

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ  
ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»**

**Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем**

«Допущен к защите»

Зав.кафедрой Темырканова Э.К., доктор PhD, доц.  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

**На тему:** Проектирование сети доступа по технологии FTTH

**Специальность** 5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

**Выполнил** Аргутин К.А. **Группа** РЭТ-16-3

**Научный руководитель** к.т.н., доцент Касимов А.О.  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

**Консультанты**

**по технической части:**

Шкрыгунова Е.А. ст.препод.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**по экономической части:**

Ибришев Н.Н., д.э.н., профессор

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**по безопасности жизнедеятельности:**

Бекбасаров Ш.Ш., д.т.н

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**по применению вычислительной техники:**

Шкрыгунова Е.А. ст.препод.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**Нормоконтролер:** Гармашова Ю.М., доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**Рецензент:**

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

**Алматы 2020 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ  
ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»**

**Институт Космической инженерии и телекоммуникаций (ИКИТК)**

**Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем**

**Специальность 5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникаций**

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломного проекта

Студенту                      Аргутину Касьяну Александровичу

---

Тема проекта    Проектирование сети доступа по технологии FTTB

---

Утверждена приказом ректора № 147 от «11» ноября 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта «25» мая 2020 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта: Количество зданий 5, этажность зданий 16, количество подъездов в одном доме 4, количество абонентов 640, одномодовое оптическое волокно ТОЛ-П04-У-2,7 кН и ТОЛ-П-24-У-2,7 кН, технические характеристики коммутаторов MES3124F и MES1124MB, длина волны (1310нм и 1550нм).

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

- Технологии широкополосного абонентского доступа FTTx;
- Архитектура сети и оборудование на основе технологии FTTB;
- Расчетная часть
- Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности
- Бизнес-план

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Цели и задачи дипломного проекта. Архитектура технологий FTTx. Архитектура сети FTTB. Строение оптического кабеля. Структура сети FTTB в многоквартирном здании. Топология сети FTTB в проектируемом районе. Схема подключения жилого комплекса. Общая схема расположения трассы ВОЛС. Расчет абонентской нагрузки. Выводы. Экономическая эффективность проекта. Безопасность проекта для жизнедеятельности.

Основная рекомендуемая литература:

1 FTTX: где оптимальное место для "х" (Журнал "Сети и системы связи" No9, сентябрь 2008).

2 Спирин В.Н. Варианты реализации широкополосной сети по технологии "волокно в дом". «Теле-Мульти-Медиа» журнал по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям. июнь 2009

3 Бителева А.В. Перспективы технологии FTTH/FTTB в кабельных сетях. «Теле-Мульти-Медиа» журнал по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям, июнь 2008

4 Клочковская Л.П., Самоделкина С.В. Мобильные многоканальные технологии GSM и услуги компаний сотовой связи. Сборник задач, Алматы, АУЭС, 2011.

5 Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа –Наука и техника, 2009.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Техническая часть	Шкрыгунова Е.А.	25.05.2020 г.	
Экономическая часть	Ибришев Н.Н	25.05.2020 г.	
Безопасность жизнедеятельности	Бекбасаров Ш. Ш	25.05.2020 г.	
Применение вычислительной техники	Шкрыгунова Е.А.	25.05.2020 г.	
Нормоконтроль	Гармашова Ю.М.	13.06-14.06.2020 г.	

График  
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1	Технологии широкополосного абонентского доступа FTTx	13.01.-01.02. 2020 г.	
2	Архитектура сети и оборудование на основе технологии FTTB	03-30.02. 2020 г.	
3	Расчетная часть	01-12.04. 2020 г.	
4	Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности	21-23.05. 2020 г.	
5	Бизнес-план	24-26.05. 2020 г.	

Дата выдачи задания «9» \_\_октября\_\_ 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Темырканова Э.К.)  
(подпись) (Ф.И.О.)

Научный руководитель проекта \_\_\_\_\_ (Касимов А.О.)  
(подпись) (Ф.И.О.)

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

## **Андатпа**

Бұл дипломдық жобада Алматы қаласында абоненттік қатынау FTTB технологиясы негізінде салынған желі жасалды. FTTx кеңжолақты абоненттік қатынау технологиялары қарастырылған. Жақсырақ ретінде FTTB таңдалды. Біз оның ерекшеліктерін, артықшылықтары мен кемшіліктерін, сондай-ақ оны Қазақстанда енгізуді қарастырдық. Желі архитектурасы және жабдықтар ұсынылған.

Жобаның экономикалық тиімділігін дәлелдеген бизнес-жоспар әзірленді, тіршілік қауіпсіздігі бойынша іс-шаралар келтірілген.

## **Аннотация**

В данном дипломном проекте была разработана сеть, построенная на основе технологии FTTB абонентского доступа в районе г. Алматы. Рассмотрены возможные технологии широкополосного абонентского доступа FTTx. В качестве предпочтительной выбрана FTTB. Мы рассмотрели её особенности, преимущества и недостатки, а также её внедрение в Казахстане. Предложена архитектура сети и оборудование.

Разработан бизнес-план, который доказал экономическую эффективность проекта, приведены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

## **Annotation**

In this diploma project, a network was developed based on the FTTB technology for subscriber access in the Almaty region. Possible technologies of broadband subscriber access FTTx are considered. FTTB is selected as preferred. We reviewed its features, advantages and disadvantages, as well as its implementation in Kazakhstan. The network architecture and hardware are proposed.

A business plan was developed that proved the economic efficiency of the project, and measures for life safety were provided.

## Содержание

Введение.....	8
1 Технологии широкополосного абонентского доступа FTTx.....	9
1.1 История развития абонентского доступа.....	9
1.2 Сравнение технологий абонентского доступа.....	12
1.3 Технология построения FTTX сетей.....	15
1.4 Внедрение технологии FTTB в Казахстане и постановка задачи.....	21
1.5 Общие сведения о ЖК «TERRA».....	22
1.6 Постановка задачи на проект в ЖК «TERRA».....	24
2 Архитектура сети и оборудование на основе технологии FTTB.....	25
2.1 Описание технологии FTTB.....	25
2.2 Основные преимущества и недостатки технологии FTTB.....	28
2.3 Протоколы для FTTB.....	29
2.4 Подготовка исходных данных для организации сети доступа с использованием технологии FTTB в ЖК «TERRA».....	32
2.5 Выбор и описание характеристик коммутаторов доступа и агрегации.....	33
2.6 Выбор и описание кабелей.....	36
2.7 Построение схемы организации связи.....	38
2.8 Решения для абонентского доступа в многоквартирном секторе.....	39
3 Расчетная часть.....	40
3.1 Определение пропускной способности проектируемой ВОЛС.....	40
3.2 Расчет длины участка регенерации.....	41
3.3 Оценка допустимой скорости передачи в канале сети Wi-Fi.....	43
3.4 Расчет надежности линии ВОЛС.....	44
3.5 Расчет чувствительности приемника точки доступа.....	45
3.6 Расчет основных характеристик оптического волокна.....	47
3.7 Расчет потерь на стыковке.....	49
4 Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.....	50
4.1 Анализ условий труда.....	50
4.2 Расчет естественного освещения.....	51
4.3 Расчёт искусственного освещения точечным методом.....	53
4.4 Расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.....	56
5 Бизнес-план.....	58
5.1 Резюме.....	58
5.2 Компания и отрасль.....	58
5.3 Описание продукции (услуги).....	59
5.4 Анализ рынка сбыта.....	59
5.5 Финансовый план.....	59
5.6 Расчет срока окупаемости.....	66
Заключение.....	68
Список литературы.....	69

Приложение А Расчеты в программе Mathcad 2014

Приложение Б Справка антиплагиата

Приложение В Электронная версия ДП и демонстрационные материалы (CD-R)

Приложение Г Раздаточные материалы

## Введение

FTTx обозначает Fiber to X (где x - это конкретное имя / объект). Это тип архитектуры широкополосной сети, которая использует сеть провайдера телекоммуникационных услуг для доставки широкополосных соединений в дома, на предприятия и в другие учреждения. Технология FTTx представляет собой физический уровень. Данная технология охватывает большее число технологий сетевого и канального уровня. Благодаря более широкому спектру технологий FTTx можно предоставлять большое количество новых услуг.

В последние годы подтвердились прогнозы аналитиков о темпе роста развития широкополосных сетей доступа в Республике Казахстан.

Причиной для продвижения технологии FTTx на телекоммуникационном рынке является растущий массовый спрос на предоставление услуг широкополосного доступа. Технологии, построенные на базе FTTx, активно внедряются в крупнейших городах Казахстана. Кроме того, системы FTTx устанавливаются в новых домах и коттеджных поселках на этапе строительства.

Помимо растущего спроса на содержание лучшего контента, становление технологии FTTx в Казахстане также зависит от такого важного фактора, как рост численности крупных строительных проектов. Увеличение темпов строительства и количества жилых комплексов, позволяет прокладывать сети FTTx быстрее и экономичнее. Еще совсем недавно продавцы ориентировались по большей части на корпоративных потребителей. Сейчас провайдеры пытаются улучшить качество услуг для населения.

В последние годы, провайдеры, которые используют технологию на базе ADSL, стали больше интересоваться FTTx. Основными причинами для этого стали увеличение списка услуг, популяризация технологий Metro Ethernet и пассивной оптической сети PON (passive optical network), более дешевые оптоволоконные продукты и устройства, а также успех провайдеров в построении FTTx сети. При внедрении технологий FTTx провайдеры не используют тот же подход: большинство региональных сетей изначально подходят только для модернизации, если используется только технология FTTH (Fiber to the Home). В данном дипломном проекте будут рассмотрены вопросы касательно проектирования сети доступа по технологии FTTB (fiber to the building).



# **1 Технологии широкополосного абонентского доступа FTTx**

## **1.1 История развития абонентского доступа**

Самые первые телефонные сети были созданы в городах. В городах часто была создана только одна телефонная станция. Это означает, что городские телефонные сети (ГТС) были незонированы. Терминал, сеть доступа и коммутатор, из этих элементов состояла система связи, без человека работа этих элементов была бы невозможна. Набор абонентских линий (АЛ) создал сеть доступа. Самые первые абонентские линии были созданы на основе воздушных линий. С 1886 года в ГТС началось использование двухпроводных абонентских линий. Это стало причиной перехода на двухпроводное переключение. Первые подземные телефонные кабели были проложены в 1885 году. Десятижильный кабель был длиной около одного километра. Его установка была дорогой, и проблемы возникли во время использования. В связи с этим дальнейшее развитие сетей доступа осуществлялось через воздушные линии связи или кабели, подвешенные на опорах. Необходимость создания кабельных каналов стала очевидной причиной после катастрофы 21 ноября 1902 года, которая почти парализовала телефонную сеть. После обледенения почти четыре тысячи проводов были оторваны и перепутаны. Из-за обледенения 28367 обрывов были зарегистрированы в следующем году. Это большое количество перерывов для ГТС, которые обслуживали более 5 тысяч абонентов [1].

График на рисунке 1.1 показывает историю развития сети доступа. Этапы развития систем коммутации также показаны на рисунке 1.1 на нижнем графике.

Основу телефонной сети стали составлять коммутаторы, которые были установлены в ГТС. Позже они были заменены на автоматические телефонные станции (АТС). На рисунке 1.1 показаны три типа автоматических телефонных станций, в том числе: с шагом в десять, координатные и цифровые. Они занимали лидирующие позиции на рынке коммутационного оборудования.

Цифровые коммутационные системы - это телефонные станции последнего поколения. Они заменены системами распространения информации, которые отвечают требованиям сети нового поколения, также известной под аббревиатурой NGN (сети следующего поколения). Период спада начался после появления двухпроводных абонентских линий. Двухпроводные схемы стали единственным способом построения сетей доступа. Все знают, что этот экономический метод неэффективен, но никто не нашел решения. Эта ситуация может быть разделена на две группы причин. Первой причиной была цена оборудования, оно было высоким и не могло позволить более эффективно строить сети доступа путем установки удаленных концентраторов. Вторая причина заключается в необходимости подписчиков на услуги, которые могут предоставляться из-за ширины полосы тонального частотного канала. Эти услуги часто не были связаны с речевым

расписанием. Сеть доступа была необходима для использования передачи данных, для телеграфной связи, а также для охранной сигнализации.

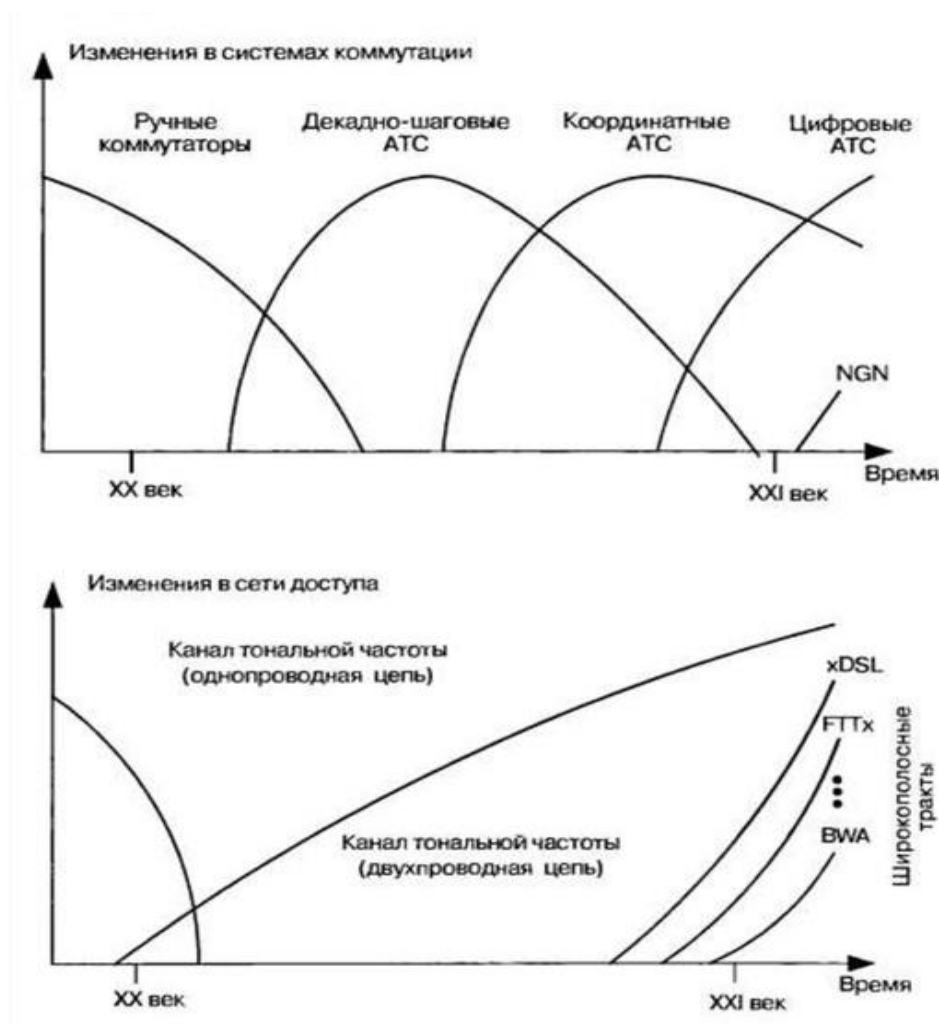


Рисунок 1.1 – Основные этапы развития сетей доступа и систем коммутации

Цифровые системы передачи заметно упали в последние десятилетия. Специалисты разработали цифровые системы коммутации, включающие удаленные концентраторы, как часть аппаратно-программного комплекса. По этой причине стало возможным снизить стоимость построения сети доступа даже с тем же списком услуг, предлагаемых абонентам ТСОП. Далее спрос на услуги начал развиваться, их поддержка требовала значительного увеличения пропускной способности сети. В результате эти услуги можно отнести к возможностям услуги Triple-Play. Этот сервис имеет возможность обмениваться информацией в трех формах: к ним относятся речь, данные и видео. Период спада резко сменился появлением многих решений, в том числе только трех основных направлений, они выделены на рисунке 1.1:

- xDSL (цифровая абонентская линия) - это набор технологий, которые организуют цифровой путь по физическим каналам;

- FTTx (оптоволоконно к x) - это серия решений, которые включают приведение оптического кабеля в конкретную точку «х», затем информация передается, когда среда распространения сигнала отличается;

- BWA (Broadband Wireless Access) - это инструмент широкополосного беспроводного доступа, который фокусируется на подключении без кабелей связи [2].

Лучшее решение для усовершенствования сети доступа, зависит от множества факторов. Прежде всего, необходимо понять требования инфокоммуникационной системы, предъявляемые к перспективным сетям доступа.

Начало волоконно-оптической связи обычно идентифицируется с работой, опубликованной в 1966 году (Kao and Hockham, 1966). Лишь спустя десять лет он стал коммерчески жизнеспособным, но с тех пор его развитие было более или менее непрерывным, при этом значительные научные исследования проводились как в промышленности, так и в университетах.

Используя оптические волокна, очень высокие скорости передачи данных (гигабит в секунду и выше) могут передаваться на большие расстояния (десятки километров) без усилителей или регенераторов. Как следствие, оптическое волокно полностью заменило медные провода в качестве основной среды для кабельной передачи на большие расстояния. Однако до недавнего времени оптическое волокно использовалось меньше в локальных сетях, где доминировал медный кабель с витой парой. Аналогично, оптоволоконно медленно проникает в сеть доступа, от домов или предприятий до первой телефонной станции.

Здесь мы проведем различие между сетью доступа (от домов или предприятий до первой телефонной станции - также называемой последней милей, локальной сетью или абонентской сетью) и базовой сетью (между станциями, также называемой магистральной сетью).

Однако по мере роста спроса на емкость преимущества оптического волокна становятся все более значимыми, и в настоящее время волокно используется даже в локальных сетях и в сети доступа.

Способ использования волокна также меняется. Первоначально волокно использовалось только для автономных двухточечных соединений. Обработка сигналов - например, усиление, регенерация, коммутация и маршрутизация - выполнялась в электронных компонентах. Однако теперь устройства для оптической обработки сигналов были разработаны таким образом, чтобы была возможна «полностью оптическая сеть».

Оптоволоконно использовалось медленнее в локальных сетях, чем в основной сети передачи, по тем же причинам, что и задержка в использовании оптоволоконна в сети доступа, но, поскольку скорость передачи данных, требуемая от локальных сетей, увеличилась, необходимость использования оптоволоконна возросла. ,

Хотя спецификации Ethernet (серия IEEE 802.3) в течение некоторого времени содержали стандарты использования оптоволоконных магистралей,

именно с развитием стандартов Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet (10 GbE) волокно стало основной средой передачи.

## 1.2 Сравнение технологий абонентского доступа

В данный момент между операторами идет конкуренция за предоставление услуг среднему и малому бизнесу, в том числе и квартирным абонентам. Завлечь новых пользователей и можно лишь с помощью выгодных предложений, таких как низкие тарифы и высокая скорость. И того и другого возможно достичь правильно выбрав оптимальную технологию абонентского доступа. Так как основную массу клиентов составляют именно квартирные пользователи, хотелось бы проанализировать технологии доступа, которые подходят для этой группы абонентов. Для решения проблемы «последней мили» квартирных абонентов существует достаточно видов технологий доступа, таких как: xDSL, Ethernet, Wi-Fi, FTTx.

xDSL (Digital Subscriber Line) - семейство технологий, которое предлагает высокоскоростное соединение и использует существующую телефонную линию в качестве среды передачи данных. Принцип работы xDSL - частотное разделение канала данных на 3 потока: прием данных, передача данных и голос. Модем, установленный на стороне клиента, не подключен к модему, установленному на следующем узле передачи данных, через отдельную выделенную двухпроводную линию связи, а через существующую телефонную линию, что может значительно снизить затраты на организацию доступа к сети. Другими словами, цифровой канал организован в медной паре (телефонной линии) абонента городской телефонной сети, в то время как существующая линия, используемая для телефонных вызовов, не задействована, и свойства телефонной линии не ухудшаются. XDSL традиционно делится на три группы:

- ADSL, ADSL2, ADSL2 + - асимметричная цифровая абонентская линия. Является самым популярным и распространенным стандартом. Он обуславливается более высокой скоростью передачи (до 8 Мбит/с) от сети к абоненту, в противоположном направлении (до 1 Мбит/с), когда объем принимаемой пользователем информации преобладает над передаваемым. Помимо доступа к Интернету, ADSL используется для объединения удаленных локальных сетей (LAN) на скоростях до 1024 Кбит/с и для предоставления услуг цифровой телефонии с использованием технологии VoIP (Voice over Internet Protocol) с дополнительными городскими телефонными номерами (до 4 телефонных линии). ADSL модемы доступны с интерфейсами Ethernet 10/100 М и USB. ADSL2, ADSL2 + - это относительно новые стандарты ADSL, при помощи них, абонент может рассчитывать на скорость передачи данных до 12 Мбит/с (ADSL2) и 20 Мбит/с (ADSL2 +);

- SDSL(Symmetric Digital Subscriber Line), HDSL(High Digital Subscriber Line), ShDSL (Simmetric High Speed Digital Subscriber Line) - симметричная цифровая абонентская линия. Она предлагает высокую скорость (до 2048 Кбит/с) для получения и отправки информации. Данная технология

используется тогда, когда требуется синхронная передача данных со скоростью более 1024 кбит/с – к примеру, для организации цифровых каналов, объединения удаленных локальных сетей и предоставления услуг цифровой телефонной связи с использованием технологии VoIP (до 30 телефонных линий). В отличие от модемов ADSL, устройства ShDSL доступны с различными комбинациями интерфейсов: Ethernet, E1 G.703, V.35 и различными встроенными функциями;

- VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line) - цифровая высокоскоростная абонентская линия. Технология XDSL имеет самую высокую скорость передачи данных. VDSL предназначен для передачи данных на расстояния от 1,2 до 1,4 км и предлагает полнодуплексные скорости от 6 до 16–18 Мбит/с в этих областях. В этом случае общая полоса пропускания канала может достигать 34 Мбит/с. Как правило, эта технология объединяет удаленные локальные сети, которые находятся относительно близко от ближайшего узла связи сети. Модемы VDSL имеют интерфейс Ethernet 10/100 М.

Помимо выбранной технологии, фактическая скорость зависит от качества медной пары, расстояния, диаметра проводов в линии и т.д. На практике она может быть немного ниже, но в 95% случаев скорость обычно соответствует указанной [3].

Ethernet - это асинхронный, основанный на кадрах протокол, который обеспечивает связь между более чем двумя устройствами через общую среду передачи. Сеть Ethernet была разработана в 1976 году Меткальфом и Боггсом (Херох). Вместе с высокоскоростной версией Fast Ethernet, GigaEthernet (1 Гбит / с) и 10GE (10 Гбит / с) Ethernet в настоящее время является лидером. На основе этого стандарта создаются не только локальные, но и общегородские сети и междугородние каналы. В качестве среды передачи используются следующие носители: тонкий и толстый коаксиальный кабель, радиосвязь, витая пара оптических волокон категории 3, 5, 5е, одномодовый и многомодовый кабели. Скорости, поддерживаемые этим семейством технологий, составляют 10, 100, 1000 и 10000 Мбит/с. Технология 10-мегабитного Ethernet для нас не представляет особого интереса, более интересны стандарты со скоростями передачи 100 и 1000 Мбит/с.

Построение сети Ethernet 100 МГц на основе витой пары обходится дешевле. Существуют разные версии 100 МГц Ethernet (100base-T4, 100base-TX, 100base-FX).

Сегменты Т4 (100base-T4) используют четыре витых пары телефонного качества (экранированные и неэкранированные витые пары категорий 3, 4 или 5) длиной до 100 м. Провода должны быть скручены по всей длине. Скручивание не может быть прервано на расстоянии более 12 мм от разъема (это требование также распространяется на такие сегменты, как TX).

Сегменты TX (100base-TX, стандарт ANSI TP-PMD) состоят из двух витых пар с качеством информации (волновое сопротивление 100-150 Ом, экранированные и неэкранированные витые пары категории 5, длина до 100 м.

Сегменты FX (100base-FX) - это оптоволоконные кабели, которые соответствуют требованиям ANSI (Американский национальный институт стандартов). Многомодовое волокно 62,5/125 мкм работает в инфракрасном диапазоне 1350 нм. Максимальная длина сегмента составляет 412 м, предел определяется с учетом допустимых задержек. Максимальное затухание сигнала в оптоволокне не должно превышать 11 дБ, для стандартного кабеля - 1-5 дБ/км. Оптические разъемы должны соответствовать тем же требованиям, что и разъемы, используемые в сетях FDDI (интерфейсный разъем MIS-MEDIA). В оптоволоконной версии дуплексной связи максимальная длина сегмента может достигать 2 км (в полудуплексной версии максимальная длина сегмента может достигать 412 м). Следует отметить, что для локальных сетей удобнее использовать многомодовые оптические волокна (коэффициент захвата света дешевле и выше, но удельное поглощение больше).

Чтобы определить, к какой модификации принадлежит конкретный сегмент, был реализован специальный протокол обнаружения. Он позволяет создавать сети, которые содержат устройства и сегменты кабеля, которые должны отвечать различным требованиям.

В настоящее время разрабатываются новые, еще более быстрые варианты 802.3z для Ethernet IEEE (Институт инженеров по электротехнике и электронике). Gigabit Ethernet был одобрен 1000base-FX в качестве стандарта в 1998 году. Эти сети ориентированы на использование 4 витых пар категории 5 или выше (до 100 м, разъем RJ-45) и оптоволоконных кабелей. Кодирование 8 В / 10 В используется вместо манчестерского кода. Это обозначение означает, что каждый байт кодируется в десяти битах. Кроме того, в строке должно быть не более 4 одинаковых битов и не более 6 нулей или 6 единиц. Таким образом, достигаются хорошие условия синхронизации и высокая стабильность постоянной составляющей. В рассматриваемой версии сигналы с частотой 1 25 МГц передаются для каждой пары, и передаются два бита.

Одним из быстро развиваемых секций телекоммуникаций на сегодняшний день является беспроводная локальная сеть (Wi-Fi). За последнее время вырос спрос на мобильные устройства на основе Wi-Fi.

Следует подчеркнуть, что продукты использующие технологию Wi-Fi отправляют и получают информацию о радиоволнах. Из-за того, что радиоволны передаются на разных радиочастотах, также называемых каналами, можно выполнять несколько одновременных передач без взаимных помех. Для того чтобы передавать информацию, устройства Wi-Fi должны “накладывать” данные на радиоволну, которая также известна как несущая волна. Этот процесс называется модуляцией. Существуют различные типы модуляции, которые мы обсудим позже. Каждый тип модуляции имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности и требований к производительности. Рабочий диапазон и тип модуляции вместе определяют физический уровень данных (PHY) для стандартов передачи данных. Продукты являются PHY-совместимыми, если они используют одинаковый диапазон и тип модуляции [4].

Первый стандарт беспроводной сети 802.11 был одобрен в 1997 году институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). Поддерживается скорость передачи данных до 2 Мбит/с. В стандарте используются технологические схемы модуляции: псевдослучайная настройка рабочей частоты (FHSS - частотный нормализованный спектр распространения) и широкополосная модуляция с прямым распространением спектра (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum).

В 1999 году, IEEE одобрила еще два стандарта беспроводных сетей Wi-Fi: 802.11a и 802.11b. Стандарт 802.11a работает в диапазоне частот 5 ГГц, со скоростью передачи данных до 54 Мбит/с. Этот стандарт основан на технологии цифровой модуляции со стандартом ортогонального частотного разделения OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). 802.11b-стандарт использует частотный диапазон 2,4 ГГц, и обеспечивает скорость передачи данных до 11 Мбит/с. В отличие от 802.11a - стандарт на основе стандарта 802.11b основан на принципе DSSS.

Поскольку реализация DSSS проще, чем OFDM, были выпущены продукты, использующие стандарт 802.11b-стандарт, ранее (с 1999 года). С тех пор продукты, которые используют беспроводной протокол беспроводного доступа и 802.11 b-стандарт, часто на предприятиях, в офисах, дома, на даче, в общественных местах (Hot Spots) и т. д. Все продукты, прошедшие сертификацию беспроводных радиостанций Compatibility Alliance (WECA) - Wireless Ethernet Compatibility Alliance), помечены официально зарегистрированным логотипом WiFi. WECA (или Wi-Fi Alliance) включает в себя всех крупных производителей беспроводных устройств, основанных на технологии Wi-Fi. Альянс занимается сертификацией, маркировкой и тестированием совместимых устройств с использованием технологии Wi-Fi.

В начале 2001 года Федеральная комиссия по связи США (FCC- Federal Communications Commission) ратифицировала новые правила, которые допускают дополнительную модуляцию в диапазоне 2,4 ГГц. Это позволило IEEE расширить стандарт 802.11b, что привело к поддержке более высоких скоростей передачи данных. Так появился стандарт 802.11g, который работает со скоростью передачи данных до 54 Мбит/с и был разработан с использованием технологии OFDM.

Технологии не стоят на месте, и всё большую популярность набирает вариант FTTx в различных вариациях, когда на абонентском доступе используется оптическое волокно до сетевого узла, квартала или группы домов, до здания, а далее сигналы идут по привычным абоненту медным кабелям, а также вариант, когда оптический кабель заходит непосредственно в квартиру или дом абонента.

### **1.3 Технология построения FTTx сетей**

Разработка одномодового оптического волокна открыла двери для массовой реализации двухточечных магистральных и городских оптических сетей. Использование оптоволоконных кабелей вместо медных значительно

снизило расходы на оборудование и эксплуатацию и значительно улучшило QoS (качество обслуживания). Многие корпоративные клиенты сегодня имеют доступ к услугам оптических сетей.

До недавнего времени, несмотря на их преимущества в «последней миле». В участке от центрального узла (ЦС) до абонента, оптоволоконные кабели широко не использовались. В связи с тем, что этот раздел сети обычно состоит из меди, частные клиенты и малые предприятия были ограничены функциями цифровых абонентских линий xDSL и гибридных оптоволоконных коаксиальных линий (HFC). Их основная альтернатива, данные DBS Wireless Direct Broadcast data, требует антенны и приемника. Поэтому до недавнего времени используемые технологии (которые все еще существуют в некоторых регионах) имеют следующие недостатки:

- ограниченная пропускная способность, в то время как наблюдается взрывной спрос на рост пропускной способности и высокоскоростные услуги;
- использование сред и оборудования которым требуется постоянное обслуживание;
- невозможность одновременного предоставления услуг голоса, видео, данных и других высокоскоростных услуг абонентам жилого сектора, экономически выгодным способом.

Хотя оптоволоконные кабели не имеют всех этих ограничений, существует одно препятствие, мешающее оптоволоконным услугам непосредственно в жилом секторе и для малых предприятий - высокая стоимость подключения каждого абонента к центральному узлу. Такое большое количество соединений точка-точка потребует большого количества активных компонентов, волоконно-оптических кабелей и, следовательно, будет иметь непропорциональные затраты на строительство и эксплуатацию.

Архитектура FTTx может предложить решение этих проблем. Используя FTTx, пассивные оптические сети PON позволяют нескольким абонентам совместно использовать одно и то же соединение без использования активных компонентов (то есть компонентов, которые генерируют или передают излучение с использованием оптоэлектрических оптических преобразований).

Следовательно, FTTx - это только физический уровень. Фактически, эта концепция также применима к большому количеству технологий на уровне данных и сети. Технологии FTTx используются совместно с технологиями ADSL и VDSL, которые позволяют более эффективно использовать пропускную способность за счет уменьшения длины медных кабелей. FTTx строятся по четырем основным технологиям:

— FTTN («Оптоволокну к узлу») прокладывает линию оптоволоконного кабеля к узлу, который находится вблизи вашего дома или офисного здания. Оттуда широкополосный сервис предоставляется через существующую инфраструктуру медного или коаксиального кабеля;

— FTTH («оптоволокну к дому») оптоволокну достигает границы жилого пространства. Обычно обеспечивает скорость от 1 до 10 Гбит /с;



— FTTB («Оптоволокно в здание») и FTTH («Оптоволокно в помещение») - это разные сокращения почти для одного и того же типа оптоволоконного соединения. Оптоволоконный кабель достигает вашей собственности, а в случае FTTB прямо в здание, где вам нужен доступ в Интернет;

— FTTC («Оптоволокно на обочину») переносит волоконно-оптическую линию в местоположение, близкое к вашей собственности, но останавливается на этом и подключается к существующим медным линиям для предоставления услуг широкополосной связи вашему дому или офису. FTTC - это новейшая опция для оптоволоконной широкополосной связи, которая ближе всего подходит к прямому оптоволоконному соединению, не входя в ваше здание.

Варианты архитектур FTTx изображены на рисунке 1.2.

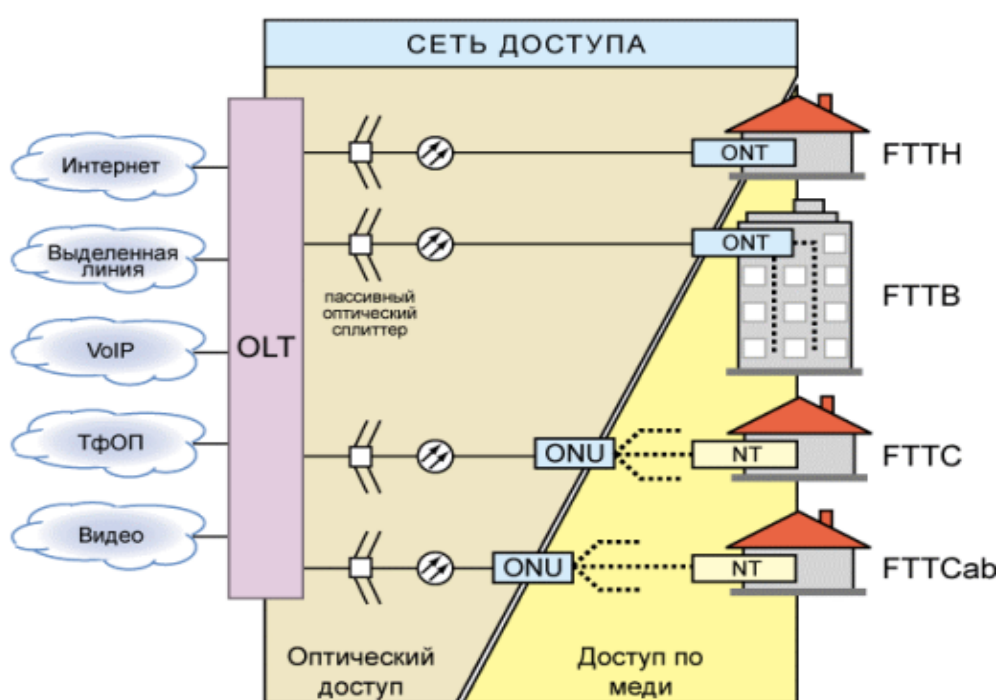


Рисунок 1.2 – Различные варианты архитектуры FTTx

Ясно, что планируемый диапазон услуг и планируемая пропускная способность напрямую влияют на выбор технологии FTTx, необходимой для ее предоставления. Чем выше скорость доступа и шире спектр услуг, тем ближе должно быть расположение терминалов к оптике, то есть к использованию технологий FTTH / FTTB.

Эксперты безусловно поддерживают решения FTTH / FTTB. Они сравнивают жизненный цикл инвестиций в каждую технологию доступа и связанное с этим увеличение требований к пропускной способности для каналов доступа. Анализ показывает, что устройства будут устаревшими к концу инвестиционного цикла, если технические решения, которые сегодня составляют основу сегмента доступа к сети, не могут обеспечить скорость 100 Мбит/с.

Оператор обязан учесть эти причины, в ином случае существует риск стать уязвимым для конкурентов, если пользователи требуют услуги все более высокого класса. Из всех видов FTTx, FTTH и FTTB обеспечивают самую большую полосу пропускания. Эти варианты являются более стандартизированными и перспективными. Решения FTTH и FTTB обеспечивают большое обслуживание клиентов на расстоянии до 20 км от центра связи. Эксплуатационные расходы могут быть значительно снижены за счет сокращения технического пространства (необходимого для размещения устройств), энергопотребления и даже стоимости технической поддержки.

FTTH/FTTB сетей можно организовать двумя способами: на базе технологии PON и на базе технологии Ethernet.

Основным двигателем рынка FTTx является огромный спрос на широкополосные услуги. Данные услуги с каждым годом все сложнее организовывать технологией ADSL. Решения на основе оптики активно используются в домашних сетях в крупных городах страны, и есть тенденция соединять мелких участников рынка с более крупными операторами на высоком уровне. Помимо этого, системы FTTx часто используют в коттеджных поселках, механизм которых изначально строился на базе оптического тракта [5].

За исключением спроса на качественный контент, на развитие технологии FTTx в Казахстане также влияют немаловажные факторы, такие как, увеличение числа строительных проектов (особенно в крупных городах), а также усиление конкуренции между поставщиками широкополосной связи. За счет быстрого строительства жилых зданий, сеть FTTx является быстрой и экономичной, и конкуренция на рынке приводит к понижению цен на волоконно-оптический доступ в Интернет.

Внимание операторов было сосредоточено в основном на бизнес потребителях, но сейчас они пытаются уместить растущую долю рынка в сегменте розничных услуг.

До недавнего времени технологии FTTx в большинстве своем использовались операторами, у которых не было собственной «медной» инфраструктуры, ввиду высокой цены построения оптической сети. Недавно операторы, которые уже предоставляли решения ADSL в своих сетях, проявляли повышенный интерес к FTTx. Причиной является история расширения спектра услуг, расширение технологий Ethernet, таких как подземная и пассивная оптическая сеть (PON), более низкие цены на оптоволоконно оптических продуктов и успех отдельных операторов в настройке сетей FTTx. Принимается во внимание тот факт, что внедрение технологий FTTx не одинаково в разных сферах деятельности оператора: большинство домашних сетей первоначально были отклонены по принципу «оптики строительства». В качестве альтернативы операторы фиксированной связи переключаются на услуги на базе FTTx вместо использования традиционных технологий DSL и межрегиональных телекоммуникационных компаний для предоставления услуг DSL.

Наиболее важные изменения в требованиях оператора: при использовании для настройки сетей, особенно для предоставления услуг MPLS VPN для корпоративных пользователей, и услуг доступа в Интернет для частных пользователей, внимание уделяется предоставлению видео услуг и IP-телевидения. Быстрое развитие рынка FTTx обусловлено главным образом повышением интереса пользователей к новым типам контента с высококачественной графикой и видео. Быстрое развитие социальных сетей, создание контента самими пользователями и, конечно же, приложения P2P (прямой обмен файлами) создают симметричные потоки данных, в отличие от ранее распространенных клиентских приложений с асимметричным трафиком данных. Очевидно, что быстрый Ethernet и симметричная полоса лучше всего соответствуют новым требованиям.

Давайте приведем следующий иллюстративный пример выбора соединения Ethernet: передача файла 4,7 ГБ (DVD) с домашним видео друзьям происходит при соединении ADSL со скоростью 1,5 Мбит/с около семи часов, а подключение Ethernet 20 Мбит/с занимает менее чем тридцать минут.

Многие эксперты предлагают больше информации о продуктах, используемых в системе FTTx. Когда потребители получают опыт работы с высококачественными видеослужбами. Вы можете смотреть HD-TV (телевидение высокой четкости) удовлетворение данных возможностей доступно лишь с использованием технологии FTTx. Высокие темпы роста продаж ЖК-телевизоров высокой четкости указывают на то, что абоненты не могут получать высококачественные телевизионные услуги высокой четкости. Поскольку аналоговое телевидение может предлагать их, в современных условиях использование IP-телевидения является фактически единственным способом, которым домашний пользователь выбирает фильмы, программы и, самое главное, время, в которое они смотрят их. Поэтому эксперты считают, что начало массовой активации оптических сетей доступа - это даже не вопрос следующих пяти лет, а год или два.

Сегодня каждый поставщик услуг, от владельца небольшой домашней сети до крупнейшего «крупного оператора», понимает, что инвестиции в оптику - это инвестиции на десятилетия вперед. Ваше возвращение будет в десять раз дороже, купите оптоволоконные кабели и объясните многие пилотные проекты, включая установку оптики прямо в домах участников.

Несомненно, в ближайшие годы оптический доступ не будет единственным вариантом, который сможет поддерживать предоставление услуг широкополосного доступа, но потенциал оптической инфраструктуры как среды передачи довольно велик, и вы можете быть уверены в окупаемости инвестиций.

Сегодня операторы городской телефонной сети, конечно, стараются печатать как можно больше из медных сетей, в которых они работают, но сталкиваются с недостаточной пропускной способностью и необходимостью передачи активного оборудования в уличные кабинеты, это можно связать с

большими проблемами организации и финансовыми затратами. Вывод таков, данными операторами будет рассмотрен вопрос об использовании оптических сетей, которые включают в себя использование технологий PON, и у аналогичных операторов не будет другого выбора, не иначе как попытаться получить конкурентное преимущество за счет новейших оптических технологий.

Сегодня, проведя оптоволокно в квартире, вы вряд ли заметите большую разницу в качестве услуг связи по сравнению с традиционным соединением по медной паре. Широкополосный доступ действительно становится популярным только с развитием полноценного интернет-телевидения и постепенным переходом на традиционное телевидение, включая кабельное.

Первые сети FTTx были построены исключительно на медных кабелях или в соответствии с архитектурами FTTH и FTTC. Такие сети не могут обеспечить требуемое качество обслуживания по чисто объективным причинам;

- необходимость использования ретрансляторов, что приводит к дальнейшим задержкам и усложняет поиск неисправностей в сети;
- проникновение влаги в кабель, хранящийся в канализации или подвешенный между домами;
- выгорание активных и пассивных сетевых компонентов во время штормов.

На сегодняшний день технология FTTB расширилась. Используя эту технологию, оптические линии прокладываются в здании, в котором установлен коммутатор, а затем подключаются к зданию с помощью медного кабеля.

Однако технология того не стоит, и FTTH становится все более популярным, когда оптический кабель вставляется непосредственно в дом абонента. Хотя FTTH требует более высоких инвестиционных затрат, чем FTTB, он имеет более низкую совокупную стоимость владения из-за более низких эксплуатационных расходов.

При настройке таких сетей:

- Общая площадь технических помещений уменьшается.
- Количество необходимых коммуникаций и аксессуаров (коммутаторы, кабельные коробки, коммутационные панели, счетчики электроэнергии, источники бесперебойного питания) сокращено за счет более эффективного использования емкости.
- снижение энергопотребления;
- Снижение затрат на техническую поддержку за счет уменьшения количества устройств и их компактности.

В сетях FTTH проще обеспечить лучшее обслуживание клиентов, поскольку проще подключать, защищать и заменять устройства связи без перерыва.

#### **1.4 Внедрение технологии FTTB в Казахстане и постановка задачи**

Сервис «ID Net» предоставляемый операторами – это широкополосный доступ в Интернет с помощью кабеля на основе волоконно-оптической сети следующего поколения FTTB.

Быстрое развитие экономики Республики Казахстан повысило платежеспособность населения, в связи с этим выросла потребность населения в качественных услугах, в быстром обмене и получении информации. Поэтому на телекоммуникационной сети республики расширяется спектр телекоммуникационных услуг.

В Казахстане на сетях абонентского доступа применяются разнообразные технологии, но наиболее перспективно создание и внедрение оптических систем доступа, так как это позволит не только предоставить широкий спектр услуг телекоммуникаций, повысить качество связи, но и построить современную, обладающую высокой надежностью сеть абонентского доступа.

В данном дипломном проекте рассматривается построение телекоммуникационной сети доступа на базе технологии FTTB.

Технология FTTx стремительно набирает популярность у телекоммуникационных сервис-провайдеров, как наиболее передовое средство для предоставления услуг. Технологии, основанные на оптоволокне, предлагают гибкую и расширяемую архитектуру, способную предоставлять клиентам целый набор сервисов с наилучшим качеством (голос, Интернет, цифровое телевидение и т.д.). Это дает возможность телекоммуникационным компаниям оправдывать текущие ожидания потребителей и иметь хороший запас на будущее развитие. Повышается лояльность потребителей сервисов, сокращается "перетекание" клиентов к конкурирующим компаниям, как следствие - рост показателей средних доходов компании с абонента. Являясь новыми игроками на рынке, FTTx-провайдеры предлагают новые бизнес-модели и широкий набор сервисов, чтобы наиболее соответствовать ожиданиям потенциальных клиентов. Традиционные сервис-провайдеры сталкиваются с необходимостью предоставлять такой же широкий набор сервисов, с таким же уровнем качества. На текущий момент технология DSL все еще во многом удовлетворяет этим потребностям, но высокая стоимость размещения и ограничения пропускной способности заставляют все большее количество традиционных операторов оценивать и даже внедрять FTTx, как альтернативный способ доставки сервисов.

FTTx - это уже сегодняшний день казахстанских телекоммуникаций. Внедрение оптики позволяет операторам значительно расширить спектр предлагаемых услуг, в том числе за счет ресурсоемких мультимедиа-сервисов. Вместе с тем, несмотря на простоту концепции, FTTx — это не только архитектура, но и большое число непростых технологий и еще больше различных технических решений и продуктов. В своей работе для построения на сетях доступа FTTx необходимо: выбрать архитектуру оптической сети

доступа; варианты архитектуры Optical Access Network; выбрать базовую технологию FTTx (FTTB); оборудование; тип оптического кабеля; провести расчеты по оптическому кабелю, рассчитать экономическую часть, а также рассмотреть вопросы по безопасности жизнедеятельности и охраны труда.

Проект FTTB был инициирован 2010 АО «Казахтелеком». На данный момент этот масштабный проект охватывает все крупные города Казахстана и стабильно растет. В Казахстане, в настоящее время услуги «Казахтелеком» в Алматы, Астане, Жезказгане, Караганде, Петропавловске, Таразе, Кокшетау, Шымкент, Усть-Каменогорск, Павлодар, Семей, Актобе, Уральск, Костанай, Атырау, Темиртау, Талдыкорган, Экибастуз, Актау [7].

### **1.5 Общие сведения о ЖК «TERRA»**

Жилой комплекс "TERRA" расположен в Алматы, на улице Гагарина, в районе Геологострой. Расположен недалеко от центра города.

В районе комплекса неплохая экология. Рядом находится аллея выпускников и ботанический сад. Ближайшая автомагистраль находится не менее чем в ста метрах. В этой области также нет промышленных предприятий.

Этот жилой комплекс представляет собой полноценный жилой район высшего класса, состоящий из пяти комфортабельных домов, высота которых составляет шестнадцать этажей. Пять зданий в жилом комплексе имеют уникальные названия натуральных материалов: аметист, берилл, коралл, алмаз и изумруд.

ЖК «TERRA» построен с использованием новейших технологий, которые гарантируют необходимую сейсмостойкость и долговечность конструкции. Корпус ЖК "TERRA" изготовлен из монолитного железобетонного каркаса. Наружные стены утеплены теплоизолятором из минеральной ваты - прочного и огнестойкого материала.

Этот ЖК использует энергосберегающие технологии, которые обеспечивают максимальный комфорт при низких затратах. Огромные окна и хорошо продуманная планировка позволяют снизить потребление энергии при естественном освещении.

Эта земля, на которой расположен жилой комплекс TERRA, благоустроена и оборудована;

- организованы подъездные пути и гостевая автостоянка;
- декоративные растения посажены, разбиты газоны;
- установлено уличное освещение;
- ведется строительство детских и спортивных площадок.

Рядом с жилым комплексом проходит до десятка автобусных и троллейбусных маршрутов. Автовокзал Сайран находится неподалеку. В семи километрах от ЖК находится железнодорожный вокзал. При отсутствии пробок время до аэропорта составит около сорока минут. Ближайшая станция метро находится довольно далеко от жилого комплекса. Метро "Алатау" расположено на расстоянии трех с половиной километров.

Строительная компания «Тау Девелопмент» сформирована как новатор, которая стремится к прогрессивному внедрению инноваций, совершенствованию строительных стандартов и норм, используемых на рынке. Каждый жилой комплекс, построенный этой компанией, является результатом тщательного анализа современных мировых тенденций, участия известных архитекторов и дизайнеров и использования новых и инновационных решений.

Корпоративные преимущества;

- доступные цены на жилье, которые стали возможными благодаря соответствующему снижению прямых и косвенных затрат на строительство;
- комфорт и эстетичность внешнего вида предлагаемой недвижимости;
- качественная работа.

Tau Development стремится предложить покупателю недвижимость высочайшего качества. Квартиры полностью отремонтированы, а это значит, что квартира полностью готова к проживанию.

Сведения о ЖК «TERRA»:

- количество домов – 5;
- этажность зданий – 16;
- количество подъездов на одно здание – 4;
- высота потолков – 2.85м;
- количество квартир – 765;
- количество квартир в одном здании – 153;
- количество квартир на этаже 9-10, первые 9 этажей по 10 кв., оставшиеся 7 по 9 кв.;
- площадь квартир – 48-264 м<sup>2</sup>;

Расположение ЖК «TERRA» приведено на рисунке 1.3.

Поскольку этот жилой комплекс является новым зданием, комплекс не имеет подключения к услугам связи. При относительно быстрой реализации спроектированная сеть будет первой и единственной для подключения, что увеличит потенциальную клиентскую базу [8].

Причиной для реализации проекта развития FTTB сети в городе Алматы была необходимость повышения конкурентоспособности, поддержания и расширения существующей клиентской базы. Переход к построению сети доступа на основе FTTB (оптоволокно к зданию) является частью программы по развитию широкополосной сети на период 2019-2020 гг. Реализация этого проекта предусматривает 100% FTTB покрытия зданий к концу 2020 года.

Для организации мультисервисной сети данного жилого комплекса будут предоставлены услуги АО «Казахтелеком».

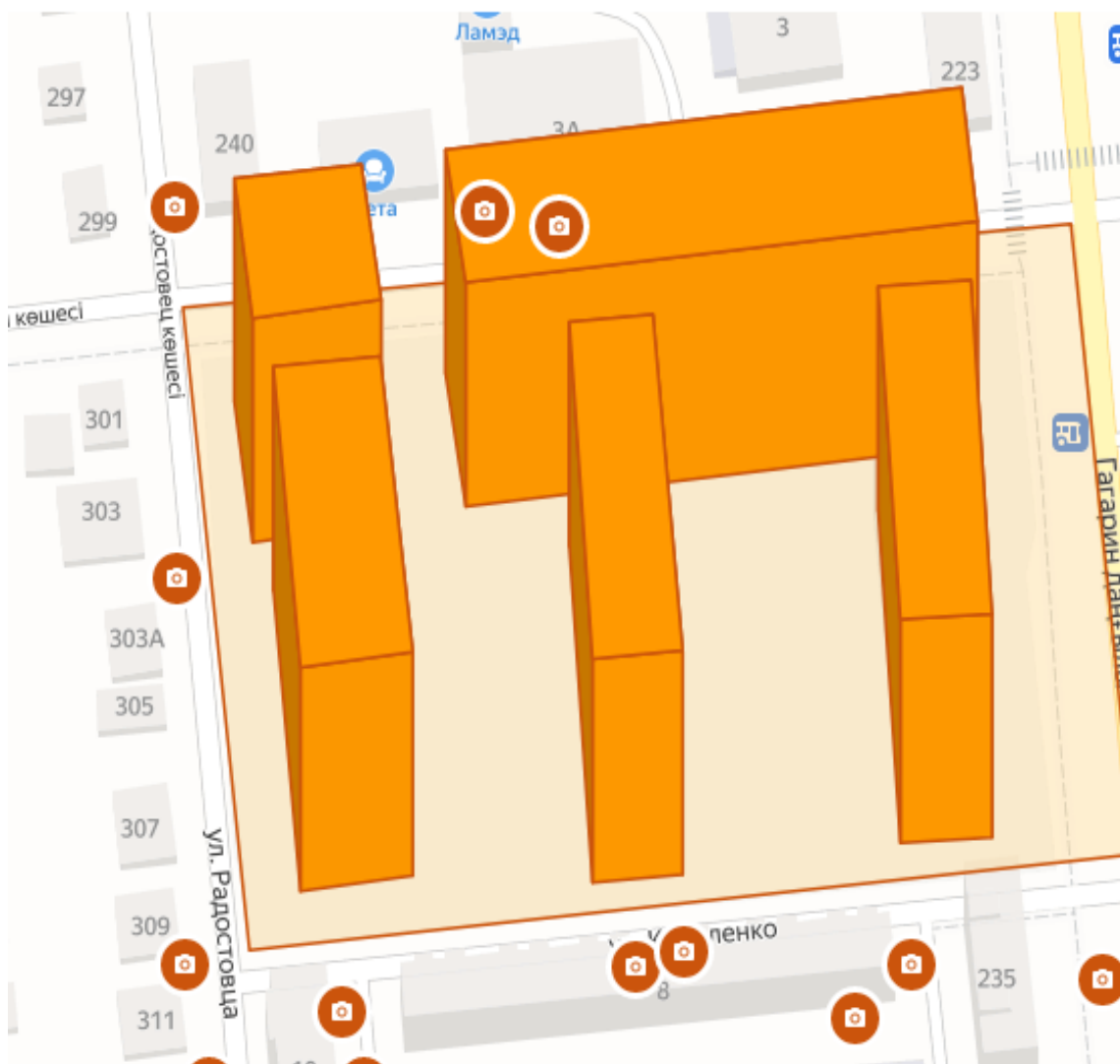


Рисунок 1.3 – Расположение ЖК «TERRA»

### 1.6 Постановка задачи на проект в ЖК «TERRA»

Тема разрабатываемого дипломного проекта «Проектирование сети доступа по технологии FTTB» полностью отражает самое перспективное направление развития сетей абонентского доступа в Казахстане. Поэтому при реализации проекта необходимо рассмотреть следующие пункты диплома:

- описание технологии FTTB;
- основные преимущества и недостатки технологии FTTB;
- состав оборудования и услуг для проектируемой сети;
- протоколы для FTTB;
- решения для абонентского доступа в многоквартирном секторе;
- технический расчет абонентской нагрузки;
- безопасность жизнедеятельности;
- бизнес план;
- заключение.



## **2 Архитектура сети и оборудование на основе технологии FTTB**

### **2.1 Описание технологии FTTB**

Что же такое FTTB? FTTB (fiber to the building) означает «Волокно к зданию», данная технология представляет собой коммуникационную архитектуру, в ней оптоволокну достигает границы здания, такой как основание многоквартирного дома, причем окончательное соединение с индивидуальным жилым пространством осуществляется с использованием любого неоптического носителя, такой как витая пара, коаксиальный кабель, беспроводная связь или связь по линии электропередачи. Данную технологию еще иногда называют «Волокно в подвал».

Волоконно-оптические технологии и беспроводные системы передачи данных становятся необходимостью во многих жилых и деловых проектах по всему миру. Это эволюция рынка, и поскольку возможности продолжают расширяться, брокеры пытаются предложить своим клиентам «футуристические» продукты. Сегодня несколько инициатив обещают сделать развертывание FTTB более экономичным и лучше позиционировать, чтобы удовлетворить даже самые агрессивные прогнозы спроса на пропускную способность. Требования к пропускной способности постоянно растут. Пропускная способность, необходимая для медных пар для новых и улучшенных интернет-приложений, скоро будет доступна только на короткие расстояния. Оптические волокна и их способность передавать большие полосы пропускания на большие расстояния являются одним из решений. Используя уже установленную инфраструктуру в многоквартирных домах, можно сократить инвестиции в распределение оптических волокон в отдельных квартирах. Оператор сети может установить DSLAM в доме, чтобы подключить оптоволокну в здании (FTTB). Затем DSLAM соединяет абонентов через DSL с использованием существующих телефонных кабелей. Каждый абонент получает более 100 Мбит / с на этих коротких телефонных линиях через эту передачу VDSL2. Это позволяет оператору сети предлагать полный спектр услуг, таких как широкополосный интернет, VoIP, видео по запросу и интернет-телевидение (IPTV) при минимальных затратах.

Технология оптического волокна обеспечивает неограниченную пропускную способность и предлагает сегодня самую быструю высокоскоростную передачу данных. FTTB использует свет для передачи данных, архитектура полностью отличается от используемой ADSL или VSAT. На самом деле, один пучок волоконно-оптического кабеля не гораздо толще, чем карандаш может нести весь текущий мировой трафик связи. Технологии для передачи данных по оптоволокну хорошо понятны, и путь обновления для электронных компонентов, которые отправляют и получают сигналы были определены в течение многих лет в будущее. FTTB имеет широкий спектр применения, от реального приложения времени, веб-приложения, телемедицина, VoIP и видео. Кроме того, FTTB является чрезвычайно гибким к предпочтениям клиента; новые продукты и услуги

могут быть развернуты очень легко и удаленно. Снизу на рисунке 2.1 представлена схема организации сетей FTTx.

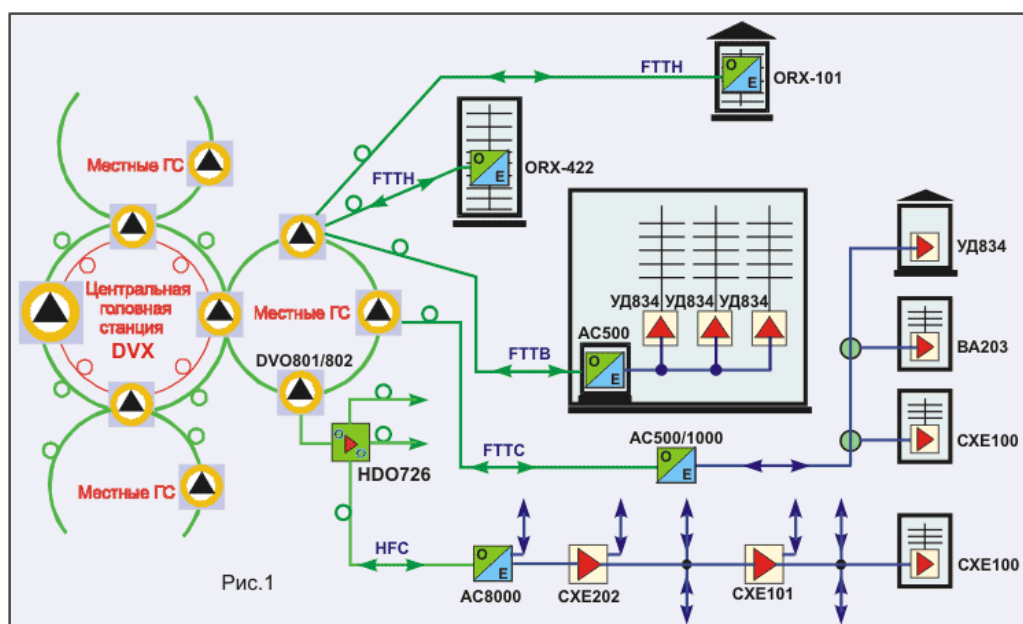


Рисунок 2.1— Сети FTTx

FTTB является "оптимальной" технологией, которая более удобна для казахстанских городов среднего и большого размеров. Организация сети FTTB изображена на рисунке 2.2.

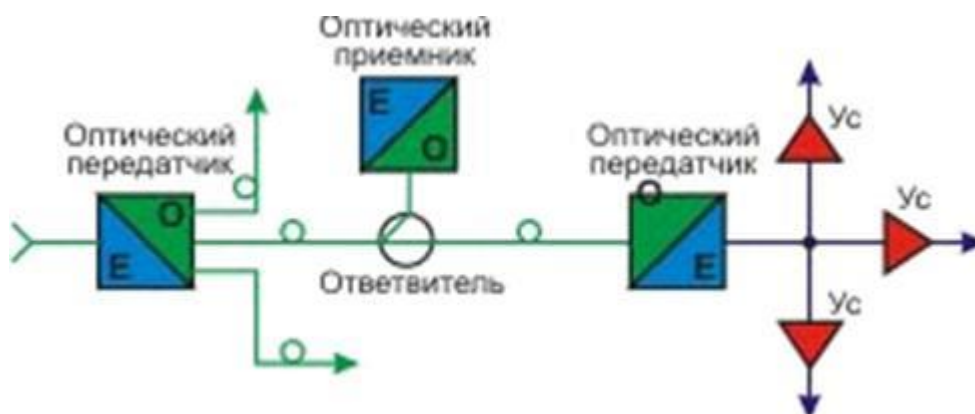


Рисунок 2.2 - Организация сети FTTB

Приведем некоторые особенности технологии FTTB:

— повышенная надежность. Большее число отказов приходится не на ВОЛС, а на коаксиальные сети. Если подключено не больше одного усилителя, вероятность отказа является низкой;

— несложное построение параллельных цифровых сетей одно из преимуществ FTTB. В то же время для параллельной цифровой сети выделяется отдельное оптическое волокно;

— снижение шума при входе достигается за счет небольшого количества абонентов, подключенных к одному ОУ. Более того, при использовании коллективных кабельных модемов (SM) входной шум, исходящий от абонентов, практически исключается, поскольку SM включен на входе домашнего усилителя, который не включает в себя усилитель реверсного канала;

— простота внедрения новых цифровых технологий, которые накладываются на уже существующие сети FTTB. Примером является многообещающая новая технология EttH (Ethernet to Nome), которая доставляет кадры Ethernet по коаксиальному телевизионному кабелю.

— возможность использовать недорогие операционные усилители.

Применению FTTB способствовало снижение цен на оптический кабель (ОК), а так же появление недорогостоящих приемников, передатчиков и оптических усилителей (ОУ). Оптика в FTTB позволяет использовать быструю технологию Metro Ethernet, устраняет необходимость заземления несущего кабеля, устраняет отказ оборудования от статического электричества и облегчает координацию развернутой сети в контролирующих органах. Топология сети FTTB показана на рисунке 2.3..

Надежность сети и пропускная способность для абонента напрямую зависят от выбора топологии сети.

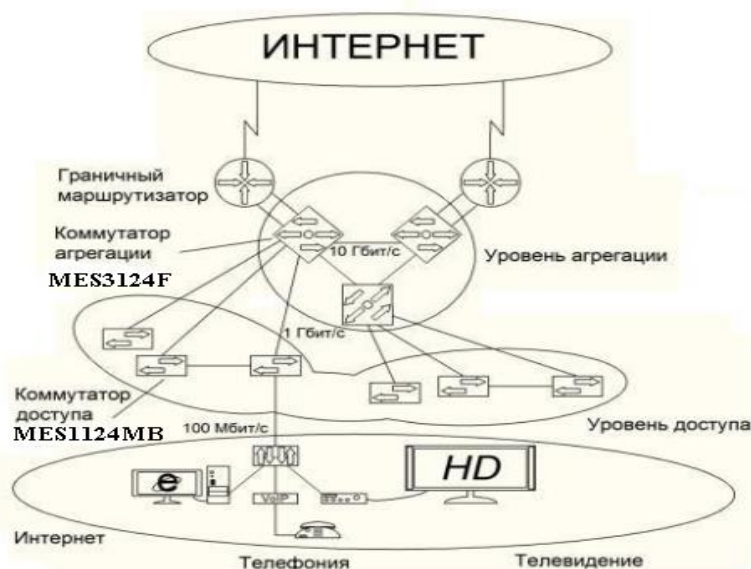


Рисунок 2.3- Топология сети

В нашей сети есть элементы кольцевой топологии и топологии «звезда». Мы видим, что кольца имеются и на уровне доступа и на уровне агрегации. Что позволяет грамотно распределять нагрузку между звеньями сети, а также повышает такие немаловажные параметры как надежность и отказоустойчивость. Это стало возможным за счет использования протокола STP.

Коммутаторы агрегации – это коммутаторы с большим числом портов и соответственно емкостью шины. Используются для объединения коммутаторов доступа с опорной сетью провайдера.

Потом распределение сети по многоквартирному зданию происходит по «витой паре» (см. рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Структура сети FTTB в многоквартирном здании

## 2.2 Преимущества и недостатки технологии FTTB

Преимущества FTTB.

Превосходная пропускная способность. FTTB может похвастаться самой высокой скоростью интернет-передачи среди всех вариантов интернет-услуг. Это далеко впереди большинства интернет-пакетов DSL и коаксиальных кабельных соединений. Соединения FTTB могут достигать скорости до 70 Мбит / с, в то время как решения на основе чистого волокна могут достигать 1 Гбит / с. Симметричная природа волокна позволяет подписчикам загружать и выгружать данные и файлы с одинаковой скоростью. Поток мультимедиа воспроизводится без каких-либо помех или потери качества, облачные приложения работают без сбоев, а VoIP-звонки кристально чисты даже на больших расстояниях.

Устойчивость к электромагнитным помехам. При прокладке кабелей иногда неизбежно встречать помехи, создаваемые промышленными источниками, такими как отопление, электрические подстанции, вентиляция и т. д. Волоконно-оптический материал - это материал, обладающий высокой устойчивостью к электромагнитным помехам. Более того, это гораздо более надежный источник веб-соединения, когда речь идет о передаче сигнала, потому что он использует световые технологии, а не современные.

Безопасная передача: волокно является одним из лучших в предоставлении безопасной платформы передачи. В настоящее время нет способа прервать поток данных по сравнению с интернет-услугами, которые используют электромагнитную энергию, выходящую из кабельных линий и других электронных передач.

Исключительная долговечность. Оптоволокно более прочное, долговечное и не подвержено повреждениям, поэтому требует меньшего времени простоя, так как не требуется много ремонта и технического обслуживания. Это приносит больше времени для подписчиков. Волоконно-оптический материал может прослужить до 40 лет, в то время как линии на основе меди необходимо обновлять раз в 5 лет, чтобы оставаться в рабочем состоянии.

Проверка будущего: архитектурная структура FTTB создана для масштабирования и настройки. Это означает, что он может быть улучшен и расширен легко и в короткие сроки. Это позволяет предприятиям изменять свою скорость по требованию.

Недостатки технологии FTTB.

Наиболее заметным недостатком FTTB является стоимость обслуживания. Компании могут выбрать DSL-соединения линий FTTC, но за счет надежности и скорости. Наличие подключения к Интернету, которое постоянно отключается в рабочее время, это проблема, с которой вам не придется сталкиваться. Время простоя также влияет на общение между сотрудниками и клиентами.

FTTB сложно установить и требует более длительного периода реализации. Так как волоконно-оптические линии скрыты, интернет-провайдеры должны будут выкапывать дороги общего пользования и тротуары, чтобы обеспечить вам оптоволоконную связь. Установка линии прямо к вашему зданию займет некоторое время, что может стать проблемой, если вам нужно подключение к интернету прямо сейчас. Но плюс в том, что вы получите все преимущества: надежность, безопасность, масштабируемость и скорость, как только все будет настроено и готово к работе.

Так как FTTB является масштабируемым, вы можете выбрать скорость вашего интернета сейчас, и у вас все еще есть возможность перейти на более высокую скорость позже. Вы просто должны планировать заранее.

### **2.3 Протоколы для FTTB**

На нынешний день запросы, требуемые абонентами к предложениям связи - это качество, надёжность и многообразие предложений. С точки зрения провайдера предложений связи, дабы исполнить эти обстоятельства, интенсивное оснащение FTTx надлежит гарантировать резервирование, защиту от несанкционированного доступа к собственной и клиентской информации, высочайшее время выработки на отказ, а еще помощь перечня возможностей обработки multicast-трафика. Для реализации резервирования,

защищенности сети и предоставления предложений IP-TV, есть большое количество протоколов, которые обязаны поддерживаться интенсивным оборудованием.

Снизу представлены главные из них.

STP/RSTP/MSTP - протоколы связывающего дерева, задачей коих считается приведение всей структуры сети к древовидной топологии для исключения кольцевых стезей. Возможным это становится путём блокирования кое-каких портов, лишних в этот момент для абсолютной связности сети. Плюсом этих протоколов считается несложность конфигурирования - в несложных сетях, довольно подключить внедрение протокола и оснащение само изучит топологию сети и перекроет нужные порты. Главным их дефектом является невысокое время сходимости сети впоследствии срыва части связи, или выхода из строя оснащения.

Для сеток, в коих потребуются маленькое время для восстановления рабочей способности, применяются больше трудные в реализации и настройке методы резервирования, основанных на советах RFC 3619 (EAPS Ethernet Automatic Protection Switching - Автоматическое Защитное Переключение Ethernet). Этот метод разрешает воплотить в жизнь переключение трафика на заблаговременно подобранный запасной маршрут за доли секунд.. Для организации похожей схемы резервирования оснащение надлежит владеть минимальное количество 2 магистральных гигабитных порта.

Для реализации всевозможных дипломат при передаче трафика с разной чувствительностью к задержкам, применяется протокол Selective Q-in-Q. В этом случае пакетам с определёнными типами трафика прибавляются определённые маркеры VLAN, поэтому трафик передаётся и обрабатывается разными способами.

Огромную популярность среди пользователей набирает сервис в реальном времени (Skype, IP-телефония). Чтобы обеспечить важное свойство этих предложений, оборудование должно поддерживать теорию QoS - методы определения приоритетов и обработки очередей 802.1p.

Список возможностей коммутатора, который отвечает за безопасность и защиту информации, можно разделить на 3 группы: защита самого сетевого устройства от несанкционированного доступа, защита сети и защита пользователей. Группа 1 может включать в себя предварительные методы проверки подлинности (RADIUS, TACACS +, AAA), защиту от перегрузки микропроцессора, переполнение таблицы MAC-адресов и т.д. Для защиты сети - использование аппаратной помощи различных списков доступа (ACL), а также методы проверки подлинности для пользователей в порту (802.1x).

Защита пользователя включает в себя изоляцию друга от друга, запрещение передачи правительственных пакетов (BPDU, DHCPD и т. Д.), Которые имеют все шансы повлиять на работу сети, а также привязку данных аутентификации пользователя к порту коммутатора, оборудованию MAC адрес и IP-адрес, выданные сервером DHCP. Ниже приведены более подробные описания этих протоколов.

Для защиты от переполнения таблицы MAC-адресов применяются методы, позволяющие контролировать работу коммутатора с большим количеством MAC-адресов, а также ограничивать количество MAC-адресов на любом порту коммутатора, что фактически снижает влияние DoS-атак на основе генерации пакетов с разными MAC-адресами.

Списки доступа (ACL) подчеркивают вероятность ограничения доступа к сетевым ресурсам из базы данных со всеми видами значений модели OSI (L2 / L3 / L4).

Фильтрация пакетов BPDU на пользовательском порту позволяет предотвратить изменение топологии дерева STP, когда пользователь включает свой собственный коммутатор. Ввод «доверенных» портов для серверов DSCP обеспечивает распределение IP-адресов по пользовательскому оборудованию.

Он наиболее известен связыванием MAC-адреса пользователя с IP-адресом, выданным сервером DHCP (DHCP-snooping, IP Source Guard), и портом коммутатора (DHCP Option 82), а также связыванием порта коммутатора с информацией аутентификации пользователя (PPPoE Plus).

DHCP snooping - это протокол, который отслеживает передачу запросов DHCP и ответов на них. На основе данных в коммутаторе создается таблица соотношения порта, MAC-адреса абонента и IP-адреса, выданного сервером DHCP. Когда функция защиты источника IP включена, все пакеты, поступающие от покупателя, которые не соответствуют соответствующей записи в таблице отслеживания DHCP, отбрасываются. В результате выполняется защита от замены атакующим IP-адреса клиента и MAC-адреса. Функция DHCP Option 82 используется для добавления дополнительных данных к коммутатору в запросе DHCP от покупателя, таких как номер порта, персональный номер коммутатора, номер VLAN, который фактически позволяет вам работать с информацией об IP-адресах, выданных абонентам, подключенным к определенным портам коммутатора. Функция PPPoE Plus (другое название для вставки PPPoE) схожа с опцией DHCP 82 по своему эффекту - коммутаторы с этим списком возможностей добавляют вспомогательную информацию к требованиям для слияния PPPoE, поступающим от покупателя, и отправляют их на сервер завершения PPPoE.

Для ограничения доступа, основанного не только на данных аутентификации, но и на состоянии личной учетной записи абонента, тарифа и заказанных предложений, используются протоколы 802. Доступ к сети, а также свойства порта коммутатора (скорость, VLAN). ), измените при прохождении аутентификации на сервере, до этого этапа практически нет данных, кроме пакетов 802.1x, есть все шансы пройти через абонентский порт.

Передача предложений IP-TV настоятельно просит помощь оборудованием перечня возможностей обработки multicast-трафика.

Данные протоколы позволяют не только экономить полосу пропускания агрегирующих каналов, а еще передавать видео трафик от многоадресной VLAN к абонентским VLAN по запросу. А это именно то, что нужно при реализации концепции «VLAN на пользователя».



## 2.4 Подготовка исходных данных для организации сети доступа с использованием технологии FTTB в ЖК «TERRA»

Было скооперировано изучение Бостандыкского района по ул. Гагарина, исследование ЖК «TERRA», с уточнением числа подъездов и квартир.

В качестве объекта исследований для учебных целей в районе по ул. Гагарина для организации сети FTTB был выбран ЖК «TERRA», имеющий пять шестнадцатиэтажных домов.

В качестве объекта исследования в образовательных целях на участке по ул. Гагарина для организации сети FTTB была выбрана ЖК «TERRA», который насчитывает пять шестнадцатиэтажных домов.

Для подключения этих домов к сетям связи общего пользования необходимо проложить разветвительную волоконно-оптическую линию связи от центрального узла доступа, который планируется разместить на территории станции АТС-394 в микрорайоне Коктем-3, до узла абонентского доступа расположенных в подъездах жилых домов TERRA по улице Гагарина.

Схема проезда ВОЛС по улицам от АТС-394 до Бостандыкского района по ул. Гагарина показана на рисунке 2.5.

Волоконно-оптическая линия связи от АТС-394 проходит до ул. Сатпаева 350м, потом следует по ул. Сатпаева 1500м. На ул. Сатпаева осуществляется переход через дорогу методом горизонтального направленного бурения на ул. Жарокова, и проходит по ней 2000 м, затем по ул. Си Синхая 400м, затем по ул. Гагарина 600м к ЖК «TERRA».

Около каждого из домов будут установлены разветвительные оптические муфты, они будут выделять необходимое количество оптических волокон в домовые узлы доступа, которые будут установлены в подъездах ЖК «TERRA».



Рисунок 2.5 - Схема прохождения ВОЛС по улицам от АТС-394 до ЖК «TERRA»



От АТС в этой зоне проложены кабельные каналы, изначально предназначенные для медных жил телефонных кабелей. Кабельные каналы также подходят для прокладки оптических кабелей связи. Большая часть кабельной канализации уже проложена.

Задачами подключения домов являются;

- прокладка оптического кабеля ко всем зданиям жилого комплекса;
- прокладка на распределительном участке медных кабелей;
- строительство недостающих кабельных канализаций;
- установка оборудования на автоматической телефонной станции АТС

394;

- установка оборудования в домах жилого комплекса.

## **2.5 Выбор и описание характеристик коммутаторов доступа и агрегации**

Все пять домов ЖК «TERRA», в которых будет спроектирована сеть FTTB, имеют по шестнадцать этажей, на каждом этаже в среднем находится по три квартиры, на один подъезд. В этом случае, мы будем использовать коммутаторы с 24 портами, и в каждый подъезд нужно будет установить по два таких коммутатора.

На данный момент количество изготовителей и их товаров, требующихся для организации сети доступа, очень важны, мы ограничимся избранием услуг лишь основных игроков рынка: D-Link, Huawei Technologies и Элтекс. Основными аспектами выбора коммутатора агрегации является;

- коммутатор должен поддерживать функцию маршрутизации;
- иметь высокую производительность;
- так же должен иметь возможность соединять коммутаторы по ОК (не меньше пятнадцати портов 10/100/1000BASE-X).

Для сравнения выбраны: коммутатор DGS-3620-28SC производства компании D-Link, коммутатор S5700 - 28X-LI-DC производства Huawei Technologies и коммутатор MES3124F производства ООО «Предприятие Элтекс» (таблица 2.1).

С точки зрения технических характеристик, оборудование компании Huawei является довольно привлекательным, и до появления конкурентоспособного отечественного оборудования являлось одним из лучших вариантов для построения сети FTTx.

ООО «Предприятие Элтекс» имеет меньший опыт производства оборудования, нежели Huawei, но близость ООО «Предприятие Элтекс», а также его заинтересованность в улучшении качества продукции и способность быстро решать вопросы эксплуатационные и экономические вопросы, значительно повышает привлекательность оборудования ООО «Предприятие Элтекс». Весомой причиной является то, что в Алматинском филиале АО «Казахтелеком» налажено сотрудничество с ООО «Предприятие Элтекс». Исходя из этих аргументов, выбор был сделан в пользу компании ООО «Предприятие Элтекс».

Таблица 2.1 – Сравнение коммутаторов агрегации

Характеристики	DGS-3620-28SC	S5700- 28X-LI-DC	MES3124F
Интерфейс	20 SFP-портов; 4 комбо-портов 10/100/1000 BaseT/SFP; 4 SFP+; Консольный порт: RJ-45	20 порта 100/1000Base-X; 4 Combo GE(10/100/1000 BASE-T); 1 консольный порт (RJ-45).	20 портов 100/1000 BaseX; 4 комбопорта 10/100/1000 BaseT/1000 Base-X (SFP); 4 порта 10G BaseR/1000Base-X(SFP+/SFP); Консольный порт RS232.
Таблица MAC адресов	32К записей	32К записей	16К записей
Количество IP адресов	256	512	512
Макс. мощность, Вт	60,2	63	50
Размеры	441x310x44	442 x 420 x 43.6	420x44x265
Стоимость без НДС, тг.	1448711	1 462 296	778100

#### Коммутатор агрегации MES3124F

В данном дипломном проекте будет использован коммутатор MES3124F производства ООО «Предприятие Элтекс» как коммутатор агрегации. Коммутатор MES3124F представляет собой агрегирующий коммутатор Ethernet (L3), имеющий 20 портов 1G (SFP), 4 комбинированных порта 1G, 4 порта 10G (SFP +) [9]. У них есть значительный запас производительности за счет наличия интерфейсов, которые работают на скоростях 10 Гбит/с или 1 Гбит/с. Внешний вид коммутатора MES3124F изображен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Внешний вид коммутатора MES3124F

Основными особенностями коммутаторов MES являются развивающиеся функции L2, поддержка статической маршрутизации, динамическая маршрутизация, наличие четырех интерфейсов 10 Гбит / с (SFP +), возможность объединения до 8 устройств, резервные источники питания с возможностью горячей замены. Наряду с поддержкой протокола быстрой конвергенции EAPS, который позволяет получить время конвергенции оптического кольца менее 200 мс, это обеспечит бесперебойное предоставление услуг.

Коммутаторы поддерживают внедрение 2-ух модулей питания с вероятностью самодействующего переключения на запасной модуль и горячей подмены модулей питания.

Интерфейсы:

- 20 портов 100/1000 Base-X (SFP);
- 4 комбо-порта 10/100/1000 Base-T/1000 Base-X (SFP);
- 4 порта 10G Base-R/1000Base-X(SFP+/SFP);
- Консольный порт RS-232.

Функции интерфейсов:

- Защита от блокировки очереди (HOL);
- Поддержка обратного давления (Back pressure);
- Поддержка MDI/MDIX;
- Управление потоком (IEEE 802.3X) [9].

Для данного проекта нам потребуется один коммутатор агрегации MES3124F, который планируется установить на АТС на свободное место стойки 19''. Электропитание оборудования планируется осуществить от существующего источника электропитания постоянного тока PPS 10.48-7800 в составе 5-ти выпрямительных блоков PMP13.48 SIC по 28 А. Резервное электропитание осуществляется от существующей двухгрупповой аккумуляторной батареи 6GFM-200.

Коммутатор доступа MES 1124MB

В качестве коммутаторов доступа в данном проекте планируется использовать коммутатор MES 1124MB производства ООО «Предприятие «Элтекс».

В этом проекте планируется использовать коммутатор MES 1124MB в качестве коммутатора доступа.

Коммутаторы доступа MES - это L2 коммутаторы с 24 портами 10 / 100Base-T, также имеющие комбинированные порты 1000BaseT/Base-X [9]. Внешний вид коммутатора MES 1124MB изображен на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7- Внешний вид коммутатора MES 1124MB

Коммутатор MES1124MB имеет возможность подключения аккумулятора, для обеспечения гарантированного питания в случае первичной сети 220 В. Выключатель снабжен источником питания, который позволяет заряжать аккумулятор при наличии напряжения 220 В. Система резервного питания позволяет отслеживать состояние первичной сети и уведомлять о переходе с одного типа питания на другой.

В коммутаторах MES применяется разработка действенной обороны от скачков напряжения питания (до 6 kV), вызванного грозовыми разрядами.

Интерфейсы:

- 24x 10/100 Base-T (RJ-45);
- 4x 10/100/1000 Base-T/1000 Base-X (SFP);
- 1 консольный порт (RS-232).

– Исполнение 19", типоразмер 1U [9]. К одному коммутатору MES 1124MB можно подключить до 24 абонентов. Соответственно, для подключения 50 абонентов каждого дома понадобится не менее 3-х коммутаторов.

## 2.6 Выбор и описание кабелей

В своем выпускном проекте я планирую использовать 2 типа кабелей: ТОЛ-П04-У-2,7 кН и ТОЛ-П-24-У-2,7 кН, произведенные на заводе Инкаб. Кабель с 24 волокнами будет проложен на главном участке сети в запланированном кабельном канале, от колодца кабельного канала до перекрестка в здании проложен кабель с 4 ОВ. Конструкция кабеля ТОЛ показана на рисунке 2.8.

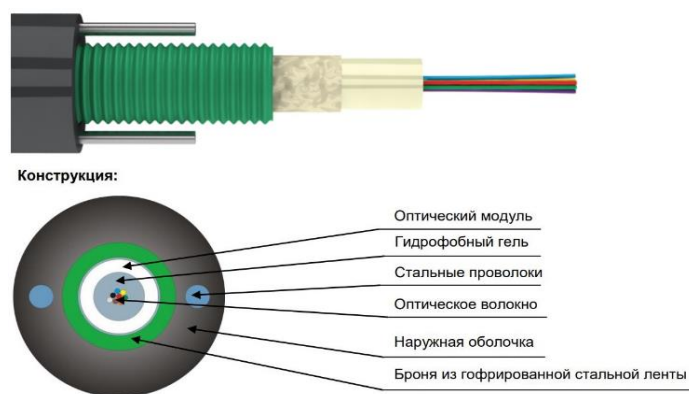


Рисунок 2.8 – Конструкция кабеля типа ТОЛ

Кабель, представленный на рисунке, содержит оптический модуль со свободными волокнами. Свободное место в оптическом модуле заполнено гидрофобным гелем. Над модулем нанесена гофрированная стальная лента и полиэтиленовая оболочка средней плотности. Свободное место под гофрированной лентой заполнено гидрофобным гелем. В оболочке кабеля два стальных провода диаметрально противоположны, которые служат силовыми элементами.

Основные технические параметры и рабочие параметры кабеля типа ТОЛ приведены в таблице 2.2.

В кабелях Инкаб используется новейшее волокно Corning SMF 28 Ultra. Преимущества волокна Corning SMF 28 Ultra:

- ослабление сигнала по крайней мере на 10% ниже, чем у стандартных волокон;
- в 10 раз более устойчиво к изгибу, чем обычное волокно;
- 100% совместимость с другими одномодовыми волокнами.

Таблица 2.2 – Основные технические параметры и параметры эксплуатации кабеля типа ДОЛ

Характеристики	ТОЛ-П04-У-2,7 кН	ТОЛ-П-24-У-2,7 кН
Число оптических волокон в кабеле	4	24
Диаметр кабеля, мм	8,3	8,8
Масса кабеля, кг/км	81,3	86,1
Радиус изгиба, мм	124,5	132,0
Допустимая раздавливающая нагрузка, кН/см	От 0,5	
Допустимая растягивающая нагрузка, кН	2,7	
Рабочая температура, °С	-50 ... +70	
Температура монтажа, °С	25	

#### Кабель UTP 5e

В своем проекте я планирую использование UTP кабеля 4 пары 24AWG CAT5e в области от коммутатора доступа до квартиры абонента.

Кабель UTP (неэкранированная витая пара) используется для внутренней проводки с полностью медными жилами, используемой в абонентской проводке для обеспечения доступа к сетевым услугам передачи данных. Используется в системах СКС (структурированные системы телекоммуникационных кабелей, шнуров и соединительных устройств, обеспечивающих подключение оборудования информационных технологий) для прокладки внутри зданий [10].

Наружный вид кабеля UTP 4 пары 24AWG CAT5e показан на рисунке 2.9.

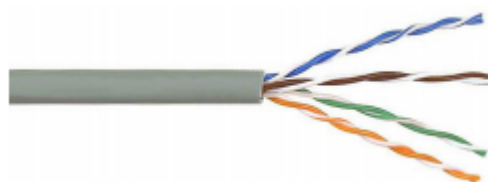


Рисунок 2.9 – Вид кабеля UTP 4 пары 24AWG CAT5e

Описание:

- 1) Жила проводящая ток: медная мягкая проволока диаметром 0,5 мм;
- 2) Для изоляции используется полиэтилен. Диаметр проводника в изоляции: 0,93 мм Пара: 2 скрученных вместе проводника

Распознавание цвета:

- пара 1: бело-синий / синий
- пара 2: бело-оранжевый / оранжевый
- пара 3: бело-зеленый / зеленый
- пара 4: бело-коричневый / коричневый
- Сердечник: 4 пары скрученные вместе

3) Внешняя оболочка изготовлена из поливинилхлоридного пластика (ПВХ). Имеет белый цвет оболочки. Диаметр кабеля составляет 5,9 мм.

Используется для прокладки внутри зданий. Он работает на частотах до 100 МГц.

Характеристики:

- диапазон температур устанавливается от -10°C до + 60°C, эксплуатируется от -20°C до + 60°C;
- радиус изгиба более восьми диаметров кабеля при монтаже, более четырех диаметров кабеля при эксплуатации;
- растягивающие усилие равно 85 Н [10].

## **2.7 Схема организации связи**

Приведенная схема для организации сети показана на рисунке 2.10. Коммутатор MES3124F находится по адресу коктем 3-й микрорайон 21б на АТС 394.

В зданиях ЖК «TERRA» по адресам ул. Гагарина 233/1, ул. Гагарина 233/2, ул. Гагарина 233/3, ул. Гагарина 233/4 и ул. Гагарина 233/5 расположены по три коммутатора MES1124 MB. Информация обменивается со скоростью 1,25 Гбит/с.

Кабель ТОЛП-24-У-2,7кН, имеющий 24 оптических волокна будет проложен на магистральном участке сети. Четыре волокна данного оптического кабеля будет задействованы для дальнейшего развития сети, он будет оставаться в одном из колодцев.

Пять домов ЖК «TERRA» будут подключены при помощи оптического кабеля ТОЛ-П-04-У-2,7кН через разветвительную муфту, три из четырех волокон будут подключены к коммутатору доступа, а одно волокно останется в запасе.



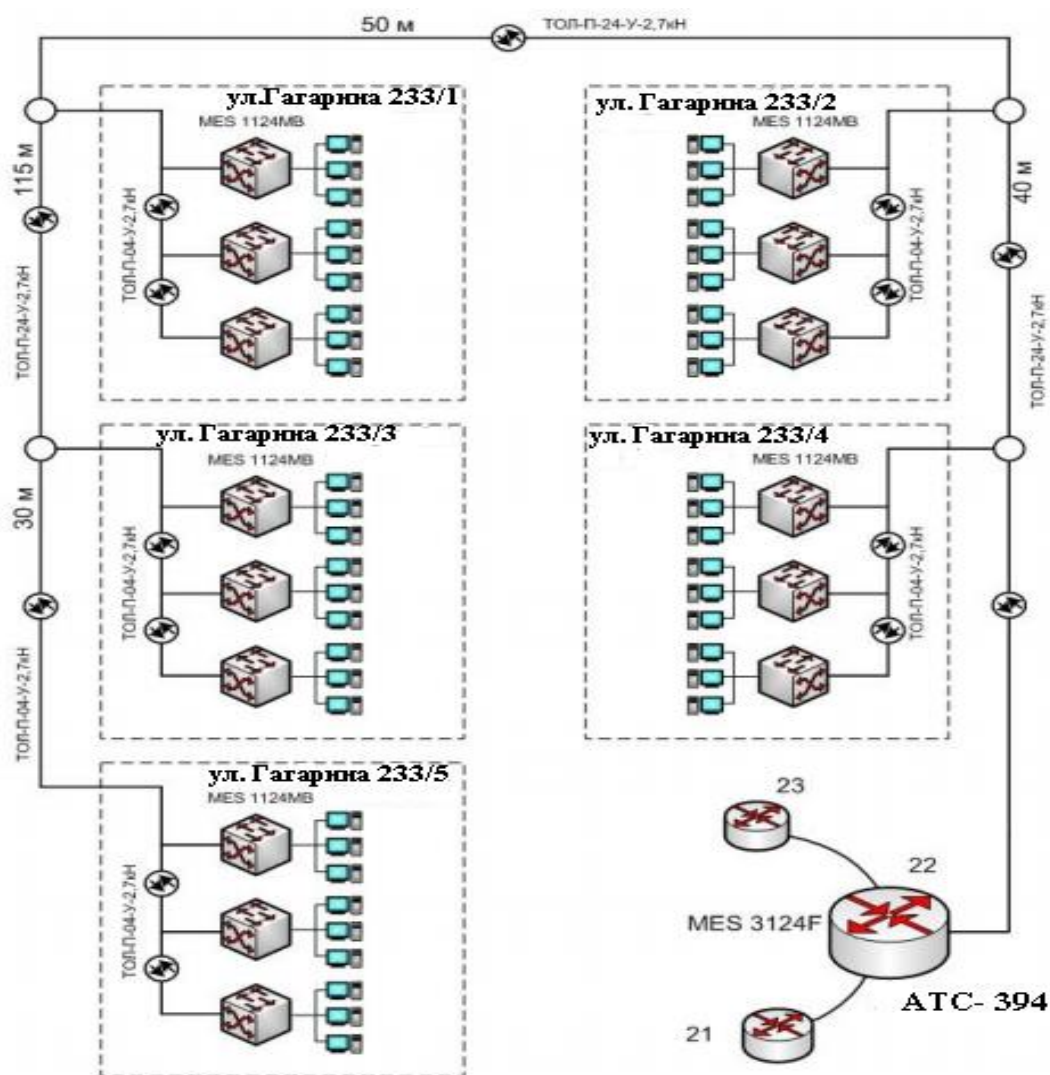


Рисунок 2.10 – Схема связи

## 2.8 Решения для абонентского доступа в ЖК «TERRA»

С технологией FTTB доступ абонента к услугам, предоставляемым оператором связи, осуществляется через оптический кабель, подходящий от коммутатора MES3124F к коммутатору доступа MES1124MB в жилом здании. Далее передача услуг в квартиры абонентов будет осуществляться на основе медного кабеля UTP 4 пары 24AWG CAT5e непосредственно в многоквартирные дома жилого комплекса TERRA. Схема данной сети показана на рисунке 2.10.

Оптический кабель, введенный в здание, должен быть проложен к оптическому кроссу, расположенному возле настенного распределительного шкафа.

Для удобства обеспечения возможности возведения распределительной сети, а еще для обороны оснащения от актов вандализма распределительные шкафы как правило находятся на чердаке возле кабельных низковольтных шахт.

Оптический кабель к распределительному шкафу будет проложен через

отверстие в здании. Далее вдоль потолка внутри кабельного канала до ближайшего кабельного вала, что предусмотрено проектом самого здания. Потом по вертикали через все 16 этажей до чердака с шкафом управления.

На всех этажах подъездов будут установлены настенные коробки с электрическим кроссом. А просверлив отверстия в межэтажных потолках, на их месте будут установлены полиэтиленовые трубы. По этим трубам медный кабель UTP будет проложен к шкафу управления и пересечен с обоих концов.

Для предоставления услуг Triple Play в соответствии с проектом необходимо установить в квартире абонента следующее оборудование:

В качестве точек доступа для оконечного абонентского оборудования абонентам будет предлагаться точка доступа Linksys EA 6500.

Linksys EA 6500 –это производительные функциональные абонентские терминалы, которые предназначены для доступа к современным услугам телефонии и высокоскоростному интернету.

Характеристики:

- два независимых радио интерфейса;
- 1 порт GPON
- 4 порта 1G(роутер)
- Wi-Fi 802.11a, 802.11g, 802.11ac.
- 2 порта FXS
- порт USB
- рабочие частоты 2,4 ГГц, 5 ГГц;

### **3 Расчетная часть**

#### **3.1 Определение пропускной способности, проектируемой ВОЛС**

Полосу пропускания ОК посчитаем по данной формуле, единица измерения (Гц·км):

$$W = \frac{0,44}{\tau}, \quad (3.1)$$

где  $\tau$  – это результирующая дисперсия ОК, она измеряется в с/км.

Так как мы используем одномодовый оптический кабель, в котором имеется только одна хроматическая дисперсия, то для одномодового оптического волокна пользуются значениями дисперсии, которые нормированы на нанометр ширины спектра источника и километр длины волокна. Его называют удельной хроматической дисперсией.

Единица измерения удельной дисперсии - пс/(нм·км). Хроматическая дисперсия связана с удельной хроматической дисперсией данным соотношением

$$\tau_{xp} = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (3.2)$$



где  $D(\lambda)$  – это удельная хроматическая дисперсия, пс/(нм·км);

$\Delta\lambda$  - ширина спектра излучения источника, нм.

Теперь подставим значения в формулы и получаем

$$\tau_{XP} = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 2 = 4 \cdot 10^{-12} (\text{с/км}),$$

$$W = \frac{0,44}{4 \cdot 10^{-12}} = 1,1 \cdot 10^{11} (\text{Гц/км}).$$

Значение  $W$ , это удельная полоса пропускания, для того чтобы получить пропускную способность кабеля, нужно разделить ее на длину кабельной трассы

$$\Delta F = \frac{W}{L} = \frac{1,1 \cdot 10^{11}}{4} = 2,75 \cdot 10^7 (\text{Гц}).$$

Вывод: Данной пропускной способности должно хватить для обеспечения потребностей абонента.

### 3.2 Расчет длины участка регенерации

Максимальная длина регенерационного участка определяется исходя из потерь в ОВ

$$L_{\text{ру макс}} = \frac{P_{\text{пер}} - P_{\text{чувст.}} - \mathcal{E} - \alpha_{\text{рс}} \cdot n + \alpha_{\text{нр}}}{\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{нр}}/l_{\text{стр}}}, \quad (3.3)$$

где  $P_{\text{пер}}$  – максимальная вводимая мощность передатчика;

$P_{\text{чувст.}}$  – уровень чувствительности фотоприемника;

$\alpha_{\text{нр}}$  – потери на стыке строительных длин ОК ( $\alpha_{\text{нр}} = 0,08 \text{ дБ}$ );

$\alpha_{\text{рс}}$  – потери на разъёмных соединениях ( $\alpha_{\text{рс}} = 0,3 \text{ дБ}$ );

$\mathcal{E} = 4 \text{ дБ}$  – энергетический запас на старение кабеля и аппаратуры;

$\alpha_{\text{к}}$  – это затухание кабеля, которое измеряется в дБ/км ( $\alpha_{\text{к}} = 0,32 \text{ дБ/км}$  для длины волны 1310 нм, и  $\alpha_{\text{к}} = 0,18 \text{ дБ/км}$  для 1550 нм);

$l_{\text{стр}} = 4 \text{ км}$  – строительная длина ОК;

$n = 4$  – число разъёмных соединений.

Минимальную длину регенерационного участка мы определим по формуле

$$L_{\text{ру мин}} = \frac{P_{\text{пер}} - P_{\text{перегр}}}{\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{нр}}/l_{\text{стр}}}, \quad (3.4)$$

где  $P_{\text{перегр}}$  – максимальная мощность, которая может быть подана на приемник.

Так как компания ООО «Предприятие «Элтекс» не производит модули SFP, в данном проекте планируется использовать модули SFP 1,25 GE WDM, SC, 20км производства компании «MLaxLink». Данные модули полностью совместимы с оборудованием производства компании ООО «Элтекс».

Трансиверы SFP 1,25 GE WDM, дальность до 20км (14dB) обеспечивают передачу и прием сигналов по одному ОВ, для этого используется две длины волны. Такие трансиверы используются в парах. Тип А (TX/RX 1550/1310) для передачи данных использует длину волны 1550нм, а для приема 1310нм. А тип В (TX/RX 1310/1550), наоборот, использует длину волны 1310нм для передачи данных, а 1550нм – для их приема. Расстояние в пределах до 20км. Тип коннектора - SC.

Двухнаправленные SFP-трансиверы Gigabit Ethernet для оптического кабеля – это внешние трансиверы, которые устанавливаются в порты SFP (Small Form-Factor Pluggable) сетевых устройств, которые предназначены для передачи а также для приема данных по оптическому волокну. Данный тип трансиверов выполнен в компактном корпусе и обеспечивает интерфейс 1000Base-BX для надежной, а также высокоскоростной передачи данных на дальние расстояния и гибкости, которые необходимы в современных оптоволоконных сетях [6].

Внешний вид модулей SFP 1,25 GE WDM, SC, 20км вы можете видеть на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Внешний вид модулей SFP 1,25 GE WDM, SC, 20км

Технические характеристики SFP 1,25 GE WDM, SC, 20км представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Технические характеристики SFP модуля LS38-C3S-TI-N

Скорость передачи данных, Мбит/с	1250
Длина волны TX/RX, нм	1310/1550
Источник света	FP
Мощность передатчика, дБм	9,5 ...-3
Чувствительность приемника, дБм	-20
Уровень перегрузки приемника, дБм	-3
Максимальное расстояние	10 км
Рабочая температура, 0С	-40 ... 85
Безопасность	UL/TUV

Подставив в формулы (3.1) и (3.2) соответственно для  $L_{ру \text{ макс}}$  и  $L_{ру \text{ мин}}$  значения параметров ОК имеем

– для длины волны 1310 нм

$$L_{ру \text{ макс}} = \frac{-9,5 - (-20) - 4 - 4 \cdot 0,3 + 0,08}{0,32 + 0,08/4} = 15,824 \text{ (км)},$$

$$L_{ру \text{ мин}} = \frac{-3 - (-3)}{0,32 + 0,08/4} = 0 \text{ (км)},$$

– для длины волны 1550 нм

$$L_{ру \text{ макс}} = \frac{-9,5 - (-20) - 4 - 4 \cdot 0,3 + 0,08}{0,18 + 0,08/4} = 26,9 \text{ (км)},$$

$$L_{ру \text{ мин}} = \frac{-3 - (-3)}{0,18 + 0,08/4} = 0 \text{ (км)}.$$

Отсюда следует вывод, что все длины участков между коммутатором агрегации и коммутаторами доступа должны быть не более 15,8 км.

### 3.3 Оценка допустимой скорости передачи в канале сети Wi-Fi

Скорость передачи в канале для «близких» точек доступа в центре зоны доступа БС (Мбит/с) можно определить по формуле

$$R_1(u) = \frac{4}{7} \cdot W \cdot \log_2(1 + \eta_1(u)), \quad (3.5)$$

Нужно посчитать скорость передачи в канале для точки доступа, расположенной в центре зоны для DL, если известны полоса системы  $W$ , МГц,  $\eta_1(u)$ –SINR для центра соты.

Исходные данные:

-  $W$ –полоса системы  $W = 100$  МГц,

-  $\eta_1(u)$  SINR для центра соты  $\eta_1(u) = 6$ .

Скорость передачи для пользователей в центре зоны

$$R_1(u) = \frac{4}{7} \cdot 100 \cdot \log_2(1 + 6) = \frac{4}{7} \cdot 100 \cdot 2,8 = 159 \text{ (Мбит/с)}.$$

Скорость передачи соответствует тех. характеристикам приемника.

### 3.4 Расчет надежности линии ВОЛС

Одной из самых важных характеристик магистралей и сетей связи является надежность. Основными показателями надежности являются:

- интенсивность отказов  $X$ , часов;
- вероятность безотказной работы для заданного интервала времени  $P(t_0)$ ;
- средняя наработка на отказ  $T_0$ , час;
- среднее время восстановления  $T_v$ , час;
- коэффициент готовности  $K_g$ ;
- интенсивность восстановления  $M$ , 1/час.

Отказы магистральных элементов являются внезапными и независимыми друг от друга, а их интенсивность. Расчет показателей надежности магистрали проводится при следующих допущениях: отказы элементов магистрали являются внезапными, независимыми друг от друга, их интенсивность неизменна во время периода эксплуатации.

Интенсивность отказов определяется как

$$X_{\Sigma} = nX_1 + LX_2, \quad (3.6)$$

$$X_{\Sigma} = 5 \cdot 10^{-7} + 4 \cdot 5 \cdot 10^{-8} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ (1/час)}.$$

где  $n$  – число конечных пунктов;

$L$  – длина линии, в км;

$X_1$  – интенсивность отказов конечного пункта, 1/час;

$X_2$  – интенсивность отказов одного километра линейно-кабельных сооружений, 1/км.

Средняя наработка на отказ вычисляется по формуле

$$T_0 = \frac{1}{X_{\Sigma}}, \quad (3.7)$$

$$T_0 = \frac{1}{7 \cdot 10^{-7}} = 1,42 \cdot 10^6.$$

Коэффициент готовности системы рассчитывается по данной формуле

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (3.8)$$

$$K_{\Gamma} = \frac{1,42 \cdot 10^6}{1,42 \cdot 10^6 + 1} = 1.$$

Посчитаем коэффициент простоя системы

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma}, \quad (3.9)$$

$$K_{\Pi} = 1 - 1 = 0.$$

Теперь определим интенсивность восстановления

$$M = \frac{1}{T_B}, \quad (3.10)$$

$$M = \frac{1}{1} = 1.$$

Далее по формуле рассчитаем вероятность безотказной работы за разные промежутки времени

$$P(t_0) = e^{(-X_{\Sigma} \cdot t_0)}, \quad (3.11)$$

$$P_{(t_0)} = e^{(-7 \cdot 10^{-7} \cdot t_0)}.$$

Таблица 3.2 – Вероятность безотказной работы ВОЛС

Вероятность безотказной работы	Интервал времени $t_0$ , ч				
	0	1	720	8640	86400
$P_{(t_0)}$	1	1	0,999	0,994	0.939

Подводя итоги, видно: что исходя из проведенных расчетов, вероятность отказа волоконно-оптической линии связи очень мала и практически равняется единице.

### 3.5 Расчет чувствительности приемника точки доступа

Определим минимально допустимый уровень сигнала на входе приемника

$$P_{np} = P_{ш} + (E_b/N_0)_{np} - G_{обp}, \quad (3.12)$$

Исходные данные, которые будут использоваться при расчете:

$E_b/N_0$  – отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума. Данное отношение  $E_b/N_0$  зависит от типа сервиса, скорости передвижения абонента и радиоканала. Минимально допустимый уровень сигнала на входе приемника зависит от требуемого отношения  $E_b/N_0$ , скорости передачи данных пользователя, качества аналоговых компонентов приемника, уровня помех. Помехи бывают вызваны разными источниками, такими как: абоненты из обслуживающей соты, абоненты, обслуживаемые другими сотами, а также другие источники, создающие действующие в диапазоне используемого частотного канала.

Мощность собственных шумов приемника высчитывает по формуле

$$P_{ш} = N + K_{ш}, \quad (3.13)$$

Рассчитаем мощность теплового шума в приемнике по формуле

$$N = k \cdot T \cdot B, \quad (3.14)$$

- Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К
  - Температура проводника  $T = 40^\circ \text{C}$
  - Полоса согласованного фильтра равна 3,84 МГц.
  - Коэффициент шума приемника для линии DL  $K_{ш} = 7$  дБ
  - Коэффициент шума приемника для линии UL  $K_{ш} = 2,5$  дБ
  - Полоса согласованного фильтра приемника  $B = 40 \text{ МГц}$
  - Отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума DL  $(E_b/N_0)_{\text{треб}} 10$  дБ
  - Отношение средней энергии бита к спектральной плотности шума UL  $(E_b/N_0)_{\text{треб}} 12$  дБ
  - Скорость абонента равна 3 км/ч
- Расчёт для линии –UL  
Мощность теплового шума в приемнике рассчитывается по формуле

$$N = k \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 313 \cdot 40 \cdot 10^6 = 1,72 \cdot 10^{-13} (\text{Вт}),$$

$$N = 10 \cdot \log \left( \frac{1,72 \cdot 10^{-13}}{0,001} \right) = -97,6 (\text{дБмВт}).$$

Теперь посчитаем мощность собственных шумов приемника

$$P_{ш} = N + K_{ш} = -97,6 + 2,5 = -95,1 (\text{дБ}).$$

Далее вычислим чувствительность приемника

$$P_{\text{пр}} = -95,1 + 12 - 2,4 = -85,5 \text{ (Дб)}.$$

Расчёт для линии –DL

Мощность теплового шума в приемнике

$$N = k \cdot T \cdot B = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 313 \cdot 40 \cdot 10^6 = 1,72 \cdot 10^{-13} \text{ (Вт)}.$$

$$N = 10 \cdot \log \left( \frac{1,72 \cdot 10^{-13}}{0,001} \right) = -97,6 \text{ (дБмВт)}.$$

Мощность собственных шумов приемника

$$P_{\text{ш}} = N + K_{\text{ш}} = -97,6 + 7 = -90,6, \text{ (дБ)}.$$

Чувствительность приемника

$$P_{\text{пр}} = -90,6 + 10 - 3,5 = -84,1 \text{ (Дб)}.$$

Исходя из расчетов видно, что полученные значения соответствует техническим характеристикам точки доступа.

### 3.6 Расчет основных характеристик оптического волокна

Одним из главных параметров оптического волокна, который используется для оценки его свойств, является нормированная частота  $V$ .

Этот параметр можно получить с помощью суммирования аргументов цилиндрических функций для сердцевины ( $g1$  а) и оболочки ( $g2$  а):

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}, \quad (3.15)$$

где  $a$  – это радиус сердцевины оболочки, он равен  $a = 4,5$  мкм

$n_1$  – показатель преломления сердцевины,  $n_1 = 1,4681$ ;

$n_2$  – показатель преломления оболочки,  $n_2 = 1,4623$ ,

$\lambda$  – рабочая длина волны.

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}}{1,55 \cdot 10^{-6}} (2,15531761 - 2,13832129)^{1/2} = 2,3769.$$

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

Мы можем посчитать показатель преломления оболочки  $n_2$ , исходя из характеристик оптического кабеля числовая апертура равна  $NA = 0,13$ .

Имея данную формулу, рассчитаем  $n_2$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}. \quad (3.16)$$

В данной формуле  $n_1$ - это показатель преломления сердцевины, он равен 1.4681.

Отсюда

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - (NA)^2}, \quad (3.17)$$

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

Границей раздела сред сердцевина - оболочка в световоде являются прозрачные стекла. Поэтому допустимо не только отражение оптического луча, а также его проникновение в оболочку. Для того чтобы предотвратить излучение в окружающее пространство и переход энергии в оболочку, нужно соблюсти условие полного внутреннего отражения и апертуру.

Световод пропускает лишь свет, который находится в пределах телесного угла  $\theta_a$ , его величина охарактеризована углом полного внутреннего отражения  $\theta_b$ . Телесный угол в  $\theta_a$  обусловлен числовой апертурой:

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

Угол полного внутреннего отражения  $\theta_b$  и апертурный угол падения луча  $\theta_a$  взаимосвязано между собой. Чем больше будет угол  $\theta_b$ , тем меньше будет апертура волокна  $\theta_a$ . В идеале угол падения луча на границу сердечник – оболочка  $w$ , должен быть больше угла полного внутреннего отражения  $\theta_b$ , и находиться в пределах от  $\theta_b$  до 90 градусов. В то время как угол ввода луча в торец световода  $w$ , должен укладываться в апертурный угол  $\theta_a$  ( $w < \theta_a$ ).

Теперь рассчитаем критический угол  $\theta_c$ , при котором выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$\theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}, \quad (3.18)$$

$$\theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{1,4623}{1,4681}\right)^2} = 0,09 \text{ рад} \approx 5,16^\circ.$$

Так как теперь мы знаем показатели преломления оболочки  $n_2$  и сердцевины  $n_1$ , мы можем посчитать относительную разность показателей преломления  $\Delta$  по данной формуле

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.19)$$



$$\Delta = \frac{1,4681 - 1,4623}{1,4681} = 0,00395 \approx 0,395(\%).$$

### 3.7 Расчет потерь на стыковке

При соединении оптических волокон, потери определяются тремя основными факторами, приведенными ниже:

- одним из них является величина погрешности взаимного расположения волоконных световодов;
- второй фактор определяется не идентичностью параметров соединяемых волокон;
- и третий фактор влияющий на потери это отражение от торцов световодов.

Мы можем произвести расчет потерь на стыковке имея исходные данные приведенные ниже:

- показатель преломления сердцевины, который равен  $N_1=1.4681$ ,
- показатель преломления оболочки  $N_2=1.4623$ ,
- радиус сердечника  $A=4.5 \cdot 10^{-6}$ ,
- длина волны  $L=1.55 \cdot 10^{-6}$ ,
- скорость света  $c=3 \cdot 10^5$ ,
- нормированная частота  $V=2.3702$ ,
- поперечное смещение  $X=0.2 \cdot 10^{-6}$ ,
- перекося продольных лучей  $Q=0.3$ ,
- функции Бесселя  $J_0=0.7652$  и  $J_1=0.4401$ .

Снизу приведены формулы для расчета потерь.

Потери на поперечном сечении определяются по формуле

$$L_x = 2.17 \left[ \frac{x_2 \cdot I_0(x_1)}{I_1(x_1)} \right]^2 \cdot \left( \frac{x}{A} \right)^2 \text{ (Дб)}, \quad (3.20)$$

$$L_x = 2,17 \left[ \frac{0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,55 \cdot 10^{-6} (0,2 \cdot 10^{-6})}{1,55 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} \right]^2 \cdot \left( \frac{0,2 \cdot 10^{-6}}{4,5 \cdot 10^{-6}} \right)^2 = 0,013 \text{ (Дб)}.$$

Используя формулу приведенную ниже можно рассчитать потери которые появляются на перекося продольных лучей:

$$L_q = 3,31 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{W_0 \cdot V}{A} \right)^2 \cdot \frac{N_2}{N_1 - N_2} \cdot Q^2 \text{ (Дб)}, \quad (3.21)$$

$$L_q = 3,31 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 2,3702}{4,5 \cdot 10^{-6}} \right)^2 \cdot \frac{1,4623}{1,4681 - 1,4623} \cdot 0,3^2 = 0,019 \text{ (Дб)}.$$

## 4 Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности

### 4.1 Анализ условий труда

В данном разделе мы рассмотрим условия труда в операторском зале, в котором расположено четыре компьютера и работают непосредственно четыре оператора.

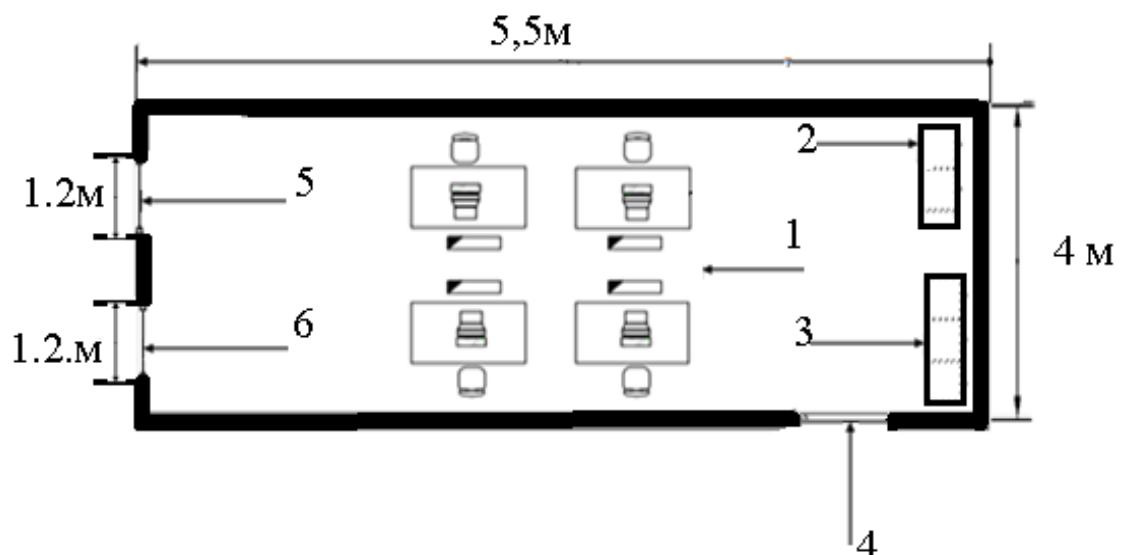
Помещение АТС где постоянно находятся люди имеет естественное освещение. Естественное освещение делится на боковое, верхнее, или комбинированное.

В операторской были заменены вентиляционные системы, а также система пожаробезопасности. Так что в данной операторской все условия для работы являются оптимальными, за исключением освещения. В данной работе мы произведем проверку и реконструкцию естественного и искусственного освещения.

В данном помещении недостаточно естественного освещения из-за климатических условий, времени суток и расположения здания. Из-за этого искусственное освещение требует реконструкции, замену старых ламп на новые, так как они не соответствуют нынешним требованиям для комфортной работы.

Для анализа достаточности естественного освещения произведём анализ условий труда в помещении оператора, прямоугольной формы, в которой расположены два окна. Высота рабочей поверхности над уровнем пола - 0,8 м, окна с размерами длина – 1,2 м, ширина - 1 м.

Помещение с размещенным оборудованием имеет размеры: длина  $L=5,5$  м, ширина  $B=4$  м, высота  $H=3$  м рисунок 5.1.



1 – рабочие места операторов, 2- усилитель, 3- кросс, 4- входная дверь, 5,6- окна.

Рисунок 4.1 - План помещения

## 4.2 Расчет естественного освещения

Произведем общий расчет освещения для рабочего помещения длиной  $A = 5,5$  м, шириной  $B = 4$  м, высотой  $H = 3$  м, двумя окнами с раскрытыми жалюзи. Площадь каждого окна составляет  $1,2 \text{ м}^2$ , размеры окон составляют 1,2 метра по длине и 1 метр по высоте.

Рассчитаем значение требуемой поверхности светового потока, которое обеспечивает нормированные значения естественного коэффициента света, это значение можно рассчитать по формуле в процентах от занимаемой площади:

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_N \cdot \eta_0 \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{\tau_0 \cdot r_1}, \quad (4.1)$$

где  $S_0$  - площадь света,  $\text{м}^2$ ;

$S_n$  - диапазон зоны пола,  $\text{м}^2$ ;

Площадь пола определяется по данной формуле

$$S_n = L \cdot B, \quad (4.2)$$

$$S_n = 5,5 \cdot 4 = 22 (\text{м}^2).$$

$e_N$  - нормируемое значение КЕО;

Нормированные значения КЕО для зданий, располагаемых в различных районах, следует определить по формуле

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (4.3)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,65 = 0,975.$$

где  $N$  – номер группы обеспеченности естественным светом

$e_H = 1,5$  значения КЕО при боковом естественном освещении (для работ средней точности IV разряда) по таблице 3.12.

$m_N = 0,65$  – коэффициент светового климата Алматы при ориентации окон на запад по таблице 3.1.

$K_3 = 1,2$  – коэффициент запаса при вертикальном расположении светопропускаемого материала.

$K_{зд} = 1,2$  – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями по таблице 3.8;

$\tau_0 = 0,4$  – общий коэффициент светопропускаемости проёма .

Далее определяем  $\eta_0$ . Отношение длины к глубине (т.е. более удаленной точки окна) [11].

$$l = B - 1 \text{ м} = 4 - 1 = 3 (\text{м}). \quad (4.4)$$

$$\frac{L}{l} = \frac{5,5}{3} = 1,833. \quad (4.5)$$

Отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна

$$\frac{1}{h_1} = \frac{3}{2,2} = 1,36 \quad (4.6)$$

$$h_1 = h_{\text{ок}} + h_{\text{н ок}} - h_{\text{р.п}}, \quad (4.7)$$

где  $h_1$  – высота уровня рабочего слоя до верха окна;

$h_{\text{р.п}}$  – высота рабочей поверхности над полом ( $0,8 \div 1$ ) м ;

$\eta_0 = 10,5$  - световая характеристика окон, принимают по таблице 3.2.

Для того чтобы улучшить условия труда в исследуемом помещении нужно улучшить естественное освещение с помощью использования материалов, которые повышают коэффициент отражения света от внутренних поверхностей помещения. В качестве легкого раздаточного материала мы используем двухслойные, двухслойные окна, двойные кожаные деревянные держатели, виды покрытия подшипников – стальную ферму. Мы используем регулируемые шторы, получаемые в качестве устройства защиты от солнечных лучей [12].

Определим общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (4.8)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала по таблице 3.3;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема по таблице 3.4

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях по таблице 3.5;

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах по таблице 3.6

$$\tau_1 = 0,8; \tau_2 = 0,7; \tau_3 = 0,9; \tau_4 = 1,$$

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,504.$$

Определяем коэффициент  $\tau_1$  – для бокового освещения. Для этого находим: отношение глубины к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна

$$\frac{1}{h_1} = \frac{3}{2,2} = 1,36,$$

отношение глубины помещения к ширине помещения

$$\frac{l}{B} = \frac{3}{4} = 0,75,$$

отношение длины помещения к его глубине

$$\frac{L}{l} = \frac{5,5}{3} = 1,833.$$

Коэффициент  $\rho_1=1.9$  по таблице 3.9

Величину средневзвешенного коэффициента отражения  $\rho_{\text{ср}}$  потолка, стен и пола определяется по формуле

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{(\rho_1 \cdot S_1 + \rho_2 \cdot S_2 + \rho_3 \cdot S_3)}{S_1 + S_2 + S_3} \cdot 100\%, \quad (4.9)$$

площадь потолка  $S_1=5,5 \cdot 4=22\text{м}^2$ ; площади стен  $S_2=2 \cdot (5,5+4) \cdot 3=57(\text{м}^2)$ ;  
площадь пола  $S_3=5,5 \cdot 4=22,(\text{м}^2)$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{(70 \cdot 22 + 50 \cdot 57 + 30 \cdot 22)}{22 + 57 + 22} = 50\% = 0,5.$$

Подставляя все значения в формулу (5.1) получим значение КЕО

$$S_0 = \frac{22 \cdot 0,975 \cdot 10,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{100 \cdot 0,504 \cdot 1,9} = 3,4 (\text{м}^2).$$

Вывод: Мы провери расчет площади боковых световых проемов, который необходим для создания нормируемой освещенности на рабочих местах для разряда зрительной работы IV, б. Исходя из того что в помещении присутствуют два окна, каждые площадью  $S_{\text{ок}}=1,2 \text{ м}^2$ , а рассчитанное значение площади боковых проемов получилось равным  $3.4 \text{ м}^2$ , то необходимы дополнительные источники света, это означает, что нужно произвести расчет искусственного освещения.

#### 4.3 Расчёт искусственного освещения точечным методом

Рассчитаем искусственное освещение для операторской комнаты.

Исходные данные:

- ширина комнаты равна значению  $B = 4\text{м}$ ;
- длина комнаты помещения составляет  $L = 5,5\text{м}$ ;
- высота комнаты равна значению  $H = 3 \text{ м}$ .

В помещении смонтированы два светильника Philips мощностью 40 Вт, со световым потоком 2248 лм, диаметром 54мм и длиной 1,5 м.

Общая схема помещения представлена на рисунке 4.2

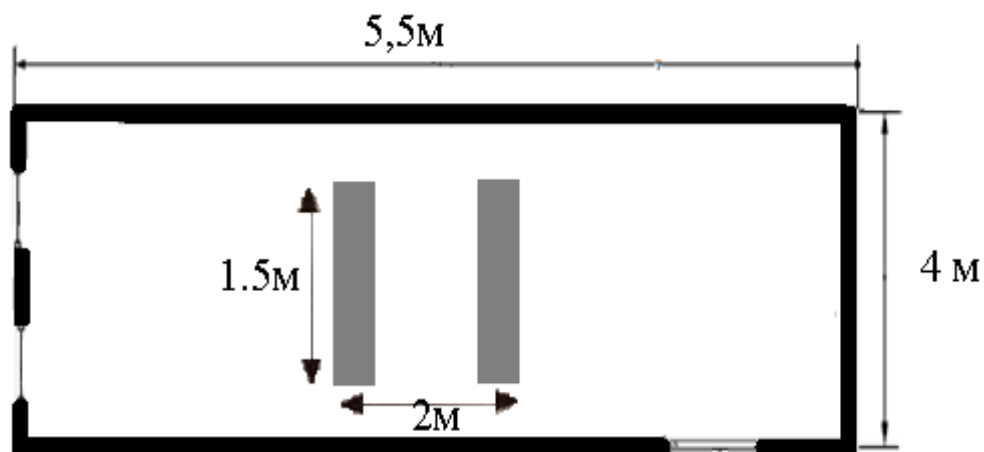


Рисунок 4.2–Схема размещения светильников до изменения

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами:

- $H$  – высота помещения;
- $h_c$  – расстояние свеса ламп (0,5 м);
- $h_{рп}$  – высота рабочей поверхности над полом (0,8м);
- $h_p = H - h_{свеса} - h_{р.пов.}$  – расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью [13].

$$h_p = H - h_{свеса} - h_{р.пов.}, \quad (4.10)$$

$$h_p = 3 - 0,5 - 0,8 = 1,7 \text{ (м)}.$$

Расстояние от светильника до исследуемых точек  $d_1, d_2$

$$C = \frac{l_1}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ (м)}, \quad (4.11)$$

$$b_1 = 1,5 \text{ м}; b_2 = 2 \text{ (м)},$$

$$d_1 = \sqrt{1,5^2 + 1,5^2} = 2,12,$$

$$d_2 = \sqrt{2^2 + 1,5^2} = 2,5.$$

Угол  $\alpha$  и  $I_a$  определим силу света для каждого светильника по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{h}, \quad (4.12)$$

отсюда для d1

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2,12}{1,3} = 1,63,$$

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}(1,63) = 58,47^\circ,$$

$$\cos^3 \alpha_1 = 0,141.$$

отсюда для d2

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{2,5}{1,3} = 3,25,$$

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg}(3,25) = 72,9^\circ,$$

$$\cos^3 \alpha_2 = 0,02.$$

Находим силу света от каждого источника по рисунку 4.3

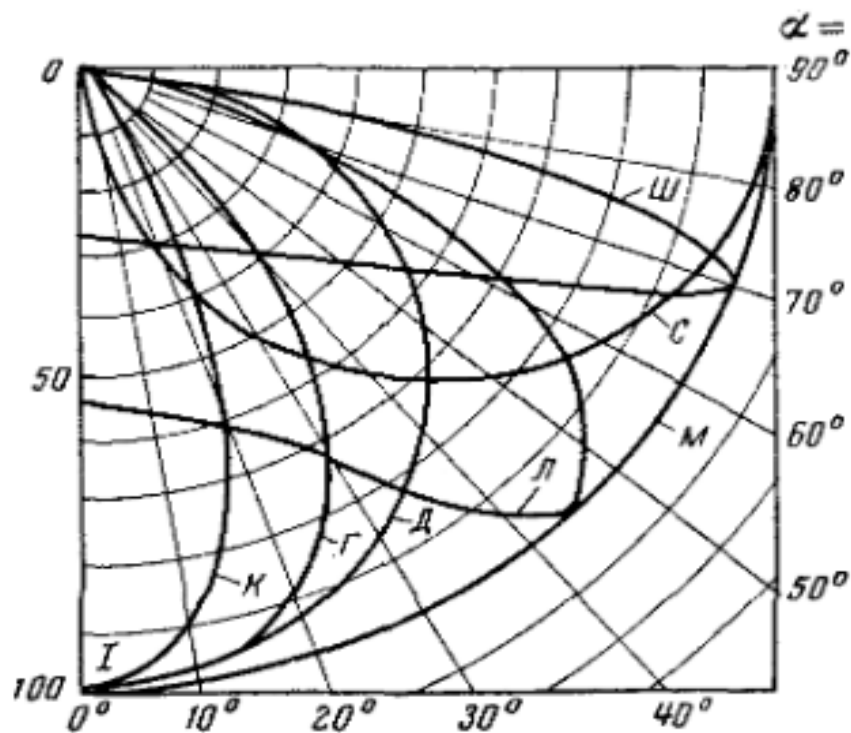


Рисунок 4.3 - Типовые кривые силы света светильников

$$I_{\alpha 1}=74 \text{ (кД)},$$

$$I_{\alpha 2}=36 \text{ (кД)}.$$

Горизонтальная освещенность в точке А от одного светильника определяется по формуле

$$e_{\Gamma} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (4.13)$$

Подставим полученные значения в формулу 5.11

$$e_{\Gamma 1} = \frac{74 \cdot 0,141}{1,7^2} = 3,61 \text{ (лк)},$$

$$e_{\Gamma 2} = \frac{36 \cdot 0,02}{1,7^2} = 0,25 \text{ (лк)},$$

$$\Sigma e_{\Gamma} = 3,61 + 0,25 = 3,86 \text{ (лк)}.$$

Освещенность в точке определяется по формуле

$$E_{\Gamma} = \frac{n \cdot \Phi \cdot \mu}{1000 \cdot K_3} \cdot \Sigma e_{\Gamma} \text{ (лк)}. \quad (4.14)$$

Подставим значения в формулу

$$E_{\Gamma} = \frac{1,1 \cdot 2248 \cdot 2}{1,2 \cdot 1000} \cdot 3,86 = 15,9 \text{ (лк)}.$$

Вывод: Данного освещения недостаточно для комфортной работы, исходя из расчетов видно, что условие не выполняется, т.е.  $E_{\Gamma}=15,9 \text{ лк} < 200 \text{ лк}$ , следовательно, нужно провести реконструкцию. Требуется увеличить мощность лампочек, либо качество светильников.

#### **4.4 Расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока**

Необходимое количество светильников для создания требуемого нормированного общего освещения в помещении определяется по формуле:

$$N = \frac{S \cdot K_z \cdot Z \cdot E_n}{F \cdot \eta \cdot n} \quad (5.15)$$

$$N = \frac{200 \cdot 1,2 \cdot 22 \cdot 1,1}{1 \cdot 2248 \cdot 0,65} \approx 3.$$



Индекс помещения  $i$  определяется по формуле

$$i = \frac{L \cdot B}{h_p \cdot (L + B)}, \quad (4.16)$$

$$i = \frac{5,5 \cdot 4}{1,7 \cdot (5,5 + 4)} = 1,4.$$

по полученному индексу помещения определяем по таблице значение  $\eta=0,65$  (таблица 3.11).

Оптимальное расстояние между светильниками вычисляется как

$$(\lambda = 1,2 \div 1,4):$$

$$L_a = \lambda \cdot h,$$

$$L_b = \lambda \cdot h, \quad (4.17)$$

$$L_a = 1,2 \cdot 1,7 = 2,04(\text{м}),$$

$$L_b = 1,3 \cdot 1,7 = 2,21(\text{м}).$$

Вычислим расстояние от стены до ближайшего светильника

$$l_{a,b} = 0,4 \cdot L_a, \quad (4.18)$$

$$l_a = 0,4 \cdot 2,04 = 0,81(\text{м}),$$

$$l_b = 0,4 \cdot 2,21 = 0,884(\text{м}).$$

Учитывая ширину зала  $B$  равную 5.5 м рассчитаем число рядов светильников

$$n = \frac{B}{L}, \quad (4.19)$$

$$n = \frac{5,5}{2,04} = 2,7 \approx 3.$$

Учитывая длину одного светильника  $L_{CB}=1,5$  м, их общая длина будет

$$N \cdot L_{CB} = 1,5 \cdot 2 = 3(\text{м}).$$

Потребуется заменить текущие светильники, и добавить к ним еще один светодиодный аналог ЛСП 3x44 со световым поток 2850, они наиболее ярче и освещаемость намного лучше прежних, так же будет разумно установить еще один дополнительный светильник. Разместим их в один ряд по 1 светильнику с расстоянием между ними равным 2.04 метра. Схема реконструированного освещения приведена на рисунке 4.4 [14].

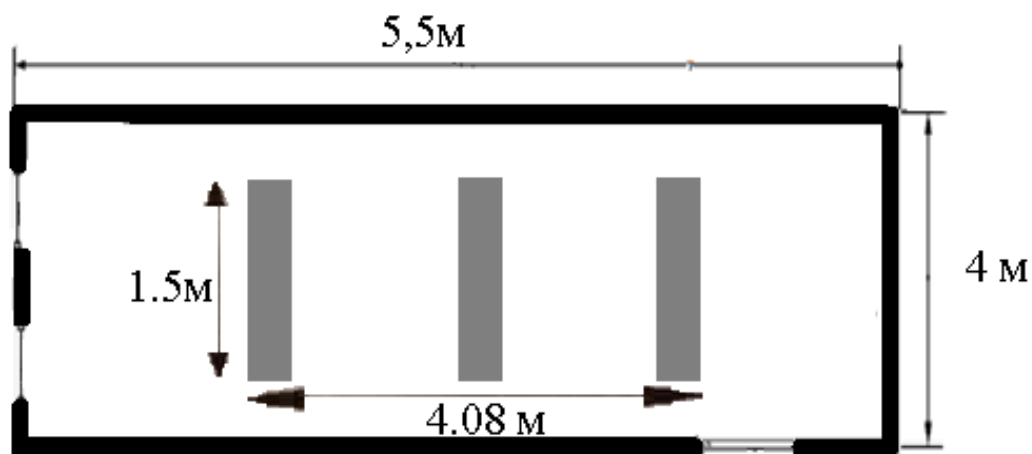


Рисунок 4.4 - Схема реконструированного освещения

Вывод: Мы произвели расчет искусственного освещения точечным методом. Исходя из расчетов, можно увидеть, что текущее искусственное освещение в комнате не удовлетворяло соответствующим нормам. Поэтому, была произведена реконструкция операторской комнаты. Были заменены старые светильники на новые, а также добавлен еще один дополнительный светильник.

## **5 Бизнес-план**

### **5.1 Резюме**

Главная цель проекта состоит в проектировании сети доступа по технологии FTTB в жилом комплексе «TERRA», находящимся в черте города Алматы, в Бостандыкской районе. А также текущим внедрением услуг Triple Play. Базовые затраты будут связаны с закупкой специализированного оборудования передачи данных, прокладки оптических каналов и заработной платы специалистов.

### **5.2 Компания и отрасль**

Инвестиционная политика АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ» заключается в создании современной телекоммуникационной инфраструктуры, основанной на новейших технологиях ведущих мировых производителей устройств связи, а также в улучшении потока информации по территории Казахстана.

Компания работает над модернизацией, расширением и оптимизацией

телекоммуникационных сетей ГТС и всего региона, чтобы расширить сферу и качество предлагаемых услуг. Сотрудники расширили соответствующий учет заработной платы и дополнительно телефонизировали пригодные населенные пункты за свой счет. Установлены радиопередатчики для коллективного доступа, школы сделали на 100% телефонизированными и подключенными к интернету.

### **5.3 Описание продукции (услуги)**

При построении сети FTTB провайдер может предоставлять следующие виды услуг:

Передача данных:

- Создание виртуальных частных сетей (Layer 2 и Layer 3 VPN);
- передача трафика из интерактивных и транзакционных приложений;
- передача больших объемов данных (100/1000 Мбит / с);
- Доступ в Интернет;
- передача каналов TDM;

Передача голоса:

- Поддержка голосовой связи (VoIP);
- поддержка службы эмуляции каналов через Ethernet / MPLS;

Передача видео:

- видео-конференция;
- IP TV [15].

### **5.4 Анализ рынка сбыта**

Главными потребителями услуг будут частный сектор и компании со множеством филиалов по всему городу.

На сегодняшний день отрасль телекоммуникаций по праву считается одной из самых скорорастущих отраслей по всему миру, объем передаваемой информации через данную инфраструктуру удваивается почти каждые три года.

В странах запада рост инвестиций в отрасль телекоммуникаций существенно превысил рост инвестиций в промышленность и горнодобывающую промышленность.

Доля доходов от телекоммуникационной отрасли в ВВП постоянно растет, равно как и численность работников в ней.

Новые сектора информационной индустрии растут и успешно развиваются, информационная составляющая экономической активности участников рынка и влияние информационных технологий на научный, технический и текущий потенциал значительно возрастают, тем самым обновляя конкретную роль источника информации в жизни множества компаний.

### **5.5 Финансовый план**

5.5.1 Расчет инвестиционных затрат. В приведенной ниже таблице показаны все устройства, которые используются для построения сети. Они

помечены своим именем, ценой за единицу материала, количеством оборудования и общей стоимостью оборудования. В данной главе будет рассчитана общая сумма всех капитальных вложений путем расчета всех затрат (таблица 5.1 и таблица 5.2), включая не только покупку оборудования, но и оставшиеся затраты, необходимые для создания проекта.

Таблица 5.1 – Затраты на покупку оборудования для построения сети

Наименование оборудования	Количество	Цена, тенге	Общая сумма, тенге
Коммутатор MES3124F	1	778100	778100
Коммутатор MES1124MB	15	118600	1779000
SFP-модуль 1,25GE WDM	30	4660	139800
Кросс-муфта GP-D	15	3830	57450
Кросс-розетка GP-X	5	2895	14475
Оптический патчкорд SC-SC 9.5/125 - 0,5м	15	405	6075
Итого:	81		2774900

Таблица 5.2 – Затраты на закупку оптического кабеля

Наименование кабеля	Цена, тенге/км	Протяженность трассы, км	Общая сумма, тенге	Норма запаса, %	Итого:
ТОЛ-П-24-У 2,7кН	283710	4	1134 840	4	1180233
ТОЛ-П-04-У 2,7кН	156330	0,3	46 900	4	48775
Итого:					1229008

Величина капитальных вложений рассчитывается по формуле

$$K_{\Sigma} = K_{об} + K_M + K_{TP} + K_{IP}, \quad (5.1)$$

где  $K_{об}$  - стоимость оборудования;

$K_M$  - стоимость монтажных и настроечных работ (10% от стоимости оборудования)

$K_{TP}$  - транспортные расходы (5% от стоимости оборудования)

$K_{IP}$  - затраты на проектно-изыскательные работы (8% от стоимости оборудования).

Стоимость оборудования и оптического кабеля необходимая для

проектирования сети составляет 4003908 тенге.

Следовательно:

Транспортные расходы, составляют 5% от стоимости всего оборудования

$$K_{TP}=K_{OB}\cdot 0,05= 4003908\cdot 0,05=200195 \text{ (тенге)}. \quad (5.2)$$

Стоимость на проведение монтажных работ определяется, как 10 % от цены оборудования определим по формуле

$$K_M=K_{OB}\cdot 0,1= 4003908\cdot 0,1=400390 \text{ (тенге)}. \quad (5.3)$$

Расходы на проектировку и составление проекта равны 8 % от цены оборудования, определим по формуле

$$K_{ПР}=0,08\cdot K_{OB}= 0,08\cdot 4003908=320312 \text{ (тенге)}. \quad (5.4)$$

Общее значение капитальных вложений

$$K_{\Sigma}= 4003908+400390+200195+320312= 4924805 \text{ (тенге)}.$$

Таблица 5.3 – Капитальные вложения

Наименование	Сумма, тенге
Расходы на закупку оборудования и оптического кабеля	4003908
Транспортные расходы	200195
Монтажные работы	400390
Расходы на проектировку	320312
Общие затраты	4924805

5.5.2 Эксплуатационные расходы. Эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_p=\text{ФОТ}+O_c+A_o+M+Ap+\mathcal{E}_л+H, \quad (5.5)$$

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

$O_c$  – социальный налог (13 % от ФОТ);

$A_o$  – амортизационные отчисления, на предприятиях связи 20% от основных производственных фондов;

$M$  – затраты на материалы и запасные части (расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 5% от капитальных вложений);

$Ap$  – оплата за аренду канала;

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

Н – накладные расходы.

Фонд оплаты труда (ФОТ) находится как сумма основной заработной платы, из них 15% дополнительные расходы за ночную смену и сверхурочные, и 30% премия.

Основная заработная плата за год (таблица 5.4) составит 6240000тенге.

$$\Phi OT = \mathcal{Z}_{\text{осн}} + \mathcal{Z}_{\text{доп}} , \quad (5.6)$$

где  $\mathcal{Z}_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$\mathcal{Z}_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата находится в зависимости от количества задействованного персонала и установленного оклада.

Таблица 5.4- Информация о коллективе

Наименование должности	Количество работников	Месячная заработная плата (тенге)	Сумма (тенге)	Годовая заработная плата (тенге)
Главный инженер	1	180000	180000	2160000
Инженер	1	140000	140000	1680000
Инженер монтажник	2	100000	200000	2400000
Всего	-	-	-	6240000

Дополнительное значение заработной платы (работа в праздничные дни, сверхурочные работы и т.п.) определяется как 10 % от основной заработной платы:

$$\mathcal{Z}_{\text{доп}} = 0,1 \cdot \mathcal{Z}_{\text{осн}} , \quad (5.7)$$

$$\mathcal{Z}_{\text{доп}} = \mathcal{Z}_{\text{осн}} \cdot 0,1 = 6240000 \cdot 0,1 = 624000 \text{ (тенге)}.$$

Общий фонд оплаты труда за год составит

$$\Phi OT = 6240000 + 624000 = 6864000 \text{ (тенге)}.$$

Социальный налог составляет 13%. Тогда социальный налог с вычетом пенсионных отчислений составит

$$O_c = 0,13 \cdot (\Phi OT - \Pi_\Phi), \quad (5.8)$$

где  $\Pi_{\phi}$  – пенсионный фонд.

Пенсионный фонд равен 10% от ФОТ

$$\Pi_{\phi} = 0,1 \cdot \text{ФОТ}, \quad (5.9)$$

$$\Pi_{\phi} = 0,1 \cdot 6240000 = 624000 \text{ (тенге)}.$$

Показатель социального налога

$$O_C = 0,13 \cdot (6240000 - 624000) = 730080 \text{ (тенге)}.$$

Амортизационные отчисления на предприятиях связи составляют 20% от стоимости оборудования:

$$A_0 = H_A \cdot K_{\Sigma}, \quad (5.10)$$

где  $H_A$  - норма амортизации;

$K_{\Sigma}$  – капитальные вложения на оборудование.

$$A_0 = 0,2 \cdot 4924805 = 984961 \text{ (тенге)}.$$

Материальные затраты и расходы на запасные части и текущий ремонт равны 5% от расходов на оборудование.

$$M = 0,05 \cdot K_{OB} = 0,05 \cdot 4003908 = 200195 \text{ (тенге)}. \quad (5.11)$$

Согласно нормам в АО «КАЗАХТЕЛЕКОМ» аренда каналов составляет 30700 тенге, соответственно годовые затраты на аренду каналов составят

$$A_p = 30700 \cdot 12 = 368400 \text{ (тенге)}.$$

Затраты на электроэнергию, состоят из расходов электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_{\text{эл.эн.обор}} + \mathcal{Z}_{\text{доп.нужд}}, \quad (5.12)$$

$$\mathcal{Z}_{\text{эл.эн.обор}} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.13)$$

где  $W$  - общее значение потребляемой мощности, кВт ( $W=4,5$  кВт);

$T$  - количество рабочих часов, ч/год (8760ч.);

$S$  - цена за киловатт-часа электроэнергии, кВт/час (23 тенге).

Затраты электроэнергии на дополнительные нужды находим по показателю 5% от затрат на электропитание оборудования:

$$З_{за.зн.обор.}=4,5 \cdot 8760 \cdot 23=906660 \text{ (тенге),}$$

$$З_{доп.нужд}=0,05 \cdot З_{эл.эн.обор}=0,05 \cdot 906660=45335 \text{ (тенге),}$$

$$\mathcal{E}=906660+45335=951995 \text{ (тенге).}$$

Накладные расходы определяются как 40 % от всех затрат и рассчитываются по формуле:

$$H=0,4 \cdot (\text{ФОТ} + O_{\text{с}} + A_{\text{о}} + M + A_{\text{р}} + \mathcal{E} + H), \quad (5.14)$$

$$H=0,4 \cdot (6864000+730080+984961+200195+37000+951995)=3907296 \text{ (тенге).}$$

Посчитав все выше рассчитанные данные, найдем годовые эксплуатационные расходы и разместим в таблице 5.6 [16]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{р}} &= 6864000 + 730080 + 984961 + 200195 + 37000 + 951995 + 3907296 = \\ &= 13675527 \text{ (тенге).} \end{aligned}$$

Таблица 5.6 - Эксплуатационные расходы

Расход	Описание	Сумма (тенге)
ФОТ	-	6864000
Социальный налог	13% от ФОТ, за вычетом пенсионного фонда	730080
Амортизационные отчисления	20% от основных производственных фондов	984961
Материальные расходы	5% от капитальных вложений	200195
Аренда канала	-	37000
Затраты на электроэнергию	-	951995
Накладные расходы	40 % от всех затрат	3907296
Всего	-	13675527

5.5.3 Расчет доходов предприятия. Доходы от основной деятельности – доходы получаемые компанией, за пропуск трафика, за весь объем реализованных потребителям услуг.

Число абонентов которые подключатся в ближайшем году равно 640.



Из них:

- 10% юридические лица (64);

- 90% физические лица (576)

В таблице 5.7 представлены возможные варианты услуг.

Таблица 5.7 – Тарифы на услуги

Тарифный план	Услуги	Цена за месяц, тенге	Сумма в год, тенге
ID NET интернет 100	Скорость до 100 мб/с	4600	55200
ID NET интернет 200	Скорость до 200 мб/с	5999	71988
ID NET интернет 500	Скорость до 500 мб/с	7199	86388
ID NET интернет 1000	Скорость до 1000 мб/с	19900	238800

Доходы от каждой категории клиентов вычислим по формуле

$$D_0 = D_{Ю1} + D_{Ю2} + D_{Ю3} + D_{Ф}, \quad (5.15)$$

где  $D_{Ю1}$  - Юридические лица первой категории;

$D_{Ю2}$  - Юридические лица второй категории;

$D_{Ю3}$  - Юридические лиц третьей категории;

$D_{Ф}$  - Доходы от физических лиц.

Мы уже описали, что 10% пользователей юридические лица с высокими требованиями на объем информации и качество, из них 5% (32) подключены к тарифу «ID NET интернет 1000».

$$D_{Ю1} = 32 \cdot 238800 = 7641600 \text{ (тенге)}.$$

Далее 3% (19) организации среднего класса. Они будут использовать тариф «ID NET интернет 500». Доход от этих клиентов составит:

$$D_{Ю2} = 19 \cdot 86388 = 1641372 \text{ (тенге)}.$$

И последний тип юридических лиц 2% (13) являются представителями малого бизнеса. Их тарифный план «ID NET интернет 200». Соответственно доход составит

$$D_{Ю3} = 13 \cdot 71988 = 935844 \text{ (тенге)}.$$

Теперь вычислим доход от физических лиц 90% (576). Ими будет использоваться тарифный план «ID NET интернет 100». Рассчитаем доход от физических лиц

$$Д_{\phi}=576 \cdot 55200=31795200 \text{ (тенге).}$$

Посчитаем общую прибыль за предоставление услуг за год

$$Д_0=7641600+1641372+935844+31795200=42014016 \text{ (тенге).}$$

Отсюда прибыль без учета налогов будет определяться по формуле

$$П=Д_0-Э, \quad (5.16)$$

$$П=42014016-13675527=28338489 \text{ (тенге).}$$

Налог на прибыль для юридических лиц равен 20%, тогда чистая прибыль будет

$$ЧП=П-0,2 \cdot П, \quad (5.17)$$

$$ЧП=28338489 - 0,2 \cdot 28338489 = 22671603 \text{ (тенге).}$$

#### 4.5 Расчет срока окупаемости

Для того чтобы рассчитать срок окупаемости, нам необходимо знать величину абсолютной экономической эффективности.

Коэффициент общей-экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по формуле

$$E = \frac{ЧП}{К} \quad (5.18)$$

где ЧП – чистая прибыль;  
К – капитальные затраты.

$$E = \frac{22671603}{4924805} = 4,6.$$

Условие эффективности имеет вид

$$T_p < T_n; E_p > E_n, \quad (5.19)$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости ( $T_n=5$  лет);

$E_n$  – нормативная абсолютная экономическая эффективность ( $E_n=0,2$ ).

Срок окупаемости капитальных вложений – срок возвратности средств является показателем, обратным коэффициенту общей эффективности.

$$T=1/E, \quad (5.20)$$

$$T=1/4,6=0,22 \text{ (года)}.$$

Срок окупаемости составил примерно два с половиной месяца, соответственно, рассчитанные показатели соответствуют условиям эффективности [17].

Вывод: На основе финансово-экономического обоснования данного дипломного проекта, можно сделать вывод, что данный проект экономически выгодный и эффективный, потому как срок окупаемости менее полугода. А нам известно, что срок окупаемости не должен превышать пяти лет. Из приведенных расчетов мы также увидели, что при относительно небольших вложениях можно получить большую прибыль.

В нашем случае, затраты на капитальных вложениях обойдутся нам в 4924805 тенге, а чистая годовая прибыль будет составлять 22671603 тенге.

## **Заключение**

В данном дипломной проекте была спроектирована сеть широкополосного абонентского доступа с применением технологии FTTB.

Мы рассмотрели вопросы касающиеся развития технологии FTTx, типы данной технологии, на основе проведенного анализа была выбрана технология FTTB в качестве предпочтительной. Это технология предполагает проведение оптического кабеля до жилого здания. В квартирах устанавливаются точки доступа, которые образуют зону доступа в интернет в радиусе 50-65 метров с помощью Wi-Fi роутеров. В данном случае все жители жилого комплекса будут иметь доступ в интернет со своих устройств, таких как мобильные телефоны, планшеты, настольные компьютеры, ноутбуки и т.д.

Проведен анализ и последующий выбор оборудования для проектируемой сети, также рассмотрены протоколы, которые используются в этой технологии. Были определена пропускная способность проектируемой ВОЛС, рассчитана длина регенерационного участка, надежность волоконно-оптической линии связи, а также рассчитана емкость проектируемой сети.

Был произведен экономический расчет, который доказал эффективность данной технологии. Рассмотрены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

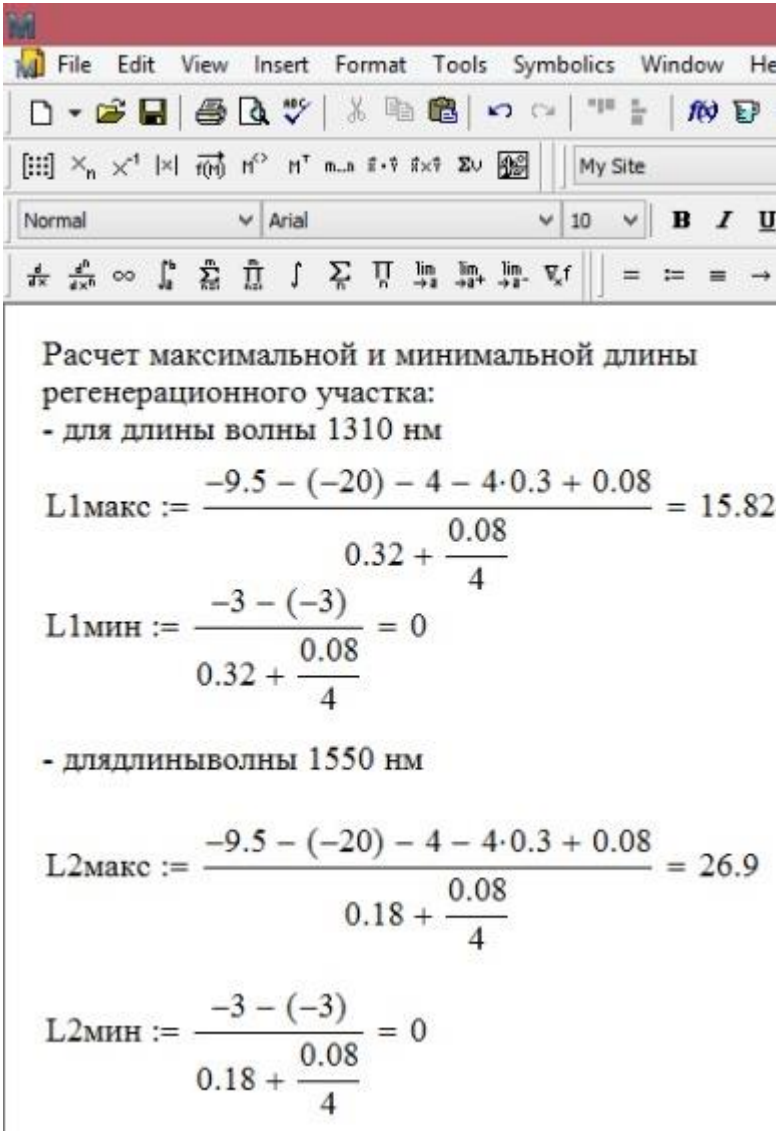
Подводя итоги, можно сказать, что цели и задачи поставленные в ходе выполнения работы были выполнены.

## Список литературы

- 1 Барсков А.Г. FTTX: где оптимальное место для "х"//Сети и системы связи. -2008.-№9. –С. 15-21.
- 2 Спирин В.Н. Варианты реализации широкополосной сети по технологии "волокно в дом"//Теле-Мульти-Медиа. -2009. -№5. –С. 13-16.
- 3 Бителева А.В. Перспективы технологии FTTH/FTTB в кабельных сетях//Теле-Мульти-Медиа. -2008. -№7. –С. 6-10.
- 4 Ключковская Л.П., Самоделкина С.В. Мобильные многоканальные технологии GSM и услуги компаний сотовой связи. Сборник задач, Алматы, АУЭС, 2011.
- 5 Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа –Наука и техника, 2009.
- 6 Коньшин С.В., Ключковская Л.П. Расчет параметров беспроводной связи. Учебное пособие. АИЭС, Алматы, 2007.
- 7 Чупраков К.И. Сеть вашему дому!// Вестник связи, 2006 No8.
- 8 Жилмассив «TERRA»// korter.kz: сервер @korter.kz 2013-2020 URL: <http://korter.kz/жк-terra-алматы> (дата обращения 15.03.2020г.)
- 9 Коммутаторы//eltexalatau.kz: ТОО "ЭлтексАлатау" - производство сетевого оборудования 2011 URL: <https://eltexalatau.kz/catalog/ethernet-switches/> (дата обращения 23.03.2020г.)
- 10 Оптический кабель//incab.ru: сервер ООО «Инкаб» 2007—2020 URL: <http://incab.ru/>.(дата обращений 28.03.2020г.)
- 11 Беляров Ю. А., Хлопков В. В.Охрана труда в организациях связи. Практические рекомендации, М., Книжный мир; 2004.
- 12 СНиП РК 2.04.-05-2002. Естественное и Искусственное освещение. Общие требования – Астана, 2002.
- 13 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей Бакалавриат – Алматы: АИЭС, 2009.
- 14 СНиП РК 3.02-02.2001 "Общественные здания и сооружения".
- 15 Голубицкая Е.А. Жигульская Г.М. Экономика связи. Учебник для студентов ВУЗов. М.: -Радио и связь, 1999.
- 16 Гончарук В.Д., Канаев Н.Я. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2009
- 17 Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции и услуг на предприятиях, Астана, 2009.

## Приложение А

### Расчеты в программе Mathcad 2014



Расчет максимальной и минимальной длины  
регенерационного участка:  
- для длины волны 1310 нм

$$L1_{\text{макс}} := \frac{-9.5 - (-20) - 4 - 4 \cdot 0.3 + 0.08}{0.32 + \frac{0.08}{4}} = 15.82$$

$$L1_{\text{мин}} := \frac{-3 - (-3)}{0.32 + \frac{0.08}{4}} = 0$$

- для длины волны 1550 нм

$$L2_{\text{макс}} := \frac{-9.5 - (-20) - 4 - 4 \cdot 0.3 + 0.08}{0.18 + \frac{0.08}{4}} = 26.9$$

$$L2_{\text{мин}} := \frac{-3 - (-3)}{0.18 + \frac{0.08}{4}} = 0$$

Рисунок А1 – Расчет длины регенерационного участка