

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»

Зав. кафедрой _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ « ____ » _____ 2016 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Оптимизация сети абонентского доступа
сети Каскеленского РУТ

Специальность: _____

Выполнила: Эбубашар Д.Е. Группа: МТС-13-2
(Ф.И.О.)

Научный руководитель: ст. пр. Сакабаева А.К.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

Консультанты

по экономической части: к.э.н. доцент Бекмешева А.И.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

Э.И. «28» 04 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: ст. пр. Бекмешев А.С.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

А.С. «3» мая 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники: к.т.н. ст. пр. Бурматов И.С.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

И.С. «19» мая 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. пр. Т.К.С. Кодратов А.Т.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

А.Т. «25» мая 2016 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

_____ « ____ » _____ 2016 г.
(подпись)

Алматы, 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники и связи
Кафедра Телекоммуникационные системы
Специальность 5В071900 Радиотехника электроника
телекоммуникации

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студенту: Жибанар Дайана Ермекбаева
Тема проекта: Оптимизация сети абонентского
доступа Каскменского РЭТ

Утверждена приказом по университету № _____ от «___» _____ 2016г.

Срок сдачи законченного проекта «___» _____ 2016 г.

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

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

Цель: оптимизация сети абонентского доступа
на основе технологии GPON в городе Каскмен для
предоставления услуг широкополосного доступа
и обеспечения качественной связи и высокой
пропускной способности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): _____

Рис 1.1. Прогноз технологической структуры
проводного ИТД до 2025 года
Рис 2.5 Расположение домов и квартир.

Рис.2.7 Расположение датчиков и ODT

Рис.2.8.12 Сплиттеры (оптические разветвители)

Рис.2.14 Оптическая муфта

Рис.2.16 Оптические соединители

Рис.3.1 Структура кабеля

Основная рекомендуемая литература:

Денисьева О.М., Мирашников Д.Г. Средства связи для последней мили М. Экотрендз 1998-147с

Серов Н.Н., Синхронные Цифровые сети SDH Экотрендз, Москва 1997г-147с

Алексеев Е.Б. Оптические сети доступа. Учебное пособие - М.: ИТК при МТХИ, 2005г -140с.

Фриман Р., Волоконно-оптические системы связи. Москва: Техносфера, 2006. 496с.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Безишбетова А.С.	25.02.-28.03.16	
Экономическая	Бекнишва А.И.	18.04.-28.04.16	
Основная часть	Сакабаева А.К.	04.03.-28.03.16	
Вопросы. Техн.	Борисова Ю.И.	19.03.-19.05.16	

График подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
1	Анализ существующих сетей г. Каскелан	25.12.2016	
2	Обоснование выбора вариантов доступа	20.01.2016	
3	Подготовка материала к разбору	28.03.2016	
4	Подготовка материала к разбору	28.04.2016	
5	Разработка и выбор района для проекта	01.04.2016	
6	Оформление дипломного проекта	24.05.2016	

Аннотация

В данной дипломной работе рассматриваются вопросы оптимизации сети доступа на базе технологии GPON на сети города Каскелен. Выполнен анализ существующей сети в городе Каскелен, дана сравнительная характеристика различных технологий ШПД и обоснование выбора PON. Рассчитаны параметры оптического волокна и бюджета оптической линии. В приложении приведен специальный калькулятор Optical budget для расчета оптического бюджета.

Также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности, и дано технико-экономическое обоснование проекта по сети GPON.

Annotation

In this thesis are considered, how to optimize based on GPON technology access network to the network of the city Kaskelen. The analysis of the existing networks in the city of Kaskelen is made, comparing different the broadband access technologies and rationale choice for PON. The options of the optical fiber and the optical link budget.

Health and safety issues are also considered, and given the feasibility study of the project on the GPON network.

Андатпа

Бұл дипломдық жұмыста Қаскелең қаласының GPON технологиясы негізіндегі қатынау желісінің оңтайландыру сұрақтары қарастырылады. Қаскеленде бар әртүрлі желілерге анализ жасалып КЖҚ технологиялар салыстырылды, және PON желісіне талдау жасалды. Оптикалық талшық және оптикалық желі бюджетінің параметрлері есептелді. оптикалық бюджетті есептеу үшін арнайы бағдарлама калькулятор Optical budget бар.

Сондай-ақ әрекетінің қауіпсіздігін және жобаның техника-экономикалық негіздемесін GPON желісі бойынша техникалық бөлім мәселелері қаралды.

Содержание

Введение	8
1 Анализ существующих сетей в городе Каскелен	9
1.1 Общая информация о городе Каскелен	9
1.2 Обоснование выбора варианта организации доступа	10
1.3 Анализ деятельности ведущих мировых операторов	12
1.4 Сравнение технологии PON	14
1.4.1 Технология A – PON	15
1.4.2 Технология E – PON	15
1.4.3 Технология B–PON	16
1.4.4 Технология G–PON	17
1.5 Постановка задач	17
2 Технология GPON	19
2.1 Особенности технологии, принципы работы	19
2.2 Топологии сетей доступа	20
2.3 Принцип действия технологии PON	24
2.4 Разработка и выбор района домов для проектирования	24
2.5 Выбор Оборудования GPON	30
2.5.1 Станционное оборудование	30
2.5.2 Абонентский терминал	32
2.5.3 Пассивные компоненты сети GPON	35
3 Выбор оптического кабеля (ОК)	42
3.1 Расчет параметров	42
3.2 Расчет параметров оптического волокна G652D	44
3.3 Расчет параметров оптического волокна G657.A1	49
3.4 Расчет оптического бюджета	54
4 Безопасность жизнедеятельности	59
4.1 Анализ условий труда	59
4.2 Расчет системы искусственного освещения	61
4.3 Пожарная безопасность	64
4.4 Вывод по разделу безопасность жизнедеятельности	66
5 Технико – экономическое обоснование	67
5.1 Цели и задачи проекта	67
5.2 Компания и отрасль	67
5.3 Описание продукции и (услуг)	67
5.4 Анализ рынка	68
5.5 Менеджмент	68
5.6 Финансовый план	68
5.7 Вывод по главе	76
Заключение	77
Список литературы	78
Приложение А Установка ОРСКп	80
Приложение Б Окно программы калькулятора оптического бюджета	81

Приложение В Листинг программы Mathcad Express Prime 3.1	82
Приложение Г Расчет параметров (ОК) в программном комплексе Mathcad Express Prime— 3.1	84
Приложение Д Распределения сплиттеров для домов	87

Введение

Сеть абонентского доступа представляет собой самый дорогой и наименее эффективно используемый элемент в системе электросвязи. По этой причине оптимизация проектирования сетей абонентского доступа (САД) рассматривается как одна наиболее важных задач для современной телекоммуникационной системы [1].

Термин «крайняя миля»- это участок сети связи от телефонной станции до абонентских оконечных устройств. Другое определение такого же понятия - сеть абонентского доступа. Эти определения берут свое начало от британских выражений («Last Mile» и «Access Network»). Энтузиазм к участку «крайней мили» резко возрос в продвинутых странах в конце 80-х - начале 90-х годов (XX-века), когда, с одной стороны, стало ясно, что одни только сервисы аналоговой телефонии закончили удовлетворять абонентов, а, с иной стороны, прошла модернизация и цифровизация магистральных сетей и коммутационных станций, позволившая удовлетворить потребность в новейших услугах. Сначала 90-х годов возникли технологии, позволившие снять напряженность на участке доступа [2].

Оптимизация телекоммуникационных сетей очень важна для создания новой сети или для модификации ресурсов существующих сетей. Оптимизация позволяет изменить качество сети, когда воздействуют и затраты и ресурсы сети на внедрение. Смотря на результаты, полученные в процессе оптимизации часто позволяет улучшить качество сети, только увеличивая затраты и ресурсы сети.

Сегодня проектируется, и вводятся в эксплуатацию большое количество сетей с использованием оптоволоконных кабелей. Основным является оптоволокно в широкополосных сетях доступа. Здесь можно отметить, что сеть доступа, это самый медленно обновляющийся участок сети связи. Инвестиции в инфраструктуру доступа (кабель и его прокладку) являются фундаментальными, то есть при проектировании сети необходимо учесть, что, не станет ли использование этой технологии доступа узким местом в будущем. Основной задачей оптимизации оптоволоконной сети заключаются в выборе структуры интерфейсов и показателей ее узлов, при которых выбранная характеристика будет максимальной. Главной целью для операторов могут быть: постоянная скорость передачи данных, уменьшение задержек при передаче трафика реального времени, увеличение отказоустойчивости сети на выбранных участках и уменьшение стоимости развертывания и обслуживания сетевой инфраструктуры. Если выбирать между проводными технологиями передачи сигнала до абонента, операторы связи многих стран будут строить сеть доступа на базе одной из двух наиболее известных перспективных технологии Ethernet или PON [3]. Проектирование эксплуатации технологии GPON в Казахстане началось в 2008 году. Тема данной дипломной работы рассматривает вопросы организации сети доступа в городе Каскелен.

1 Анализ существующей сети города Каскелен

1.1 Общая информация о городе Каскелен

С момента изобретения телефона в 1875 году, ставшего отправной точкой в развитии телефонной связи, методов и технологий передачи голоса, прошло сто лет, прежде чем в 1975 году появился первый микрокомпьютер. Все это время системы связи были аналоговыми (в мире - практически вплоть до середины 60 - х, в странах СНГ до середины 70 - х годов). Цифровых систем связи практически не было, несмотря на то, что ИКМ была известна с 1937 года, а специализированные цифровые компьютеры - с 1939 года. Несмотря на то, что импульсные методы модуляции интенсивно развивались с начала 40 - х в связи с развитием радиолокации, ИКМ не находила широкого практического применения ввиду громоздкости цифрового оборудования, вплоть до появления в 1959 году компьютеров второго поколения, использующих транзисторы в качестве элементной базы[4].

И с того времени развитие связи не стояло на месте, все развивалось. Появлялись новые технологии для улучшения передачи голоса, передачи данных и видео. Был переход с аналогового оборудования на цифровое оборудование, и сейчас осуществляется переход медного кабеля на оптические. В Казахстане организация абонентского доступа осуществляется на медных кабелях, радиодоступе, мульти сервисном абонентском доступе, а также на оптическом доступе с использованием технологий: APON, EPON, BPON, GPON. Эти технологии позволяют предоставлять широкополосные услуги, телефонию, доступ к сети Интернет и т.д. Предоставление услуг связи: телефонии, доступа в Интернет, и другие в Казахстане осуществляет оператор АО «Казахтелеком» и АО «Транстелеком», АО «Казтранском» и т.д.

Данная дипломная работа оптимизация абонентского доступа г Каскелен будет рассматриваться на основе технологии GPON. На сети города Каскелен Карасайского района в настоящее время функционируют: цифровая АТС С&С08) и 3 аналоговых станций: АТСК - 50/200. С&С08 - это цифровая станция китайской фирмы Huawei с программным управлением. имеет большую емкость и соответствует Рекомендациям, Дополнениям ITU-T и европейским телекоммуникационным стандартам (ETS). Она обеспечивает интегрированные средства для доступа к коммутируемой телефонной сети общего пользования (PSTN), интеллектуальной сети (IN), цифровой сети интегрального обслуживания (ISDN) и Интернету, предоставляя широкие возможности для организации и совершенствования сетей связи. Система С&С08 может применяться в качестве ОС, ОПТС, АМТС, MSC. Система обеспечивает интеграцию услуг голоса, данных и видео, видеоконференции, мультимедийную связь. Узловая станция типа С&С08 расположена в районном центре Каскелен. Монтированная емкость станции составляет 2000 номеров, задействованная емкость – 1460 номеров, что составляет 99,2%.

В 2010 году появилась технология WLLCDMA.CDMA – (англ. Code Division Multiple Access множественный доступ с кодовым разделением) при которой каналы передачи имеют общую полосу частот, но разную кодовую модуляцию. Установлена 1 базовая станция WLL CDMA 800 в Каскелене, и в целом примерно было подключено 6875 абонентов [5].

Существует много компаний, предоставляющих услуги доступа к сети Интернет, телефонии: Beeline, Алма ТВ, АО «Казахтелеком». В Каскелене по статистике большая часть абонентов используют услуги АО «Казахтелеком» на технологии ADSL. Технология GPON основана на оптике и пока доступна не всем пользователям в г. Каскелен.

В данной дипломной работе решаются вопросы построения сети абонентского доступа г. Каскелен на основе технологии GPON.

В предгорьях Заилийского Алатау в Казахстане расположен город Каскелен, который является центром Карасайского района в Алматинской области. Он находится на расстоянии 23 километров от Алматы.

Город расположен в зоне резко континентального климата с малоснежной зимой и жарким. Численность населения на 01.01.2016 года составила 62921 тысяч человек [6].

В числе успешно работающих предприятий Каскелена можно отметить такие общеобразовательные предприятия: 7 школ, 4 колледжа, 1 университет имени Сулеймана Демиреля, 15 банков, 5 торговых домов, также есть фабрики и заводы: ТОО «Хамле», ТОО «Rotpark», «Ремдострой», «Iskercompany», «Жөндеу құрылыс» и др. Многоэтажная застройка города – это жилые многоквартирные дома в микрорайоне Алтын аул - 22 домов, Кировские дома - 5 домов, по улице Барибаева - 5 домов. И строится новый микрорайон в районе автопарка.

1.2 Обоснование выбора варианта организации доступа

В настоящее время все большую популярность получают услуги с интеграцией голоса и данных. И в октябре 2015 года провели исследование J'son & Partners Consulting и сопоставили опыт 15 ведущих мировых операторов фиксированного ШПД, их стратегию развития, выбранную бизнес - модель и продуктовый портфель.

На основании результатов этого сравнительного анализа и выявленных трендов развития мировой индустрии фиксированного ШПД были спрогнозированы тенденции развития отрасли в целом и отдельных продуктовых направлений, а также смоделировано изменение объема мирового рынка фиксированного ШПД.

На основании этих полученных прогнозов были выработаны рекомендации по трансформации инфраструктуры операторов.

Самые актуальные ключевые вопросы исследования. В исследовании рассмотрены тенденции развития отрасли фиксированного ШПД и их влияние на развитие рынка в период до 2025 г.

На основании выявленных тенденций спрогнозированы изменения объема рынка и его структуры в указанный период, а также технологические изменения, которые окажут влияние на развитие отрасли в целом.

Проведен сравнительный анализ деятельности 15 ведущих мировых операторов фиксированного ШПД и выработаны рекомендации для операторов в отношении развития их технологической платформы для оказания услуг. Развитие мирового рынка фиксированного ШПД. Исследование показывает, что, несмотря на рост мировой абонентской базы на 5–7 %, который будет продолжаться и дальше, темпы роста выручки операторов падают, и по прогнозам J'son & Partners Consulting, уже в 2019 году общая выручка в мире начнет падать. Причиной тому является среднемировое падение ARPU абонента фиксированных сетей, происходящее из-за ценовой эрозии, а также конкуренции с другими услугами – мобильной связью и OTT-сервисами от третьих компаний. Выходом для операторов в этой ситуации может быть только радикальный пересмотр их бизнес модели в сторону трансформации из классического проводного оператора в провайдера сервисов инфраструктуры и облачных услуг. Такая трансформация позволит операторам радикально расширить свой продуктовый портфель и успешно защищать свою абонентскую базу от эрозии под воздействием замещающих OTT-услуг, а также обеспечить конвергенцию с мобильным ШПД.

В части услуг ШПД-доступа прогнозируется изменение структуры рынка по технологии доступа: в связи с ростом потребностей абонентов в части пропускной способности сетей доступа доля оптической технологии на «последней миле» будет расти опережающими темпами и к 2025 г. может составить 45 %. В области контентных услуг гибридизация Интернета и ТВ привела к тому, что операторы более не являются ключевым звеном в доступе абонентов к контенту. Это означает, что операторам приходится бороться за абонента таких сервисов не только с собой, но и с замещающими OTT-сервисами. На рисунке 1.1 приведен прогноз технологической структуры проводного ШПД до 2025 года.

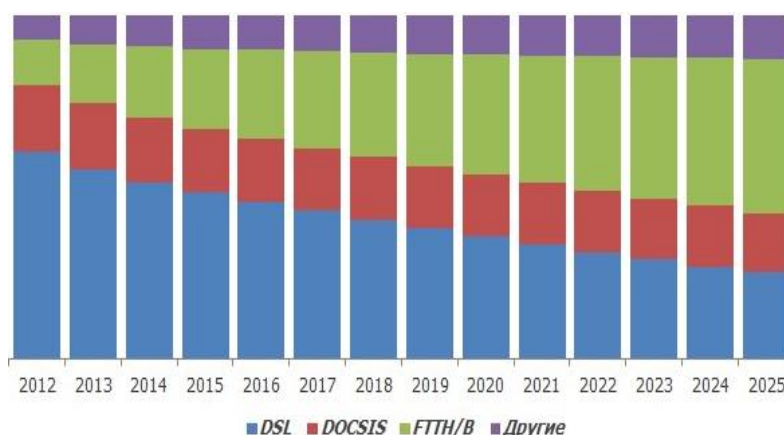


Рисунок 1.1– Прогноз технологической структуры проводного ШПД до 2025 года

По оценке аналитиков прогнозам J'son & Partners Consulting, в связи с этим доля доходов классических операторов кабельного ТВ (аналогового и цифрового) будет продолжать снижаться за счет увеличения доли OTT и IPTV, и к 2025 г. классические операторы будут претендовать лишь на 56 % общих доходов отрасли. На рисунке 1.2 приведен прогноз технологической структуры проводного ШПД до 2025 года.

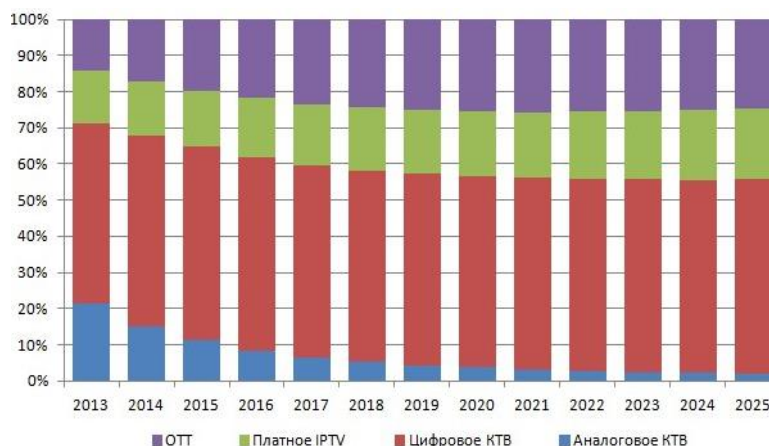


Рисунок 1.2– Прогноз технологической структуры проводного ШПД до 2025 года

1.3 Анализ деятельности ведущих мировых операторов

В исследовании выполнен детальный сравнительный анализ 15 ведущих операторов фиксированного ШПД: Orange; Telefonica; Verizon; KDDI; Soft Bank; TeliaSonera; NTT; Vodafone; KPN; Telstra; BCE; China Telecom; AT&T; Comcast; Deutsche Telecom. Для каждого оператора сведена в единую форму детальная информация о его финансовых показателях, используемых технологиях и доступных абонентских устройствах, продуктивном портфеле, наличии/отсутствии операторских OTT- сервисов, стратегии развития и планах по дальнейшему развитию набора предлагаемых услуг.

Эволюция инфраструктуры операторов с учетом тенденций развития отрасли. С учетом общих тенденций развития отрасли можно сказать, что традиционная бизнес-модель операторов фиксированного ШПД, основанная на вертикально-интегрированной технологической модели сети с аппаратно-зависимыми сервисами и односторонней рыночной модели, когда источником доходов являются только абоненты сети, более не может обеспечить конкурентоспособности операторов.

Дальнейшее следование такой бизнес-модели может уже в ближайшие годы превратить их в «трубу» для доступа к OTT-сервисам третьих компаний.

Для того чтобы избежать этой участи, операторам следует радикально изменить модель бизнеса, как в технологическом, так и в коммерческом аспекте.

Только переход к двусторонней бизнес-модели вкупе с трансформацией в провайдера цифровых сервисов на основе облачной платформы оказания услуг и переход на технологическую платформу SDN/NFV, обеспечивающую виртуализацию функций не только опорной сети, но и абонентского оборудования, может обеспечить долговременное устойчивое развитие оператора фиксированного ШПД.

А также провела исследования июнь 2015 года J'son & Partners Consulting про мобильную и спутниковую связь и спутниковый интернет тенденции формирования нового рынка и вызовы традиционным оператором связи.

По оценкам International Telecommunications Union, более чем половина населения Земли не имеет доступа в Интернет, а компания Iridium оценивает, что только 10% поверхности планеты, включая моря и океаны, обеспечено беспроводной (мобильной) связью, которая основывается на наземной инфраструктуре. В этом смысле Россия, как крупнейшая по территории страна, - очень привлекательный рынок для спутниковых услуг, так как значительная часть ее территории мало населена и не охвачена мобильной связью.

Услуги спутниковой телефонной связи, а позднее и спутникового интернет для частных потребителей, существуют уже около 20 лет и за все это время они не смогли составить значимой конкуренции услугам на базе сотовой связи и мобильному интернет, оставаясь для потребителей в отдаленных районах, работающих в специфических условиях, а так же для обеспеченных потребителей.

Объем и динамика рынка мобильной спутниковой связи в мире. По оценкам Satellite Industry Association в 2014 году доходы мирового спутникового рынка составили 201 млрд долл. с потенциалом роста до 250 млрд долл. к 2020 году. На рисунке 1.3 приведена динамика малых запусков малых спутников в мире и прогноз до 2020 года, единиц.

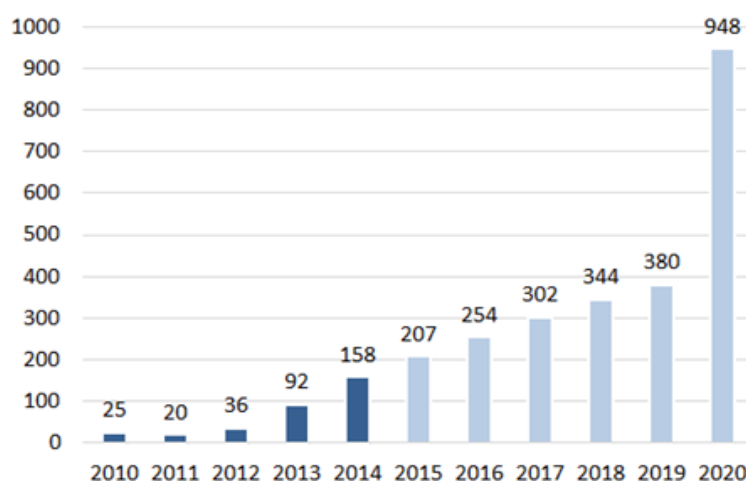


Рисунок 1.3– Динамика малых запусков малых спутников в мире и прогноз до 2020 года, единиц

Принимая во внимание многие оценки (SIA, TIA и Space Works) мирового рынка телекоммуникаций в 2014 году в диапазоне 4,6 - 5 трлн. долл. с ежегодным ростом в 4 - 7%, получается, что мировой спутниковый рынок составляет 4% доходов всего рынка телекоммуникаций.

На долю спутниковых услуг приходится сейчас более 60% доходов спутникового рынка.

Существенное увеличение запусков в 2020 году связано с заявленными планами компаний по массовым запускам. По оценкам SpaceWorks в период 2014-2016 годов коммерческие спутники будут составлять более половины (56%) всех новых запусков малых спутников, а на долю спутников связи будет приходиться до 9% запусков. Основной прирост прогнозируется в сегменте нано спутников весом от 1 до 10 кг. Данная пропорция может сильно измениться к 2020 году, когда коммерческие спутники связи будут составлять подавляющую часть запускаемых малых спутников.

Стремительное развитие телекоммуникационных технологий и компонентной базы, снижение веса, размера и стоимости спутников, снижение стоимости их вывода на орбиту, возможность организации глобального покрытия планеты в сжатые сроки, позволили спутниковым операторам, разработчикам спутниковой инфраструктуры и коммерческим и инвестиционным компаниям по-новому взглянуть на перспективы рынка спутниковой связи и интернет запуская новые амбициозные много миллиардные проекты.

Операторы ШПД приблизились к рубежу, за которым неизбежна необходимость радикального изменения технологической и бизнес-модели. Конкуренция с ОТТ, стоимость услуг, качество контента и инновации являются главными факторами, определяющими динамику абонентских баз операторов фиксированного ШПД. Доходы операторов от оказания услуг ШПД будут падать, компенсировать выпадающие доходы они смогут только за счет оказания контентных и других дополнительных услуг. Рост потребления контента стимулирует модернизацию сетей. Универсальной технологической стратегии для операторов фиксированного ШПД нет, но в горизонте 2025 г. основной технологией «последней мили» станет оптика[7].

1.4 Сравнение технологии PON

Стандартизация технологии PON происходит на протяжении вот уже 10 лет, за это время скорость передачи информации выросла от 155 Мбит/с до 2,4 Гбит/с. Учитывая, что трафик сетей доступа состоит в основном из IP-пакетов большого и переменного размера, непрерывный рост передаваемой информации может привести к тому, что технология BPON1, основанная на «упаковке» данных в маленькие АТМ-ячейки, перестанет быть оптимальным решением для абонентских сетей. Это послужило толчком для развития двух новых технологий, более приспособленных к современным сетям доступа.

Во-первых, начались разработки стандарта EPON, основанного на технологии Ethernet, для чего была создана специальная комиссия EFM2. Во-вторых, члены группы FSAN3 приступили к работе над протоколно-независимым стандартом GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network, ITU-TG.984), который продолжает поддерживать унаследованную от BPON ATM-технологию.

Каждый стандарт предлагает свою версию улучшений, которые позволяют эффективнее оперировать с IP/Ethernet пакетами переменной длины на гигабитных скоростях передачи. Приведен сравнительный анализ практических и технических преимуществ двух технологий, достоинств и недостатков EPON и GPON, а также APON и BPON [8].

1.4.1 Технология A –PON

Технология A - PON основана на ATM (режим асинхронной передачи), который принципиально может применяться на различных скоростях передачи. В качестве транспортной сети ATM может использовать существующие каналы СЦИ и ПЦИ.

ATM изначально разрабатывалась как универсальная технология, не зависящая от типа передаваемого трафика, её могут использовать все существующие службы и службы, которые могут появиться в будущем, так как ATM определяет протоколы на уровнях выше физического.

Это даёт возможность постоянного совершенствования алгоритмов кодирования и сжатия информации. Все имеющиеся ресурсы сети могут быть использованы всеми службами, что даёт возможность их оптимального распределения, и обеспечивает высокую эффективность использования сетевых ресурсов.

Так как все виды информации транспортируются одним методом, то это даёт возможность проектирования, создания, управления и обслуживания одной сети, что сокращает затраты и делает её наиболее экономичной сетью электросвязи в мире на сегодняшний день.

Преимущества технологии ATM определили решение Сектора Стандартизации Международного Союза Электросвязи (МСЭ) в выборе ATM в качестве стандарта режима транспортирования информации в широкополосных цифровых сетях интегрального обслуживания.

1.4.2 Технология E –PON

E –PON использует преимущества пассивных оптических сетей и позволяет организовать сеть доступа с архитектурой «точка - многоточка» максимальной протяженности до 20 км со скоростью передачи 1 Гбит/с.

Особенностью такого подхода к организации сети является то, что пользователи подключаются выделенным оптическим волокном к выходному

порту оптического разветвителя, но при этом участок между ОЛО и входным портом разветвителя является общей средой.

Так как в подавляющем большинстве случаев оборудование ОЛО расположено на стороне оператора услуг, то этот узел ОСД в зарубежной литературе называют также центральным узлом. Участок оптического волокна, соединяющий центральный узел и оптический разветвитель называют фидерным волокном.

Таким образом, фидерное волокно передает оптические сигналы между центральным узлом и разветвителем, который позволяет подключать одновременно несколько абонентских узлов (ОСБ).

Для удобства подключения пользователей в точке первичного разветвления устанавливается волоконно-распределительный концентратор.

Волоконно-распределительный концентратор состоит из разветвителя, соединяющегося с одной стороны с фидерным волокном, и кросс-панели. Каждый выходной порт кросс-панели соединен с пользователем. В случае необходимости подключения нового пользователя, порт кросс-панели, к которому подведено волокно от нового пользователя, соединяется с соответствующим портом на разветвителе.

Распределительные волокна протягиваются от кросс-панели до ОСБ. невысокая стоимость построения сети, технология реализует возможность подключения через одно оптоволокно большого количества абонентских терминалов, что способствует значительной экономии волокон.

Преимущества EPON: передаются исходные Ethernet-пакеты; простое, знакомое и недорогое управление.

Преимущества Ethernet-коммутации: полная совместимость с IP; поддержка TLS; Broadcast, Multicast; поддержка IGMP: лучше организована поддержка IPTV, особенно при масштабных инсталляциях.

Недостатками EPON: являются сложности при взаимодействии с другими технологиями; нестандартное сервис-уровневое взаимодействие; нестандартный TDM; нестандартное шифрование; нестандартное защитное переключение.

1.4.3Технология В–PON

Технология В–PON основана на технологии А–PON с добавлением в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.983.3 функций расширения спектрального диапазона, что открывает возможность для предоставления дополнительных услуг на других длинах волн, например, широковещательного телевидения на третьей длине волны (tripleplay) в пределах той же структуры (дерева) ПОС.

В–PON поддерживает различные архитектуры сети доступа: FibretotheHome (FTTH), FibretotheBuilding/Curb (FTTB/C) и FibretotheCabinet (FTTCab).

Как правило, используются FTTH и Fibre to the Business (FTTB). Они отличаются друг от друга тем, что вторая обслуживает более одного пользователя, имеет строгие требования к доступности и предоставляет большую функциональность, чем первая.

1.4.4 Технология G-PON

G – PON (Gigabit-capable Passive Optical Network) – это технология пассивных оптических сетей доступа, которая является модификацией технологии A-PON. Как и всем технологиям PON ей свойственно то, что при построении оптической сети доступа на основе этой технологии также используются только пассивные компоненты.

Технология G-PON поддерживает все существующие сервисы, что делает ее привлекательной для задач бизнеса и при решении проблемы «последней мили» у конечного пользователя.

Она поддерживает такие услуги, как высокоскоростной Ethernet, цифровая телефония, передача высококачественных телевизионных каналов.

Преимущества GPON:

- возможность работать на разных скоростях с одними передатчиками;
- теоретически скорость в 2 раза выше, чем в EPON;
- может работать в асимметричном режиме;
- на ONT используются дешевые лазеры;
- шифруется вся полезная нагрузка;
- поддержка стандартного TDM-трафика;
- стандартная сервисная система управления ONT.

Недостатки GPON:

- сложная сервисная система Ethernet/GEM/GTC инкапсуляция, усложняющая управление;
- более дорогое, чем в EPON, решение на сравнимых скоростях;
- передатчики на 2,4 Гбит/с достаточно дороги на сегодня;
- восходящий поток ограничен на сегодня скоростью 622 Мбит/с [9].

Сравнивая технологии PON их преимущества и недостатки, считаю, что наиболее выгодная технология для оптимизации сети города Каскелен лучшим вариантом будет технология GPON, так как в городе Каскелен Алматинская область доступна далеко не всем пользователям.

В таблице 1.1 приведен сравнительный анализ PON.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ PON

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации, альянсы	ITU-T SG15 /FSAN	IEEE/EF MA	ITU-T SG15 /FSAN
Дата принятия стандарта	октябрь 1998	июль 2004	октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155, 622,1244 2488/622, 1244, 2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20	20(>30)
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	16	64 (128 ²)
Приложения	Любые	IP, Data	Любые
Коррекция ошибок FEC	Предусмотрена	Нет	Необходима
Длин волн прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)
Динамическое распределение полосы	Есть	Поддержка ⁴	Есть
IP-фрагментация	Есть	Нет	Есть
Защита данных	Шифрование обновляемыми открытыми ключами	Нет	Шифрование обновляемыми открытыми ключами
Резервирование	Есть	Нет	Есть
Оценка поддержки голосовых приложений и QoS	Высока	Низкая	Высока
Стоимость аппаратной части	Зависит от передатчиков	Зависит от передатчиков	Зависит от передатчиков

1.5 Постановка задач

Целью дипломной работы является оптимизация сети абонентского доступа г. Каскелен, на основе технологии GPON для расширения спектра предоставления услуг и повышения доходов оператора.

Необходимо решить следующие задачи:

- выбрать оптимальный вариант построения сети;
- выбрать необходимое оборудование и рассчитать количество;
- выполнить расчеты качественных параметров сети;
- разработать схему организации сети доступа;
- анализ условий труда, вопросы БЖД;
- обоснование технико-экономической части.

2 Технология GPON

2.1 Особенности технологии, принципы работы

Развитие сети Internet, в том числе появление новых услуг связи, способствует росту передаваемых по сети потоков данных и заставляет операторов искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. При выборе решения необходимо учитывать:

- разнообразие потребностей абонентов;
- потенциал для развития сети;
- экономичность.

На развивающемся телекоммуникационном рынке опасно как принимать поспешные решения, так и дожидаться появления более современной технологии. Тем более что на взгляд авторов такая технология уже появилась—это технология пассивных оптических сетей PON (passive optical network).

Распределительная сеть доступа PON, основанная на древовидной волоконной кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, возможно, представляется наиболее экономичной и способной обеспечить широкополосную передачу разнообразных приложений.

Архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания как узлов сети, так и пропускной способности в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Технология GPON (Gigabit Passive Optical Network) — это одна из наиболее перспективных технологий абонентского доступа в Интернет, способных обеспечить качественное и надежное соединение абонента с сетью с низкой энерго затратностью при чрезвычайно высоких скоростях (до 10 Гбит/с). Эта технология подразумевает под собой построение пассивной оптической сети как короткой, так и средней протяженности, обеспечивающей гарантированно высокое качество приема и передачи данных, а также ряда значимых дополнительных услуг, включая телевидение (IPTV) и телефонию (VoIP).

Новый стандарт скоростей, достигаемый за счет архитектуры GPON расширяет границы возможного и позволяет увеличить пакет предоставляемых услуг.

Основным вызовом, стоящим перед операторами при внедрении GPON, является трансформация сети широкополосного доступа на базе семейства технологии xDSL к новой оптической инфраструктуре абонентского доступа, которая не имеет недостатков xDSL (низкая скорость, чувствительность к состоянию кабельного хозяйства, высокая стоимость владения). В отличие от традиционных оптических сетей доступа, которые строятся на базе топологии «точка-точка» в GPON реализуется концепция «точка-многоточие», когда

один порт стационарного оборудования обеспечивает сервис для большого количества абонентов с гарантированным качеством и скоростью.

GPON не только полностью отвечает современным требованиям, но и обладает ресурсами и потенциалом для обеспечения развития технологий связи в будущем. Пассивная оптическая сеть имеет длительный жизненный цикл и может быть использована при эволюции оборудования, что значительно упрощает долгосрочное планирование сети сохраняет инвестиции оператора. GPON обладает целым рядом сценариев развертывания сервиса, которые описываются термином FTTx (Fibre- To- The-x): FTTH(квартира), FTTB(здание), FTTM (мобильная станция) и.т.д. Наиболее перспективной с точки зрения скорости, эксплуатации и минимального числа промежуточных элементов является концепция GPON FTTH по сравнению с FTTB позволяет избавиться от дополнительных сетевых элементов (LAN-switch, mini-DSLAM),когда оптико-волоконный кабель доводится только до активного устройства около здания, например в подъезде, а далее абонентский доступ в квартиры реализуется по «медным» технологиям (electrical Ethernet, xDSL), что требует установки дополнительных шкафов около здания, подвода электропитания, охлаждения и не позволяет обеспечить ультравысокие скорости.

В частности, FTTH по сравнению с FTTB позволяет избавиться от дополнительных сетевых элементов (LAN switch, mini-DSLAM), когда оптико-волоконный кабель доводится только до активного устройства около здания, например в подъезде, а далее абонентский доступ в квартиры реализуется по «медным» технологиям (electrical Ethernet, xDSL), что требует установки дополнительных шкафов около здания, подвода электропитания , охлаждения и не позволяет обеспечить ультравысокие скорости.

Идея архитектуры GPON FTTH заключается в использовании лишь одного приёмопередающего модуля в OLT (Optical Line Terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (Optical Network Terminal) и приёма информации от них путем использования электрически пассивных разделителей (сплиттеров).

Благодаря параметрам волоконно-оптической среды расстояние между стационарным устройством и абонентом может достигать десятков километров без потери качества, что дает операторам гибкость при проектировании сети для разных задач.GPON в эксплуатации в Казахстане с 2010года, на данный момент это технология актуальна [10].

2.2 Топологии сетей доступа

Существуют четыре основные топологии построения оптических сетей доступа: кольцо; точка - точка; дерево с активными узлами; дерево с пассивными узлами. Топология кольцо. Кольцевая топология на основе SDH положительно зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Однако в сетях доступа не все обстоит также хорошо.

Если при построении городской магистрали расположение узлов планируется на этапе проектирования, то в сетях доступа нельзя заранее знать где, когда и сколько абонентских узлов будет установлено. При случайном территориальном и временном подключении пользователей кольцевая топология может превратиться в сильно изломанное кольцо со множеством ответвлений, подключение новых абонентов осуществляется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике часто такие петли совмещаются в одном кабеле, что приводит к появлению колец, похожих больше на ломаную – «сжатых» колец (collapsedrings), что значительно снижает надежность сети. Фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму. На рисунке 2.1 приведена «топология кольца».



Рисунок 2.1– «Топология кольца»

«Точка-точка» (P2P). Топология P2P не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию. P2P может быть реализована как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных (proprietary) решений, например, использующих оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации, при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Поскольку ОК нужно прокладывать индивидуально до абонента, этот подход является наиболее дорогим и привлекателен в основном для крупных абонентов. На рисунке 2.2 приведена топология «точка-точка» (P2P).

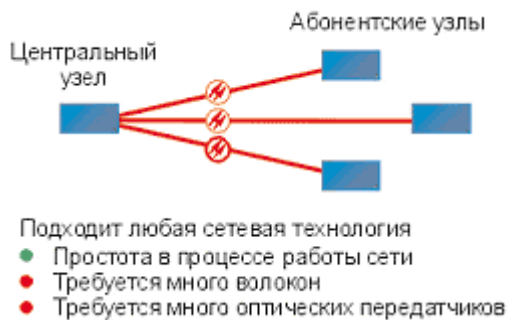


Рисунок 2.2– «Точка-точка»

«Дерево с активными узлами». Дерево с активными узлами – это экономичное с точки зрения использования волокна решение. Это решение хорошо вписывается в рамки стандарта Ethernet с иерархией по скоростям от центрального узла к абонентам 1000/100/10 Мбит/с (1000Base - LX, 100Base-FX, 10Base - FL). Однако в каждом узле дерева обязательно должно находиться активное устройство (применительно к IP-сетям, коммутатор или маршрутизатор). Оптические сети доступа Ethernet, преимущественно использующие данную топологию, относительно недороги. На рисунке 2.3 приведена топология «дерево с активными узлами».

К основному недостатку следует отнести наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального питания.

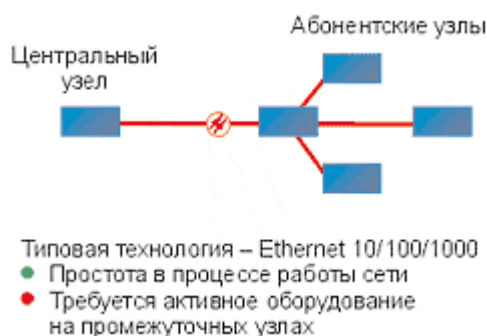


Рисунок 2.3– «Дерево с активными узлами»

«Дерево с пассивным оптическим разветвлением PON (P2MP).» Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологию «точка - многоточка» P2MP (point – to-multipoint), которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов.

При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания. Общеизвестно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре, за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, т.к. на участке от центрального узла до разветвителя используется всего одно волокно.

В меньшей степени обращают внимание на другой источник экономии – сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Между тем экономия во втором факторе в некоторых случаях оказывается даже более существенной.

Так по оценкам компании NTT конфигурация PON с разветвителем в центральном офисе в непосредственной близости к центральному узлу оказывается экономичнее, чем сеть точка-точка, хотя сокращение длины оптического волокна практически нет.

Более того, если расстояния до абонентов не велики (как в Японии) с учетом затрат на эксплуатацию (в Японии это существенный фактор) оказывается, что PON с разветвителем в центральном офисе экономичнее, чем PON с разветвителем, приближенным к абонентским узлам. АО «Казахтелеком» использует топологии сетей доступа структуру кольцевая и дерево. На рисунке 2.4 приведена топология «дерево с пассивным оптическим разветвлением PON» (P2MP).



Рисунок 2.4– «Дерево с пассивным оптическим разветвлением PON» (P2MP)

Преимущества архитектуры PON:

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

Древовидная топология P2MP позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей исходя из реального расположения абонентов, затрат на прокладку ОК и эксплуатацию кабельной сети.

К недостатку можно отнести взросшую технологии PON и отсутствие резервирования в простой топологии дерева.

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

Абонентский узел ONU(optical network unit)–используется также как термин ONT (optical network terminal) – имеет с одной стороны абонентские интерфейсы а с другой интерфейс для подключения к дереву - передача ведется на длине волны 1310нм, а прием на длине волны 1550 нм. ONUпринимает данные от OLT конвертирует их и передает абонентам через абонентские интерфейсы UNI (user network interface).

Оптический разветвитель –это пассивный оптический многополюсник, распределяющий поток оптического излучения в одном направлении и объединяющий несколько потоков в обратном направлении. В общем случае у разветвителя может быть M входных N выходных портов.

В сетях PON наиболее часто используют разветвители $1 \times N$ с одним входным портом. Разветвители $2 \times N$ могут использоваться в системе с резервированием по волокну. По рабочей полосе пропускания разветвители делятся на однооконные ($1 \text{ раб} \pm 10 \text{ нм}$) широкополосные однооконные ($1 \text{ раб} \pm 40 \text{ нм}$) и двухоконные ($1310 \pm 40 \text{ нм}$ и $1550 \pm 40 \text{ нм}$). Для сетей PON используются только двухоконные разветвители. В указанных рабочих окнах характеристики разветвителя должны быть стабильными [11].

2.3 Принцип действия технологии PON

Основной принцип, на котором основывается технология PON является минимизация нахождения активного оборудования в структуре сети. В зависимости от бюджета нагрузки вычисляется максимально возможное количество узлов, которые можно привязать к активному элементу. Это становится реализуемым за счет древовидной структуры по которой организуется сеть, узлами которой являются пассивные разветвители направляющие входной и выходной сигнал.

Передача данных обычно идет на длине волны 1550 нм, и передается в общем диапазоне приемников, то есть для каждого участника сети приходит одинаковый поток информации, и он уже автоматически определяет какой блок данных предназначается именно ему. В связи с этим возникает потенциальная возможность доступа к данным предоставляемых одному узлу, посредством другого, но протоколы передачи данных обеспечивают возможность шифрования исходящих данных, с расшифровкой на целевом устройстве.

Обратные же потоки данных транслируются от абонента на длине волны 1310 нм используя концепцию множественного доступа с временным разделением TDMA (time division multiple access), то есть для недопущения наложения информационных потоков, передача происходит в индивидуальные промежутки времени определенные для каждого участника обмена протоколом передачи данных TDMA MAC [12].

2.4 Разработка и выбор района домов для проектирования

На данный момент в г. Каскелен построение технологии GPON не везде осуществлено. В проекте будет осуществляться построение GPON в новом жилом комплексе, который расположен проспект Абылайхана-улица Мира, а также оптимизация микрорайона Алтын Аул.

В городе Каскелен используют услугу от АО «Казахтелекома» Мегалайн по медным кабелям, и поэтому в микрорайоне Алтын Аул для 4 домов будет осуществлена оптимизация.

На рисунке 2.5 приведена карта с схемой расположения домов(нового жилого комплекса). А на рисунке 2.6 приведена карта со схемой расположения домов, (микрайон Алтын Аул).

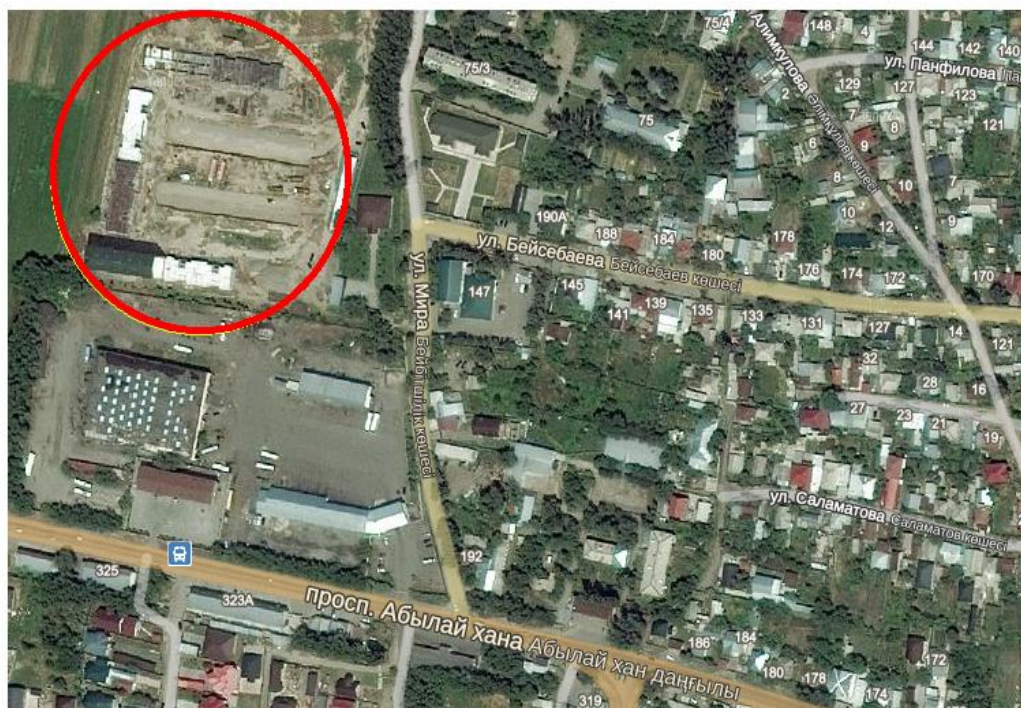


Рисунок 2.5– Расположение домов(нового жилого комплекса)



Рисунок 2.6– Расположение домов (микрорайон Алтын Аул)

В таблице 2.1 приведено распределение количество домов, подъездов и квартир.

Таблица 2.1– Распределение домов, подъездов и квартир нового жилого комплекса и микрайон Алтын Аул

№дома	Этаж	Количество подъездов	Количество квартир
1	7	2	56
2	7	2	56
3	7	3	84
4	7	3	84
5	7	3	84
6	7	3	84
7	7	3	84
6	7	2	56
7	7	2	56
8	7	2	56
8/1	7	2	56

Новый жилой комплекс, состоящий из многоэтажных квартирных домов, а также микрорайон Алтын Аул. Построение будет осуществляться от АТС, которая находится в помещении ОДТ АО «Казахтелеком» по улице Абылайхана 80.

Примерное количество 532 абонентов нового жилого комплекса, микрорайон Алтын Аул 224 абонентов (общее 756 абонентов). Это 7-ми этажные дома. На рисунке 2.7 и 2.8 рисунок приведена карта с расположением домов и ОДТ.

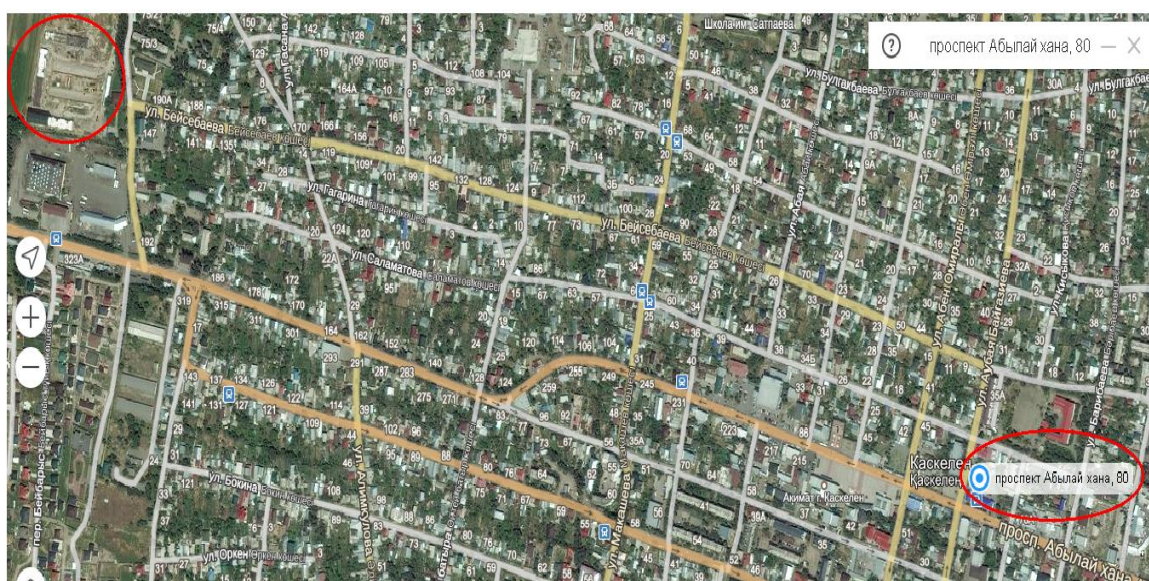


Рисунок 2.7– Расположение домов и ОДТ

монтируемый на стену или в стандартную телекоммуникационную стойку (шкаф).

При вводе кабелей со стороны шахты следует учитывать конструктивные особенности кроссового оборудования различных производителей. В случае емкости станционного модуля кросса 12 портов следует выбирать станционный кабель с емкостью модулей равной 12 или 4 ОВ, в случае емкости станционного модуля 16 портов емкость модулей станционного кабеля должна составлять 4, 8 или 16 ОВ.

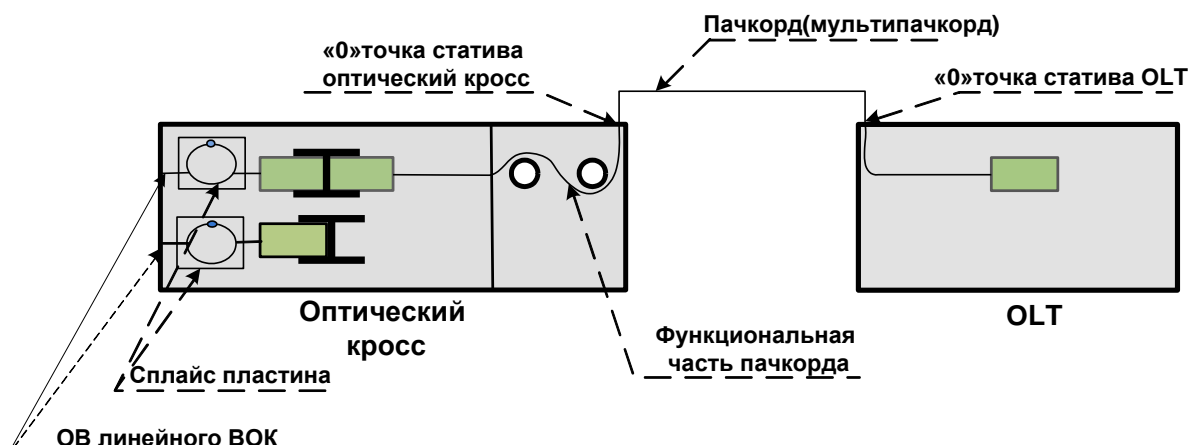


Рисунок 2.9– Станционный участок

Линейный участок определяет общую топологию GPON. Линейный участок – это участок от ODF до ОРКСп (от станционного до абонентского участка), складывающийся из магистрального и распределительного участка, включающий в себя такие основные пассивные компоненты GPON как: ВОК, муфты, распределительные шкафы (ОРШ), распределительные сплиттерные коробки (ОРКСп), оптические разветвители и коннекторы.

Магистральный участок сети GPON является одним из основных элементов всей пассивной оптической сети. На участке сети GPON от кросса (ODF) до оптического распределительного шкафа (ОРШ) или оптической муфты со сплиттерами, находящегося в зоне обслуживания данного узлового района или АТС, производится магистральное распределение ОВ. Главная задача магистрального участка – подвести требуемое количество ОВ максимально близко к сконцентрированной группе абонентов наиболее оптимальным образом с учетом топологии и емкости кабельной канализации.

Правило расчета емкости магистрального кабеля заключается в следующем.

Возможное количество задействуемых (расчётная ёмкость) волокон в магистральном кабеле определяется следующей формулой:

$$N_{ОВ} = \frac{N_{КВ}}{64} \cdot 1,3, \quad (2.1)$$

количество квартир охватываемого жилого района с округлением до большего четного числа, общая емкость кабеля определяется как количество задействованных волокон плюс 30% резерв.

В случае 100% проникновения и как исключение в районах с высоким потенциальным спросом расчет ведется по следующей формуле:

$$N_{ОВ} = \frac{N_{КВ}}{32} \cdot 1,3 \quad (2.2)$$

где $N_{КВ}$ – количество квартир в районе планируемом к подключению;
 $N_{ОВ}$ – необходимое количество волокон магистрального ВОК.

$$N_{ОВ} = \frac{532}{32} \cdot 1,3 = 21,6125 \approx 24.$$

Выбирается ближайший по емкости кабель поэтому будем использовать 24 волокна. Распределительный участок PON – участок от ОРШ или оптических муфт со сплиттерами до этажных распределительных элементов сети ОРКСП-8 портовых в многоэтажных жилых зданиях.

Распределительный ВОК на вводе в жилой дом до ОРКСП должен использоваться только с применением одномодового волокна (G.652D) соответствующего основным характеристикам по видам применения прокладки (в канализации, в грунте, по существующим опорам) и по типам ввода в здание:

- подземный – через подвальное помещение или по внешней стене здания;
- воздушный – по внешней стене здания.

При расчете емкости распределительного кабеля подводимого к многоэтажному дому и на вводе в подъезд следует учитывать что, емкость распределительного кабеля вводимого в ОРКСП должна быть не менее 2 ОВ.

При проектировании распределительного участка в доме необходимо предусматривать емкость вертикального ВОК не менее 2 ОВ.

Все ОРКСП должны монтироваться в момент строительства вертикального распределительного участка в здании (при строительстве нового жилья).

При строительстве PON в существующих жилых домах потребность установки ОРКСП в момент строительства вертикального распределительного участка в здании определяется на стадии проектирования.

Схема установки ОРКСП для 2-х подъездного и 3-х подъездного дома приведена в приложении А.

Проектирование абонентского участка. Абонентский участок - или абонентская разводка – участок сети PON от этажной ОРКСП до помещения абонента, включая оптическую розетку и внутри квартирную разводку кабелем UTP от ONTк терминалам установленным в квартире абонента.

Для прокладки от ОРКСп до ОРА должен использоваться сверхгибкий ВОК ёмкостью 1 волокно, с усиленным буфером типа G-657. В абонентский участок также входит активное оборудование на стороне абонента (ONT,), которое является неотъемлемым элементом технологии GPON и находится под контролем системы управления сетью G-PON. На лестничной площадке горизонтальный участок абонентского ВОК (дробкабель) рекомендуется защищать пластиковым кабельгоном.

2.5 Выбор оборудования GPON

Оператор АО «Казахтелеком» использует оборудования компании ECI Telecom. И для построения сети GPON использует продукт Hi FOCuS. Основное оборудование GPON это станционное оборудование OLT HI-FOCUS 5 F152-HB, Абонентский терминал ONT B-FOCUS O-4G2PW/ O-4F2PW.

2.5.1 Станционное оборудование

Модульное оборудование OLT Hi-FOCuS5F152HB —это универсальная платформа для оказания услуг ШПД. На рисунке 2.10 приведен рисунок станционного оборудования. Предусмотрены модули сетевых интерфейсов, PON-портов и кросс- коммутации. Благодаря такому набору абонентских модулей, шасси подойдет как для подключения частных и небольших корпоративных клиентов по GPON, так и для подключения более крупных клиентов или других узлов сети поверх интерфейсов GE/FE. F152-HB позволяет включать до 13 модулей GPON, по 16 портов GPON на каждом.



Рисунок 2.10— Станционное оборудование OLT HI-FOCUS 5 F152—HB

Этот формат хорошо подходит для включения районов с большой плотностью абонентов (например, новые районы городов, районы, в которых планируется переключение абонентов с традиционных сетей ТФОП на сети GPON) и позволяет включить до 13312 ONT при 64 ONT на ветке. Также возможна установка модулей ONU по 24 порта FE.

Шасси оснащается двумя матрицами коммутации емкостью 600 Гбит/с, работающими в режиме 1+1, и двумя модулями подключения к транспортным сетям с 4мя портами 10GE и 8 портами 1GE на каждом.

Полностью резервируются также блоки питания, что позволяет достичь высоких показателей надежности в работе.

Архитектура OLT обеспечивает прозрачную передачу трафика между любыми интерфейсами на скорости провода. Поддержка маршрутизации позволяет использовать шасси как интегрированный опорный узел операторской сети.

Система поддерживает QoS (8 классов) и передачу IPTV трафика (IGMP v1/2/3), что позволяет предоставлять на ее основе полный набор услуг.

Основные характеристики:

- высокая производительность;
- матрица коммутации 600 Гбит/с (плата HBSF), и 200Гбит/с (плата HBNI-SF).

Интерфейсы:

- 13 слотов под абонентские модули, на выбор:
- GPLT-8: 8 портов GPON (SFP);
- GPLT-16: 16 портов GPON (SFP);
- 2 слота для интерфейсных модулей:
- TENI-30N: 10x1GE, SFP, 2x10GE, XFP;
- ENI-416: 4x10GE, XFPи 8x1GE, SFP;
- 2 слота для модулей управления и коммутации (HBSF), на каждом 1 порт управления 10/100 Base-TX;

GPON:

- В соответствии со стандартами ITU-T G.984;
- поддержка до 4096 port-ID;
- OMCI (в соответствии с G.984.4);
- управление ONT;
- автоматическое определение ONT;
- поддержка веток на 64 ONT.

Функции L2:

- Фильтрация исходящего трафика по адресу и порту;
- MAC таблица на 32т адресов;
- 802.1Q (4095 VLAN);
- VLAN на основе портов, подсетей, протоколов;
- зеркалирование трафика.

Функции L3:

- Поддержка IPv4, IPv6;
- QoS:
- ограничение скорости по портам;
- формирование трафика - SPQ (строгий приоритет);
- WRR (взвешенный циклический алгоритм);
- DRR (дефицитный взвешенный циклический алгоритм);

Безопасность:

- Авторизация по RADIUS;
- фильтрация по MAC адресам;
- 802.1x (по портам)
- защита от multicast/broadcast штормов;

Управление:

- Управление поверх Ethernet telnet либо SSH v1/2;
- SNMP V1/2/3;
- удаленное управление и мониторинг состояния ONT;

Мультикаст:

- IGMP v1/2/3;
- фильтрация IGMP запросов.

Прочее:

- Рабочая температура от -25 до +70°C;
- энергопотребление 2800 Вт (с полной нагрузкой);
- размеры 770×447×280 мм [13].

2.5.2 Абонентский терминал GPON ONT B-FOCUSO-4G2PW/O-4F2PW

Устройство В – FOCuSO-4G2PW/ O-4F2PW терминал оптической сети GPON, реализующий функции оконечного абонентского оборудования широкополосного доступа FTTH, выполненный в соответствии с рекомендацией ITU-T G.984. Терминал предназначен для предоставления услуг TriplePlay на основе протоколов IP\Ethernet и аналогового\цифрового телевидения. Возможности предоставления услуг. Терминал В-FOCuS O-4G2PW/ O-4F2PW имеет четыре Gigabit Ethernet или Fast Ethernet порта для услуг передачи данных и два аналоговых телефонных порта, позволяющих предоставлять абонентам телефонию, а также Wi-Fi модуль. На рисунке 2.11 приведен абонентский терминал GPON ONTB-FOCUS O-4G2PW/ O-4F2PW.



Рисунок 2.11— Абонентский терминал
GPONONTB-FOCUSO-4G2PW/O-4F2PW

В-FOCuS O-4G2PW поддерживает услуги:

- высокоскоростной доступ в Интернет (Hight Speed Internet Access);
- цифровое телевидение с использованием технологии IPTV;
- видео по запросу (Video on Demand);
- виртуальные локальные сети L2\L3 (Virtual Private Network);
- телефония (Voice over IP).

Область применения оборудования. Терминал может применяться для подключения частных и корпоративных клиентов.

Разрешается использование оборудования внутри помещений с установкой в любом положении (вертикально\горизонтально), оборудование может устанавливаться на столе или крепиться на стену.

Технические характеристики оборудования:

Сетевые интерфейсы GPON:

SFF, SC\APC (G.652);

- соответствует рекомендациям ITU-T G.984;
- мощность передатчика (лазерный диод DFB) от 0,5 до +5 дБ (класс В+);

- чувствительность приемника (APD) -28дБ;
- бюджет оптической мощности 28дБ;
- upstream 1.244 Гбит/с, downstream 2,488 Гбит/с;
- радиус покрытия сети до 20км.

Используемые длины волн:

восходящее направление 1310нм, нисходящее направление 1490нм.

GPON Quality of Services:

- поддерживается назначение одного или нескольких T-CONTs на устройство;
- поддерживается назначение нескольких GEM портов на устройство;
- гибкая конфигурация GEM портов и T-CONT;
- активация ONT в автоматическом режиме по серийному номеру SN или по паролю;
- поддержка алгоритмов шифрования;
- поддержка механизма коррекции ошибок Forward ErrorCorrection (FEC);

- поддержка CoS маппинга с приоритезацией 802.1p.

Ethernet:

- 4×10/100/1000 Base-Тинтерфейса (RJ-45);
- поддержка до восьми очередей на порт с использованием механизма Class of Service (CoS);
- поддержка механизма 802.1Q для виртуальных локальных сетей VLAN;
- VLAN tagging/detagging для Ethernet портов;
- VLAN stacking (Q-in-Q), VLAN translation;
- CoS на основе VLAN-ID, использование приоритезации 802.1p, ToS/DSCP;

Поддержка IGMP v2/v3;

- ограничение и фильтрация по MAC address;
- ограничение и фильтрация broadcast.

FXS:

- два порта для подключения аналоговых телефонных линий FXS(RJ-11).

Поддержка Caller ID;

- интегрированный VoIP шлюз с поддержкой телефонии по протоколу

SIP;

- поддержка аудио кодеков G.729(A/B), G.711 (A/U);
- передача факсов.

Поддержка протоколов:

- DNS, NTP, NAT, UPNP, PPPoE, DHCP;

- управление терминалом:

- использование стандартизированного протокола управления GPON устройствами – OMCI (в соответствии с G.984.4);

- пользовательский интерфейс WEB GUI или Telnet для удаленного управления через WAN порт;

- управление с помощью автоматизированного протокола TR069 (TR156 для GPON устройств).

Условия эксплуатации и хранения:

- температура: от 0 до +40 °C;

- влажность: от 5 до 85 % относительной влажности, без конденсации.

Энергопотребление и габариты:

- электропитание устройства: 110~240 В +/- 10%, 50-60 Гц, подключение через внешний адаптер AC\DC 12V 1A;

- потребление электроэнергии: не более 16 Вт;

- габариты: высота – 33 мм., ширина – 192 мм., глубина – 162 мм. (со сложенными антеннами);

- вес 420г без сетевого адаптера.

- Спецификация абонентского терминала GPON ONT B-FOCuSO-4G2PW

Управление:

- соответствует стандарту OMCI (ITU-T G.984.4);

- удаленное управление через WEB WAN-порт, Telnet;

- MIB (Management Information Base) поддержка протокола TR069;

- возможность предоставления доступа для настройки пользователю.

Интерфейсы:

- оптический порт SFF × 1;

- RJ45 GE ports × 4;

- RJ11 FXS × 2 [14].

2.5.3 Пассивные компоненты сети GPON

Основные пассивные компоненты сети GPON используемые в построении к ним относятся: оптические кабели, оптические разветвители (сплиттеры), оптическое кроссовое оборудование ODF, оптические абонентские розетки(ОРА), оптические соединительные муфты для сети, оптические шнуры, оптические распределительные сплитерные коробки (ОРСкп).

Сплиттеры (оптические разветвители) это важная составляющая для оптимизации решения задачи по передаче сигналов между абонентом и станцией в прямом и обратном направлениях по оптическому волокну, на последнем участке при вводе в дом это волокно делится между несколькими пользователями на несколько волокон с помощью пассивного устройства, не требующего обслуживания – сплиттера.

Сплиттеры разделяют на поток энергии, передаваемый по волокну. При этом полоса пропускания оптического волокна между всеми волокнами распределяется динамически. На сегодняшний день существует 2 типа сплиттеров: сплавные и планарные. Спецификация сплиттера приведена в (таблице 2.2). Сплиттеры с низким коэффициентом деления, такие как 1:2 или 1:4 обычно изготавливаются сплавным методом.

Сплавные сплиттеры обычно изготавливаются путем сплавления двух отдельных волокон и соединения их центров. Световой сигнал из одной ветки делится 50/50 на две ветки на выходе. На рисунке 2.12 приведена схема сплиттеров.

Сплиттеры более высокого коэффициента деления обычно изготавливаются планарным методом, т.к. он позволяет сократить затраты на производство и обеспечить более высокую однородность.

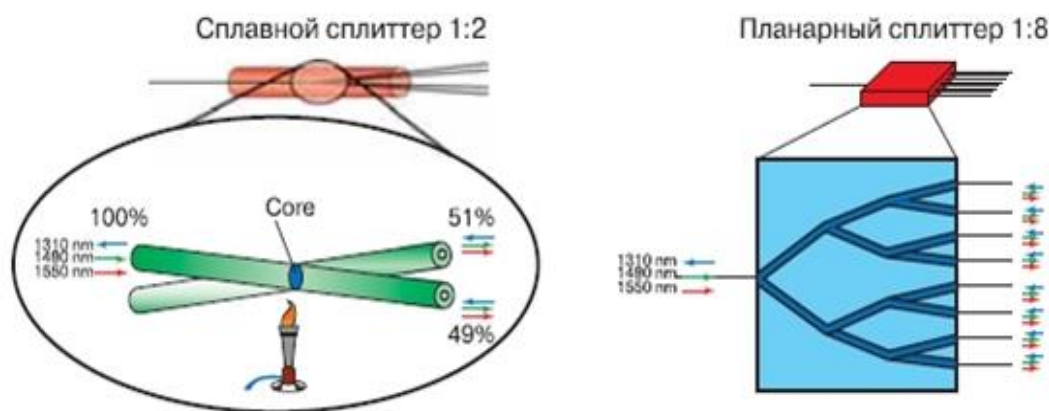


Рисунок 2.12— Сплиттеры (оптические разветвители)

Оптические сплиттеры должны соответствовать рекомендациям Telecordia Generic Requirements for Design Consideration (раздел пассивных оптических компонентов в GR-1209 – CORE Issue 3 и GR -1221–CORE Issue 2).

Они также должны соответствовать требованиям по одномодовым оптическим коннекторам (Single Mode Optical Connerctors) и Jumper Assemblies GR-326 – COREIssue3. Сплиттеры также должны соответствовать требованиям GR – 409 – CORE Issue1 и быть совместимы с кабелями, применяемыми для распределительной сети в GR-20-CORE Issue2.

Таблица 2.2– Спецификация сплиттера

Спецификация сплиттера						
Сплиттер	1: 2	1: 4	1: 8	1: 16	1: 32	1: 64
Коэффициент передачи, максимум дБ	4	7,1	10,5	13,8	17,1	20,5
Однородность, максимум дБ	0,3	0,5	0,8	1	1,3	2
Рабочая длина волны	1260-1360 нм /1480-1580 нм					
PDL(дБ)	<0,2					
Потери (дБ)	>55					
Направленность (дБ)	>55					
Тип волокон	Одномодовое волокно					
Температура хранения	– 40 до 85°C					
Диапазон влажности	5% RH до 85% RH					

Сплиттер интегрируется в оптический кросс, ОРШ, ОРКСп, либо в муфту, желательно заводская установка. Максимально возможное количество подключаемых оптических волокон к одному сплиттеру ограничено вносимым затуханием и длиной кабеля до следующего разветвления или абонентского окончания и как правило может содержать не более 32 ответвлений. В сетях PON в основном используются двухоконные оптические разветвители. Схема распределения сплиттеров для нового жилого комплекса и микрорайона Алтын Аул для дипломной работы приведена в приложении Д.

Разветвительные и магистральные муфты. Муфты для соединения строительных длин ВОК на сети PON, по возможности, должны быть сборно-разборных конструкций и обеспечивать герметичность. На магистральной сети применяются муфты большой ёмкости позволяющие сращивать от 48 и более волокон. Магистральные муфты помимо размещения сращенных ОВ должны иметь соответствующие сплайс пластины позволяющие размещать сплиттеры.

Линейно-кабельные оптические стыки должны обеспечивать соединение строительных длин оптического кабеля и конструктивно выполняются в виде соединительных кабельных муфт линейного оптического кабеля и обеспечивают защиту и фиксацию сварных, склеенных и других неразъемных соединений оптических волокон, укладку их технологического запаса, герметизацию кабельных вводов.

Неразъемные (сварные) соединения волокон, наиболее предпочтительны т.к. обеспечивают наиболее качественные соединения. Недостатком является необходимость наличия дорогостоящего сварочного аппарата и неудобство его использования при работе на внутри домовых сетях. Вносимое затухание в неразъемном соединителе для одномодовых волокон должно быть не более 0,10 дБ, дополнительные потери, вносимые за счет компактной укладки волокон в муфте, должны быть не более 0,01 дБ. показанная на рисунке 2.13, 2.14 позволяет соединить до 144 волокон и вмещает до восьми 18 волоконных кассет.

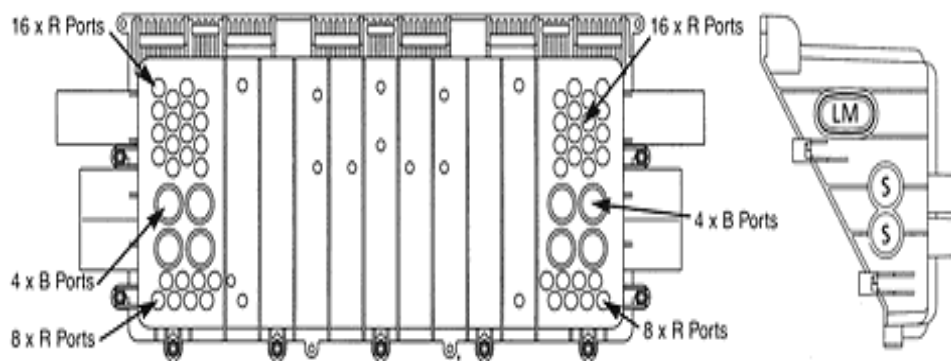


Рисунок 2.13– Муфта



Рисунок 2.14– Оптическая муфта

С помощью набора расширения муфта может вместить 12 кассет. Обе половины муфты герметизируются при помощи кольца и фиксируются винтами. Винты легко снять, после чего открывается доступ внутрь муфты. Кабельные порты герметизируются при помощи герметизатора CABLELOK.

Оптические муфты для сетей PON должны иметь следующие конструкции, в зависимости от области применения:

- тупиковые, где ввод/вывод оптоволоконного кабеля в корпус муфты производится только с одной стороны корпуса, например цилиндрические;
- проходные оптические муфты, где ввод/вывод ВОК в корпус муфты производится с противоположных сторон корпуса, например плоские.

Пример проходной муфты, показанной на рисунке 2.15, представляет собой ремонтно-пригодную конструкцию оптической муфты, монтируемой

«холодным» способом и содержащую центральную часть (Т2С), кассеты и узлы крепления кабелей.

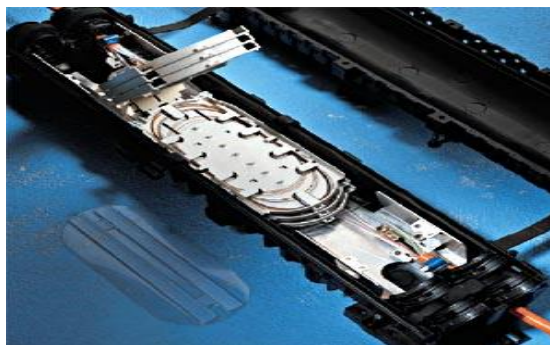


Рисунок 2.15— Пример проходной муфты

Ёмкость монтажа (количество монтируемых оптических волокон):

- количество кассет -6;
- кассеты на 24 сростка оптических волокон – 144;
- кассеты на 16 сростков оптических волокон – 96;
- количество вводов кабелей – 2+4 с каждой стороны.

Эти муфты универсальные, используются как в качестве тупиковой, так и проходной муфты за счет установки на одной стороне корпуса заглушек или кабельных вводов соответственно.

Все оптические муфты должны состоять из следующих конструктивных элементов:

- деталей для крепления наружной оболочки ВОК;
- узлов для обеспечения электрической непрерывности и механической прочности металлических силовых элементов ВОК;
- кассет для укладки и защиты сварных или механических соединений оптических волокон (ОВ), а также запаса ОВ, в том числе мест для установки сплиттеров узлов для вывода проводов заземления.

Герметизация вводов оптического кабеля в муфту обеспечивается термоусаживаемыми трубками или специальными герметизирующими лентами.

Соединения оптических волокон (разъемные и неразъемные). Станционные кабельные оптические стыки подразделяются на разъемные и неразъемные.

Разъемные стыки конструктивно выполняются в виде оптических соединителей с характеристиками по техническим условиям на конкретные образцы на сети PON АО «Казахтелеком» типа SC/APC (рисунок 2.16). Характеристики по техническим условиям на конкретные образцы приведены в таблице 2.3.

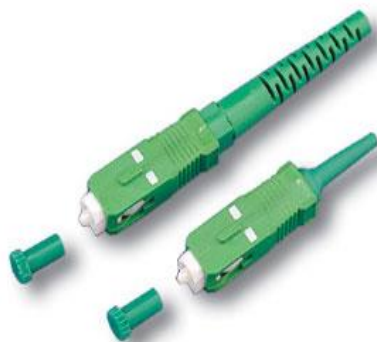


Рисунок 2.16– Оптические соединители

Таблица 2.3–Характеристики по техническим условиям на конкретные образцы

Тип коннектора	SC
Полировка ферулы	APC
Тип применяемого волокна	SM (одномодовое)
Тип крепления волокна в наконечнике	Клеевое
Фиксация коннектора в розетке	Защелка
Материал ферулы	Диоксид циркония
Материал корпуса	Пластик
Цвет корпуса	Зеленый
Цвет хвостовика	Зеленый
Диаметр выходного отверстия хвостовика	0,9 мм

Коннекторы типа SC/APC с углом полировки 8 градусов позволяют соединять входы и выходы аппаратуры без специальных приспособлений. Вносимое затухание в разъемном соединителе типа SC/APC для одномодовых волокон должно быть не более 0,25 дБ.

Оптический шнур, оснащённый коннекторами называется пигтейлом, представляет собой отрезок кабеля, оконеченный с одной стороны коннектором определённого типа. Соединение оптического пигтейла с волокном кабеля осуществляется с помощью сварки. Основная функция пигтейла – оконцевание оптического волокна линейных кабелей для их последующего подключения к оконечным устройствам.

Патчкорд – одна из составных частей сетей PON, представляет собой оптический одно-двухволоконный (дуплексный) кабель, оконцованный коннекторами с обеих сторон для обеспечения подключения различных активных сетевых устройств друг к другу или в кроссах и ОРШ для перекоммутации волокон. Может быть, любых типов и размеров, на обоих концах патчкорда обязательно присутствуют соответствующие соединяемым устройствам коннекторы.

Неразъемные стыки (сростки) выполняются в устройствах соединения станционных и линейных оптических кабелей (сплайс – пластинах или модулях), обеспечивающих размещение, фиксацию и защиту неразъемных соединений, укладку технологического запаса соединительных оптических волокон, размещение оптических разветвителей.

Сращивание ОВ на сплайс – пластинах представляющих конструкцию для укладки и закрепления сращиваемых оптических волокон разных кабелей. Служит также для хранения технологического запаса оптических волокон в кроссе или ОРШ и для размещения сплиттеров. Устанавливается обычно в специальные боксы рядом с патч-панелями.

Сплайс – пластина предназначена для размещения мест сварки оптического волокна в так называемом кроссе. Сваренное волокно вместе с обсаженной на стыке гильзой похоже на тонкую леску с грузиком-гильзой посередине. Чтобы аккуратно закрепить сваренное волокно во всех оконечных оптических устройствах применяется организатор световодов (сплайс – пластина).

Кассеты (сплайс – пластины) для укладки оптоволокна иногда несколько отличаются по конструкции, но как правило содержат ячейки для крепления гильз и некоторое пространство для выкладки волокон кабеля или оптических шнуров. На рисунке 2.17 показана типовая конструкция сплайс-пластины [18].



Рисунок 2.17– Типовая конструкция сплайс-пластины

Оптическая розетка абонентская должна обеспечивать подключение абонентского оборудования к сети PON и представляет собой пластиковый бокс с максимальной емкостью до 4 коннекторов (рисунок 2.18). Коробка розетки должна обеспечивать возможность размещения как минимум двух оптических волокон, защиту волоконно-оптического кабеля и соблюдение минимально допустимого радиуса изгиба волокна – 25 мм [15].

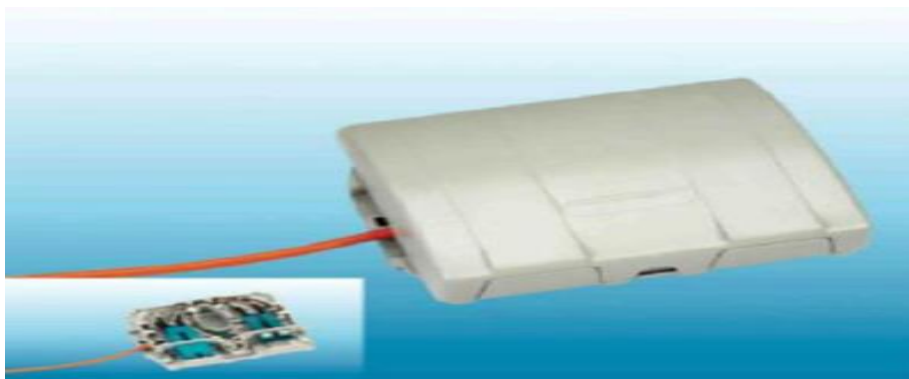


Рисунок 2.18– Оптическая розетка

Оптическое кроссовое оборудование (Optical Distribution Frame, ODF оптическое распределительное устройство)(рисунок 2.19) используется для концевой заделки оптических кабелей и подключения их к аппаратуре систем передачи и предназначено, как и оборудование оптических систем передачи, преимущественно для эксплуатации в помещениях.



Рисунок 2.19– Оптическое кроссовое оборудование

Оптические кроссы производят многие отечественные и зарубежные предприятия, специализирующиеся в области оптических технологий. Применяется несколько основных конструктивных исполнений оптического кроссового оборудования: блочное, шкафное и стоечное. Кроссы блочного и стоечного типа используются в основном для концевой заделки оптического кабеля большой емкости на объектах связи [16].

3 Выбор оптического кабеля

3.1 Расчет параметров

Оптическим кабелем - называется кабельное соединение, содержащее одно или несколько оптических волокон, объединенных в единую конструкцию, обеспечивающую их работоспособность в заданных условиях эксплуатации. Структура кабеля показана на рисунке 3.1.

Оптические волокна, модули или жгуты заключают в общую оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации может быть наложен защитный покров[17].

Волоконно— оптические кабели для проектирования технологии GPON. Выбор типа оптических волокон. В сетях PON и в АО «Казахтелеком» используют одномодовые волокна, которые обеспечивают передачу сигнала на дальние и большие расстояния. По Рекомендации ITU-IG.983 (ITU-I международный союз электросвязи) при построении PON следует использовать ВОК которая осуществляет передачу сигнала на длинам волн 1310нм, 1490 нм, 1550нм с одномодовыми ОВ в соответствии Рекомендациями ITU-IG.652, или еще совместимые с Рекомендациями ITU-IG.657 А. На магистральной сети до ОРШ и распределительной сети до ОРСКп (на магистральном и на распределительном участке) нужно применять стандартные оптоволоконные кабели с одномодовыми ОВ и все это должно быть в соответствии с Рекомендациями ITU-IG.652 для прокладки ВОЛС в телефонной канализации. А на абонентском участке должны применяться гибкие кабели G.657 А совместимые при сварке волокон с G.652.D.

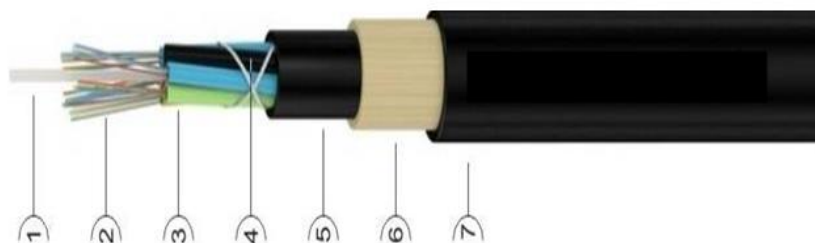


Рисунок 3.1— Структура кабеля

Характеристики оптического кабеля в диэлектрическом исполнении:

- количество оптических волокон в кабеле – до 144-х;
- стойкость к статическим растягивающим усилиям – от 5 кН до 60 кН;
- стойкость к раздавливающим усилиям – от 0,2 кН/см до 0,4 кН/см;
- стойкость к ударным воздействиям – 20 Дж;
- допустимый радиус изгиба – от 230 мм до 360 мм;
- диаметр кабеля – от 11,5 мм до 18,0 мм;
- масса кабеля – 110 кг/км до 250 кг/км;
- строительная длина кабеля на барабане – не менее 4 км.

Диаметр, масса и допустимый радиус изгиба кабеля – являются справочными величинами. При условиях прокладки кабеля внутри зданий и помещений, в коллекторах и тоннелях, в том числе тоннелях метрополитена, по требованию заказчика, наружная оболочка может быть изготовлена из галогена не содержащей полимерной композиции, не распространяющей горение.

Структура кабеля:

- центральный элемент – стеклопластиковый пруток;
- оптические волокна различной окраски;
- пластиковая трубка из полибутилентерефталатной композиции, заполненная гидрофобным компаундом;
- кордель;
- внутренняя (промежуточная) полиэтиленовая оболочка;
- повив арамидных нитей;
- наружная полиэтиленовая оболочка [18].

Характеристики выбранных оптических кабелей.

При выборе оптического кабеля наш выбор пал на Компанию «Kazcentrelectroprovod». Компания «Kazcentrelectroprovod» является генеральным поставщиком кабельно-проводниковой и телекоммуникационной продукции с момента становления компании в середине 90-х годов. Начиная с 2011 года, активно развиваются оптические сети доступа к интернету, построенные по технологии GPON, это стало возможным, благодаря огромному количеству оптических кабелей и распределительных устройств, разработанных поставщиком «Kazcentrelectroprovod» специально для АО «Казахтелеком».

КС–ОКБ–бронированный оптический кабель G652.D.

КС–ОКБ предназначен для прокладки ручным или механизированным способом в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, в канализации, защитных трубах.

Кабель КС-FTTH со сверх гибким волокном. Оптический кабель КС-FTTH-волоконный со стандартом волокна G.657A2 предназначен для прокладки внутри помещений, в трубах, по стенам зданий в кабельных каналах. Белый одноволоконный кабель рекомендуется прокладывать от этажной коробки до абонентской розетки (АР) и в квартире абонента от АР до модема ONT. Белый кабель предназначен только для прокладки внутри помещений. Кабели черного цвета рекомендуется использовать для внутри подъездной разводки, предназначены как для прокладки в помещениях, так и в уличных условиях.

КС-ОКС(кабель оптический станционный). Кабель марки КС-ОКС (кабель оптический станционный) предназначен для прокладки внутри помещений. В основном используется на крупных телекоммуникационных узлах операторов связи для подключения станционных кроссов ODF высокой плотности [19].

Таблица 3.1— Параметры и типы одномодового волокна

Геометрические и передаточные параметры ОВ	ITU-IG.657.A1	ITU-T-G.652.D
Рабочая длина волны, нм	1310, 1383, 1550, 1625	1310, 1383, 1550
Коэффициент затухания на опорной длине волны, дБ/км, не более		
1310нм	0,35	0,35
1383нм	0,35	0,31
1550нм	0,22	0,21
1625нм	0,24	-
Диаметр модового поля, 1310нм	8,6±0,4	9,2±0,4
1550нм	-	10,4±0,8
Погрешность концентричности сердцевин и оболочки, мкм	0,5	0,5
Диаметр оболочки мкм	-	125,0 ± 1,0
Диаметр покрытия, мкм	-	240±10
Длина волны отсечки, нм	1260	1260
Длина волны нулевой дисперсии, нм	-	1302-1324
Наклон при нулевой дисперсии, пс/(нм ² км)	0,092	0,092
Коэффициент хроматической дисперсии, 1310нм	-	≤ 3,5
1550нм	-	≤ 18
Коэффициент поляризационной модовой дисперсии, пс/км	0,2	0,8

3.2 Расчет параметров оптического волокна G.652.D

Рассчитаем параметры одномодового волокна типа G.652.D. Рабочая длина волны 1310нм. Расчет основных параметров ОВ их формулы, и расчёты будут приведены ниже. Также расчеты приведены на программе Mathcad, в (приложении В).

Исходные данные:

1 Диаметр оптической сердцевин: $d = 2a = 9(\text{мкм})$;

2 Диаметр оптической оболочки: $d = 2b = 125(\text{мкм})$;

3 Показатели преломления:

- оптической сердцевин: $n_1 = 1,4677(\text{ОВ G652.D})$;

- оптической оболочки: $n_2 = 1,462$;

4 Длины волны оптической несущей: $\lambda = 1,31(\text{мкм})$, ширина спектральной линии излучения лазерного диода: $\delta(\lambda) = 0,1(\text{нм})$

5 Удельные кило метрические дисперсии для $\lambda = 1,31(\text{мкм})$:

— материальная: $M(\lambda) = -5 (\text{пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}))$;

— волноводная: $B(\lambda) = 8 (\text{пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}))$;

Расчёт выполняется согласно следующему алгоритму:

1 Рассчитаем показатель преломления оболочки n_2 , исходя из оптических характеристик кабеля: известно что числовая апертура $NA = 0,13$.

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.1)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины, равный 1,4677.

2 Тогда показатель преломления оболочки n_2 :

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}, \quad (3.2)$$

$$n_2 = \sqrt{1,4677^2 - 0,13^2} = 1,462.$$

3 Показатели преломления оболочки n_2 и сердцевины n_1 рассчитаем относительную разность показателей преломления Δ :

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.3)$$

$$\Delta = \frac{1,4677 - 1,4619}{1,4677} = 0,004 = 0,004\%.$$

4 Нормированная частота определяется по формуле:

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot NA, \quad (3.4)$$

где $a = 4,73$ мкм – радиус сердцевины оболочки;

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,73}{1,31} \cdot 0,13 = 2,94 \text{ Гц}.$$

5 Определим критическую частоту:

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}, \quad (3.5)$$

$$f_0 = \frac{2,405 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 9 \cdot \sqrt{1,4677^2 - 1,462^2}} = 1,963 \cdot 10^{14} \text{ Гц}.$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света;

$P_{nm} = 2,405$ – параметр, характеризующий тип волны.

6 Критическая длина волны:

$$\lambda_0 = \frac{\pi \cdot d}{P_{nm}} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.6)$$

$$\lambda_0 = \frac{3,14 \cdot 9}{2,405} \cdot \sqrt{1,4677^2 - 1,462^2} = 1,528 \cdot 10^{-6}(\text{м}).$$

7 Критический угол θ_c , при котором выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$\theta_c = 1 - \sqrt{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2}, \quad (3.7)$$

$$\theta_c = 1 - \sqrt{\left(\frac{1,4677}{1,462}\right)^2} = 0,996.$$

8 Потери энергии на поглощение:

$$a_{\pi} = 8,69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg}\delta}{\lambda}, \quad (3.8)$$

$$a_{\pi} = 8,69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,4677 \cdot 10^{-10}}{1,31} = 0,918(\text{дБ/км}).$$

9 Потери на рассеяние:

$$a_p = \frac{k_p}{\lambda^4}, \quad (3.9)$$

где $k_p = 1,5$ – коэффициент рассеяния (дБ/км) · мкм³, для кварца

$$a_p = \frac{1,5}{1,31^4} = 0,5093(\text{дБ/км}).$$

10 Общие потери:

$$a = a_{\pi} + a_p, \quad (3.10)$$

$$a = 0,918 + 0,5093 = 1,4273(\text{дБ/км}).$$

11 Километрическая материальная дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda), \quad (3.11)$$

$$\tau_M = 0,004 \cdot 1,31 \cdot (-5) = -0,0262.$$

12 Волноводная кило метрическая дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda), \quad (3.12)$$

$$\tau_B = 0,004 \cdot 1,31 \cdot 8 = 0,0419.$$

13 Суммарная километрическая дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B, \quad (3.13)$$

$$\tau = -0,0262 + 0,0419 = 0,0157$$

14 Километрическая полоса пропускания:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|}, \quad (3.14)$$

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|0,0157|} = 63,69.$$

15 Формула для определения L расстояния при длине волокна 5 метров общие потери составят:

$$L = a \cdot l, \quad (3.15)$$

$$L = 1,4273 \cdot 5 = 7,1365 \text{ дБ.}$$

16 Полоса пропускания для тракта длиной l:

$$\Delta F = \frac{\Delta F_1}{L}, \quad (3.16)$$

$$\Delta F = \frac{63,69}{7,1365} = 8,9$$

17 Коэффициент удельной хроматической дисперсии:

$$D(\lambda) = M(\lambda) + B(\lambda), \quad (3.17)$$

$$D(\lambda) = M(-5) + B(8) = 3.$$

18 Материальная дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \cdot l, \quad (3.18)$$

$$\tau_M = 0,004 \cdot 1,31 \cdot (-5) \cdot 5 = -0,131.$$

19 Волноводная дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda) \cdot l, \quad (3.19)$$

$$\tau_B = 0,004 \cdot 1,31 \cdot (8) \cdot 5 = 0,2096.$$

20 Результирующая (хроматическая) дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B, \quad (3.20)$$

$$\tau = -0,131 + 0,2096 = 0,0786$$

21 Пропускная способность:

$$\Delta F = \frac{1}{|\tau|}, \quad (3.21)$$

$$\Delta F = \frac{1}{|0,0786|} = 12,9 \cdot 10^4$$

22 Границы измерения фазовой скорости определяются:

$$\frac{c}{N_1} < v < \frac{c}{N_2}, \quad (3.22)$$

$$\frac{3 \cdot 10^8}{1,4677} < v < \frac{3 \cdot 10^8}{1,462}$$

$$2,04 \cdot 10^5 < v < 2,05 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

23 Границы измерения волнового сопротивления:

$$\frac{Z_0}{N_1} < Z < \frac{Z_0}{N_2}, \quad (3.23)$$

$$\frac{376,7}{1,4677} < Z < \frac{376,6}{1,462}$$

$$256,6 < Z < 257,4.$$

где $Z_0 = 376,7(\text{Ом})$ - волновое сопротивление идеальной среды.

3.3 Расчет параметров оптического волокна G657.A1

Рассчитаем параметры одномодового волокна типа G657.A1.

Рабочая длина волны 1550нм. Расчет основных параметров ОВ их формулы, и расчёты будут приведены ниже. Также расчеты приведены на программе Mathcad, в (приложении В) также листинг программы Mathcad в (приложении Г).

Исходные данные:

- 1.Диаметр оптической сердцевины: $d = 2a = 9$ (мкм);
- 2.Диаметр оптической оболочки: $d = 2b = 125$ (мкм);
- 3.Показатели преломления:
 - оптической сердцевины: $n_1 = 1,4679$ (ОВ G657.A1);
 - оптической оболочки: $n_2 = 1,462$.
- 4.Длины волн оптической несущей: $\lambda = 1,55$ (мкм), ширина спектральной линии излучения лазерного диода: $\delta(\lambda) = 0,1$ (нм)
5. Удельные кило метрические дисперсии для $\lambda = 1,55$ (мкм);
6. Материальная: $M(\lambda) = -18$ (пс/(км·нм));
7. Волноводная: $B(\lambda) = 12$ (пс/(км·нм)).

Расчёт выполняется согласно следующему алгоритму:

- 1 Рассчитаем показатель преломления оболочки n_2 , исходя из оптических характеристик кабеля: числовая апертура известно что: $NA = 0,13$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.24)$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины, равный 1,4679.

- 2 Тогда показатель преломления оболочки n_2 :

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}, \quad (3.25)$$

$$n_2 = \sqrt{1,4679_1^2 - 0,13^2} = 1,462.$$

3 Показатели преломления оболочки n_2 и сердцевины n_1 рассчитаем относительную разность показателей преломления Δ :

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.26)$$

$$\Delta = \frac{1,4679 - 1,462}{1,4679} = 0,004 = 0,004\%.$$

4 Нормированная частота определяется по формуле:

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot NA, \quad (3.27)$$

где $a = 4,5$ мкм – радиус сердцевины оболочки;

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,5}{1,55} \cdot 0,13 = 2,37 \text{ Гц}.$$

5 Определим критическую частоту:

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}, \quad (3.28)$$

$$f_0 = \frac{2,405 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 9 \cdot \sqrt{1,4679^2 - 1,451^2}} = 1,963 \cdot 10^{14} \text{ Гц}.$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света;

$P_{nm} = 2,405$ – параметр, характеризующий тип волны.

6 Критическая длина волны:

$$\lambda_0 = \frac{\pi \cdot d}{P_{nm}} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.29)$$

$$\lambda_0 = \frac{3,14 \cdot 9}{2,405} \cdot \sqrt{1,4679^2 - 1,462^2} = 1,528 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

7 Критический угол θ_c , при котором выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$\theta_c = 1 - \sqrt{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2}, \quad (3.30)$$

$$\theta_c = 1 - \sqrt{\left(\frac{1,4679}{1,462}\right)^2} = 0,996.$$

8 Потери энергии на поглощение:

$$a_{\pi} = 8,69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg}\delta}{\lambda}, \quad (3.31)$$

$$a_{\pi} = 8,69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,4679 \cdot 10^{-10}}{1,55} = 0,776(\text{дБ/км}).$$

9 Потери на рассеяние:

$$a_p = \frac{k_p}{\lambda^4}, \quad (3.32)$$

где $k_p = 1,5$ – коэффициент рассеяния (дБ/км)· мкм³, для кварца

$$a_p = \frac{1,5}{1,55^4} = 0,2599(\text{дБ/км}).$$

10 Общие потери:

$$a = a_{\pi} + a_p, \quad (3.33)$$

$$a = 0,776 + 0,2599 = 1,0359$$

11 Километрическая материальная дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda), \quad (3.34)$$

$$\tau_M = 0,004 \cdot 1,55 \cdot (-18) = -0,1116.$$

12 Волноводная километрическая дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda), \quad (3.35)$$

$$\tau_B = 0,004 \cdot 1,55 \cdot 12 = 0,0744.$$

13 Суммарная километрическая дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B, \quad (3.36)$$

$$\tau = -0,1116 + 0,0744 = -0,0372.$$

14 Километрическая полоса пропускания:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|}, \quad (3.37)$$

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|0,0372|} = 26,8.$$

15 Формула для определения L расстояния при длине волокна 5 метров общие потери составят:

$$L = a \cdot l, \quad (3.38)$$

$$L = 1,0359 \cdot 5 = 5,1795 \text{ дБ.}$$

16 Полоса пропускания для тракта длиной l:

$$\Delta F = \frac{\Delta F_1}{L}, \quad (3.39)$$

$$\Delta F = \frac{26,8}{5,1795} = 5,1.$$

17 Коэффициент удельной хроматической дисперсии:

$$D(\lambda) = M(\lambda) + B(\lambda), \quad (3.40)$$

$$D(\lambda) = M(-18) + B(12) = -6.$$

18 Материальная дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \cdot l, \quad (3.41)$$

$$\tau_M = 0,004 \cdot 1,55 \cdot M(-18) \cdot 5 = -0,558.$$

19 Волноводная дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda) \cdot l, \quad (3.42)$$

$$\tau_B = 0,004 \cdot 1,55 \cdot B(12) \cdot 5 = 0,372.$$

20 Результирующая (хроматическая) дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B, \quad (3.43)$$

$$\tau = -0,558 + 0,372 = -0,186.$$

21 Пропускная способность:

$$\Delta F = \frac{1}{|\tau|}, \quad (3.44)$$

$$\Delta F = \frac{1}{|-0,186|} = 5,4 \cdot 10^3$$

22 Границы измерения фазовой скорости определяются:

$$\frac{c}{N_1} < v < \frac{c}{N_2}, \quad (3.45)$$

$$\frac{3 \cdot 10^8}{1,4679} < v < \frac{3 \cdot 10^8}{1,451}$$

$$2,04 \cdot 10^5 < v < 2,06 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$

23 Границы измерения волнового сопротивления:

$$\frac{Z_0}{N_1} < Z < \frac{Z_0}{N_2}, \quad (3.46)$$

$$\frac{376,7}{1,4679} < Z < \frac{376,6}{1,451}$$

$$256,6 < Z < 259,5$$

где $Z_0 = 376,7(\text{Ом})$ - волновое сопротивление идеальной среды [20].

3.4 Расчет оптического бюджета

Ограничением оптической сети доступа является оптический бюджет – максимальная величина затухания в оптоволокне от точки подключения оптоволокна (станционного порта) на OLT (оптический передатчик) на АТС вплоть до наиболее удалённого абонентского ONT (оптический приёмник); допустимые потери, которые могут быть выдержаны до того, как доступ прекратится. Окончательный расчёт оптического бюджета производится на основании технических данных производителя активного оборудования, ВОК и компонентов сети. Достаточно рассчитать ослабление сигнала в одном канале OLT-ONT. Типовой расчет оптического бюджета должен учитывать потери, связанные с архитектурой и технологией сети, источниками которых являются:

- затухание в оптоволокне (на километр), обусловленное его длиной и коэффициентом затухания;
 - неразъёмные соединения (сварные), или сростки, потери в которых обусловлены их общим числом и потерями в каждом из них, при этом норма потерь на одно сварное соединение – 0,05-0,1 дБ;
 - разъёмные соединения (коннекторы, или соединители), потери в которых обусловлены потерями в каждом коннекторе и суммарным числом коннекторов, при этом норма потерь на одно разъёмное соединение – 0,2-0,3 дБ;
 - разветвители (сплиттера), являющиеся источником основных потерь, т.к. входная мощность равномерно разделяется между несколькими выходными портами. Потери разветвителя зависят от коэффициента разветвления (количества выходных портов) и для сплиттера 1:2 составляют примерно 3 дБ, увеличиваясь по 3 дБ на каждом удвоении количества выходных портов. Эти потери применяются к обоим направлениям сигналов.
 - эксплуатационный запас, учитывающий в случае повреждений в линии, осложнений условий передачи и при последующем развитии сети (технологический запас в виде дополнительных сростков и вставок при организации ремонта ОК, запас на естественное старение оптоволокна), составляющий 2...4 дБ, максимум 6 дБ, – рекомендуемое значение 3 дБ.
- Сумма всех потерь участка сети GPON, по сути, является энергетическим бюджетом затухания (рисунок 3.1).

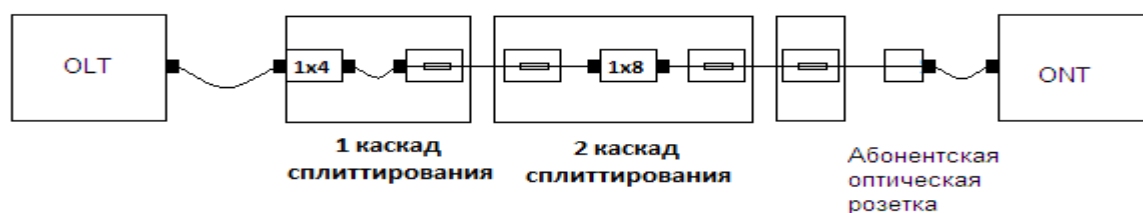


Рисунок 3.1– Энергетический бюджет затухания

Мощность на входе ONT будет различна, так как абоненты, как правило, расположены на различных расстояниях от главной станции, таким образом, на мощность влияет протяжённость магистрального кабеля до района-кластера, а также источники потерь.

Расчет энергетического бюджета затухания для OLT, наиболее удаленного от OLT на ОДТ АО «Казахтелеком» до домов г. Каскелен. Расчёт производится для наглядного представления работы проектируемой сети, рисунок 3.2 иллюстрирует участок сети GPON с источниками потерь.

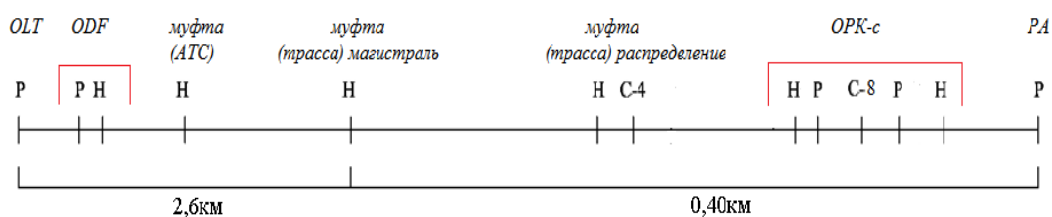


Рисунок 3.2 – Участок сети GPONOLT до домов

Исходные данные:

- протяженность ВОЛС для дерева длиной: $L = 3$ км;
- километрическое затухание в оптоволокне: $a = 0,35$ дБ/км;
- количество оптических сплиттеров: $N_c = 1$;
- количество разъёмных соединений: $N_p = 5$;
- количество неразъёмных, или сварных соединений: $N_c = 6$;
- эксплуатационный запас: $A_{3,3} = 3$ дБ;
- рабочая длина волны $\lambda = 1310$ нм.

В таблице 3.2 приведены усреднённые величины потерь, вносимых оптическими компонентами GPON.

Таблица 3.2– Величины потерь оптических компонентов GPON

Параметр	Затухание, дБ
Потери соединений в оптоволокне	0,2
Потери соединений в оптоволокне 1310нм км	0,4
Потери соединений в оптоволокне (1490нм, 1550нм) на км	0,3
Потери на коннекторах	0,3
Потери на срезках	0,05
Затухание в 1:2 сплиттере	3
Затухание в 1:4 сплиттере	7,2
Затухание в 1:8 сплиттере	10,7
Затухание в 1:16 сплиттере	14,4
Затухание в 1:32 сплиттере	15,0

В таблице 3.3 приведены коэффициенты затухания оптического кабеля на длине волны.

Таблица 3.3— Коэффициент затухания оптического кабеля на длине волны

Оптический кабель	Длина волны, нм	Коэффициент затухания дБ/км
G652.D	1310	0,35
	1550	0,27
G657.A1	1310	0,35
	1550	0,20

Расчет оптического бюджета затухания B (оптические затраты) по следующей формуле:

$$B = A_{\Sigma} = L_i + a_k + N_p + A_p + N_c + A_c + A_{\text{раз}} + A_{3.3} \quad (3.47)$$

где A_{Σ} — суммарные потери в линии (между OLT и ONT), дБ;

L_i — длина i -участка, км;

a_k — коэффициент затухания ОК, дБ/км;

N_p — число разъёмных соединений;

N_c — число сварных соединений;

A_p — затухание в разъёмном соединении, дБ;

A_c — затухание в сварном соединении, дБ;

$A_{\text{раз}}$ — потери в сплиттерах, дБ.

$$A_{\text{раз}} = A_{\frac{1}{4}} \cdot N_{\frac{1}{4}} + A_{\frac{1}{8}} \cdot N_{\frac{1}{8}} \quad (3.48)$$

$A_{3.3}$ — эксплуатационный запас, дБ.

Расчет оптического бюджета линии для схемы организации сети абонентского доступа, приведенной на рисунке 3.3:

$$B = A_{\Sigma} = 3 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,05 + 7,2 \cdot 1 + 10,7 \cdot 1 + 3 = 23,75 \approx 24 \text{ дБ}$$

Расчет оптического бюджета в пассивной оптической сети с разветвителями с равномерным распределением оптической мощности по отводам. Бюджет потерь для GPON базируется на рекомендации ITU G.983.4, где определён диапазон ослабления оптического сигнала:

- класс А: 5 дБ – 20 дБ;

- класс В: 10 дБ – 25 дБ;

- класс С: 15 дБ – 30 дБ.

Данная сеть GPON относится к классу В. Ослабление мощности сигнала в элементах отдельного канала OLT-ONT i ($i=1...N$, где N — число абонентских окончаний) показано на рисунке 3.3

- полные потери в механических соединениях – зависят от потерь в каждом соединении и их общего количества;
- полные потери в «контактах» разъемных соединений – зависят от потерь в каждом соединителе и их общего количества;
- потери в разветвителях ОВ – зависят от коэффициента разветвления сплиттера (количества его портов);
- штрафные потери – это потери на изгибы ВОК при прокладке.

Расчёт оптических затрат должен доказать утверждение, что волоконно-оптический канал GPON удовлетворяет заданному бюджету, если потери с учётом допустимых искажений сигналов, попадают в интервал $[OV_{min}, OV_{max}]$ – динамический диапазон GPON (энергетический потенциал системы):

$$P = P_{выхmin} - P_{вх} \geq A_{\Sigma} \quad (3.51)$$

где P – динамический диапазон GPON, дБ;

$P_{выхmin}$ – минимальная выходная мощность передатчика OLT, дБ,

$P_{вх}$ – мощность на входе приёмника ONT, дБ;

A_{Σ} – оптические потери, дБ.

Проверим данное условие. Для downstream направления ($OLT > ONT$), выходная мощность OLT составляет +2 дБ и чувствительность ONT – 28 дБ, для upstream направления ($ONT > OLT$), выходная мощность ONT составляет +0,5 дБ и чувствительность OLT – 30 дБ.

Зная эти значения, вычислим оптический бюджет мощности для downstream потока:

$$P = +2 - (-28) = 30 \text{ дБ} \geq 24 \text{ дБ}$$

Для upstream потока:

$$P = +0,5 - (30) = 30,5 \geq 24 \text{ дБ}$$

Поскольку upstream и downstream потоки передаются в одном оптоволокне, допустимая величина бюджета составит менее 30 дБ. Условие выполняется [21].

В (приложении Б) представлена окно программы калькулятора оптического бюджета, для потоков upstream и downstream.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда

Тема дипломного проекта: Оптимизация сети абонентского доступа сети г. Каскелен. В этом разделе будет рассматриваться анализ условий труда, расчет освещения, пожарная безопасность.

В разделе Безопасность жизнедеятельности проводится основной анализ условий труда обслуживающего персонала любого предприятия связи, предоставляющие услуги телефонии, телевидения, Интернета.

Анализ условий труда на предприятии это является необходимой мерой обеспечения для безопасности персонала и сохранности оборудования. Расчеты приведены для помещения содержащее данное узловое оборудование.

Обслуживающий персонал состоящий, из 7 человек находится в помещении аппаратного отдела, и в отделе мониторинга (операторский зал). Рабочий день 09:00 до 18:00 с обеденным перерывом с 13:00 до 14:00. В помещении будет установлено 3 компьютера резервных и 7 компьютеров подключены к локальной сети АО «Казахтелеком».

Светотехнические единицы количественно характеризуют воздействие светового излучения на глаза человека. Свет является одним из важнейших условий существования человека. Он влияет на состояние организма, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность [22]. Степень яркости освещенности находится в пределах 300-500люкс. Естественное освещение в нашем случае осуществляется в виде бокового освещения. Размер окна составляет 1,5×2м. Коэффициент естественной освещенности (к.е.о.) согласно санитарным нормам (таблица 4.1) при выполнении работ высокой зрительной точности должна быть не ниже 1,5%. В работе требуется высокая точность и в этом случае естественного освещения недостаточно, так как оборудование, стоящее вдоль окон перекрывает световой поток и для этого необходимо произвести расчет искусственного освещения.

Таблица 4.1 – Значения величин коэффициентов естественного освещения

Характеристика и разряд зрительной работы	Наименьший линейный размер значений	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		Верхнее	Боковое	Верхнее	Боковое
Высокой точности III	0,3-0,5	5	2	3	1.2

Искусственное освещение осуществляется с помощью использования люминесцентных источников света, пульсации которых не должна превышать 10%.

Оператор весь рабочий день взаимодействует непосредственно с компьютером, поэтому очень важно правильно организовать его рабочее место. С точки зрения учета человеческого фактора рабочее место оператора обладает рядом эргономических свойств. Эргономичность связана с показателями производительности, надежности и экономичности эксплуатации. На рисунке 4.1 приведена схема помещения.

На рисунке обозначены:

- 1 – кондиционер (внешний блок);
- 2 – кондиционер (внутренний блок);
- 3 – рабочее место
- 4 – огнетушитель;
- 5 – пожарный извещатель

При конструировании и размещении рабочих мест предусмотрены меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление работающего человека, предотвращающие возникновение у него стресса, а также появление ошибочных действий в работе. Поэтому такая конструкция рабочего места будет обеспечивать быстроту, безопасность простоту и экономичность технического обслуживания, полностью отвечать функциональным требованиям и предполагаемым условиям эксплуатации.

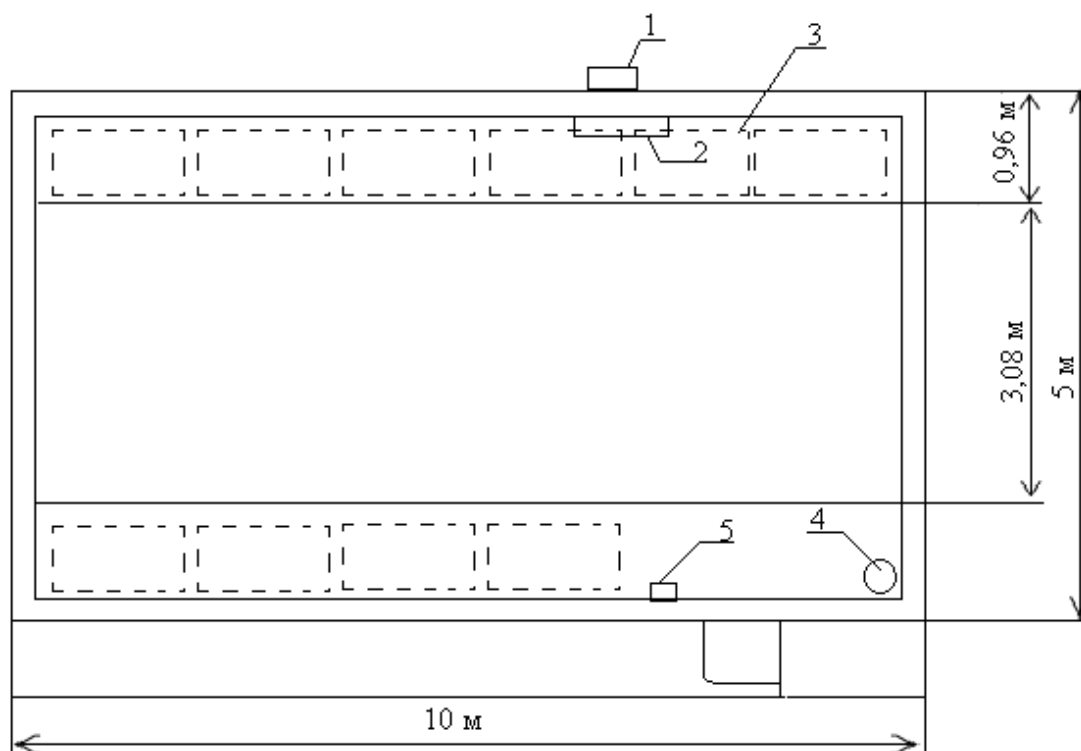


Рисунок 4.1 –Схема помещения

4.2 Расчет системы искусственного освещения

Расчет системы искусственного освещения произведем методом коэффициента использования. Произведем расчет освещения в операторском зале по методическому указанию СНиП РК 2.04 – 05-2002.

В процессе выполнения расчетной части необходимо:

- а) выбрать систему освещения, источник света, тип светильника для заданного участка или рабочего помещения;
- б) произвести расчет общего освещения рабочего помещения.

Цель расчета общего освещения - определить количество светильников необходимых для обеспечения E_{\min} и мощность осветительной установки, необходимых для обеспечения в цехе нормированной освещенности. Ниже рассмотрен расчет общего освещения методом коэффициента использования светового потока.

На рисунке 4.2 приведена схема искусственного освещения. На рисунке обозначены:

- 1 – кондиционер (внешний блок);
- 2 – кондиционер (внутренний блок);
- 3 – рабочее место;
- 4 – огнетушитель;
- 5 – пожарный извещатель;
- 6 – люминесцентная лампа.

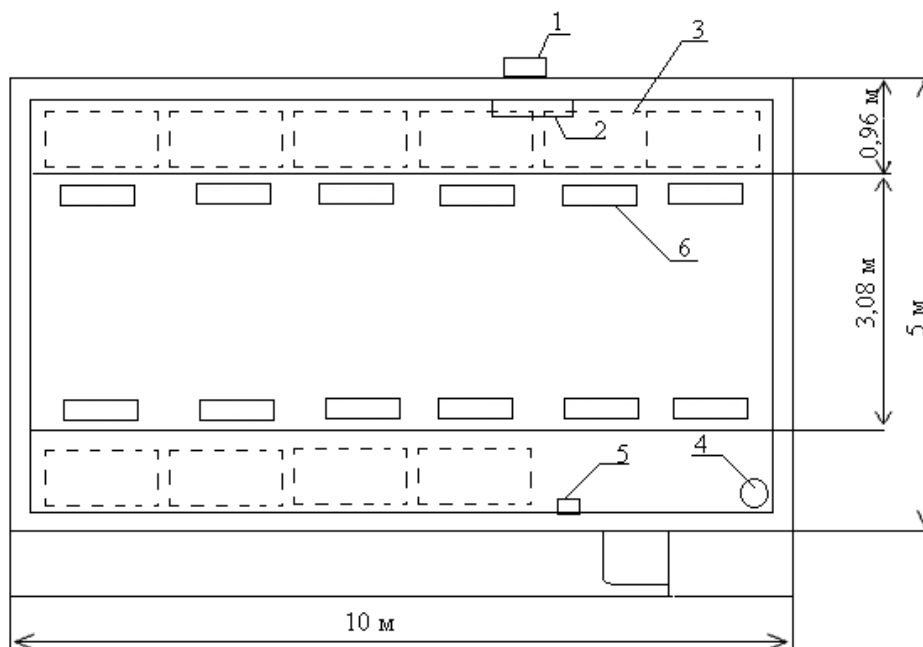


Рисунок 4.2 – Схема расположения светильников

Такое освещение будет:

- создавать благоприятные условия труда;

- соответствовать гигиеническим нормам;
- равномерно распределять яркость на рабочем месте, и в пределах окружающего пространства;
- устранять резкие тени на рабочей поверхности;
- устранять блескость (прямую отраженную) в поле зрения;
- обеспечивать необходимый спектральный состав света для правильной цветопередачи.

В качестве источников искусственного освещения в операторском зале будут применяться люминесцентные лампы.

Из вышеуказанного в данном разделе дипломной работы проведем следующее:

- проведем расчет искусственного освещения операторского зала методом коэффициента использования;
- проведем расчет пожарной безопасности.

Исходные данные:

- длина помещения $L = 10\text{м}$;
- ширина помещения $B = 5\text{м}$;
- высота помещения $H = 3\text{м}$;
- высота рабочей поверхности $h_p = 0,8\text{м}$;

Разряд зрительной работы III (высокой точности), $E_H = 1000\text{лк}$, $E_{\min} = 300\text{лк}$.

Для операторского зала рекомендована люминесцентная лампа ЛБ40-4 (белого цвета), мощностью 40 Вт, световым потоком 3000 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм.

Определим выгодное расстояние между светильниками:

$$Z = \lambda \cdot h \text{ м}, \quad (4.1)$$

где $\lambda = 1,2 \div 1,4$;

$$h = H - h_p = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м}. \quad (4.2)$$

По этим данным находим, что выгодное расстояние между светильниками равно:

$$Z = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08 \text{ м}.$$

Рассчитаем число рядов светильников:

$$n = \frac{B}{Z}, \quad (4.3)$$

где B – ширина помещения, $B = 5 \text{ м}$;

Z – расстояние между светильниками, $Z = 3,08 \text{ м}$.

Отсюда:

$$n = \frac{5}{3,08} = 1,62 \approx 2.$$

1 < n < 2 берём большее значение;

Как видно из расчета светильники будем располагать в два ряда.

Определим число светильников:

$$N = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (4.4)$$

где E — это заданная минимальная освещенность светильника. Для персонала работающего с ЭВМ $E = 400\text{лк}$;

K_3 — коэффициент запаса, учитывающий запыление и износ источников света в процессе эксплуатации, $K_3 = 1,5$;

S — освещаемая площадь, $S = 50\text{м}^2$;

Z — коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,4$;

η — коэффициент использования;

$\Phi_{\text{л}}$ — световой поток лампы, $\Phi_{\text{л}} = 3000\text{лм}$;

n — число ламп в светильнике.

Нам неизвестен коэффициент использования, для его нахождения нужно определить индекс помещения:

$$i = \frac{L \cdot B}{h(L + B)} = \frac{10 \cdot 5}{2,2(10 + 5)} = \frac{50}{33} = 1,52. \quad (4.5)$$

Так как в помещении побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами, то коэффициенты отражения будут следующими: $P_{\text{пот}} = 50\%$; $P_{\text{ст}} = 30\%$; $P_{\text{пол}} = 20\%$

Следовательно, коэффициент использования $\eta = 54\%$.

В качестве светильника возьмем (ЛСП02 марка промышленного светильника) ЛСП02 рассчитанный на 2 лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм [23].

Таким образом:

$$N = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 50 \cdot 1,15}{2 \cdot 3000 \cdot 0,54} = 11,6 \approx 12 \text{ светильников.}$$

У нас расположено 12 светильников, в два ряда, в каждом ряду по шесть светильников, в каждом светильнике по 2 лампы.

4.3 Пожарная безопасность

Согласно приложению 2.СНиП 2.04.09-84 здание ГЦТ АО «Казахтелеком» по степени опасности развития пожара, от функционального назначения и пожарной нагрузки горючих материалов относится к 1ой категорий группе В. Категории В помещение относится смежной комнате, с комнатой обслуживающего персонала расположена дизельная установка.

В случае возникновения пожара в операторском зале, для безопасности и сохранности работающего персонала, оборудования, предусмотрены специальные средства тушения пожара. Для этого нужно подобрать огнетушители, рассчитаем их количество, установим пожарные извещатели.

В помещении горючими компонентами являются строительные материалы для акустической и эстетической отделки, перегородки, двери, полы, изоляция силовых сигнальных кабелей ячеек, шкафов, жидкости для очистки элементов и узлов ПК от загрязнения и других.

Источниками зажигания могут оказаться электронные схемы ПК, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха.

В связи с тем, что в помещении находится дорогое оборудование, и многие процессы выполняются в автоматическом режиме, нужно установить газовую систему автоматического пожаротушения дрен чёрного типа.

В качестве огнетушащего вещества применяется комбинированный углекислотно–хладоновый состав [24].

Расчетная масса комбинированного углекислотно - хладонового состава m_d кг, для объемного пожаротушения определяется по формуле:

$$m_d = k \cdot g_n \cdot V, \quad (4.6)$$

где $k = 1,2$ – коэффициент компенсации не учитываемых потерь углекислого – хладонового состава;

$g_n = 0,4$ – нормативная массовая концентрация углекислотно-хладонового состава.

$$V = A \cdot B \cdot H, \quad (4.7)$$

где V – объём помещения (10 м);

A – длина помещения;

B – ширина помещения, составляет 5 м;

H – высота помещения равна 3 м.

Тогда:

$$V = 10 \cdot 5 \cdot 3 = 150 \text{ м}^3.$$

$$m_d = 1,2 \cdot 0,4 \cdot 150 = 72 \text{ кг.}$$

При наличии постоянно открытых проемов S , площадь которых составляет от 1% до 10% площади ограждающих конструкций помещений, следует принять дополнительный расход углекислотно - хладонового состава равный 5 кг на 1 м^2 площади проемов.

Расчетное число баллонов ε определяется из расчетов вместимости 40 литровой баллон 25 кг углекислотно-хладонового состава.

Внутренний диаметр магистрального трубопровода d_i мм, определяется по формуле:

$$d_i = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ мм.} \quad (4.8)$$

Эквивалентная длина магистрального трубопровода m , определяется по формуле:

$$I_2 = k_1 \cdot I, \quad (4.9)$$

где k_1 — коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации учитывающих местных потерь $k_1 = 1,2$;

I — длина трубопровода по проекту равная 33 м.

Тогда:

$$I_2 = 1,2 \cdot 33 = 40 \text{ м.}$$

Площадь сечения выходного отверстия оросителя $A_3 \text{ мм}^2$, определяется по формуле:

$$A_3 = \frac{S}{\varepsilon_1}, \quad (4.10)$$

где S — площадь сечения магистрального трубопровода, мм^2 ;

ε_1 — число оросителей.

Тогда:

$$A_3 = 3,14 \cdot \frac{8,5^2}{3} = 75 \text{ мм}^2.$$

Расход углекислотно-хладонового состава Q , кг/с в зависимости от эквивалентной длины и диаметра трубопровода равна 1,4 кг/с.

Расчетное время подачи углекислотно-хладонового состава, сек, определяется по формуле:

$$t = \frac{m_d}{60} \cdot Q, \quad (4.11)$$

$$t = \frac{72}{60} \cdot 1,4 = 0,85 \text{ с.}$$

Масса основного запаса углекислотно-хладонового составов кг, определяется по формуле:

$$m = 1,1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{k_2}{k_1}\right), \quad (4.12)$$

где $k_2 = 0,2$ – коэффициент учитывающий остаток углекислотно хладонового состава в баллонах и трубопроводах тогда:

$$m = 1,1 \cdot 72 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{1,2}\right) = 100 \text{ кг.}$$

4.4 Вывод по разделу безопасность жизнедеятельности

Из полученных результатов вывод для обеспечения нормального функционирования системы автоматического пожара тушения понадобится 4 баллона углекислотно –хладонового состава вместимостью объёмом 40 литров, с массой смеси 25кг и рабочим давлением 12,5 МПа.

В помещении установлено 3 оросителя, продолжительность выпуска заряда составляет 0,85с. Расстояние между двух струйными насадками не более 4-х метров, от насадок до стен не более 2-х м.

Автоматические установки газового пожара тушения имеют устройства для автоматического пуска в соответствии с ГОСТОМ 12.4.009-83.

Магистральные и распределительные трубопроводы выполняется из стальных труб ГОСТ 8734-75. Также в помещении находятся ручные огнетушители, запрещающие использование открытого пламени, пожарные щиты, а также плакаты, в помещении установлен дымовой извещатель ионизационного вида, размещенный под потолком на высоте 2,45 м.

5 Технико-экономическое обоснование

5.1 Цели и задачи проекта

Цель оптимизация сети абонентского доступа сети в городе Каскелен, построение на базе технологии GPON. Цель и задача проекта заключается в том, что новом районе предоставления услуг Triple Play, то есть услуги телефонии, высокоскоростного ШПД, ТВ. В дипломном проекте рассматривается построение нового жилого района в Каскелене, а также оптимизация микрорайона Алтын Аул. Задача проекта оптимизация абонентского доступа, рассматриваются вопросы: какая компания и отрасль использует, описание продукции, услуг, анализ рынка, менеджмент, финансовый план какую технологию и оборудование используют на данный момент.

5.2 Компания и отрасль

В Казахстане много операторов в отрасли телекоммуникации. На рынке Казахстана самым крупным оператором является АО «Казахтелеком». АО «Казахтелеком» – имеет статус национального оператора связи, и был основан в 1994 году. Проектирование строительство сетей GPON для компании является приоритетным направлением деятельности, которое обеспечивает лидерство на рынке услуг ШПД предоставления контента, и инфокоммуникационных корпоративных услуг, приложений на телекоммуникационном рынке.

5.3 Описание продукции и (услуг)

Высокая пропускная способность сети очень важна. Пропускная способность сети GPON лучше тем что мы можем предоставлять больше услуг. Все услуги делятся по сегментам: государственный сектор, жилой сектор, и бизнес клиенты. Услуги жилого сектора это Triple Play. Triple Play- это голос, видео, и передача данных. Голос – это телефония и видеоконференция. Передача данных – это Интернет доступ в интернет магазины, банки и др. Видео – это интерактивное (IPTV), (IP телевидение), просмотр ТВ, и любое видео по запросу.

Сегмент бизнес клиенты требуют не только высокую пропускную способность, но и индивидуальные пакеты, дополнительные функции, но и еще безопасность, защиту и качество услуг. Сегмент государственного сектора к ним относятся школы, поликлиники, библиотеки, правительственные здания, акимат, ЦОН. Эти сегменты в основном используют телефонию передача данных как онлайн голосование, онлайн доступ к коммунальным услугам.

5.4 Анализ рынка

Сегодня на рынке телекоммуникации большая конкуренция, но каждый оператор предлагает свое. Основными покупателями услуг сети GPON являются такие предприятия как бизнес - центры, банки, и частные лица, представители иностранных фирм. В Алматинской области услугами ШПД использует примерное количество пользователей 120,9 тысяч человек. Сети GPON уже есть практически по всей Алмате, а построение в Алматинской области все еще идет.

5.5 Менеджмент

Менеджмент в акционерных обществах, таких как АО «Казахтелеком», отличается корпоративной природой, имеет иерархическую структуру управления, включающую в себя менеджеров высшего, низшего и среднего звена. Этапами планирования, строительства и эксплуатации сети занимаются группы разных людей, что позволяет им оптимально распределить обязанности и осуществлять контроль на протяжении всего проекта. Кадровая политика включает в себя карьерный рост работников, взаимосвязь окладов с итогами оценки их деятельности, стимулирование их посредством премий, и организацию командировок.

5.6 Финансовый план

5.6.1 Расчет инвестиционных затрат. Для определения капитальных затрат используется следующая формула:

$$\sum K_{ВЛ} = K_o + K_{тр} + K_c + K_{мон} + K_m \quad (5.1)$$

где K_o — вложения капитала в закупку оборудования

$K_{тр}$ — вложения капитала на расходы на транспорт

K_c — вложения капитала в строительство.

$K_{мон}$ — вложения капитала на монтаж оборудования

K_m — стоимость рабочих мест в год

В таблице 5.1 приведены данные наименования и стоимость оборудования для построения сети GPON для 7 домов.

Таблица 5.1– Наименования и стоимость оборудования для построения сети GPON на 7 домов

Наименования оборудования	Количество, шт	Цена единицы, тенге	Стоимость, тенге
Станционное оборудование	1	5752679	5752679
Абонентский терминал	756	10000	7560 000
Оптический кросс	1	210000	210000
Оптическая прямая муфта	1	10000	10 000
Оптическая магистральная муфта	6	8633	51798
Оптическая разветвительная муфта	11	1100	12100
Оптический сплиттерPLC 1:4	1	6500	6500
Оптический сплиттерPLC 1:8	1	8500	8500
Оптический сплиттерPLC 1:24	4	49810	199 240
Оптический сплиттерPLC 1:32	19	61938	1176822
Оптическая распределительная сплиттерная коробка	54	1400	75600
Кабель оптический КС – ОКБ – П-12-G652.D, м	7000	430439 (за 1км)	3013073000
Кабель оптический КС- FTTH-1 G.657A2.со сверх гибким волокном, м	4500	28863 (за 1км)	129883500
Кабель оптический ОКС – А- G.652D, м	61	1289491 (за 1км)	78658,951
Абонентская розетка оптическая	756	150	113400
Пигтейл	756	700	529200
Патчкорд	756	300	226800
Итого	-	-	3158967798

Далее приведена таблица 5.2– расчеты затрат на организацию рабочего места.

Таблица 5.2 – Расчет затрат на организацию рабочего место

Наименование	Количество	Цена, тенге	Стоимость, тенге
Компьютер (системный блок, монитор)	4	70000	280000
Компьютерный стол	4	10000	40000
Стул	4	5000	20000
Шкаф	1	13000	13000
Итого	-	-	353000

Общая стоимость рабочего места 353000 тенге.

Стоимость для перевозки к месту эксплуатации 5% от стоимости оборудования.

$$K_{\text{тр}} = K_o \cdot 0,05, \quad (5.2)$$

$$K_{\text{тр}} = 3158967798 \cdot 0,05 = 157948389,9(\text{тенге})$$

Вложения капитала в строительство (30 % от стоимости оборудования):

$$K_c = K_o \cdot 0,3, \quad (5.3)$$

$$K_c = 3158967798 \cdot 0,3 = 947690339,4(\text{тенге}).$$

Стоимость монтажа, установки оборудования (10 % от стоимости оборудования):

$$K_{\text{мон}} = K_o \cdot 0,1, \quad (5.4)$$

$$K_{\text{мон}} = 3158967798 \cdot 0,1 = 315896779,8(\text{тенге}).$$

Рассчитаем капитальные затраты последующей формуле (5.1):

$$\begin{aligned} \sum K_{\text{вл}} &= 3158967798 + 157948389,9 + 947690339,4 + 315896779,8 \\ &+ 353000 = 4580856307,1 \end{aligned}$$

5.6.2 Расчёт годовых эксплуатационных расходов Величина годовых расходов на эксплуатацию (фактическая производственная себестоимость):

$$\sum \Xi = \text{ФОТ} + O_c + M + C_{\text{эл}} + A + \Pi_{\text{пр}} + \Pi_{\text{упр}}, \quad (5.5)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

O_c – социальный налог;

M – расходы на материалы и ремонт;

$C_{\text{эл}}$ – электроэнергия для производственных нужд;

A – амортизационные отчисления

$\Pi_{\text{пр}}$ – производственные, транспортные расходы (35 % от ФОТ);

$\Pi_{\text{упр}}$ – административно - управленческие и эксплуатационно-

хозяйственные расходы (15 % в общей сумме эксплуатационных затрат).

В таблице 5.3 приведена месячная и годовая заработная плата. ФОТ складывается из основной зарплаты и дополнительной зарплаты (работа в праздничные дни, сверхурочные, премиальные выплаты и т.д.).

Таблица 5.3 – Месячная и годовая заработная плата.

Наименование должностей	Количество штатных единиц	Месячная зарплата тенге, на 1 работника	Годовая заработная плата, тенге, на 1 работника	Всего ФОТ в тенге, в год
Ведущий инженер	1	120000	1440000	1440000
Инженер 1 категории	1	100000	1200000	1200000
Оператор	2	80000	960000	1920000
Кабельщик	3	50000	1800000	1800000
Всего	7	350000	5400000	6360000

Основная зарплата составила 6360000 тенге. Годовой фонд дополнительной зарплаты в размере 30 % от основной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{пдоп}} = З_{\text{посн}} \cdot 0,3 \quad (5.6)$$

$$З_{\text{пдоп}} = 6360000 \cdot 0,3 = 1908000(\text{тенге})$$

где $З_{\text{посн}}$ – годовой фонд основной зарплаты

ФОТ равен:

$$\text{ФОТ} = З_{\text{посн}} + З_{\text{пдоп}}, \quad (5.7)$$

$$\text{ФОТ} = 6360000 + 1908000 = 8268000(\text{тенге}).$$

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10 %, социальный налог - 11 % от отчислений на пенсионный фонд:

$$O_c = 0,11 \cdot (\text{ФОТ} \cdot 0,1), \quad (5.8)$$

$$O_c = 0,11 \cdot (8268000 \cdot 0,1) = 90948(\text{тенге}).$$

Расходы на материалы составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$M = K_o \cdot 0,05, \quad (5.9)$$

$$M = 3158967798 \cdot 0,05 = 157948389,9(\text{тенге}).$$

Расходы на электроэнергию равны:

$$C_{эл} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.10)$$

где W - мощность, потребляемая оборудованием;

T - число часов работы;

S - стоимость киловатт-часа электроэнергии тенге/кВт-час).

Стоимость киловатт-часа 16,02 тенге тариф действующий за период с 01.01.2016г, в Алматинской области.

$$C_{эл} = 2,8 \cdot 8760 \cdot 16,02 = 392938,56(\text{тенге}).$$

5 % от мощности, потребляемой основным оборудованием, составляет мощность на иные нужды. Стоимость электроэнергии и на иные нужды:

$$C_{элпр} = C_{эл} \cdot 0,05, \quad (5.11)$$

$$C_{элпр} = 392938,56 \cdot 0,05 = 19646,928(\text{тенге})$$

Общие затраты на электроэнергию:

$$C_{элобщ} = C_{эл} + C_{элпр}, \quad (5.12)$$

$$C_{элобщ} = 392938,56 + 19646,928 = 412585,488(\text{тенге}).$$

Рассчитаем амортизационные отчисления для оборудования, компьютеров, мебели по формуле.

$$A_o = H_A \cdot \Sigma_K, \quad (5.13)$$

где H_A — норма амортизационных отчислений для отрасли связи 15%;

Σ_K — сумма капитальных вложений.

$$A_o = 4580856307,1 \cdot 0,15 = 687128446,065(\text{тенге}).$$

Производственные, транспортные, расходы составляют 35% от ФОТ:

$$П_{пр} = 0,35 \cdot \text{ФОТ}, \quad (5.14)$$

$$П_{пр} = 0,35 \cdot 8268000 = 2893800(\text{тенге}).$$

Административно- управленческие эксплуатационно- хозяйственные расходы равны 15% от общей суммы затрат на эксплуатацию:

$$П_{\text{упр}} = 0,15 \cdot (\text{ФОТ} + O_c + M + C_{\text{эл}} + A + П_{\text{пр}}), \quad (5.15)$$

$$П_{\text{упр}} = 0,15 \cdot (8268000 + 90948 + 157948389,9 + 392938,56 + 687128446,065 + 2893800) = 128508378,37 (\text{тенге}).$$

Эксплуатационные расходы расчет по следующей формуле:

$$\sum \varepsilon = 8268000 + 90948 + 157948389,9 + 392938,56 + 687128446,065 + 2893800 + 128508378,37 = 2141810901 (\text{тенге}).$$

Далее в таблице 5.4 приведены – эксплуатационные расходы.

Таблица 5.4 – Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные затраты	Стоимость, тенге
Фонд оплаты труда	8268000
Социальный налог	90948
Амортизационные отчисления	687128446,065
Затраты на материал ремонт	157948389,9
Затраты на электроэнергию	392938,56
Производственные транспортные расходы	2893800
Административно-управленческие, эксплуатационно-хозяйственные расходы	128508378,37
Итого	2141810901

5.6.3 Расчёт доходов от основной деятельности - доходов, полученных за весь объём реализованных покупателями услуг связи по тарифам:

$$D_{o.d} = \sum_i^n = q_i^{\text{пл}} \cdot Ц_i^{\text{пл}}, \quad (5.17)$$

где $q_i^{\text{пл}}$ – запланированный объём i -го вида услуг (натуральная величина);

n – номенклатура услуг (категория);

$Ц_i^{\text{пл}}$ – планируемый тариф на i -й вид услуг, тенге (планируемая средняя доходная такса).

В проекте сети абонентского доступа всего 740 абонентов: Количество пользователей сети услугами iD Net, iD TV, iD Phone

Тарифы за использование услуг:

iD Net – 4600 тенге, iD TV – 2700 тенге, iD Phone – 5300 тенге [25].

В таблице 5.5 приведены доходы от основной деятельности.

Таблица 5.5 – Доходы от основной деятельности

Услуга	Объём услуг абонентов	Тариф/месяц тенге	Ожидаемые доходы за месяц тенге	Ожидаемые доходы за год тенге
iD Net	365	4600	1679000	20148000
iD Net+ iD TV	180	7300	949000	1314000
iD Net+iD Phone	95	9900	940500	11286000
iD Net + iD TV+ iD Phone	90	12600	1134000	136080000
Итого	730	-	3230200	168828000

В таблице 5.6 приведены доходы от пользования техническими устройствами.

Таблица 5.6 – Доходы от пользования техническими устройствами

Услуга	Объём услуг абонентов	Плата за подключение, тенге	Ожидаемые доходы за год, тенге
ONT для iDNet	365	0	0
ONT для iD Net + iD Phone	95	7000	665000
ONT для iD Net +iD TV	180	1000	180000
ONT для iD Net +iD Phone + iD TV	90	8000	720000
Итого	730	-	1565000

Для вычисления доходов услуг в форме предоставления потребителям в использование технических устройств (для данного проекта оптических сетевых терминалов ONT) по следующей формуле:

$$D_{\text{уст.}i}^{\text{тех}} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot N_i (\text{тенге}), \quad (5.18)$$

где C_i – средняя абонентская плата за пользование техническими устройствами i -го вида услуг в плановом периоде (плата за подключение к порту).

N_i – среднегодовое количество технических устройств i -вида.

Плата за подключение к порту одинакова для физических и юридических лиц: iD Net - 0 тенге; iD Phone – 7000 тенге; iD TV – 1000 тенге;

Общий годовой объём доходов есть сумма, полученная от всех видов услуг:

$$\sum D_{o,d} = D_{o,d} + D_{устр}^{тех}, \quad (5.19)$$

$$\sum D_{o,d} = 168828000 + 1565000 = 170393000 \text{ (тенге)}.$$

5.6.4 Расчёт показателей экономической эффективности. Прибыль предприятия – это доходы предприятия от основной деятельности за вычетом эксплуатационных расходов, облагается корпоративным налогом, который в Казахстане составляет 20%.

Прибыль предприятия до налогообложения:

$$П = Д - \sum Э, \quad (5.20)$$

где $Д$ – годовой доход;
 $\sum Э$ – эксплуатационные расходы.

$$П = 170393000 - 2141810901 = 1971417901 \text{ (тенге)}.$$

Сумма, отчисляемая на корпоративный налог с прибыли, равна:

$$Н = П \cdot 20\%, \quad (5.21)$$

$$Н = 1971417901 \cdot 0,2 = 394283580,2 \text{ (тенге)}.$$

Чистая прибыль в распоряжении провайдера есть прибыль после налогообложения:

$$ЧП = П - Н, \quad (5.22)$$

$$ЧП = 1971417901 - 394283580,2 = 1577134320,8 \text{ (тенге)}.$$

Коэффициент абсолютной экономической эффективности вложений капитала в построение нового объекта, в данном случае сети:

$$E_a = \frac{ЧП}{\sum K_{вл}}, \quad (5.23)$$

$$E_a = \frac{1577134320,8}{4580856307,1} = 0,344$$

Срок окупаемости вложений капитала – величина, показывающая, за какой период времени произойдет возврат денежных средств (капитальных вложений), затраченных на организацию предприятий:

$$T = \frac{\Sigma K_{\text{вл}}}{\text{ЧП}} = \frac{1}{E_a}, \quad (5.24)$$

$$T = \frac{1}{E_a} = \frac{1}{0,345} = 2,9.$$

Выполняется два условия эффективности: $T_p \leq T_n, E_p \geq E_n$

где $T_p = 2,9$ (года) - расчётный срок окупаемости;

$T_n = 5$ лет нормативный срок окупаемости;

$E_p = 1,072$ расчётный коэффициент эффективности;

$E_n = 0,2$ – нормативный коэффициент эффективности [26].

Следовательно, данный проект экономически эффективен. Все экономические показатели по проекту создания сети доступа на базе технологии GPON приведены в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Показатели проектной экономической эффективности

Наименование показателей	Значения
Капитальные вложения, тенге	4580856307,1
Эксплуатационные расходы, тенге	2141810901
Доходы от деятельности, тенге	170393000
Прибыль до налогообложения, тенге	1971417901
Прибыль после налогообложения, тенге	1577134320,8
Абсолютная экономическая эффективность	0,344
Срок окупаемости, год	2,9

5.7 Вывод по главе

При построении сети на базе технологии GPON, при капитальных затратах в 4580856307,1 тенге, чистый годовой доход составил 170393000 тенге. При экономической эффективности 2,9 данный проект окупается за 4 месяца (высокая окупаемость вложений), при этом выполняются условия эффективности, следовательно, построение сети GPON в городе Каскелен Алматинская область очень выгодно, для монополиста АО «Казахтелеком». Оборудование в ОДТ «Казахтелеком» стоит относительно дорого, однако возможно подключение к нему нового ЖК и несколько других районов-за счёт чего достигается снижение затрат, повышение доходов и эффективности проекта.

Заключение

Дипломная работа посвящена оптимизации сети абонентского доступа сети города Каскелен, то есть расширению сети и внедрение технологии GPON в новом жилом комплексе и оптимизации микрорайона Алтын Аул. Основной задачей дипломного проекта является построение сети позволяющее предоставлять широкополосные услуги телефонии, передачи данных, и телевидение.

В первой главе проекта были рассмотрены вопросы анализа сетей, и сети и возможности построение сети абонентского доступа в городе Каскелен. Также были рассмотрены технологии ШПД, технологии и сравнение PON их преимущества и недостатки. И в сравнении самой актуальной сейчас является технология GPON. Обусловлено были поставлены задачи проекта.

Вторая глава проекта посвящена описанию технологии GPON, особенностей технологии, и принципы работы, назначение. Рассмотрены топологии сетей доступа. Был выбран район и дома для проектирования, указаны на карте расположение домов, (нового жилого комплекса) и (микрорайон Алтын Аул) и станция ОДТ АО «Казахтелекома». Описаны структуры технологии GPON, три главных участка: стационарный, линейный, абонентский и другие. Были выбраны основные виды оборудования OLT и ONT, также рассмотрены пассивные компоненты сети GPON.

В третьей главе проекта был произведен расчет параметров оптического волокна двух видов: G652.D и G657.A1. Также выбраны и описаны характеристики оптического кабеля, и произведен расчет оптического бюджета.

Четвертая глава проекта посвящена вопросам безопасности жизнедеятельности, анализу условий труда, пожарной безопасности. Произведен расчет системы искусственного освещения и пожарной безопасности.

Пятая глава проекта посвящена экономической части. При построении сети на базе технологии GPON, при капитальных затратах в 4580856307,1 тенге, чистый годовой доход составил 170393000 тенге. При экономической эффективности 2,9 данный проект окупается за 4 месяца (высокая окупаемость вложений), при этом выполняются условия эффективности.

Список литературы

1. Попков Г.В., Попков В.К., Величко В.В., Математические основы моделирования сетей связей. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2012. - 183 с.
2. Денисьева О. М., Мирошников Д. Г. Средства связи для «последней мили». М., Эко-Трендз, 1998. - 146 с.
3. Егорошев Д.Е., Телекоммуникации и Транспорт. Научный журнал. 2011 г.
4. Слепов Н.Н., Синхронные цифровые сети SDH. Эко-Трендз, Москва 1997 г. - 147 с.
5. Википедия Свободная Энциклопедия URL: <http://ru-wiki.ru/wiki/CDMA> (дата обращения 24.03.2016)
6. Википедия Свободная Энциклопедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Каскелен> 2015 (дата обращения 24.03.2016).
7. Павел Ермолович Аналитика GPON, магистральные сети Москва 2015 URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view (дата обращения 28.03.2016).
8. Гладышевский М.А., Lightwave Научно-технический журнал. Высокие технологии, 2005 г.
9. Алексеев Е.Б. Оптические сети доступа. Учебное пособие - М: ИПК при МТУ СИ, 2005 г. - 140 с.
10. Сайт компании Winncom Technoliges URL: <http://winncom.uz/solutions/phoneup-ip-telefoniya-cisco/technologiya-gpon> (дата обращения 01.04.2016)
11. Фриман Р., Волоконно-оптические системы связи. Москва: Техносфера, 2006. 496 с
12. Сайт Компании Kmk Link URL: <http://kmklink.ru/tech/optovolokonnaya-svyaz/pont/princip-deistviya> (дата обращения 05.04.2016).
13. Сайт Компании RTC URL: <http://www.rtc.kz/index.php/oborudovanie/37-stantsionnoe-oborudovanie-olt-hi-focus-5-f152-hb> (дата обращения 06.04.2016).
14. Сайт компании RTC URL: <http://www.rtc.kz/index.php/oborudovanie/40-abonentskij-terminal-gpon-ont-b-focus-o-4g2pw-o-4f2pw> (дата обращения 06.04.2016).
15. Правила проектирования, строительства приемки, и эксплуатации линейных сооружений пассивных оптических сетей, часть первая. Алматы 2011 URL: <http://studopedia.ru> (дата обращения 08.04.2016).
16. Сайт компании «Opatov» URL: <http://www.opatov.ru/biblioteka/48-kross-opticheskij-adapter-opticheskij-shnur-shkaf-opticheskij-opticheskie-pigtejly> (дата обращения 09.04.2016).
17. Толковый словарь терминов по системам, средствам и услугам связи. / Докучаев В.А., Иванова О.Н. и др.; – М.: Радио и связь, 2000. – 256 с.

18. Правила проектирования, строительства приемки, и эксплуатации линейных сооружений пассивных оптических сетей, часть первая. Алматы 2011 URL:http://studopedia.ru/9_224605_magistralno-raspredelitelnij-uchastok-PON-dlya-chastnogo-sektora.html(дата обращения 11.04.2016).
19. Сайт компании «Kazcentrelectroprovod»
URL:<http://provod.kz/ru/produktsiya/opticheskie-kabeli>(дата обращения 11.04.2016).
20. Информационные технологии URL:<http://www.techshape.ru/sheoms-321-1.html>(дата обращения 12.04.2016).
21. Правила проектирования, строительства приемки, и эксплуатации линейных сооружений пассивных оптических сетей, часть первая.
URL:http://studopedia.ru/9_224608_raschet-opticheskogo-byudzheta.html(дата обращения 15.04.2016).
22. Баклашов Н.И., Н.Ж. Китаева., Б.Д Терехов Охрана труда на предприятии связи и охрана окружающей среды. 1989г.
23. СНиП РК 2-04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение».
24. СНиП РК 2.04.09-84 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
25. Сайт Оператора АО«Казакхтелекома»
URL:<http://telecom.kz/services/packages/view>(дата обращения 24.04.2016).
26. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела дипломной работы бакалавров для студентов всех форм обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АИЭС, -2009г. -19 с.

Приложение А Установка ОРСКп

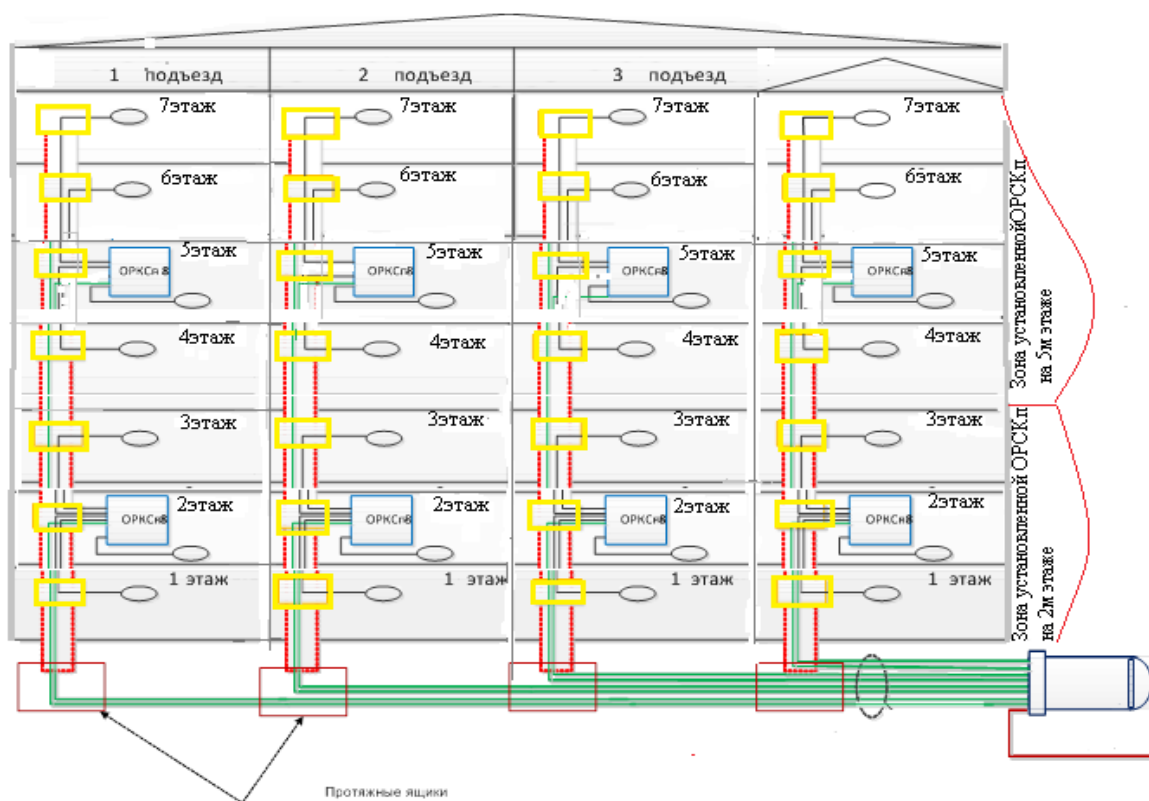


Рисунок А1 – Установка ОРСКп в подъезде, дом 3-х подъездный.

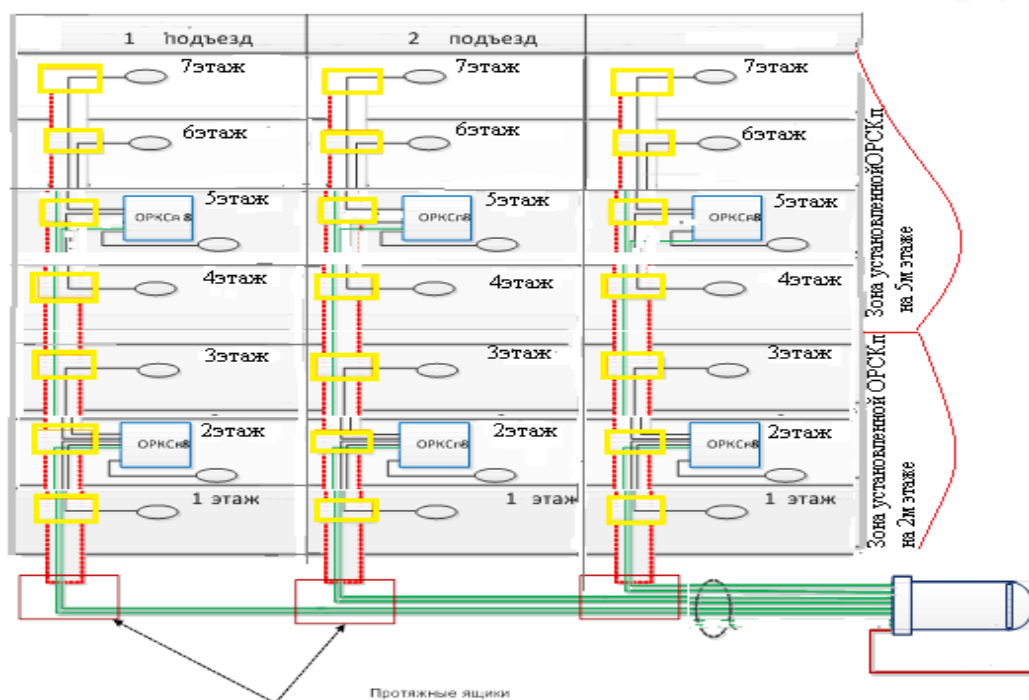


Рисунок А2 – Установка ОРСКп в подъезде, 2-х подъездный дом

Приложение Б

Окно программы калькулятора оптического бюджета

Для upstream направления ($ONT > OLT$), выходная мощность ONT составляет +0,5 дБ и чувствительность OLT – 30 дБ.

Калькулятор оптического бюджета CWDM

Файл

Мощность системы

Мощность передатчика: +0,5 дБм

Чувствительность приемника: -30 дБм

Итого: **30,5 дБ**

Потери системы

Длина волны, нм: ☒ 1310 ☐ 1550

	Кол-во	Затухание	Результат
Длина линии	3 км.	0,35 дБ	1,103 дБ
Сварные соединения	6 шт.	0,05 дБ	0,3 дБ
Оптические разъемы	5 шт.	0,5 дБ	2,5 дБ
Механические соединители	5 шт.	0,5 дБ	2,5 дБ
CWDM мультиплексор	0 шт.	3,2 дБ	0 дБ
<input type="radio"/> x2 <input type="radio"/> x4 <input type="radio"/> x8			
OADM модуль, шт	0 шт.	1,2 дБ	0 дБ

Итого: **9,402 дБ**

Проектный запас мощности: 3 дБ

Система работоспособна

Избыток 21,1 дБ

Рассчитать

Рисунок Б1— Окно программы оптического бюджета

Для downstream направления ($OLT > ONT$), выходная мощность OLT составляет +2 дБ и чувствительность ONT – 28 дБ.

Калькулятор оптического бюджета CWDM

Файл

Мощность системы

Мощность передатчика: +2 дБм

Чувствительность приемника: -28 дБм

Итого: **30 дБ**

Потери системы

Длина волны, нм: ☒ 1310 ☐ 1550

	Кол-во	Затухание	Результат
Длина линии	3 км.	0,35 дБ	1,103 дБ
Сварные соединения	6 шт.	0,05 дБ	0,3 дБ
Оптические разъемы	5 шт.	0,5 дБ	2,5 дБ
Механические соединители	5 шт.	0,5 дБ	2,5 дБ
CWDM мультиплексор	0 шт.	3,2 дБ	0 дБ
<input type="radio"/> x2 <input type="radio"/> x4 <input type="radio"/> x8			
OADM модуль, шт	0 шт.	1,2 дБ	0 дБ

Итого: **9,402 дБ**

Проектный запас мощности: 3 дБ

Система работоспособна

Избыток 20,6 дБ

Рассчитать

Рисунок Б2— Окно программы оптического бюджета

Приложение В

Листинг программы Mathcad Express Prime 3.1

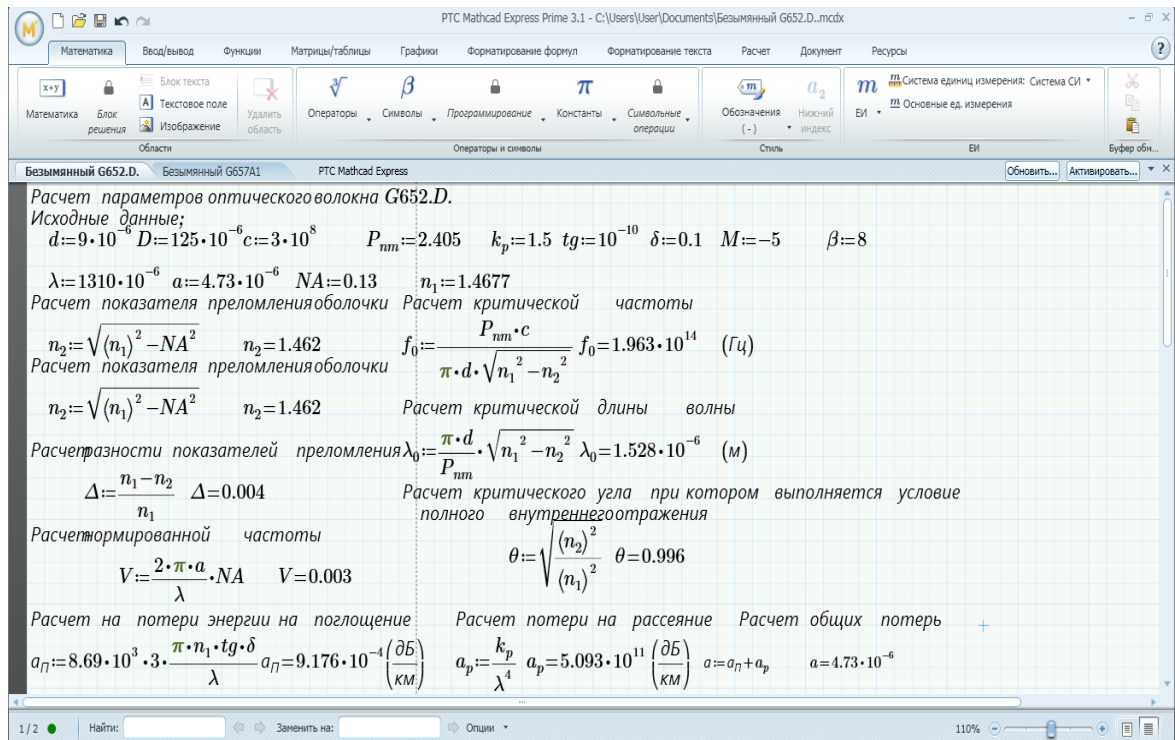


Рисунок В1— Окно параметров оптического волокна G652.D.

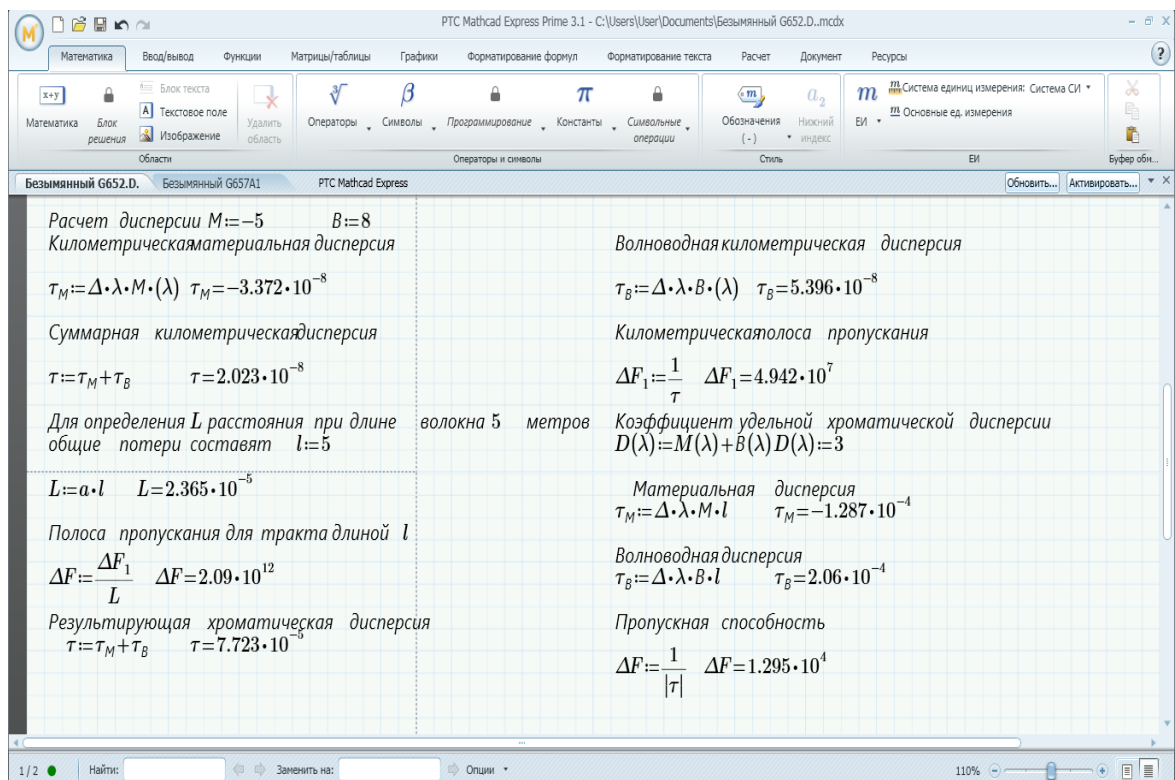


Рисунок В2— Окно параметров оптического волокна G652.D.

Продолжение приложения В

PTC Mathcad Express Prime 3.1 - C:\Users\User\Documents\Безымянный G657A1.mcdx

Математика Ввод/вывод Функции Матрицы/таблицы Графики Форматирование формул Форматирование текста Расчет Документ Ресурсы

Безымянный G652.D. Безымянный G657A1 PTC Mathcad Express

Расчет параметров оптического волокна G657.A1.

Исходные данные;

$$d := 9 \cdot 10^{-6} \quad D := 125 \cdot 10^{-6} \quad c := 3 \cdot 10^8 \quad P_{nm} := 2.405 \quad k_p := 1.5 \quad tg := 10^{-10} \quad \delta := 0.1 \quad M := -18 \quad B := 12$$

$$\lambda := 1550 \cdot 10^{-6} \quad a := 4.5 \cdot 10^{-6} \quad NA := 0.13 \quad n_1 := 1.4679$$

Расчет показателя преломления оболочки

$$n_2 := \sqrt{(n_1)^2 - NA^2} \quad n_2 = 1.462$$

Расчет показателя преломления оболочки

$$n_2 := \sqrt{(n_1)^2 - NA^2} \quad n_2 = 1.462$$

Расчет разности показателей преломления

$$\Delta := \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \Delta = 0.004$$

Расчет нормированной частоты

$$V := \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot NA \quad V = 0.002$$

Расчет на потери энергии на поглощение

$$a_{\eta} := 8.69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot tg \cdot \delta}{\lambda} \quad a_{\eta} = 7.756 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{дБ}}{\text{км}} \right)$$

Расчет потерь на рассеяние

$$a_p := \frac{k_p}{\lambda^4} \quad a_p = 2.599 \cdot 10^{11} \left(\frac{\text{дБ}}{\text{км}} \right)$$

Расчет общих потерь

$$a := a_{\eta} + a_p \quad a = 4.5 \cdot 10^{-6}$$

Расчет критической частоты

$$f_0 := \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad f_0 = 1.963 \cdot 10^{14} \quad (\text{Гц})$$

Расчет критической длины волны

$$\lambda_0 := \frac{\pi \cdot d}{P_{nm}} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \lambda_0 = 1.528 \cdot 10^{-6} \quad (\text{м})$$

Расчет критического угла при котором выполняется условие полного внутреннего отражения

$$\theta := \sqrt{\frac{(n_2)^2}{(n_1)^2}} \quad \theta = 0.996$$

Рисунок В3 – Окно параметров оптического волокна G657.A1.

PTC Mathcad Express Prime 3.1 - C:\Users\User\Documents\Безымянный G657A1.mcdx

Математика Ввод/вывод Функции Матрицы/таблицы Графики Форматирование формул Форматирование текста Расчет Документ Ресурсы

Безымянный G652.D. Безымянный G657A1 PTC Mathcad Express

Расчет дисперсии $M := -18 \quad B := 12$

Километрическая материальная дисперсия

$$\tau_M := \Delta \cdot \lambda \cdot M \cdot (\lambda) \quad \tau_M = -1.699 \cdot 10^{-7}$$

Суммарная километрическая дисперсия

$$\tau := \tau_M + \tau_B \quad \tau = -5.664 \cdot 10^{-8}$$

Для определения L расстояния при длине волокна 5 метров
общие потери составят $l := 5$

$$L := a \cdot l \quad L = 2.25 \cdot 10^{-5}$$

Полоса пропускания для тракта длиной l

$$\Delta F := \frac{\Delta F_1}{L} \quad \Delta F = -7.847 \cdot 10^{11}$$

Результующая хроматическая дисперсия

$$\tau := \tau_M + \tau_B \quad \tau = -1.827 \cdot 10^{-4}$$

Волноводная километрическая дисперсия

$$\tau_B := \Delta \cdot \lambda \cdot B \cdot (\lambda) \quad \tau_B = 1.133 \cdot 10^{-7}$$

Километрическая затененная пропускания

$$\Delta F_1 := \frac{1}{\tau} \quad \Delta F_1 = -1.765 \cdot 10^7$$

Коэффициент удельной хроматической дисперсии

$$D(\lambda) := M(\lambda) + B(\lambda) \quad D(\lambda) := 3$$

Материальная дисперсия

$$\tau_M := \Delta \cdot \lambda \cdot M \cdot l \quad \tau_M = -5.481 \cdot 10^{-4}$$

Волноводная дисперсия

$$\tau_B := \Delta \cdot \lambda \cdot B \cdot l \quad \tau_B = 3.654 \cdot 10^{-4}$$

Пропускная способность

$$\Delta F := \frac{1}{|\tau|} \quad \Delta F = 5.473 \cdot 10^3$$

Рисунок В4 – Окно параметров оптического волокна G657.A1.

Приложение Г **Расчет параметров (ОК) в программном комплексе** **MathcadExpressPrime– 3.1:**

Расчет показателя преломления оболочки:

$$n_1 := 1.4679$$

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

$$n_2 = 1.462$$

Расчет разности показателей преломления:

$$\Delta := \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta = 0.004$$

Расчет нормированной частоты:

$$V := \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot NA$$

$$V = 0.002$$

Расчет критической частоты:

$$f_0 := \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

$$f_0 = 1.963 \cdot 10^{14}$$

Расчет критической длины волны

$$\lambda_0 := \frac{\pi \cdot d}{P_{nm}} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\lambda_0 = 1.528 \cdot 10^{-6}$$

Расчет критического угла θ_c , при котором выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$\theta := \sqrt{\frac{(n_2)^2}{(n_1)^2}}$$

$$\theta = 0.996$$

Потери энергии на поглощение:

$$a_{\Pi} := 8.69 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot tg \cdot \delta}{\lambda}$$

$$a_{\Gamma} = 7.756 \cdot 10^{-4}$$

Потери на рассеяние:

$$a_p := \frac{k_p}{\lambda^4}$$

$$a_p = 2.599 \cdot 10^{11}$$

Общие потери:

$$a := a_{\Gamma} + a_p$$

$$a = 4.5 \cdot 10^{-6}$$

Расчет дисперсии:

$$M := -18 \quad B := 12$$

Километрическая материальная дисперсия:

$$\tau_M := \Delta \cdot \lambda \cdot M \cdot (\lambda)$$

$$\tau_M = -1.699 \cdot 10^{-7}$$

Волноводная кило метрическая дисперсия:

$$\tau_B := \Delta \cdot \lambda \cdot B \cdot (\lambda)$$

$$\tau_B = 1.133 \cdot 10^{-7}$$

Суммарная километрическая дисперсия:

$$\tau := \tau_M + \tau_B$$

$$\tau = -5.664 \cdot 10^{-8}$$

Километрическая полоса пропускания:

$$\Delta F_1 := \frac{1}{\tau}$$

$$\Delta F_1 = -1.765 \cdot 10^7$$

Для определения L расстояния при длине волокна 5 метров общие потери составят

$$L := a \cdot l$$

$$L = 2.25 \cdot 10^{-5}$$

Полоса пропускания для тракта длиной l:

$$\Delta F := \frac{\Delta F_1}{L}$$

$$\Delta F = -7.847 \cdot 10^{11}$$

Коэффициент удельной хроматической дисперсии:

$$D(\lambda) := M(\lambda) + B(\lambda)$$

$$D(\lambda) = 6$$

Материальная дисперсия:

$$\tau_M := \Delta \cdot \lambda \cdot M \cdot l$$

$$\tau_M = -5.481 \cdot 10^{-4}$$

Волноводная дисперсия:

$$\tau_B := \Delta \cdot \lambda \cdot B \cdot l$$

$$\tau_B = 3.654 \cdot 10^{-4}$$

Результирующая (хроматическая) дисперсия:

$$\tau := \tau_M + \tau_B$$

$$\tau = -1.827 \cdot 10^{-4}$$

Пропускная способность:

$$\Delta F := \frac{1}{\tau}$$

$$\Delta F = 5.473 \cdot 10^3$$

Приложение Д

Распределения сплиттеров для домов

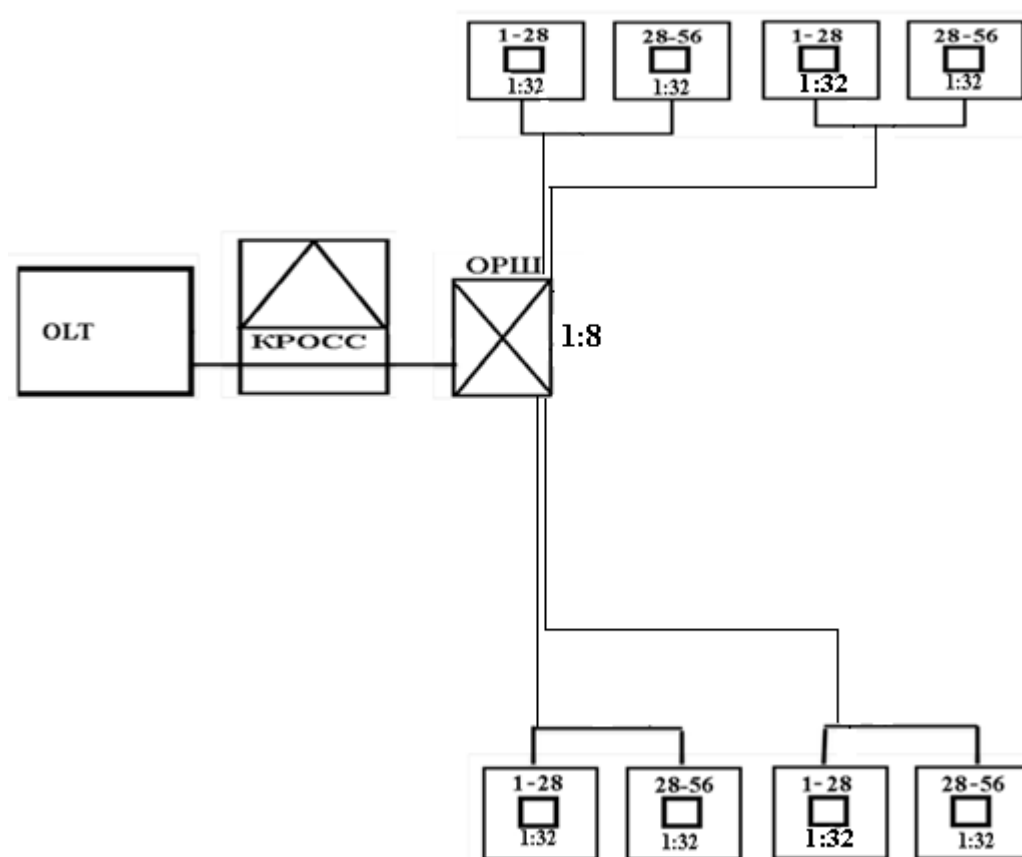


Рисунок Д1 – Схема распределения сплиттеров
(нового жилого комплекса)

Продолжение приложения Д

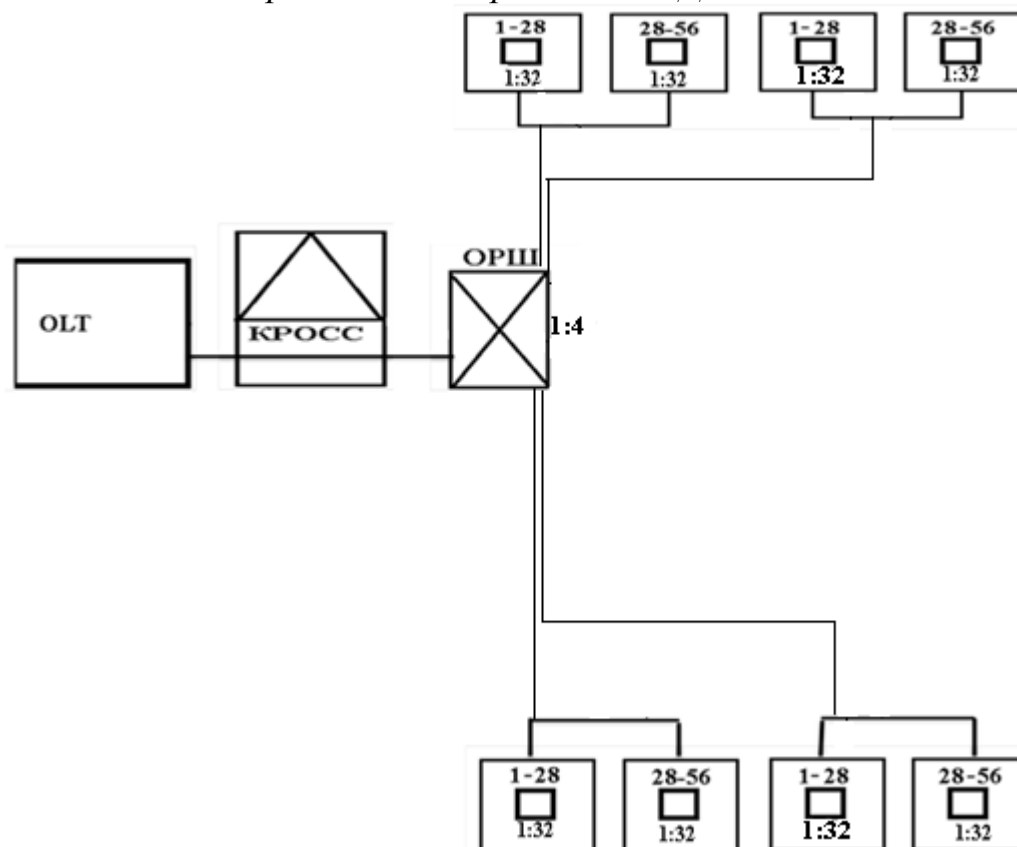


Рисунок Д2— Схема распределения сплиттеров
(микрорайон Алтын Аул)