров окружающего воздуха. Тепло, выделяемое человеком, складывается из ощутимого (явного), то есть передаваемого в воздух помещения путем конвекции и лучеиспусканий, и скрытого тепла, затрачиваемого на испарение влаги с поверхности кожи и из легких.

По таблице 8 [18] летом при 24°C один мужчина выделяет явного тепла 67 Вт, а общего – 102 Вт. Женщина выделяет 85% от нормы тепловыделений взрослого мужчины. Тогда выделение явного тепла в помещении составит:

$$Q_{\text{я}}^{\text{л}} = 67 \cdot 1 + 67 \cdot 1 \cdot 0,85 = 123,95 \text{ Вт}.$$

А выделение общего тепла:

$$Q_{\text{о}}^{\text{л}} = 102 \cdot 1 + 102 \cdot 1 \cdot 0,85 = 188,7 \text{ Вт}$$

По таблице 8 [18] зимой при 22°C один мужчина выделяет явного тепла 76 Вт, а общего – 102 Вт. Женщина выделяет 85% от нормы тепловыделений взрослого мужчины. Тогда выделение явного тепла в помещении составит:

$$Q_{\text{я}}^{\text{з}} = 76 \cdot 1 + 76 \cdot 1 \cdot 0,85 = 140,6 \text{ Вт}.$$

А выделение общего тепла:

$$Q_{\text{о}}^{\text{з}} = 102 \cdot 1 + 102 \cdot 1 \cdot 0,85 = 188,7 \text{ Вт}$$

Теплопоступление от осветительных приборов, оргтехники и оборудования рассчитывается следующим образом. Теплопоступление от ламп определяется по формуле (2):

$$Q_{\text{осв}} = \eta \cdot N_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пол}}, \text{ Вт} \quad (5.4)$$

где η – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую (для люминесцентных ламп $\eta = 0,5-0,6$);

$N_{\text{осв}}$ – установленная мощность ламп ($N = 22 \text{ Вт/м}^2$);

$F_{\text{пол}}$ – площадь пола:

$$F_{\text{пол}} = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2$$

Тогда:

$$Q_{\text{осв}} = 0,6 \cdot 22 \cdot 24 = 317 \text{ Вт}.$$

Тепло, выделяемое производственным оборудованием, определяется по формуле:

$$Q_{\text{об}} = N_{\text{уст}} \cdot K \cdot n \quad (5.5)$$

$$Q_{\text{об}} = 0,8 \cdot 2 \cdot 2 = 3,2 \text{ кВт}.$$

Теплопритоки, возникающие за счёт находящейся оргтехники – это 30% мощности оборудования:

$$Q_{\text{орг}} = 2 \cdot 2 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ кВт}.$$

На основании выполненных расчетов составим баланс тепlopоступлений в помещении:

$$Q_{\text{изб}} = Q_p + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{орг}} + Q_{\text{огр}} \quad (5.6)$$

$$\text{Лето: } Q_{\text{изб}} = 110 + 123,95 + 317 + 3200 + 1200 + 0 = 4950,95 \text{ Дж}$$

$$\text{Зима: } Q_{\text{изб}} = 110 + 140,6 + 317 + 3200 + 1200 - 967,68 = 3999,92 \text{ Дж}$$

Так как тепловой баланс для лета больше зимнего теплового баланса, то рассчитаем теплонапряженность воздуха по формуле:

$$Q_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{изб.лето}} \times 860}{V_{\text{пом}}} = \frac{4,95 \times 860}{72} = 59,13 \text{ ккал/м}^3.$$

При $Q_{\text{н}} > 20 \text{ ккал/м}^3$, $\Delta t = 8 \text{ }^\circ\text{C}$,

Определение количества воздуха, необходимое для поступления в помещение:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}} \times 860}{C \times \Delta t \times \gamma} = \frac{4,92 \times 860}{0,24 \times 8 \times 1,206} = 1838 \text{ м}^3/\text{час}$$

где $C = 0,24 \text{ ккал/(кг} \times \text{ }^\circ\text{C)}$ – теплоемкость воздуха,

$\gamma = 1,206 \text{ кг/м}^3$ – удельная масса приточного воздуха.
 Определение кратности воздухообмена:

$$n = \frac{L}{V_{\text{пом}}} = \frac{1838}{72} = 25,5 \text{ час}^{-1}.$$

Количество воздуха, необходимое для поступления в помещение $L = 1838 \text{ м}^3/\text{час}$. Исходя из полученных данных, выберем кондиционер фирмы Almasom, сплит-система настенного типа, максимальный расход воздуха которого составляет $2100 \text{ м}^3/\text{час}$.

Таблица 5.2 – Основные технические характеристики кондиционера Almasom. Сплит-система настенного типа

Модель	Потребляемая мощность, кВт	Мощность охлаждения, кВт	Мощность обогрева, кВт	Расход воздуха, макс м ³ /час
АСН-24Н4	5	13	14	2100

Для обеспечения необходимой температуры в помещении с параметрами 6х4х3 необходим кондиционер Almasom АСН-24Н4 с максимальным расходом воздуха $2100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

5.4 Выводы по разделу

Для производительного труда оператора необходима рационально организованная окружающая среда, учитывающая естественные условия и комфортность расположения средств управления. Микроклимат рабочего места должен исключить мешающие и раздражающие воздействия факторов, которые способны вызвать утомление и напряжение оператора - освещение, вентиляцию.

В разделе для расчета системы кондиционирования были рассчитаны наружные и внутренние тепловые нагрузки в помещении. Был произведен тепловой баланс помещения, по его результатам была выбрана модель кондиционера с подходящими характеристиками и представлена схема расположения сплит-системы в помещении. Для обеспечения необходимой температуры в помещении с параметрами 6х4х3 необходим кондиционер Almasom АСН-24Н4 настенного типа с максимальным расходом воздуха $2100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Таким образом, были обеспечены комфортные условия в помещении для выполнения работы операторами.

6 Бизнес план проекта строительства телекоммуникационной сети доступа для микрорайона «Самал» г. Тараза

6.1 Резюме

Магистральная сеть связи будет построена с применением концентратора UT Starcom EPON BBS 4000+. Линия связи между основными функциональными узлами будут построены на основе ВОЛС. Система управления и эксплуатации всей сетью централизована.

Имеется практическая возможность расширения и наращивания сети без модернизации магистральной сети и по мере возникновения потребности.

Цель технико-экономического обоснования проекта - доказать экономическую целесообразность проектируемой сети доступа. В связи с тем, что строительство телекоммуникационной сети доступа имеет ввиду её коммерческое использование, то содержанием расчётов являются:

- расчёт капитальных вложений на строительство телекоммуникационной сети доступа;

- расчёт годовых эксплуатационных расходов;

- расчёт срока окупаемости капитальных вложений.

В качестве исходных данных используется общая протяженность трассы, тип кабеля, используемое основное и дополнительное оборудование.

6.2 Анализ рынка сбыта. Изучение рынка услуг

В настоящее время прослеживается миграция существующих сетей к сетям следующего поколения, которые призваны обеспечить новый уровень предоставления телекоммуникационных услуг путем интеграции независимых систем передач голоса, данных и видео в одну широкополосную сеть и предоставления клиентам дополнительных сервисов. Если провести анализ развития операторов связи, то становится очевидным, что компания, предоставляющая только услуги проводной телефонной связи, не сможет выжить и развиваться в условиях конкуренции с операторами, предоставляющими широкополосный доступ. Доля рынка, которую занимают операторы фиксированной связи, постепенно снижается. Современный дом, офис и даже мобильный терминал уже немыслим без доступа к IP-сервисам, самым распространённым из которых является доступ в Интернет. И нет никаких причин не повышать доходность построенных сетей за счёт внедрения новых услуг, наиболее прибыльными из которых являются развлечения и досуг. Задача реализации проекта - предоставлении абонентам услуг высокоскоростного доступа к сети Интернет, с использованием выделенных каналов для кабельного телевидения и мультимедиа. Для наращивания доли рынка необходимо наличие следующих факторов:

- Присутствие на рынке экономически развитых компаний;
- Возможность привлечения новых клиентов;
- Потребность клиентов в новых телекоммуникационных услугах.

Реальные конкуренты TOO «Алма ТВ», TOO "DIGITAL TV", TOO «ICON».

6.3 Финансовый план

6.3.1 Расчет капитальных затрат

Общие капиталовложения по созданию сети включают в себя капиталовложения на оборудование, капиталовложения на монтаж и капиталовложения на транспортные расходы.

$$\Sigma K = K_O + K_{II} + K_M + K_{TP} \quad (6.3.1)$$

где K_O - капитальные вложения на приобретение оборудования;

K_{II} - затраты на проектирование составляют 5%;

K_M – затраты на стоимость монтажа оборудования на месте эксплуатации (6% от стоимости оборудования);

K_{TP} – транспортные расходы (8% от стоимости оборудования);

Объём работ по всем сооружениям определён в соответствии с выбранной трассой.

Объём работ по станционным сооружениям определён исходя из того, что проектируемое оборудование размещается на существующих площадях, без конструкции помещений.

Сметная стоимость на приобретение линейных сооружений представлена в таблице 6.3.1.

Таблица 6.3.1 - Сметная стоимость линейных сооружений

Наименование статей затрат	Ед. изм-ния	Кол-во	Стоимость, тг.	
			За единицу	Всего
Приобретение кабеля:				
КС-ОКЛ	км	2	133350	266 700
КС-ОКГонг	км	12	74305	891 660
Прокладка кабеля в телефонной канализации (прокладка в трубе в готовую канализацию)	км	2	1 250 000	2 500 000
Прокладка кабеля в ручную (по территории микрорайона)	км	12	100 000	1 200 000
Итого:				4 858 360

Сметная стоимость на приобретение основного и дополнительного оборудования представлена в таблице 6.3.2.

Таблица 6.3.2 – Сметная стоимость основного и дополнительного оборудования

Наименование статей затрат	Ед. Изм-ния	Кол-во	Стоимость, тг.	
			За единицу	Всего
Шкаф распределительный	шт.	1	500 000	500 000
Труба для кабеля	км.	12	200 000	2 400 000
Коробки распределительные	шт.	900	2 000	1 800 000
Муфты соединительные	шт.	45	15 000	675 000
Монтаж:				
Шкафа	шт.	1	50 000	50 000
Трубы	км.	12	300 000	3 600 000
Коробок	шт.	900	500	450 000
Муфт	шт.	45	3 000	135 000
Приобретение аппаратуры:				
BBS 4000	шт.	1	8 000 000	8 000 000
ONU 104	шт.	720	8 000	5 760 000
Настройка оборудования				
BBS 4000	шт.	1	240 000	240 000
ONU 104	шт.	720	2 000	1 440 000
Монтажные и измерительные приборы	комплект	1	500 000	500 000
Итого:				25 550 000

Итак, K_o - капитальные вложения являются суммой на приобретение основного и дополнительного оборудования, плюс стоимость покупных линейных сооружений.

$$K_o = 4\,858\,360 + 25\,550\,000 = 30\,408\,360 \text{ тг.}$$

$$K_{II} = 30\,408\,360 \cdot 0,05 = 1\,520\,418 \text{ тг.}$$

$$K_{TP} = 30\,408\,360 \cdot 0,06 = 1\,824\,502 \text{ тг.}$$

K_M – затраты на стоимость монтажа оборудования на месте эксплуатации, уже включены в стоимость оборудования.

В итоге общие капитальные вложения будут равны:

$$\Sigma K = 30408360 + 1520418 + 1824502 = 33753280 \text{ тг.}$$

6.3.2 Расчет эксплуатационных расходов

Расчёт эксплуатационных расходов производится в соответствии с [15]. Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам.

Расчёт эксплуатационных расходов производим в соответствии с формулой:

$$\sum \mathcal{E} = \Phi OT + Oc + M + \mathcal{E} + A + H, \quad (6.3.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты (основная и дополнительная заработная плата);

Ос – социальный налог;

М – материальные затраты и запасные части;

Э – затраты на электроэнергию;

А – амортизационные отчисления;

Н – накладные расходы.

6.3.3 Расчет численности производственных работников

Для определения численности работников необходимо рассчитать производственный персонал:

- 1) по обслуживанию систем передачи инженер – 1 чел;
- 2) по обслуживанию кабельных линий связи электромеханик – 2 чел;
- 3) монтер – 2 чел.

Годовой фонд заработной платы (ФОТ) начисляется по количеству работающих сотрудников умноженной на 12 (месяцев), плюс 35% премии, плюс 15% за работу в ночное время, в выходные и праздничные дни.

Численность сотрудников представлена в таблице 6.3.3.

Таблица 6.3.3 – Штат сотрудников необходимых для полноценного функционирования системы

Наименование должности	Кол-во человек	Оклад (тг.)	Премии	Ночные, выходные	Итого (тг.)
Инженер	1	100 000	35 000	15 000	150 000
Электромеханик	2	82 000	28 700	12 300	240 600
Монтер	2	80 000	28 000	12 000	240 000
Итого ФОТ мес.:					630 600

Соответственно фонд оплаты труда за год составит:

ФОП = 630 600 · 12 = 7 567 200 тг.

Социальный налог составит:

$$O_c = (\Phi OT - 0,1 \cdot \Phi OT) \cdot 0,11$$

$$O_c = (7\,567\,200 - 0,1 \cdot 7\,567\,200) \cdot 0,11 = 749\,153 \text{ тг.}$$

Материальные затраты и запасные части:

$$M = \Sigma K \cdot 0,005$$

$$M = 68\,013\,169 \cdot 0,005 = 340\,065 \text{ тг.}$$

Расходы на электроэнергию для производственных нужд от посторонних источников электроснабжения определяются на основе потребляемой мощности и тарифа за один кВт*ч.

Потребляемая мощность определяется из технических характеристик данного оборудования. Тариф электроэнергии за 1 кВт*ч принимается равным 22,79 тенге.

$$Z_{\text{ЭЛ.ЭН.}} = Z_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБР.}} + Z_{\text{ДОП.НУЖ.}}$$

$$Z_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБР.}} = W \cdot T \cdot S$$

где $W = 1100$ Вт - потребляемая мощность;

$T = 8670$ ч - время работы;

S - тариф (1кВтч = 22,79тг).

$$Z_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБР.}} = 1,1 \cdot 8670 \cdot 22,79 = 217\,348 \text{ тг/год.}$$

Т а б л и ц а 6.3.4 – Расходы на электроэнергию

Тариф на электроэнергию, тг/кВт*ч	22,79
Потребляемая оборудованием мощность, Вт*ч	1100
Продолжительность работы оборудования в сутки, ч.	24
Дней в году	365
Расход электроэнергии в год, кВт	11985,1
Затраты по электроэнергии в год, тенге	217 348

Величина амортизационных отчислений (A) рассчитывается как:

$$A = \sum_{i=1}^n H_{ai} \Phi_a \quad (6.3.3)$$

где H_{ai} – норма амортизационных отчислений от среднегодовой стоимости основных производственных фондов, в процентах;

Φ_i – среднегодовая стоимость основных фондов (капитальных вложений).

Нормы амортизационных отчислений для отрасли связи (до 25% в год), кроме компьютерной техники (до 40% в год).

$$H_{ai} = 25 \%$$

$$A = 33\,753\,280 \cdot 0,25 = 8\,438\,320 \text{ тг.}$$

Накладные расходы – косвенные расходы, которые составляют 75% от себестоимости:

$$H=0.75 \cdot C_{\text{т}} \quad (6.3.4)$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы, без накладных расходов составляют:

$$\Sigma \Xi = 7\,567\,200 + 749\,153 + 340\,065 + 217\,348 + 8\,438\,320 = + \\ = 17\,312\,086 \text{ тг.}$$

Определим накладные расходы:

$$H = 0,75 \cdot 17\,312\,086 = 12\,984\,065 \text{ тг.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы составят:

$$\Sigma \Xi = 17\,312\,086 + 12\,984\,065 = 30\,296\,151 \text{ тг.}$$

Т а б л и ц а 6 . 3 . 5 – Годовые эксплуатационные расходы

Показатель	Сумма, тенге
ФОТ, тенге	7 567 200
Отчисления на социальные нужды, тенге	749 153
Амортизационные отчисления, тенге	9 634 818
Затраты на электроэнергию, тенге	217 348
Материальные затраты на запасные части	340 065
Накладные расходы	12 984 065
Эксплуатационные расходы	30 296 151

6.3.4 Расчет доходов от телекоммуникационной сети доступа

Доходы (Д) рассчитываются укрупнённо по количеству предоставляемых услуг связи (C_i) и средней доходной таксе по видам услуг связи (d_i):

$$D = \sum C_i \cdot d_i, \quad (6.3.5)$$

В качестве исходных данных для расчёта Д используем суммарное количество абонентов сети доступа. Общее количество подключаемых абонентов по проектируемой ВОЛС составит $d_i = 720$ квартир.

Стоимость ежемесячной абонентской платы, составит $C_i = 5\,000$ тг.

В итоге доход в месяц от проектируемой сети связи составит:

$$D = 5\,000 \cdot 720 = 3\,600\,000 \text{ тг.}$$

$D_{\text{год}}$, годовой доход составит:

$$D_{\text{год}} = D \cdot 12 = 3\,600\,000 \cdot 12 = 43\,200\,000 \text{ тг.}$$

6.3.6 Расчёт прибыли от реализации услуг и чистой прибыли

Прибыль от реализации услуг связи определяется как разница между доходами и годовыми эксплуатационными расходами. Прибыль характеризует эффект от деятельности предприятия в абсолютном выражении. Прибыль рассчитываем по формуле:

$$P_p = D_{\text{год}} - \Sigma \Xi, \quad (6.3.6)$$

$$P_p = 43\,200\,000 - 30\,296\,151 = 12\,903\,849 \text{ тг.}$$

Также вычислим чистую прибыль, остающуюся в распоряжении предприятия после уплаты в бюджет налога на прибыль, который составляет на данный момент 20%. Чистую прибыль $P_{\text{ч}}$ вычислим в соответствии с формулой:

$$P_{\text{ч}} = P_p - (P_p \cdot 0,20) \quad (6.3.7)$$

$$P_{\text{ч}} = 12\,903\,849 - (12\,903\,849 \cdot 0,20) = 10\,323\,080 \text{ тг.}$$

6.3.7 Расчёт срока окупаемости капитальных вложений

Наиболее важным экономическим показателем строительства ВОЛС является срок окупаемости капитальных вложений, характеризующийся отношением всех капитальных затрат к чистой прибыли.

Вычислим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \Sigma K / P_{\text{ч}} \quad (6.3.8)$$

где ΣK – капитальные вложения;

$P_{\text{ч}}$ – чистая прибыль.

$$T_{\text{ок}} = 33\,753\,280 / 10\,323\,080 = 3,27 \text{ года.}$$

Коэффициент экономической эффективности рассчитываем по формуле:

$$E = \frac{P_{\text{ч}}}{\Sigma K}$$

$$E = \frac{10\,323\,080}{30\,296\,151} = 0,341$$

6.3.8 Учет фактора времени при оценке экономической эффективности инвестиционных проектов

Проведем сопоставление затрат, которые необходимо осуществить в настоящее время, и тех денежных поступлений которые можно получить в будущем.

Для этого рассчитаем следующие показатели:

- чистую приведенную стоимость - NPV (Net Present Value);
- индекс рентабельности инвестиций - PI (Profitability Index);
- дисконтированный срок окупаемости инвестиций - DPP (Discounted Payback Period).

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (6.3.9)$$

где, α_t – коэффициент дисконтирования;

r – норма дисконта (0,10);

t – номер шага.

Пусть инвестиция будет генерировать в течение $t=1,2,\dots,n$ лет, годовые доходы в размере $P_1, P_2, P_3, \dots, P_t$.

Рассчитаем величину дисконтированных доходов (PV) по формуле:

$$PV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{P_t}{(1+r)^t} \quad (6.3.10)$$

где, r – ставка дисконты (10%);

t – год.

$$1 \text{ год } PV = 10323080 / (1 + 0,1)^1 = 9384618 \text{ тг};$$

$$2 \text{ год } PV = 10323080 / (1 + 0,1)^2 = 8531471 \text{ тг};$$

$$3 \text{ год } PV = 10323080 / (1 + 0,1)^3 = 7755883 \text{ тг};$$

$$4 \text{ год } PV = 10323080 / (1 + 0,1)^4 = 7050803 \text{ тг}.$$

$$5 \text{ год } PV = 10323080 / (1 + 0,1)^5 = 6409820 \text{ тг}.$$

Для определения экономической эффективности проекта рассчитываем чистую текущую стоимость проекта.

Чистая текущая стоимость проекта определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{P_t}{(1+r)^t} - K_{\text{вл}}, \quad (6.3.11)$$

где, K – сумма первоначальных инвестиций;

r – норма дисконта;

n – срок проекта (лет);

P_t – денежный поток в году t .

$$\sum_{t=1}^n \frac{P_t}{(1+r)^t} = 39132595 \text{ тг.}$$

$$NPV = 39132595 - 33753280 = 5379315 \text{ тг.}$$

$NPV > 0$, проект прибыльный и его следует принять.

Индекс рентабельности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат. Индекс рентабельности (PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_t \frac{P_t}{(1+r)^t}}{K_{\text{вл}}} \quad (6.3.12)$$

$$PI = \frac{39132595}{33753280} = 1,16$$

Так как рентабельность больше единицы, данный проект следует принять.

Срок окупаемости инвестиций, для полного возмещения первоначальных затрат определяется момент, когда денежный поток доходов сравнивается с суммой денежных потоков затрат. Общая формула расчета показателя DPP имеет вид:

$$DPP = t, \text{ при котором } P_t > K, \quad (6.3.13)$$

где P_t – чистый денежный поток доходов.

Определим период по истечении которого инвестиция окупается:

$$T_{OK} = t_{t-1} + \frac{K - (PV_1 + PV_2 + \dots + PV_n)}{PV_n} \quad (6.3.14)$$

Рассчитаем период окупаемости по формуле:

$$T_{OK} = 4 + \frac{33753280 - 39132595}{6409820} = 4,84 \text{ года}$$

Дисконтированный период окупаемости составляет 4,84 года.

Таблица 6.3.6 – Основные экономические показатели проектируемой сети доступа для микрорайона «Самал» г.Тараза

Наименование показателей	Сумма
Капитальные вложения, тенге	33 753 280
Годовые эксплуатационные расходы, тенге	30 296 151
Доходы от реализации услуг, тенге	43 200 000
Прибыль чистая, тенге	10 323 080
Чистая текущая стоимость NPV, тенге	5 379 315
Индекс рентабельности PI	1,16
Коэффициент экономической эффективности E	0,341
Период окупаемости T _{OK} , с дисконтированием, лет	4,84

6.4 Выводы по разделу

В современных условиях принято считать инвестиции привлекательными, если срок окупаемости ≤ 5 лет, что больше чем 4,84 года. Следовательно, нужно признать то, что проект внедрения телекоммуникационной сети доступа для микрорайона «Самал» г. Тараза является экономически оправданным, и может быть принят к реализации.

Заключение

В дипломном проекте рассмотрены вопросы проектирования телекоммуникационной сети доступа для микрорайона «Самал» города Тараза. Протяженность магистральной трассы составила около двух километров. При прокладке магистральной трассы предлагается использовать кабель марки КС-ОКЛ, а для прокладки по микрорайону кабель марки КС-ОКГонг, оба типа производства АО «Казцентрэлектропровод» с применением концентратора UT Starcom EPON BBS 4000+ и терминального устройства Fox Gate ONU 104, обеспечивающих скорость передачи до 10 Гбит/с. Трасса по которой проложен кабель выбрана с учетом уже имеющийся городской кабельной канализации, в соответствии с требованиями, нормами и правилами строительства волоконных оптических линий связи.

В дипломном проекте рассмотрены мероприятия по организации эргономических требований на рабочем месте, а так же проведен расчет системы кондиционирования и выбран тип кондиционера. Далее был произведен расчет главных экономических параметров и составлен бизнес – план по строительству волоконной оптической линии связи. Так же был определен срок окупаемости объекта строительства, эффективность и целесообразность проекта в целом.

В рамках дипломной работы были решены все основные поставленные задачи и вопросы, в соответствии с заданием и последними известными достижениями науки и технологий организаций кабельных высокоскоростных сетей доступа обеспечивающих качественные услуги передачи данных.

Список литературы

- 1 <http://www.gratanet.com/ru/publications/339>
- 2 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. – 246 с.
- 3 Гитин В.Я., Кочановский Л.Н. Волоконно-оптические системы передачи: Учеб. пособие. – СПб.: СПб ГУТ, 1996. – 156 с.
- 4 Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Статья «Всё о пассивных оптических сетях (PON)», к.ф.-м.н. Телеком Транспорт. Журнал «СЮ» № 26, 2005. - С. 48-52.
- 5 Башилов Г.А. Статья «Пассивные оптические сети: возможности и перспективы». Журнал «СЮ» № 12, 2004. - С. 24-32.
- 6 Сайт <http://www.olncom.ru/frts/ts/index.html>
- 7 Сайт <http://www.sevcabel.ru/tyki/price.html>
- 8 Сайт <http://www.telecor.ru/forum/common/topic396-1.htm>
- 9 Шахновис И. Сети городского масштаба: - М.: Электроника НТБ, 2003, - 51 с.
- 10 Телекоммуникационные системы: Компьютерный учебник/Сост.: К.С. Аманжанова и др. - Электронное издание. - Алматы: Рауан Софт, 2001. -2 CD-ROM+книга. - 128 с.
- 11 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров. – Алматы: АИЭС, 2009. – 19 с.
- 12 Рекомендации ITU-T Rec. G.
- 13 Охрана труда: Учебник / Под ред. Б.А. Князевский. – М.: Высшая школа, 1992. – 311 с.
- 14 Горобец А. И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности, - Киев.: Техника, 1987. – 135 с.
- 15 Кондратович А.П. Стандарт организации. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию работ учебных. – Алматы: АИЭС, 2009. – 53 с.
- 16 СНиП РК 4.04-05-2001 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
22. http://www.provod.kz/index.php?option=com_content&view=article&id=1345&Itemid=689&lang=ru
23. <http://deps.ua/katalog/ru-kontsentratoryi-olt/ru-gepon-koncentrator-utstarcom-bbs-4000.html>
24. <http://www.enelco.ru/documents/pon/ftth-pon.htm>
25. Безопасность жизнедеятельности. Защита от производственного шума. Методические указания к выполнению дипломного проекта, Алматинский институт энергетики и связи, Алматы, 2009. – 33 с.

Приложение А

Расчеты выполненные с помощью программы Mathcad

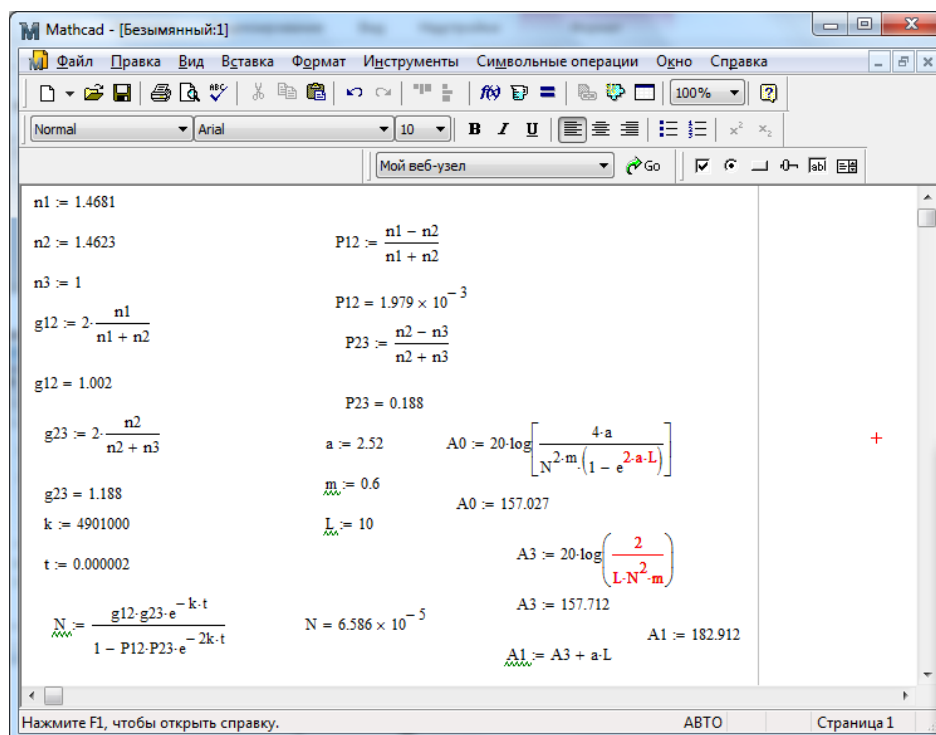


Рисунок А1 – Расчет взаимных влияний в оптическом кабеле