

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Кафедра информационно-телекоммуникационных систем и технологий

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА
В МИКРОРАЙОНЕ СПАССКИЙ Г. МЦЕНСК**

Выпускная квалификационная работа студента

очной формы обучения

направления подготовки 11.03.02

Инфокоммуникационные технологии и системы связи

4 курса группы 07001208

Картамышева Александра Вячеславовича

Руководитель
ассистент кафедры
информационно-телекоммуникационных
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Бабаринов С.Л.

Рецензент
кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры
информационных систем управления
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Жихарев А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	10
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	22
3.1 Модель доступа Ethernet FTTH	23
3.2 Проект линейно-кабельных сооружений	28
3.3 Выбор оборудования	37
3.4 Схемы организации мультисервисной сети	44
3.5 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта	54
4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ	56
4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг	56
4.2 Трафик IP-телефонии	58
4.3 Трафик IP TVHD	59
4.4 Трафик передачи данных	62
4.5 Оценка требуемой полосы пропускания	64
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ	66
5.1 Смета затрат	66
5.2 Расчет эксплуатационных расходов	67
5.3 Расчёт предполагаемой прибыли	71

					<i>11070006.11.03.02.108.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	Картамышев А.В.				Проектирование мультисервисной сети абонентского доступа в микрорайоне Спасский г. Мценск	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Бабаринов С.Л.						2	92
Рецензент	Жихарев А.Г.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001208</i>		
Н. Контроль	Бабаринов С.Л.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

5.4 Определение оценочных показателей проекта	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А	82

						Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир динамичен и изменчив: провайдеры выбирают всё более эффективные методы ведения бизнеса, и одновременно с этим непрерывно совершенствуются сетевые технологии. В наши дни пользователи рассчитывают на получение прямого доступа к мультимедийным ресурсам в любое время и из любой точки мира. Под этими ресурсами подразумеваются не только традиционные виды данных, но также видео и голосовая информация. Наряду с этим возрастает потребность в средствах организации коллективной работы, позволяющих в реальном времени осуществлять обмен ресурсами между множеством удалённых сотрудников, как если бы они находились в одном офисе.

Различные устройства должны органично взаимодействовать друг с другом для обеспечения быстрого, безопасного и надёжного соединения между узлами. Коммутаторы локальных сетей обеспечивают подключение конечных пользователей к корпоративной сети и главным образом отвечают за управление информацией внутри среды LAN. Маршрутизаторы обеспечивают передачу информации между сетями LAN и, как правило, не взаимодействуют с отдельными узлами. Все современные сервисы зависят от доступности надёжной маршрутизируемой и коммутируемой сетевой инфраструктуры, на основе которой они могут быть построены. Данная инфраструктура должна быть тщательно разработана, правильно развёрнута и организована для обеспечения стабильности платформы.

Объединение сервисов в одну сеть привело к эволюции сетевых технологий от традиционной роли передачи данных в информационную магистраль для обмена данными, передачи голоса и видеосвязи. Для обеспечения надёжной передачи различных типов информации подобная физическая сеть должна быть тщательно разработана и реализована. Для

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

управления такой сложной средой требуется структурированное проектирование.

Разрабатываемые в таких условиях сети должны не только соответствовать ожиданиям абонентов: обладать высокой отказоустойчивостью, высокой скоростью доступа, хорошим откликом, возможностью работы с современным оборудованием и в тоже время поддерживать и взаимодействовать с платформами и сетями связи предыдущих поколений.

Целью данной выпускной квалификационной работы является предоставление абонентам микрорайона «Спасский» города Мценск пакета медиа-услуг как одного из аспектов повышения удовлетворенности населения в инфокоммуникационных услугах, для чего и необходимо построение мультисервисной сети связи абонентского доступа. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Проанализировать существующую инфраструктуру микрорайону;
- Выработать требования к проектируемой сети связи и выбрать наилучший вариант реализации сети;
- Проработать схему строительства линейно-кабельных сооружений;
- Рассчитать прогнозируемую нагрузку на сеть связи;
- Составить смету на необходимое оборудование, линейные и станционные сооружения связи, в том числе затраты на монтаж;
- Выработать рекомендации по проектированию сети.

Практическая значимость работы заключается в разработке конкретных предложений по созданию мультисервисной сети, включая обоснование состава телекоммуникационных услуг, структуры сети и подходов к обеспечению высокой степени надёжности функционирования.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Мценск — город (с 1778) в России, административный центр Мценского района, Орловской области, уездный город Мценского уезда Орловской губернии (1778 — 1925 года), с 1963 года — город областного подчинения, один из крупнейших городов Орловской области; с 2006 года имеет статус городского поселения. [1]

Город расположен на реке Зуше (приток Оки), в 56 км от Орла. На левом (высоком) берегу расположены старый центр города, большинство церквей и железнодорожный вокзал. На правом (низком) берегу находится современный центр города с городской администрацией. Город протянулся с севера на юг 8 км, с запада на восток 4,7 км. Город разделён на 12 микрорайонов, в том числе и несколько микрорайонов элитного жилого фонда. В данный момент ведется застройка нескольких микрорайонов: Спасский и Пригородный. Через город проходит федеральная автодорога М2. Площадь города в настоящее время составляет 20,8 км². [1] Схема расположения микрорайона приведена на рисунке 1.1.

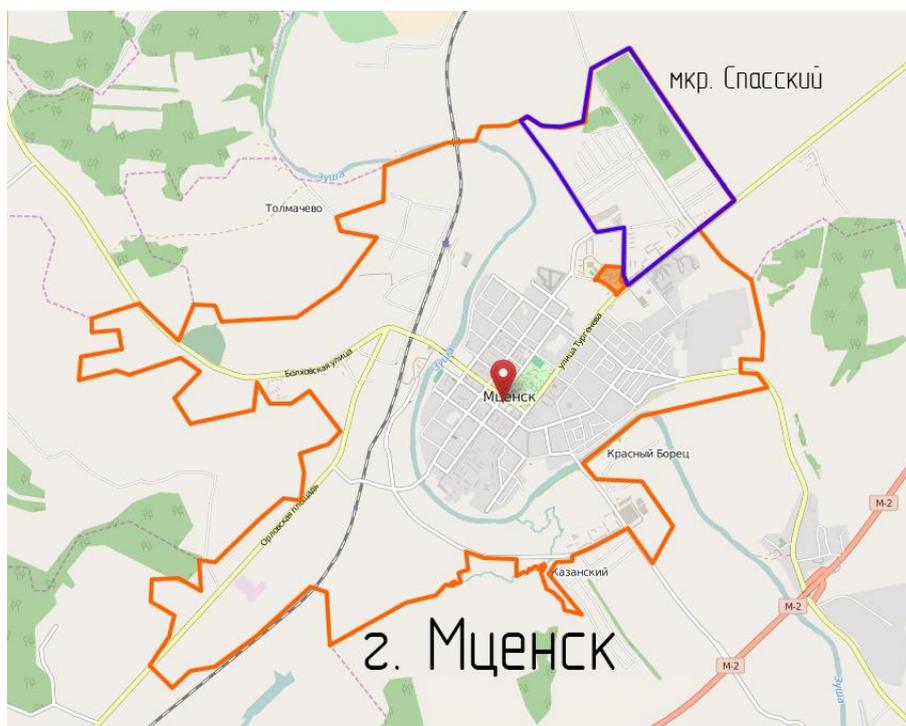


Рисунок 1.1 – Схема расположения микрорайона на карте города

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается микрорайон «Спасский», данный микрорайон является микрорайоном элитной малоэтажной (2-3 этажа) застройки на окраине города (таблица 1.1). Жилой сектор расположен на севере города. Количество домовладений, заявленных застройщиком для подключения к мультисервисной сети абонентского доступа, составляет 346 штук.

Таблица 1.1- Состав жилищного фонда микрорайона «Спасский»

Тип стр.	АМ-1	АМ-2	АМ-3	БС-1	БС-2	ВБ-1	ВБ-2	ВБ-3
Кол-во	55	12	6	1	1	7	6	1
Абонент.	2	4	2	12	8	10	12	14
Общее	110	48	12	12	8	70	72	14

На данной момент не существует возможности подключения к провайдерам широкополосного доступа в виду отсутствия инфраструктуры.

Мобильная связь в жилом секторе представлена стандартом GSM-900/1800 и передача данных возможна по технологии GPRS/EDGE и 3G, т.к. микрорайон находится в зоне радиопокрытия трех мобильных операторов GSM: МТС и Билайн и Мегафон. [2,3,4]

В виду относительной узкополостности радиоканалов и не соответствия их требованиям для предоставления всех заявленных застройщиком услуг (время отклика, джиттер и др.), они не удовлетворяют требованиям абонентов, которые проживают в данном микрорайоне. Поэтому целесообразно предложить решение по реализации мультисервисной сети абонентского доступа в жилом секторе «Спасский» г. Мценск.

Среди услуг, которые, по данным застройщика, будут востребованы в данном жилом секторе: высокоскоростной доступ в Интернет, IP телефония, Видео по запросу, Цифровое телевидение высокой четкости. Застройщик планирует 100% проникновение заявленных услуг в виду предоставления

специального контракта на пользование услугами связи длительностью 5 лет при покупке недвижимости.

Таким образом, необходимо организовать сетевую инфраструктуру, которая будет отвечать высоким запросам абонентов данного жилого сектора.

Основной телекоммуникационный оператор в г. Мценск – Орловский филиал ОАО «Ростелеком». На данный момент Орловский филиал ОАО «Ростелеком» в г. Мценск предоставляет следующие услуги:

1. Стационарная аналоговая телефония;
2. Телефония по сетям передачи данных: VoIP;
3. Цифровое интерактивное телевидение (111 каналов), в том числе 20 каналов в формате FullHD;
4. Высокоскоростной доступ в Интернет до 100 Мбит/с.

Застройщик микрорайона (рисунок 1.2) обязуется построить на территории микрорайона участок телефонно-кабельной канализации, который будет иметь выход на ТКК г. Мценск, принадлежащую и обслуживаемую Орловским филиалом ОАО «Ростелеком», который будет осуществлять строительство сети связи в данном микрорайоне.

Вывод к разделу:

В данной главе была проведена экспликация объекта, для которого выполняется проектирование мультисервисной сети абонентского доступа, даны вводные параметры для реализации проекта: количество абонентских портов и уровень проникновения услуг, Основываясь на проведенной экспликации объекта, будут рассмотрены приемлемые варианты проектирования сети связи с целью предоставления заявленного спектра услуг.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

Для обеспечения максимальной доступности, гибкости, безопасности и удобства эксплуатации мультисервисной сети абонентского доступа в процессе её создания необходимо следовать чётким принципам проектирования. Мультисервисная сеть абонентского доступа должна соответствовать текущим и возможным будущим требованиям к работе сервисов и технологий. Руководство по проектированию мультисервисной сети абонентского доступа построено на принципах, перечисленных ниже.

Иерархичность — упрощает понимание роли каждого устройства на каждом уровне, обеспечивает поддержку в процессе развёртывания, эксплуатации и управления, а также снижает количество неполадок на каждом уровне.

Модульность — способствует безупречному расширению сети и внедрению интегрированных сервисов по мере необходимости.

Отказоустойчивость — обеспечивает бесперебойную работу сети в соответствии с ожиданиями пользователей.

Гибкость — обеспечивает рациональное распределение нагрузки трафика за счёт использования всех сетевых ресурсов.

Перечисленные принципы зависят друг от друга. Именно поэтому крайне важно понимать природу и способы их взаимодействия в рамках коммутируемой сети. Иерархическое проектирование мультисервисной сети абонентского доступа создаёт основу, которая позволяет сетевым разработчикам объединять функции безопасности, мобильности и унифицированной коммуникации. Как показано на рисунке, каркасом иерархического проектирования сетей локального типа являются дважды проверенные и одобренные к применению трёхуровневые и двухуровневые модели.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Три основных уровня в рамках рассматриваемых многоуровневых проектов представляют собой уровни доступа, распределения и ядра. Каждый уровень можно рассматривать как чёткий, структурированный модуль локальной сети, наделённый определёнными ролями и функциями. Введение принципа модульности в иерархическую архитектуру сети даёт дополнительную гарантию — локальные сети модульных конструкций демонстрируют большую надёжность и гибкость в отношении обеспечения важнейших сетевых сервисов. Модульность также способствует расширению сети и внесению изменений, происходящих с течением времени.

Уровень доступа

Уровень доступа представляет периметр сети, где трафик входит или покидает сеть локального типа. Традиционно основная функция коммутатора уровня доступа заключается в обеспечении пользователю сетевого доступа. Коммутаторы уровня доступа подключаются к коммутаторам уровня распределения, которые реализуют технологии сетевой инфраструктуры, такие как маршрутизация, качество обслуживания и безопасность.

Для соответствия требованиям сетевых приложений и конечных пользователей коммутационные платформы нового поколения предоставляют более сошедшиеся, интегрированные и интеллектуальные сервисы для различных типов конечных устройств по периметру сети. Внедрение интеллектуальных функций в коммутаторы уровня доступа обеспечивает более эффективную и безопасную работу приложений сети.

Уровень распределения

Уровень распределения взаимодействует между уровнем доступа и уровнем ядра для обеспечения многих важных функций:

- возможность агрегации больших проводных сетей в коммуникационном шкафу;
- агрегация широковещательных доменов уровня 2 и границ маршрутизации уровня 3;

- предоставление доступа интеллектуальной коммутации, маршрутизации и функций политики доступа к остальной части сети;
- обеспечение высокого уровня доступности ядра для конечных пользователей и наличие маршрутов равной стоимости посредством резервных коммутаторов уровня распределения;
- предоставление дифференцированных услуг различным классам сервисных приложений по периметру сети.

Уровень ядра

Уровень ядра — это сетевая магистраль. Данный уровень объединяет несколько уровней сети локального типа. Уровень ядра служит агрегатором для всех остальных строительных блоков локальной сети и связывает кампус с остальными сегментами сети. Основная задача уровня ядра заключается в обеспечении изоляции сбоев и высокоскоростного магистрального подключения.

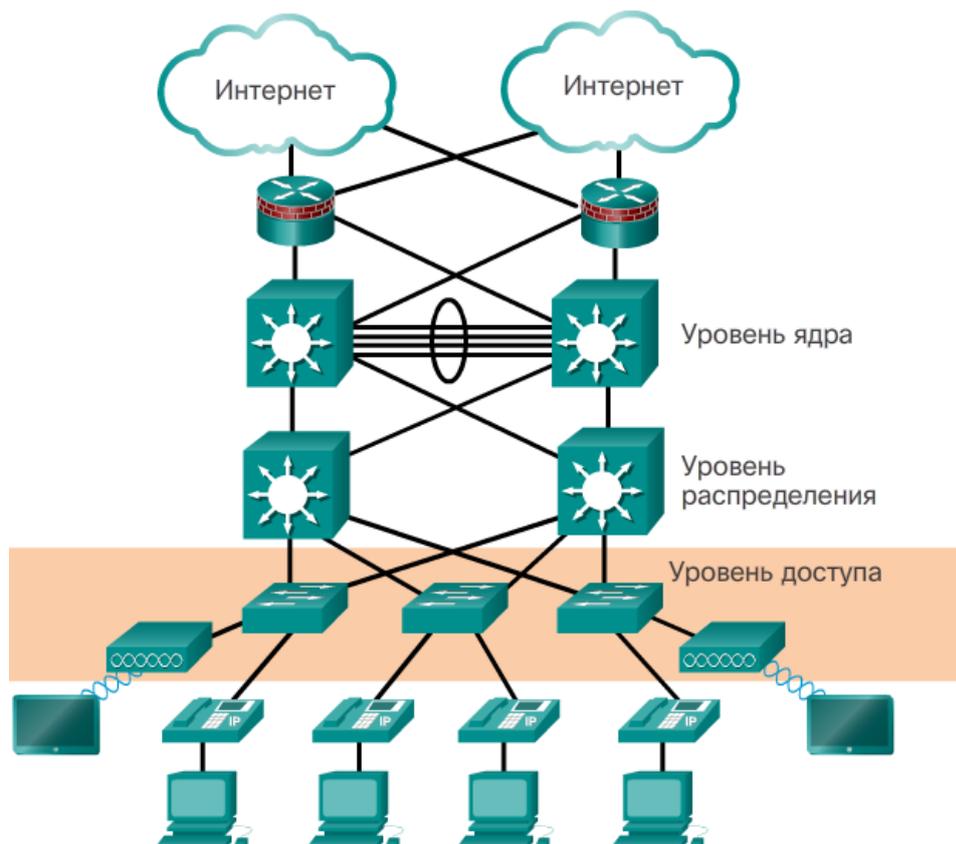


Рисунок 2.1 – Иерархическая структура мультисервисной сети абонентского доступа

На рисунке 2.1 представлена трёхуровневая архитектура сети кампусного типа для организаций, в которых уровни доступа, распределения и ядра являются отдельными уровнями. Для создания упрощённого, масштабируемого, рентабельного и эффективного проекта физической структуры кабельной сети рекомендуется выстраивать физическую топологию сети по типу расширенной звезды от центрального здания до всех остальных зданий в рамках одного комплекса.

В некоторых случаях, ввиду отсутствия ограничений физической или сетевой масштабируемости, не требуется поддержание отдельных уровней распределения и ядра. Разделение между уровнем ядра и уровнем распределения может не понадобиться, когда подразделение кампуса состоит из одного здания или в небольшой локальной сети, в которой количество пользователей, подключенных к сети, невелико. При таком сценарии рекомендуется использовать альтернативную двухуровневую схему локальной сети, также называемую свёрнутой базовой сетью.

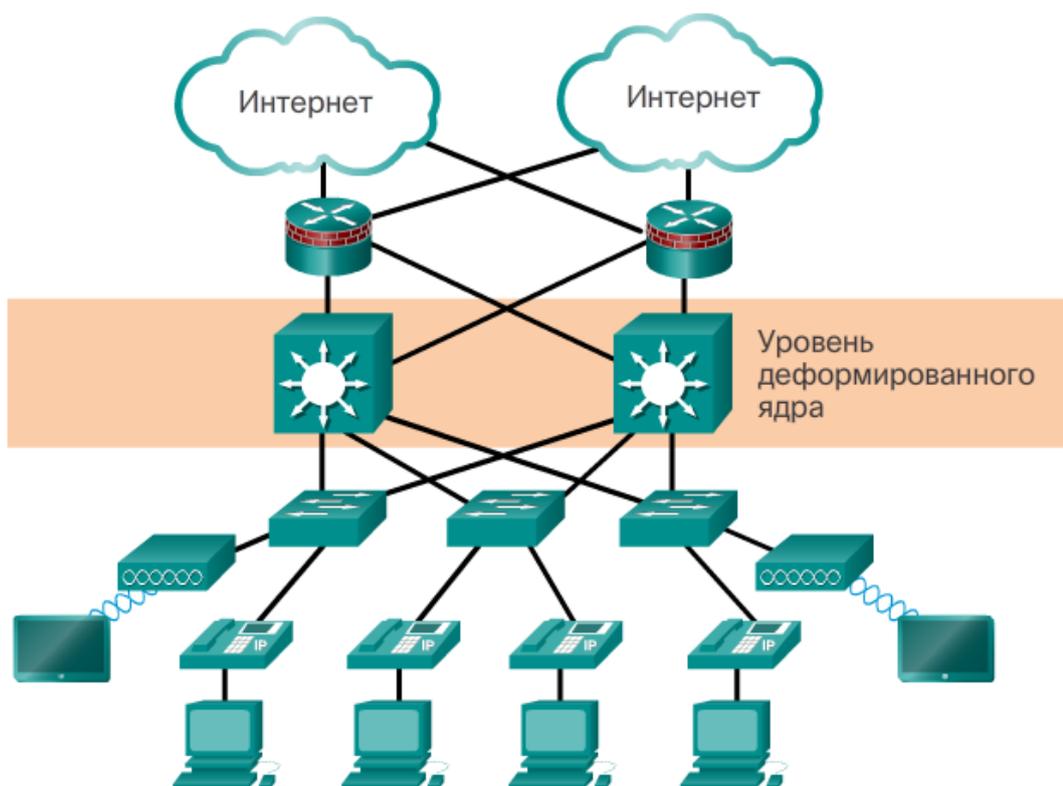


Рисунок 2.2 – Двухуровневая структура мультисервисной сети абонентского доступа

На рисунке 2.2 приведён пример двухуровневого проектирования локальной сети для комплекса зданий предприятия, где уровни распределения и ядра свёрнуты в единый уровень.

Многие специалисты [5,6] в области телекоммуникаций рекомендуют использовать для развертывания новых мультисервисных сетей абонентского доступа архитектуру FTTH. FTTH расшифровывается как Fiber to the Home, что можно перевести как “Оптическое волокно до жилища”.

На первый взгляд, строительство сети FTTH — это очень трудоемкий и, соответственно, дорогостоящий процесс, но опыт подсказывает, что основные затраты при развертывании сети FTTH приходятся на строительные работы, а стоимость самого оптоволоконного кабеля составляет относительно небольшую часть. Это означает, что в случае необходимости проведения строительных работ количество прокладываемого оптоволоконного кабеля уже не имеет большого значения.

Строительство сети FTTH — это очень трудоемкий и, соответственно, дорогостоящий процесс. Опыт подсказывает, что основные затраты при развертывании сети FTTH приходятся на строительные работы, а стоимость самого оптоволоконного кабеля составляет относительно небольшую часть. Это означает, что в случае необходимости проведения строительных работ количество прокладываемого оптоволоконного кабеля уже не имеет большого значения. Более того, хотя жизненный цикл сети FTTH и ее электронных компонентов составляет несколько лет, оптоволоконный кабель и оптическая распределительная сеть имеют более длительный срок службы (по крайней мере, 30 лет). Такая долговечность и большие затраты на построение предполагают высокие требования к правильному проектированию оптоволоконных линий. После того как прокладка кабеля завершена, внесение изменений потребует больших затрат. [6]

Архитектуры развернутых сетей FTTH можно разделить на три основные категории [7]:

- «Кольцо» Ethernet-коммутаторов
- «Звезда» Ethernet-коммутаторов
- «Дерево» с использованием технологий пассивной оптической сети

Архитектуры на базе Ethernet

Необходимость быстрого вывода на рынок и снижения стоимости для абонентов привели к появлению сетевой архитектуры на базе Ethernet-коммутации. Передача данных по сети Ethernet и Ethernet-коммутация стали приносить доход на рынке корпоративных сетей и привели к снижению цен, появлению законченных продуктов и ускорению освоения новых продуктов. В основе первых европейских проектов сетей Ethernet FTTH лежала архитектура, при которой коммутаторы, расположенные на цокольных этажах многоквартирных домов, были объединены в кольцо по технологии Gigabit Ethernet. Эта структура обеспечивала прекрасную устойчивость к различного рода повреждениям кабеля и была весьма рентабельной, но к ее недостаткам можно было отнести разделение полосы пропускания внутри каждого кольца доступа (1 Гбит/с), что давало в перспективе сравнительно небольшую пропускную способность, а также вызывало трудности масштабирования архитектуры. Затем широкое распространение получила архитектура Ethernet типа «звезда» (рисунок 2.3). Такая архитектура предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий (обычно одномодовых, одноволоконных линий с передачей данных Ethernet по технологии 100BX или 1000BX) от каждого оконечного устройства к точке присутствия (point of presence, POP), где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых домах, домовладениях или многоквартирных домах, на цокольных этажах которых располагаются коммутаторы, доводящие линии по всем домовладениям с помощью соответствующей технологии передачи. [6,7]

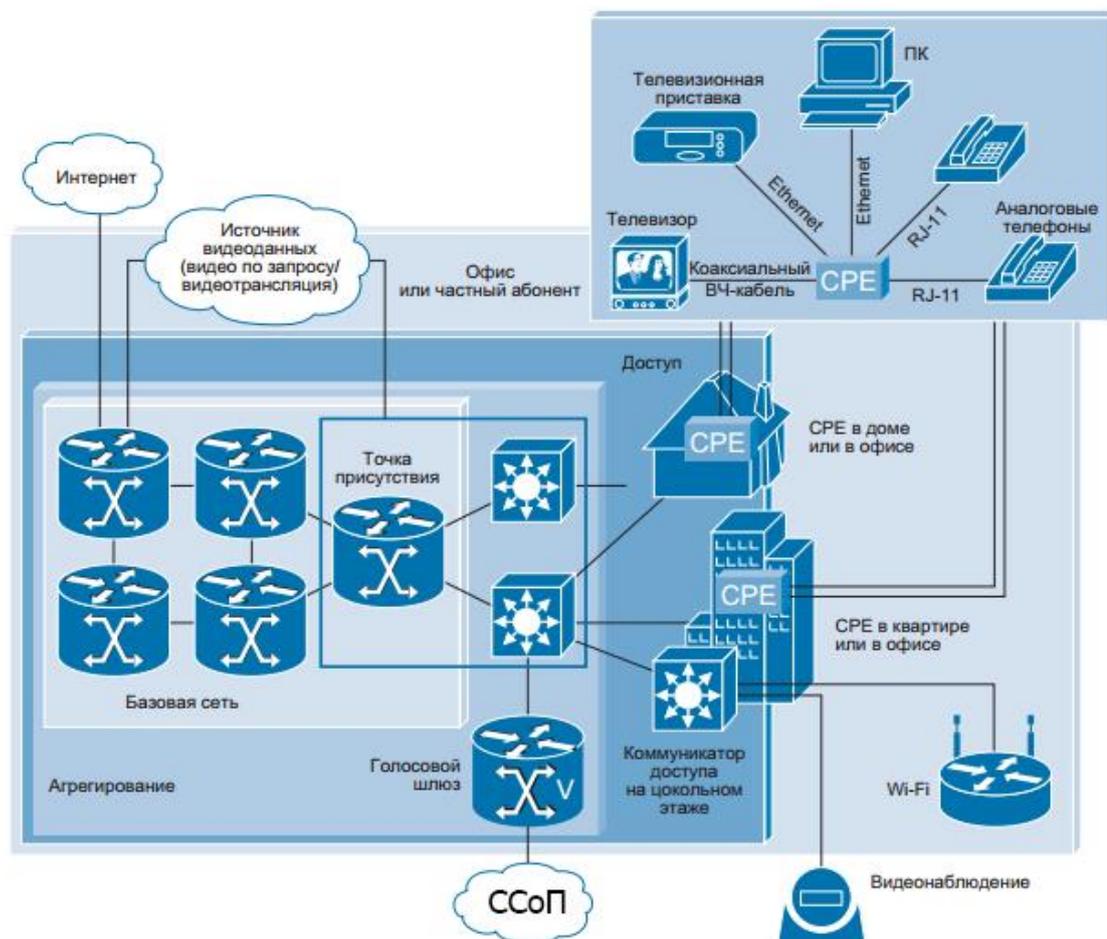


Рисунок 2.3 – Архитектура Ethernet FTTH с топологией “звезда”

Архитектуры на базе PON

При использовании архитектуры на базе пассивной оптической сети PON для развертывания сетей FTTH оптоволоконная линия распределяется по абонентам с помощью пассивных оптических разветвителей с коэффициентом разветвления до 1:64 или даже 1:128. Архитектура FTTH на базе PON обычно поддерживает протокол Ethernet. [6] В некоторых случаях используется дополнительная длина волны нисходящего потока (downstream), что позволяет предоставлять традиционные аналоговые и цифровые телевизионные услуги пользователям без применения телевизионных приставок с поддержкой IP. На рисунке 2.4 изображена типичная пассивная оптическая сеть PON, в которой используются различные терминаторы оптической сети (optical network termination, ONT) или устройства оптической сети (optical network unit, ONU).

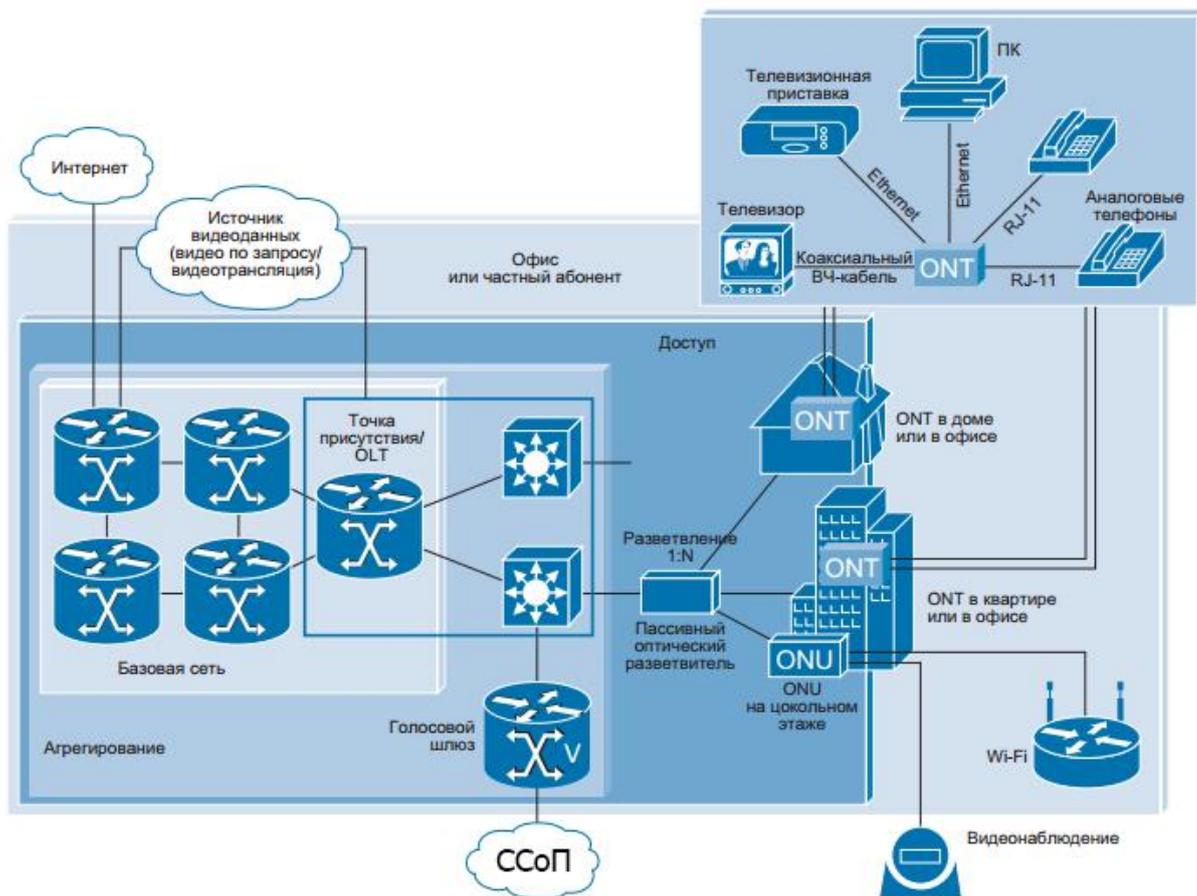


Рисунок 2.4 – Архитектура PON FTTH с топологией “дерево”

Далее необходимо рассмотреть преимущества и недостатки каждого вида реализации FTTH, чтобы принять окончательное решение по выбору пути реализации мультисервисной сети абонентского доступа в микрорайоне Спасский г. Мценск.

Необходимо указать на следующие недостатки архитектуры PON:

- Необходимость шифрования данных;
- Общая полоса пропускания;
- Необходимость обеспечения большой мощности оптического сигнала;
- Высокие требования к ONT и OLT для обеспечения высокой рабочей скорости передачи данных;
- Проблемы при миграции технологий;
- Проблемы при устранении неисправностей на линейных участках;
- Отсутствие поддержки технологии LLU.

В таблице 2.1 приведены основные проблемы, с которыми придется столкнуться при проектировании сети архитектуры FTTH.

Таблица 2.1- Проблемы, связанные с расходами на эксплуатацию архитектур [7]

Проблема	«Точка-точка» Ethernet FTTH	Пассивная оптическая сеть PON
Планирование ресурсов при доступе	Просто: выделенная оптоволоконная линия	Сложно: общая передающая среда, абоненты взаимозависимы
Правила проектирования	Просто: выделенная оптоволоконная линия	Сложно: необходимость выполнения работ для всех абонентов в дереве PON
Поиск и устранение неисправности оптоволоконной линии	Просто: однозначное определение места сбоя посредством измерения методом отраженных волн (рефлектометром)	Сложно: трудно определить местонахождение сбоя за разветвителем
Управление ключом шифрования	Не требуется	Требуется
Эффективность использования полосы пропускания	Оптимальная: нет ограничений	Ограниченная: передача служебных данных протокола управления циклов синхронизации), передача служебных данных шифрования
Модернизация технологии или полосы пропускания	Просто: может выполняться для каждого абонента индивидуально	Сложно: одновременная замена всего активного оборудования или наложение другой длины волны
Переход клиента к другому провайдеру	Переключение линии на оптической распределительной стойке (кроссе) или изменение конфигурации (перевод трафика)	Изменение конфигурации (перевод трафика)
Подключение нового абонента	Подключение линии на оптической распределительной стойке и конфигурирование коммутатора, что компенсируется экономией капитальных затрат	Конфигурирование OLT
Перерыв в работе вследствие обрыва кабеля	Больше, если ближе к точке присутствия (больше оптоволоконных линий надо восстанавливать), меньше, если ближе к абоненту (более простая диагностика)	Меньше, если ближе к точке присутствия (меньше оптоволоконных линий надо восстанавливать), больше, если ближе к абоненту (сложная диагностика)

Развертывание оптоволоконных линий связи в жилых районах — это огромные инвестиции, которые будут приносить отдачу в течение следующих 30-40 лет. Хотя каждая схема развертывания сети FTTH имеет свои достоинства, велик риск того, что экономия в краткосрочной перспективе на затратах в оптоволоконную инфраструктуру при использовании архитектуры FTTH на базе PON может существенно ограничить на будущее использование дорогостоящей оптоволоконной инфраструктуры, если не будут проведены дополнительные инвестиции. [9]

Выводы к разделу:

Исходя из перечисленного во второй главе, наиболее целесообразно будет построение сети абонентского доступа на базе технологии FTTH с использованием активной технологии маршрутизации, канального протокола передачи Ethernet.

Статьи издержек на строительство FTTH-сети очевидны и легко поддаются анализу. Основные расходы следующие:

- Строительно-монтажные работы по прокладке кабеля;
- Пассивное линейное хозяйство – кабели, стойки, муфты, кроссы, и т.д.
- Активное коммутационное оборудование – коммутаторы, маршрутизаторы, BRAS и др.
- Активное серверное оборудование – серверы, терминалы управления;
- Программное обеспечение для серверного оборудования;
- Планирование сети и управление проектом.

Доля каждой из этих статей в общей сумме затрат может варьироваться для различных проектов. Причем могут действовать нормативы калькуляции расходов, принятые для определенной местности или страны. Примерное распределение статей расходов на строительство мультисервисной сети абонентского доступа представлены на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5– Статьи расходов на строительство ФТТН сети

Коммерческий успех разрабатываемого проекта во многом зависит от пакета услуг, который, например, содержит высокоскоростное соединение с интернетом, VoIP, IPTV и видео по запросу.

Для построения современной мультисервисной сети абонентского доступа целесообразно использовать стек протоколов TCP/IP и протокол канального уровня Ethernet IEEE 802.3. Структурированная кабельная система для сети должна создаваться основываясь на следующих нормативных актах:

- 1) Международный стандарт ISO/IEC IS 11801-2002 Information Technology. Generic cabling for customer premises;
- 2) ГОСТ Р 53246-2008;
- 3) ГОСТ Р 53245-2008;
- 4) ГОСТ 21.406-88;
- 5) Нормативные документы вендоров к выбранному оборудованию и кабелям связи.

В качестве основы для проектирования сети будет использована структура сети, представленная на рисунке 2.2, т.е. концепция деформированного ядра.

В качестве среды передачи для распределительной сети целесообразно

использовать одномодовое оптическое волокно, для горизонтальной кабельной разводки в описанных нами условиях целесообразно использовать оптическое волокно для внутридомовой прокладки. На рисунке 2.6 представлена обобщенная схема организации участка доступа мультисервисной сети абонентского доступа, основываясь на которой будет, осуществляется более детальное проектирование мультисервисной сети абонентского доступа.

FTTH Ethernet "star" topology

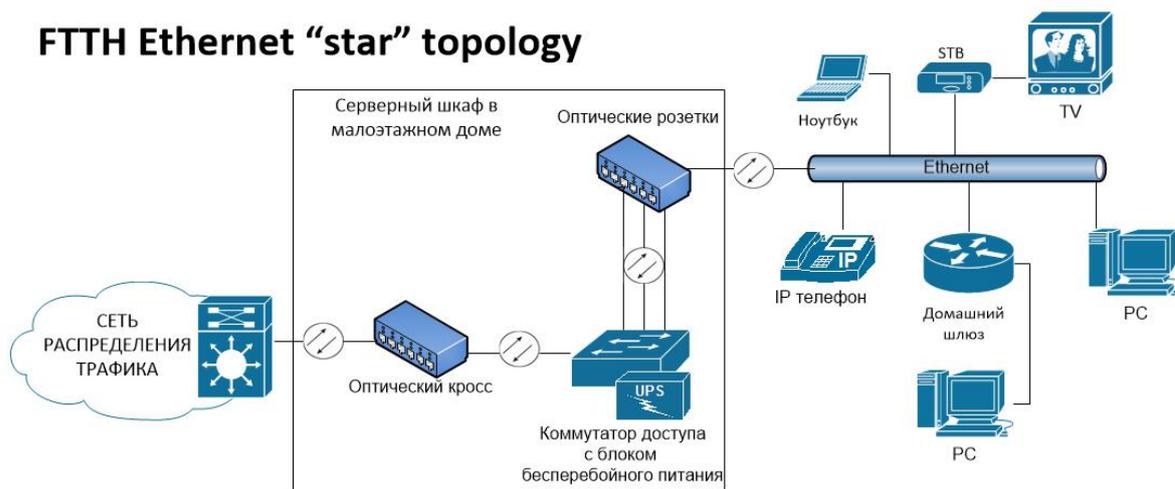


Рисунок 2.6 – Схема организации мультисервисной сети абонентского доступа

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

Прежде чем приступать к выполнению проекта мультисервисной сети абонентского доступа, необходимо провести расчет нагрузок на сетевую инфраструктуру проектируемой сети микрорайона «Спасский» города Мценск Орловской области, необходимо выбрать виды предоставляемых услуг, а также определить предполагаемое количество абонентов, пользующихся данными услугами.

Количество частных домовладений, предлагаемых к подключению в микрорайоне, составляет 346 домохозяйств. Соответственно необходимо разработать сеть, которая позволит поддерживать 346 абонентских портов и предоставлять услуги доступа в Интернет, цифрового телевидения высокой чёткости, видео по запросу и IP-телефонии.

Определим количество абонентов, которые будут пользоваться различными типами услуг по формуле (3.1):

$$N_{service} = Z_{service} * N_t, \text{ абонентов} \quad (3.1)$$

где Z – процент проникновения услуги;

Количество абонентов имеющих высокоскоростной доступ в сеть Интернет, уровень проникновения 100%:

$$N_{service} = 1 * 346 = 346 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов IP TVHD, уровень проникновения 100%:

$$N_{service} = 1 * 346 = 346 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов VoIP, уровень проникновения 100%:

$$N_{service} = 1 * 346 = 346 \text{ абонентов.}$$

В данной выпускной квалификационной работе предлагается для организации абонентского доступа в микрорайоне «Спасский» г. Мценск применить технологию Ethernet на базе оптической распределительной

архитектуры FTTH для построения мультисервисной сети абонентского доступа.

По мере роста требований к пропускной способности на сетях широкополосного доступа становится ясно, что единственная сетевая архитектура, которая может обеспечить все требования на десятки лет вперед - это FTTH Fiber-To-The-Home, оптика до домохозяйства.

Абоненты локальных сетей становятся все более требовательны к качеству предоставляемых услуг. Сетям связи необходимо быстро адаптироваться к потребностям пользователей в новых сервисах.

FTTH стимулирует спрос на новые широкополосные сервисы и услуги, использующие HD и Ultra HD видео – удаленная медицина, удаленное обучение, развлечения и т.д. Так как архитектура FTTH позволяет обеспечить широкополосный доступ, по которому возможно предоставление пакетов услуг TriplePlay.

Ethernet FTTH является простым и наилучшим решением с точки зрения долгосрочных инвестиций. Так как от узла доступа до каждого пользователя прокладывается отдельное оптическое волокно, то каждый пользователь может быть обеспечен «неограниченной» скоростью (в настоящее время – это 1Гбит/с и большая в будущем). [8,9]

3.1 Модель доступа Ethernet FTTH

Требуемые сетевые элементы для реализации мультисервисной сети:

1. Уровень деформированного ядра:

- Коммутаторы агрегации третьего уровня;
- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Устройство обеспечения бесперебойного питания (UPS);
- Оборудование для предоставления услуг (серверы);
- Оборудование управления и мониторинга сети;

- Рабочее место администратора;
- Оптические трансиверы;
- Кроссовое оборудование;
- Патчкорды оптические.

2. Уровень доступа:

- Коммутатор второго уровня;
- Оптические трансиверы;
- Шкаф антивандального исполнения;
- Оборудование телеметрии;
- Устройство обеспечения бесперебойного питания UPS;
- Кроссовое оборудование;
- Патчкорды оптические.

3. Уровень пользователя:

- Домашние шлюзы пользователей;
- STB – декодеры для IP-TV;
- IP телефоны;
- Розетки оптические;
- Патчкорды оптические;
- Патчкорды UTP5e.

Цель решения FTTH заключается в надежной передаче данных, речи и видео по широкополосной оптической среде на долгосрочный период эксплуатации, обеспечивающее минимальные расходы на поддержание инфраструктуры при поддержании высокого качества предоставляемых услуг, по сравнению с конкурентными технологиями.

Технология FTTH получила широкое распространение в странах западной Европы и США. Данная технология в основном используется для корпоративных локальных сетей и мультисервисных сетей доступа.

Технология FTTH представляется лучшим широкополосным решением для абонентского доступа. Она практически избавлена от ограничений по

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

скорости и расстоянию. Помимо этого, инфраструктура для FTTH имеет наибольший срок службы среди всех технологий доступа.

Основные функциональные особенности решения FTTH:

- Размещение активного оборудования доступа;
- Организация коммутации оптических линий связи;
- Защита оборудования от внешних воздействий;
- Возможность удаленного мониторинга объекта;
- Возможность обеспечения оборудования резервным источником

питания.

В состав решения FTTH на уровне абонентского доступа должно входить:

1. Стальной конструктив для размещения оборудования:

- Емкость 6-8 U;
- Толщина металла 1,5 мм;
- 19" направляющие для крепления стандартного, телекоммуникационного оборудования.

2. Кроссовое оборудование:

- Кросс оптический, предназначенный для разводки волоконно-оптического волокна, в сборе.

3. Коммутатор доступа.

4. Система удаленного мониторинга объектов связи:

- Датчики: влаги, пожара, дыма, вибрации;
- Мониторинг и снятие показаний электропитания.

5. Система электропитания:

- Источник бесперебойного питания;
- Система заземления;
- Автоматический выключатель на 16А;
- Блок розеток на 6 портов, в исполнении 19", 1U;
- DIN рейка для крепления в 19" конструктив, 3U.

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

На схеме ниже, рисунок 3.1, представлено распределение абонентов по группам зданий, исходя из данных, указанных в таблице 1.1, а также исходя из условия использования коммутаторов доступа с количеством портов 24. Однако, исходя из требования к резервированию, рекомендуется использовать 75-90% портов для подключения активных устройств.



Рисунок 3.1 – Схема распределения абонентов микрорайона “Спасский”

						Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Исходя из представленной выше схемы можно сделать вывод, о количестве коммутаторов доступа, которые необходимы для предоставления услуг связи. Количество коммутаторов на группу зданий равно 13 штук. Количество коммутаторов на одно здание равно 8 штук. Итоговое количество коммутаторов доступа – 21 штука.

На рисунке 3.2 представлена схема организации связи согласно предложенной концепции.

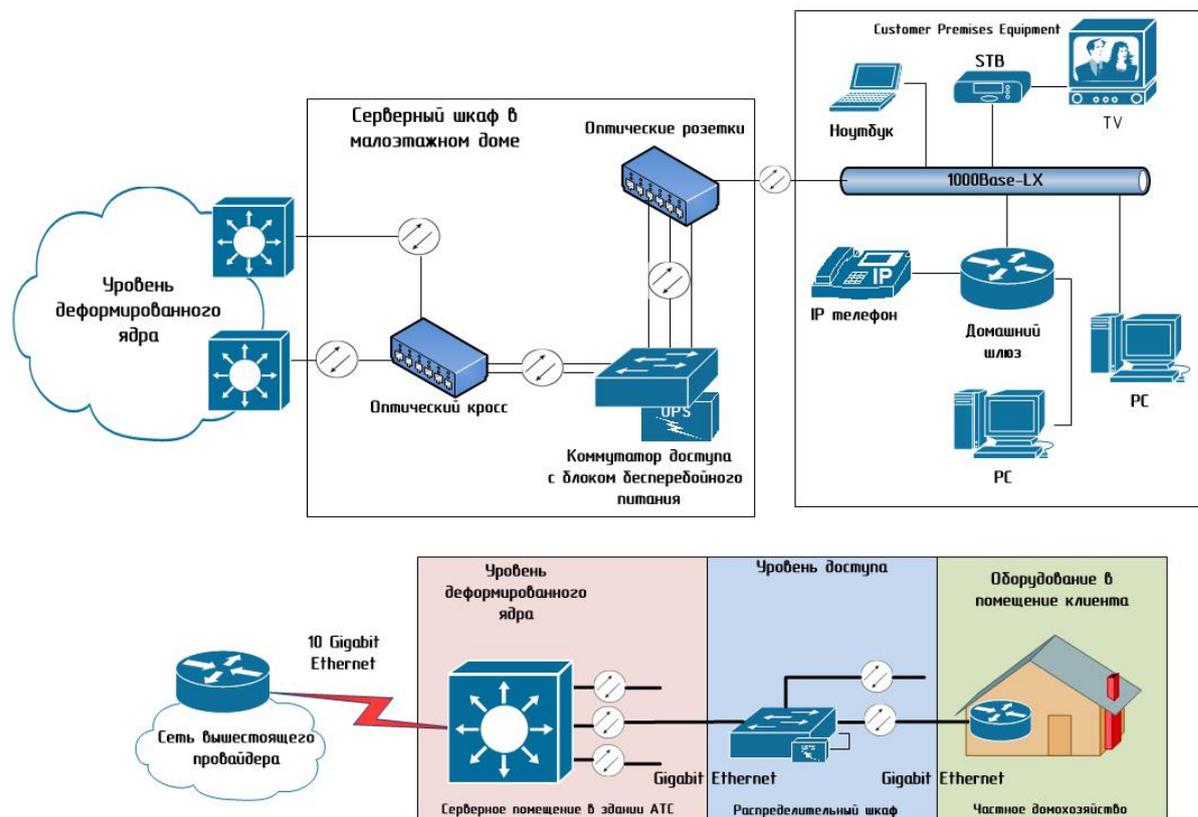


Рисунок 3.2 – Схема организации сети Ethernet FTTH

Рационально использовать следующие протоколы Ethernet спецификации IEEE 802.3 на различных иерархических уровнях сети:

1. На уровне доступа: **1000BASE-LX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий одномодовое волокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя зависит только от типа используемых приемопередатчиков и, как правило, составляет от 5 до 50 километров. Скорость до 1000 Мбит/с. Два канала 1000BASE-LX идут на уровень деформированного ядра и по одному

каналу приходится на каждого абонента. Коммутаторы уровня деформированного ядра находятся в специальных 19 дюймовых стойках в серверном помещении.

2. На уровне деформированного ядра и предоставления услуг, для соединения с уровнем группового доступа и предоставления услуг будет использован стандарт IEEE 802.3ae **10GBASE-LX4** — технология 10-гигабитного используется оптический кабель и коннекторы FC. Уровень ядра является основным уровнем и оборудование, и каналы связи должны отвечать требованиям максимальной надежности. Уровень выполняет функции маршрутизации трафика и сопряжение с вышестоящими провайдерами.

3.2 Проект линейно-кабельных сооружений

При проектировании линейных сооружений местных сетей связи выбор типов и марок кабелей, а также их емкости, должен производиться в зависимости от назначения кабельной линии, условий прокладки в соответствии с РД, ТУ и ГОСТами, на основании характеристик (таблица 3.1) и технико-экономических показателей.

В данном проекте наиболее рационально будет использование подвешенного оптического кабеля, в виду наличия опор электроснабжения, по которым возможно провести оптические линии связи.

Оптические кабели выпускаются для разных условий прокладки и монтажа, поэтому отличаются назначением и конструктивными элементами, обеспечивающими защиту от воздействия окружающей среды. В соответствии с их особенностями оптические кабели подразделяются на линейные (наружной прокладки) и объектовые (для прокладки внутри зданий). [10,11]

Подвесные волоконно-оптические кабели могут быть использованы в труднодоступных для подземной прокладки местах: зонах вечной мерзлоты,

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

скальных грунтах и т. п. С развитием волоконно-оптических сетей подвесные ВОК нашли применение не только на воздушных линиях связи, но и на линиях электропередачи. Кабели типа ОКА выпускаются с допустимым растягивающим усилием до 20 кН. Силовой элемент кабелей выполнен из арамидных нитей. Кабели этого типа могут использоваться на линиях электропередачи, рассчитанных на напряжение до 110 кВ. В кабеле типа ДПОм (рисунок 3.3) в качестве несущей использован стальной трос в изоляции

Таблица 3.1 – Характеристики оптического кабеля

Характеристики	Тип кабеля				
	Магистральный	Городской	Подвесной	Внутриобъектовый	
Центральный силовой элемент	Т, П ¹	Т, П	П	Т	–
Количество оптических волокон в модуле, шт.	1...6	1...6	1...6	1	1
Количество модулей, шт.	6 или 8	6 или 8	6	8 или 12	1, 2
Диаметр модуля, мм	2,0	2,0	2,0	1,2 или 0,9	–
Максимальный наружный диаметр кабеля (Ø), мм					
6 модулей в кабеле	15	15	–	10,5	0,9 или 2,9
8 модулей в кабеле	17,5	16	–		
Минимальный радиус изгиба кабеля (при <i>t</i> не ниже –10 °С)	20 Ø	20 Ø	20 Ø	15 Ø	15 Ø
Допустимое растягивающее усилие кабеля, Н	☒ 10000	☒ 3500	☒ 3500	☒ 500	☒ 10
Температура эксплуатации, °С	–40...+50	–40...+50	–60...+60	–10...+50	–10...+50
Допустимое раздавливающее усилие, Н/см	☒ 1000	☒ 1000	☒ 100... ...500 ²	☒ 50	☒ 10
Масса кабеля, кг/км	336...559	190...240	170...202	112...116	–
Строительная длина кабеля, км	☒ 2	☒ 2	☒ 2	☒ 0,3	☒ 0,3
¹ Т — стальной трос в изоляции; П — стеклопластиковый пруток. ² Для кабелей марки ОКА-...					

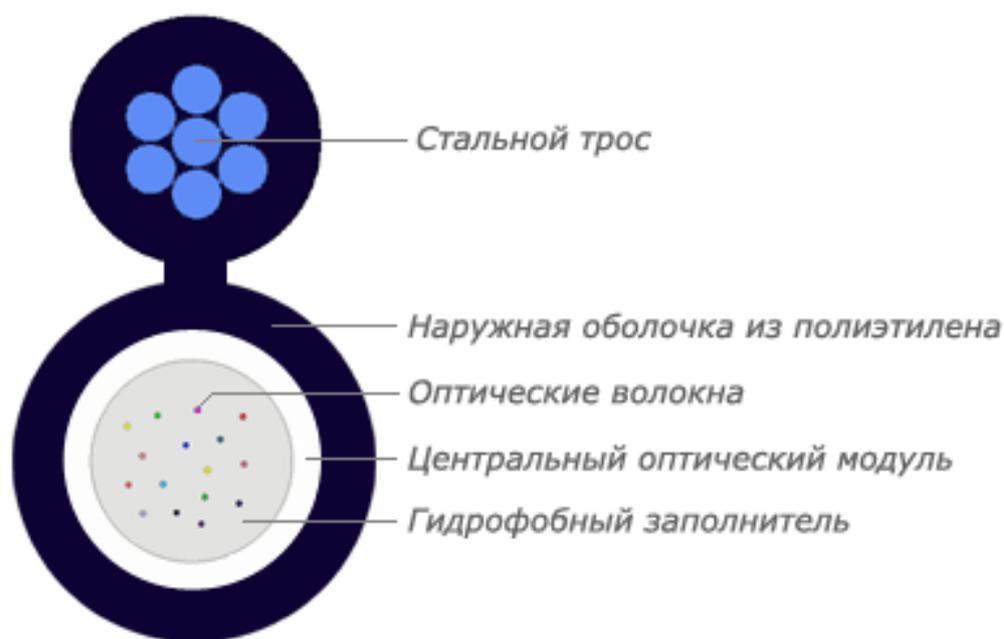


Рисунок 3.3 – Конструкция оптического кабеля типа ДПОм

В соответствии с требованиями и нормами по проектированию линейных сооружений, согласно РД 45.120-2000, ГОСТ Р 53245-2008 для данного проекта был выбран оптический кабель ДПОм-П-24У 3x8 6кН для подвеса на опорах связи и электропередач.

Кабель содержит сердечник модульной конструкции с центральным силовым элементом из диэлектрического стержня, вокруг которого скручены оптические модули со свободно уложенными волокнами. Свободное пространство в оптических модулях и в сердечнике кабеля заполнено гидрофобным гелем. В качестве подвесного элемента используется стальной трос. На сердечники подвесной элемент накладывается оболочка из полиэтилена средней плотности. [20] Характеристики оптического кабеля типа ДПОм представлены в таблице 3.2.

						Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Таблица 3.2– Основные параметры кабеля ДПОм

Максимально допустимая растягивающая нагрузка кабеля, кН	5,9
Допустимая монтажная растягивающая нагрузка, кН	1,5
Максимально допустимая монтажная растягивающая нагрузка, кН	3,5
Масса кабеля, кг/км	116
Наружный диаметр кабеля, мм	8,8
Наружный диаметр по тросу, мм	5,8
Площадь поперечного сечения троса, мм ²	6,2
Модуль упругости начальный, кН/мм ²	125
Модуль упругости конечный, кН/мм ²	125
Модуль упругости после вытяжки, кН/мм ²	125
Минимально допустимый радиус изгиба кабеля, мм	176
Температурный коэффициент линейного расширения, *10 ⁻⁶ , 1/°С	13
Минимальная температура эксплуатации, °С	-60
Максимальная температура эксплуатации, °С	70
Минимально допустимая температура монтажа, °С	-30

В процессе эксплуатации подвесной оптический кабель (ОК) постоянно подвергается воздействию механической нагрузки, значение которой изменяется при изменении климатических условий: температуры, направлению и силы ветра, гололеда, налипания снега. Проектировщик воздушной линии связи должен рассчитать для заданной климатической зоны длину пролета и стрелы провиса ОК между опорами, при которых растягивающая нагрузка, действующая на ОК, никогда не превышает максимально-допустимую для конкретного типа ОК. Условия монтажа ОК должны быть такими, чтобы ОК не был подвергнут воздействию недопустимо высокого растягивающего, раздавливающего или ударного воздействия не только во время монтажа, но и в процессе всего последующего периода эксплуатации. Нарушение этих требований приводит к повреждению ОК и, как следствие, к росту оптических потерь в оптических волокнах. [17,18]

Опоры связи, на которых планируется размещение кабеля, находятся на расстоянии не более 30 метров друг от друга, перепад высот от опоры к опоре не превышает 0.5 метра. Тип опор связи - УОА10-1. Оптический кабель будет размещен на отдельных стойках, что обеспечивает дополнительную защиту

кабеля. Расчет необходимых параметров для монтажа производился в программе Программа расчета подвесных ВОЛС фирмы Инкаб (рисунок 3.4). Монтажные таблицы и подробные характеристики, касающиеся особенностей эксплуатации кабеля представлены в приложении А.

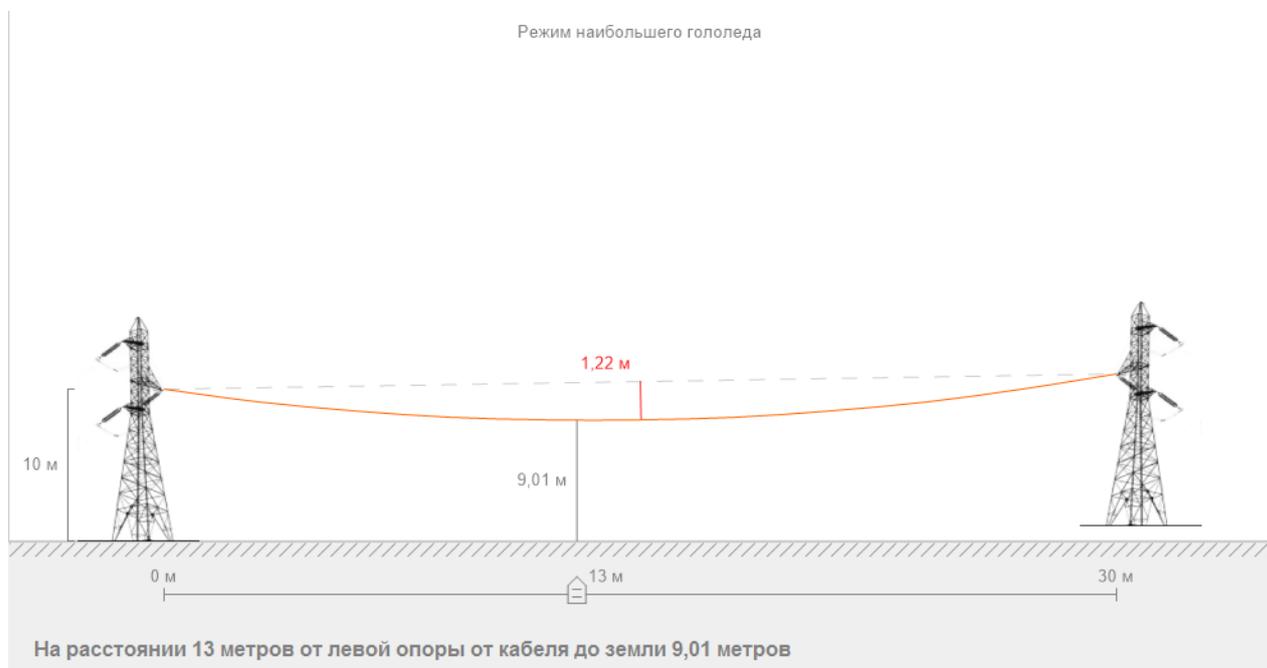


Рисунок 3.4 – Расчет максимального допустимого провеса при монтаже на опорах связи

Подвес кабелей на опорах является наиболее эффективным и дешёвым методом прокладки кабелей абонентской разводки на распределительном сегменте сети. Главное преимущество такой прокладки – это использование существующих опорных конструкций без необходимости раскапывать грунт или прокладывать каналы кабельной канализации. Использование современных методов, механизмов и приспособлений позволяет быстро и просто выполнять подвес. [29]

Предлагаемый принцип монтажа оптического кабеля представлен на рисунке 3.5

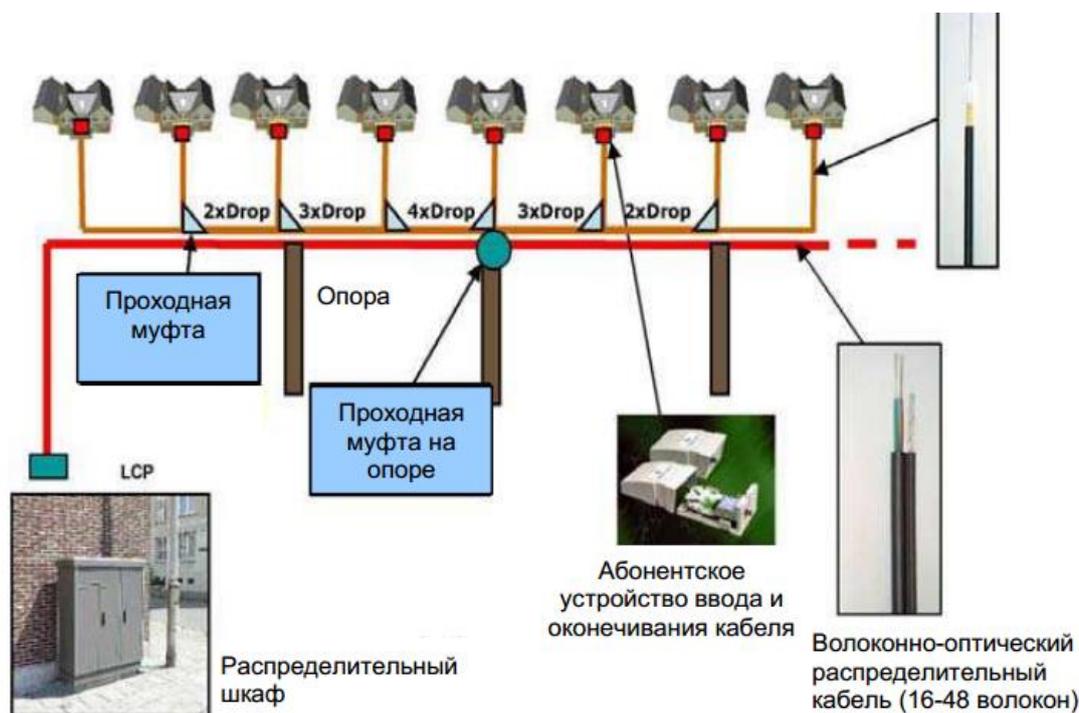


Рисунок 3.5 – Принципиальная схема монтажа оптического кабеля для микрорайона “Спасский”

В качестве дроп-кабеля необходимо использовать кабель, который обладает хорошими характеристиками для монтажа внутри здания с целью его оконечивания в помещении абонентов – размещения оптической розетки. Для данного проекта был выбран кабель: Дроп-плоский усиленный ТПОд2-П-02У-2кН. Конструкция данного кабеля представлена на рисунке 3.6. Данный кабель является самонесущим, соответственно может быть монтирован методом подвеса. Соединительная муфта выбрана согласно рекомендации производителя - МТОК-Г3/216-1КТ3645-К компании Связь Строй Деталь. [30]

Дроп плоский усиленный/ТПОд2



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Оптическое волокно.
2. Оптический модуль.
3. Силовые элементы – стеклопластиковые прутки.
4. Оболочка из полимерного материала..

Рисунок 3.6 – Конструкция дроп –кабеля ТПОд2

Характеристики данного кабеля достаточны для прокладки его в качестве распределительной линии связи, для подключения коммутаторов, установленных в распределительных шкафах.

Параметры проектируемой линии связи представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3– Основные характеристики проектируемой линии связи

Потенциал электрического поля в точке подвеса	Не более 12 кВ
Максимальная длина пролета в линии, м	30
Перепад высот при максимальной длине пролета, м	0,5
Максимально допустимая стрела провеса при гололеде (вертикальная), м	1,22
Максимально допустимая стрела провеса при ветре (горизонтальная), м	0,8
Максимально допустимая нагрузка кабеля по условиям прочности опор, кН	30
Высота подвеса кабеля, м	10
Минимальное расстояние кабеля до земли, м	8

Необходимо произвести расчет длины проектируемых линий связи. Согласно схеме (рисунок 3.7) длина распределительной линии кабеля ДПОм-П-24У 3х8 6кВ составляет 1930 метров.

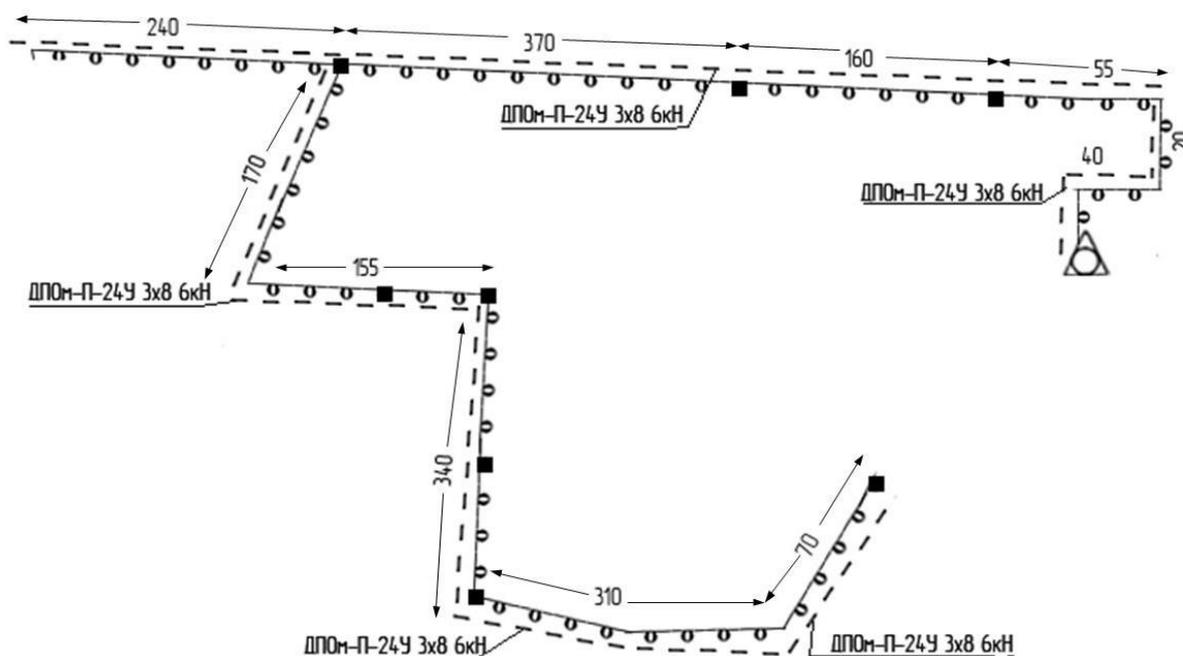


Рисунок 3.7 – Схема расчета длины распределительной линии

Строительная длина линии составит одной линии - 2 км. Т.к. на каждый коммутатор необходимо по два оптических волокна, то необходимо проложить две линии кабеля ДПОм-П-24У 3х8 6кН, и суммарная длина составит - 4 км. Количество дроп-кабеля ТПОд2-П-02У-2кН на соединение с каждым из 21 распределительных шкафов (РШ) в среднем составляет 90 метров. Следовательно, необходимая строительная длина составляет 2 км.

Таким образом, схему построения линейно-кабельных сооружений можно описать следующим образом:

От здания АТС по опорам линий связи на высоте 10 метров выполняется монтаж распределительного оптического кабеля марки ДПОм-П-24У 3х8 6кН. В заранее выбранных местах, на опорах, устанавливаются муфты МТОК-Г3/216-1КТ3645-К, в которых производится сращивание оптических волокон распределительного кабеля с оптическими волокнами дроп-кабеля ТПОд2-П-02У-2кН. Дроп-кабель доводится до распределительного шкафа (РШ) в котором установлен оптический кросс и коммутационное оборудование. Волокно крессируется в РШ и соединяется с портами коммутатора. Каждое волокно соединяется с отдельным узлом агрегации трафика на уровне деформированного ядра. Разводка по домохозяйствам от оптического кросса осуществляется кабелем Дистрибьюшн/ОМР-П-24У, ОМР-П-2У, где оконечивается оптической розеткой. От оптической розетки осуществляется подключение абонентского шлюза доступа.

Разработанная схема линейно-кабельных сооружений представлена на рисунке 3.9.

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



Рисунок 3.6. – Схема проектируемых линейно-кабельных сооружений

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.108.ПЗВКР

3.3 Выбор оборудования

В мультисервисных сетях используются различные типы коммутаторов. Правильный выбор типов коммутаторов, соответствующих требованиям сети, играет большую роль.

При выборе типа коммутатора разработчик сети должен выбрать стекируемый или нестекируемый коммутатор с фиксированной или модульной конфигурацией. Ещё один фактор, который необходимо учитывать при выборе устройства — это высота коммутатора, которая измеряется количеством монтажных единиц. Последний критерий касается коммутаторов, которые монтируются в стойку (наращиваемые). Рассмотренные выше параметры иногда называют форм-факторами коммутатора.

Коммутаторы с фиксированной конфигурацией

Коммутаторы с фиксированной конфигурацией поддерживают только предустановленные функции и параметры. Для каждой модели предусмотрен ряд определённых функций и параметров. Например, гигабитный коммутатор с двадцатью четырьмя портами не поддерживает дополнительные порты. Количество и типы поддерживаемых портов в коммутаторах с фиксированной конфигурацией зависят от конфигурации того или иного коммутатора.

Коммутаторы с модульной конфигурацией

Коммутаторы с модульной конфигурацией поддерживают больше функций. Обычно модульные коммутаторы поставляются с шасси разного размера, что позволяет устанавливать разное количество модульных линейных плат. Как правило, линейные платы содержат порты. Линейную плату вставляют в шасси коммутатора подобно тому, как платы расширения вставляют в ПК. Чем больше шасси, тем больше модулей он поддерживает. Существует широкий выбор размеров шасси. Модульный коммутатор с линейной платой для двадцати четырёх портов поддерживает дополнительную линейную плату двадцати четырёх портов, благодаря чему общее количество портов составляет сорок восемь.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Стекируемые коммутаторы

Стекируемые коммутаторы могут быть соединены с помощью специального кабеля, обеспечивающего высокую пропускную способность между коммутаторами. Технология StackWise позволяет соединять до девяти коммутаторов. Коммутаторы можно разместить один над другим и соединить их кабелями по шлейфовому типу. Помещённые в стек коммутаторы работают с эффективностью одиночного коммутатора больших размеров. Стекируемые коммутаторы рекомендуется использовать в задачах, где особые требования предъявляются к отказоустойчивости и доступности пропускной способности, а применение модульного коммутатора оказывается слишком дорогим. После отказа одного коммутатора работу сети можно быстро восстановить, используя перекрёстные подключения. Для соединений в стекируемых коммутаторах предусмотрен специальный порт. Многие стекируемые коммутаторы также поддерживают технологию StackPower, что позволяет элементам стека обмениваться питанием.

Power over Ethernet

Коммутаторы получают питание через Ethernet (PoE). Кроме PoE, некоторые коммутаторы на основе шасси поддерживают резервные источники питания.

Надёжность — коммутатор должен обеспечивать непрерывный доступ к сети.

Скорость порта — скорость подключения к сети является основным фактором выбора для всех конечных пользователей.

Буферы кадров — возможность коммутатора хранить кадры очень важна для сети, где может возникнуть перегрузка портов на сервере или в других областях сети.

Масштабируемость — со временем количество пользователей в сети растёт, поэтому коммутатор должен предоставлять возможность для её расширения.

						Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Коммутаторы LAN обладают определёнными характеристиками, позволяющими им снижать перегрузки сети. Во-первых, они допускают сегментацию LAN в отдельные коллизийные домены. Каждый порт коммутатора представляет отдельный коллизийный домен и обеспечивает полную полосу пропускания для устройства или устройств, подключённых к этому порту. Во-вторых, они обеспечивают полнодуплексную связь между устройствами. Полнодуплексное соединение позволяет одновременно передавать и получать сигнал. Полнодуплексные соединения значительно улучшают производительность локальной сети, кроме того, они необходимы для передачи данных со скоростью 1 Гбит/с Ethernet и выше.

Коммутаторы соединяют сегменты LAN (коллизийные домены), используют таблицу MAC-адресов для определения сегмента, которому нужно отправить этот кадр, и могут сократить или полностью устранить коллизии. Ниже приведены некоторые важные характеристики коммутаторов, которые способствуют снижению перегрузки сети.

Высокая плотность портов. Коммутаторы обладают более высокой плотностью портов: часто высота коммутаторов с 24 и 48 портами равна минимальной стандартной высоте наращиваемого устройства (1,75"), а скорость их может достигать 100 Мбит/с, 1 Гбит/с и 10 Гбит/с. Коммутаторы крупных предприятий могут поддерживать несколько сотен портов.

Большие буферы кадров. Возможность хранить больше полученных кадров перед их отбрасыванием весьма полезна, особенно при наличии перегруженных портов, к которым подключены серверы или другие части сети.

Скорость порта. В зависимости от стоимости коммутатора возможна поддержка совокупности скоростей. Наиболее распространены порты со скоростями 100 Мбит/с, 1 или 10 Гбит/с (скорость 100 Гбит/с также представляется возможной).

Быстрая внутренняя коммутация. Возможность быстрой внутренней пересылки обеспечивает высокую производительность. В качестве метода

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

можно использовать быструю внутреннюю шину или общую память, которая влияет на общую производительность коммутатора.

Низкая стоимость каждого порта. Коммутаторы обеспечивают высокую плотность портов при минимуме затрат. Именно поэтому коммутаторы LAN могут обеспечивать проекты сетей с меньшим количеством пользователей для каждого сегмента, таким образом, повышая среднюю пропускную способность для каждого пользователя.

В результате проведенного анализа рынка телекоммуникационных устройств для организации связи по технологии FTTH в микрорайоне “Спасский” города Мценск выбрано оборудование QTECH (Россия) обладающее приемлемым соотношением цена-качество, высоким уровнем надежности, а также курсом на импортозамещение в Российской Федерации.

Коммутатор агрегации деформированного ядра

В качестве коммутаторов агрегации выбраны коммутаторы компании QTECH QSW-3450-28F-DC (2 шт).

Серия управляемых коммутаторов QSW-3450, уровня L3 разработана специально для крупных организаций и сетей MAN. Линейка включает в себя мультисервисные коммутаторы доступа следующего поколения, которые удовлетворяют современным тенденциям.

Коммутаторы поддерживают традиционный для операторских сетей доступа функционал, такой как ERRP (EAPS), MVR, IGMP Snooping, DHCP snooping, DHCP option 82, IP Source Guard, port based и selective QinQ. Полноценная аппаратная поддержка IPv6 позволяет эксплуатировать коммутаторы в сетях нового поколения. Таблица MAC-адресов поддерживает 16000 записей. Корпус имеет эргономичный и энергоэффективный дизайн. Коммутаторы поддерживают технологию энергосбережения Green Ethernet (IEEE 802.3az). Характеристики выбранной модели представлены в таблице 3.4.

[31]

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Таблица 3.4 – Характеристики коммутатора ядра QSW-3450-28F-DC

Характеристика	QSW-3450-28F-DC
Порт управления	1 консольный порт
Конфигурация портов	24 x GbE Base-X SFP + 4 x 10GbE Combo(RJ45/SFP)
Размеры (Ш*В*Г)	443 x 44 x 330 мм
Электропитание	DC: 48V~ -60V
Матрица коммутации	256Gbps
Пропускная способность	96Mpps
Таблица MAC	16K
VLAN	4K
Таблица ACL	1536
Таблица IPv4 / IPv6	512 / 512
Поддержка двойного стека IPv4/IPv6	Есть
Протоколы связующего дерева (STP)	802.1d (STP) , 802.1w (RSTP) , 802.1s (MSTP) Root guard, BPDU guard, BPDU forwarding
Протокол Multicast	IGMP v1/v2/v3 и IGMP v1/v2/v3 snooping MVR, IGMP filter, 1024 groups
Качество обслуживания (QoS)	8 очередей на порт Поддержка приоритизации 802.1p, ToS, DifferServ, Поддержка очередей WRR/SP
Списки Контроля Доступом (ACL)	Стандартные ACL и расширенные ACL, поддержка IP ACL, MAC ACL, IP-MAC ACL, Фильтрация пакетов на основе: source/destination IP address, source/destination MAC address, IP type, TCP/UDP port number, IP precedence, time range, ToS.

Коммутатор серверного оборудования

В качестве коммутатора серверного оборудования выбран коммутаторы компании QTECH **QSW-3000-10F-DC (1 шт.)**.

Для обеспечения высочайшей производительности в сочетании с функциями безопасности серия QSW-3000 Rev.B1 является лучшим выбором для операторов связи, локальных сетей предприятий, государственных и образовательным учреждений.

Виртуальное стекирование (кластер) и различные комбинации режимов портов позволяют существенно упростить развертывание сетей MetroEthernet.

Как коммутаторы нового поколения серия QSW-3000 Rev.B1 предоставляет большое количество функций безопасности. Списки доступа

ACL эффективно предотвращают и вирусные атаки, и DOS, DDOS атаки, и вторжения на оборудование доступа и агрегации/ядра. Полностью аппаратные коммутация и политики ACL на микросхемах ASIC гарантируют отсутствие потерь и задержек трафика.

Богатый набор свойств и производительность позволяет использовать коммутаторы доступа серии QSW-3000 Rev.B1 в сетях разных размеров и на разном уровне (LAN, WAN, Campus, Core). Характеристики выбранной модели представлены в таблице 3.5 [31]

Таблица 3.5– Характеристики коммутатора QSW-3000-10F-DC

Параметр	QSW-3000-10F-DC Rev.B1
Порты	10 портов 100/1000 GE SFP
Коммутационная матрица	48 Gbps
Пропускная способность	35,7 Mpps
Количество MAC адресов	16K
VLAN таблица	4K
ACL таблица	1k и 768 IP ACL
Очередей на порту	8
Габариты (мм)	442.9mm×44mm×230mm
Электропитание	50-60Hz
Потребляемая мощность	30W
MTBF	>80, 000 часов
Тип Коммутации	Store-and-Forwarding
Поддержка двойного стека IPv4/IPv6	Есть

Коммутатор доступа

В качестве коммутаторов агрегации выбраны коммутаторы компании QTECH QSW-3300-28F-AC (21 шт).

Серия управляемых коммутаторов уровня L2 разработана специально для операторов связи и сетей MAN. Коммутаторы серии поддерживают следующий функционал: 1)Комплексный QoS; 2)Расширенные функции VLAN (VLAN VPN, Voice VLAN, и др.). 3)Интеллектуальное управление безопасностью; 4)Функции управления и сервисы Triple Play, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к операторским сетям и сетям MAN; 5)Корпус коммутаторов серии QSW-3300 имеет эргономичный и энергоэффективный дизайн с

поддержкой технологии энергосбережения Green Ethernet (стандарт IEEE 802.3az). Характеристики выбранной модели представлены в таблице 3.6. [31]

Таблица 3.6– Характеристики коммутатора ядра QSW-3300-28F-AC

Характеристика	QSW-3300-28F-AC
Порт управления	1 консольный порт
Конфигурация портов	24 порта 100/ 1000 Base-X SFP, 4 порта GbE SFP
Размеры (Ш*В*Г)	440мм x 44мм x 280мм
Электропитание	АС: 220V
Матрица коммутации	128Gbps
Пропускная способность	96Mpps
Таблица MAC	16К
Jumbo Frame	9К
VLAN	4К
Поддержка двойного стека IPv4/IPv6	Есть
Протоколы связующего дерева (STP)	802.1d (STP) , 802.1w (RSTP) , 802.1s (MSTP) Root guard, BPDU guard, BPDU forwarding
Протокол Multicast	IGMP v1/v2/v3 и IGMP v1/v2/v3 snooping MVR, IGMP filter, 1024 groups
Качество обслуживания (QoS)	8 очередей на порт Поддержка приоритезации 802.1p, ToS, DifferServ, Поддержка очередей WRR/SP

Абонентский шлюз

В качестве абонентского шлюза выбран продукт компании QTECH **QFR-250-4T-W-U (346 штук)**, который разработан для использования в домашних условиях и небольших офисах, сочетая в себе беспроводные и проводные технологии Ethernet. Поддержка технологии 2T2R MIMO обеспечивает высокую производительность беспроводной сети для видео, игровых и VoIP приложений. QFR-250-4T-W-U так же подходит для интернета провайдеров, поддерживает стандарт CTC E8-B и протокол tr-069. QFR-250-4T-W-U имеет 4 10/100M full duplex Ethernet порта, 1 оптический WAN порт 100Мб/сек, 1 USB порт.

QFR-250-4T-W-U имеет 4 SSID, каждый из которых можно сконфигурировать с разным VLAN ID. Работает по стандарту 802.11n и совместим с 802.11b/g, предоставляя более чем 300Мб/сек. по сети WiFi. Имеется возможность создания до 8 субинтерфейсов для WAN порта.

QFR-250-4T-W-U имеет возможность управления полосой пропускания и зашифрованной передачи данных, что обеспечивает высокую надежность предоставляемых услуг. [31]

3.4 Схемы организации мультисервисной сети

Описание сервисной модели сети:

Услуги общего пользования включают в себя следующие услуги:

ШПД (Широкополосный Доступ) — предоставление Высокоскоростного доступа к сети Интернет;

IP TVHD — предоставление доступа к просмотру различных телевизионных каналов на основе IP Multicast;

VoIP — предоставления услуг телефонной связи.

Высокоскоростной доступ в сеть Интернет

Основным механизмом пропуска клиентского трафика будет CLIPS (DHCP op.82), в этом случае весь трафик абонентов проходит через коммутаторы агрегации QSW-3450, где маршрутизируется, приоритизируется и ограничивается по полосе пропускания.

Для предотвращения петель коммутации на уровне доступа со стороны абонентов применение STP протокола нежелательно. Для защиты сети оборудование QTECH позволяет вместо STP использовать средства Remote loop detect и Broadcast limit с возможностью отдельной фильтрации бродкаст, юникаст и мультикаст штормов с привязкой к реальной скорости каждого порта.

Со стороны провайдера на уровнях доступа и распределения будет использоваться протокол ERPP, обеспечивающий устойчивость, минимальное время сходимости и восстановления, диктуемые характером предоставляемых

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

услуг, которые зачастую критичны к задержкам и простоям транспортной сети.
[31]

Предоставление услуги IP TVHD

Media контент для услуги IP TVHD предоставляется в отдельном VLAN, поэтому для предоставления сервиса на коммутаторе используется функционал MVR (Multicast VLAN Registration), то есть VLAN абонента ассоциируется с Multicast VLAN, после чего входящие служебные пакеты igmp report необходимые для предоставления сервиса (igmp-join, igmp-leave) перемещаются коммутатором из VLAN абонента в multicast VLAN. В свою очередь, запрошенный абонентом Multicast трафик транслируется в VLAN абонента. Таким образом, нет необходимости на стороне абонента размещать интеллектуальное оборудование поддерживающее стандарт 802.1Q.

Список каналов, доступных для абонента согласно его тарифу, формируется с помощью статических IGMP профилей. Профилей может быть несколько (столько же, сколько тарифов, тариф = профиль) профиль применяется на порт и позволяет подписывать только оплаченные каналы. Количество одновременно просматриваемых каналов ограничивается на каждом порту абонента для предотвращения перегрузки порта абонента и большой загрузки uplink-портов. Так же для снижения нагрузки при переключении между каналами на коммутаторе применяется функционал fast-leave.

На коммутаторе запрещается транслирование unknown multicast трафика. Список multicast групп и пользователей (портов) запросивших эти группу формируется функционалом IGMP snooping v2. На коммутаторе список хранится в виде таблицы и доступен к просмотру администратором, что облегчает мониторинг и диагностику. IGMP snooping не только формирует список разрешенных для трансляции multicast групп в порты куда происходит вещание, но и выполняет функцию безопасности, запрещая передачу IGMP report между не доверенными, абонентскими портами. Доверенные порты

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

(mroute) обычно являются UPLINK портами и могут быть назначены автоматически, при получении (general query пакета), а также вручную. Назначая mroute порты вручную, стоит помнить, что в кольцевых топологиях их два, соответственно IGMP report будут уходить в оба, нагружая при этом сеть оператора не нужным служебным IGMP трафиком. Автоматическое назначение mroute портов снижает нагрузку на сеть, поскольку GENERAL QUERY приходит только на один порт. Но для кольцевой топологии, при перестроении кольца коммутатору потребуется время, чтобы переобучить mroute порт динамически. Это повлечет простой IP TVHD вещания.

Для получения сервиса на персональном компьютере, оператор должен предоставить пользователю список Multicast каналов и портов. Пользователю необходимо установить программное обеспечение (VLC плеер, IP TVHD плеер и т.д.).

Передача многоадресного трафика услуги BTV через сети доступа выполняется в единой для всех пользователей сервисной виртуальной сети с использованием технологии MVR (Multicast VLAN Registration).

При установке новых коммутаторов или замене вышедших из строя возможно использование предустановленного скрипта на коммутаторе для автоматической загрузки требуемой конфигурации.

На сети устанавливается сервер сбора и хранения актуальных конфигураций всех интеллектуальных сетевых устройств, включая коммутаторы доступа. Сбор и запись конфигураций выполняется с определенным периодом автоматически (например, раз в сутки), сервер запрашивает текущую конфигурацию устройства средствами SNMP или Telnet доступа. Конфигурации поступают на FTP или TFTP сервер. В качестве серверного программного обеспечения может использоваться существующая система OSS или один из ряда специализированных программных продуктов. [22,23]

VoIP – пакетная телефония

Предоставление одному абоненту одновременно услуг доступа в интернет и ip-телефонии с соответствующими классами обслуживания, возможно благодаря поддержке коммутаторами QSW-3300 технологии QoS.

Каждый порт QSW-3300 поддерживает 4 очереди QoS, что достаточно как для Triple Play так и для организации корпоративных VPN.

Подключение телефонного аппарата осуществляется через абонентский шлюз **QFR-250-4T-W-U**, устанавливаемый у абонента.

IP TVHD цифровое телевидение, включая VoD и HDTV, а также видеоконференции и игровые сервера на основе мультикастовой рассылки

Данные виды сервисов относятся к виду трафика мультикаст и требуют отдельных протоколов.

Основной трудностью данного сервиса является оптимизация многоадресных потоков и исключение дублирования.

Организация VLAN и адресного пространства IPv4

В заводских настройках коммутаторов заданы различные сети VLAN для поддержки различных сред и типов протоколов. VLAN 1 является сетью Ethernet VLAN по умолчанию. Наилучший метод обеспечения безопасности — настроить все порты на всех коммутаторах так, чтобы они были связаны с сетями VLAN, исключая сеть VLAN 1. Для этого, как правило, нужно настроить все неиспользуемые порты в сеть VLAN «чёрной дыры», которая никогда не используется в сети. Все используемые порты связаны с сетями VLAN, кроме VLAN 1 и VLAN «чёрной дыры». Для предотвращения несанкционированного доступа рекомендуется отключать неиспользуемые порты коммутатора.

Access port — порт принадлежащий одному VLAN'у и передающий нетегированный трафик.

Trunk port — порт передающий тегированный трафик одного или нескольких VLAN'ов.

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР				

Также для обеспечения безопасности рекомендуется отделять административный трафик от пользовательского. Управляющая VLAN, установленная по умолчанию сетью VLAN 1, следует заменить на другую VLAN. Для удалённого управления коммутатором коммутатору необходим IP-адрес, настроенный на управляющую VLAN. Пользователи в других сетях VLAN не смогут устанавливать сеансы удалённого доступа с коммутатором, если они не были маршрутизированы в управляющую VLAN с обеспечением дополнительного уровня безопасности. Кроме того, коммутатор следует настроить для приёма только зашифрованных сеансов SSH удалённого управления.

Весь управляющий трафик отправляется на VLAN 1. Поэтому, когда сеть native VLAN изменена на сеть, отличную от VLAN 1, весь управляющий трафик тегируется на транковых каналах IEEE 802.1Q VLAN (тегируется идентификатором VLAN 1). Для обеспечения безопасности рекомендуется изменить сеть native VLAN на сеть, отличную от VLAN 1. Сеть native VLAN также должна отличаться от всех пользовательских сетей VLAN. Убедитесь, что native VLAN для транкового подключения 802.1Q одинакова на обеих сторонах канала.

Протокол DTP предлагает четыре режима порта коммутатора: режим доступа, транковый, динамический автоматический и динамический рекомендуемый. Согласно общей рекомендации, автосогласование следует отключить. Следуя практической рекомендации для обеспечения безопасности, не используйте динамический автоматический или динамический рекомендуемый режимы портов коммутатора.

Наконец, голосовой трафик ограничивается жёсткими требованиями QoS. Если пользовательские компьютеры и IP-телефоны находятся в одной сети VLAN, каждый пытается использовать доступную полосу пропускания, не принимая во внимание другие устройства. Чтобы избежать таких конфликтов,

рекомендуется использовать отдельные VLAN для IP-телефонии и трафика данных. [14]

Предлагаемый список VLAN представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7– Список VLAN

Номер	Описание	IP network
10	VLAN передачи данных	10.10.0.0 /23
11	VLAN передачи голосовых сообщений	10.11.0.0 /23
12	VLAN управления сетью	10.12.12.0 /25

Конфигурация портов коммутаторов деформированного ядра представлена в таблице 3.9, коммутаторов доступа – в таблице 3.8.

Таблица 3.9– Конфигурация портов для коммутаторов доступа

Оборудование	Порт	VLAN	Направление	State
Access_SW_1	ge/01 – ge/20	access data (id 10)	User_Gateway_1_01	UP
		access voice (id 11)	User_Gateway_1_20	
	ge/21 – ge/24	-	-	DOWN
	ge/25	trunk	Core_SW1 10 ge/01	UP
	ge/26	trunk	Core_SW2 10 ge/01	UP
ge/27 – ge/28	-	-	DOWN	
...
Access_SW_21	ge/01 – ge/12	access data (id 10)	User_Gateway_21_01	
		access voice (id 11)	User_Gateway_21_12	
	ge/13-ge/24	-	-	DOWN
	ge/25	trunk	Core_SW1 10 ge/21	UP
	ge/26	trunk	Core_SW2 10 ge/21	UP
ge/27 – ge/28	-	-	DOWN	

Таблица 3.8– Конфигурация портов для коммутаторов деформ. ядра

Оборудование	Порт	VLAN	Направление	State
Core_SW1	ge/01	trunk	Access_SW1 ge/25	UP
	ge/02	trunk	Access_SW2 ge/25	UP
	
	ge/21	trunk	Access_SW21 ge/25	UP
	ge/22	trunk	Service_SW1 ge/01	UP
	ge/23	access 11 (voice)	Вышестоящий провайдер телефонной связи	UP
	ge/24	-	-	DOWN
	10ge/01	trunk	Core_SW_2 10ge/03	UP
	10ge/01	access 10 (data)	Вышестоящий провайдер Интернет	UP
	10ge/02	access 10 (data)	Вышестоящий провайдер цифрового ТВ	UP
	10ge/03	trunk	Core_SW_2 10ge/01	UP
	10ge/24	-	-	DOWN
Core_SW2	ge/01	trunk	Access_SW1 ge/26	UP
	ge/02	trunk	Access_SW2 ge/26	UP
	
	ge/21	trunk	Access_SW21 ge/26	UP
	ge/22	trunk	Service_SW1 ge/02	UP
	ge/23	access 11 (voice)	Вышестоящий провайдер телефонной связи	UP
	ge/24	-	-	DOWN
	10ge/01	trunk	Core_SW_1 10ge/03	UP
	10ge/01	access 10 (data)	Вышестоящий провайдер Интернет	UP
	10ge/02	access 10 (data)	Вышестоящий провайдер цифрового ТВ	UP
	10ge/03	trunk	Core_SW_1 10ge/01	UP
	10ge/24	-	-	DOWN
Service_SW1	ge/01	trunk	Core_SW1 ge/22	UP
	ge/02	trunk	Core_SW2 ge/22	UP
	ge/03	access 12 (service)	Billing_Server NIC ge/01	P
	ge/04	access 12 (service)	Management_Server NIC ge/01	UP
	ge/05 – ge/10	-	-	DOWN

Для проектируемой сети разработан план IP адресации. IP адреса в проектируемой сети будут распределяться автоматически благодаря наличию встроенного DHCP сервера в коммутаторе ядра QSW-3450-26F. Конфигурации IP адресации для VLAN 10, 11 и 12 представлены в таблицах 3.10, 3.11 и 3.12.

Таблица 3.10 – Конфигурация IP адресации для VLAN 10

Адрес сети	10.10.0.0 /23
Маска подсети	255.255.254.0
Диапазон адресов для хостов	10.10.0.1 – 10.10.1.254
Количество IP адресов	510
Широковещательный адрес	10.10.1.255

Таблица 3.11 – Конфигурация IP адресации для VLAN 11

Адрес сети	10.11.0.0 /23
Маска подсети	255.255.254.0
Диапазон адресов для хостов	10.11.0.1 – 10.11.1.254
Количество IP адресов	510
Широковещательный адрес	10.10.1.255

Таблица 3.12 – Конфигурация IP адресации для VLAN 12

Адрес сети	10.12.12.0 /25
Маска подсети	255.255.255.128
Диапазон адресов для хостов	10.12.12.1 – 10.12.12.126
Количество IP адресов	510
Широковещательный адрес	10.12.12.127

VLAN 10 используется для передачи данных, VLAN 11 используется для передачи речи. VLAN 12 является управляющим и используется для контроля параметров сети и удаленной настройки коммутаторов. Адреса VLAN 12 присваиваются интерфейсам коммутаторов для удаленной настройки.

Схема организации проектируемой мультисервисной сети связи

Проектируемая схема организации связи микрорайона Спасский города Мценск представлена на рисунке 3.7.

Основой функционирования сети является два дублирующих друг друга коммутатора **QSW-3450-28F-DC** уровня деформированного ядра, они выполняют функции маршрутизации внутри сети и соединение сервисной и

абонентской части сети. Выход на ССоП осуществляется через головной шлюз вышестоящего провайдера. Коммутаторы агрегации третьего уровня, оптические кроссы, оборудование резервного питания, сервер биллинга и управления сетью, а также рабочее место администратора расположены в серверном помещении станции, находящейся в административном здании микрорайона Спасский города Мценск. Оборудование располагается в специализированных 19” шкафах/стойках в соответствии с СН-512-78 (Технические требования к зданиям и помещениям для установки средств вычислительной техники). Трафик Интернет также передается через вышестоящего провайдера (Ростелеком) на коммутаторы ядра **QSW-3450-28F-DC**. Коммутаторы доступа **QSW-3300-28F-AC**, установлены в специальных распределительных шкафах и соединены двумя оптическими аплинками по 1 Гбит/с с коммутаторами агрегации в серверном помещении. Абонентская разводка выполнена с помощью кабеля оптическим кабелем, максимальная скорость подключения абонента до 1 Гбит/с. В помещении абонента устанавливается оптическая розетка к которой подключается абонентский шлюз доступа **QFR-250-4T**, предоставляемый оператором, к которому подключается приставка для IP TV, IP телефон, ПК и т.д.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.5 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта

Техническое помещение мультисервисной сети связи является помещением с повышенной опасностью поражения электрическим током, в силу опасности одновременного прикосновения к металлическим корпусам оборудования с одной стороны и к заземлённым металлическим конструкциям с другой. Для предотвращения этого необходимо соблюдать нормы проектирования эксплуатационных проходов – 1800 мм и размещение оборудования вдали от батарей центрального отопления. Места разъёмов должны располагаться в безопасном для человека месте, все провода должны быть изолированы.

Ремонт и техническое обслуживание мультисервисного оборудования необходимо производить в соответствии с правилами техники безопасности при эксплуатации электрических установок до 1 000 В. К обслуживанию должны допускаться лица, имеющие квалификацию четвёртой группы по правилам техники безопасности.

Пожар, возникающий на участке мультисервисной сети, может привести к выходу из строя оборудования, и угрожает жизни и здоровью людей. К основным причинами пожаров относятся: неисправности электрооборудования (короткое замыкание, пробой в цепях электрического тока, перегрузка и так далее); самовозгорание горючих веществ; неправильное хранение пожароопасных материалов (спирт, бензин); курение в не предназначенных для этого местах.

На участке ЭМС заранее разработаны мероприятия, обеспечивающие быструю ликвидацию возникшего пожара. К этим мероприятиям относятся:

1. установка устройств пожарной сигнализации,
2. организация средств пожаротушения, с набором средств пожаротушения. Во всех технических помещениях АТС предусмотрена

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

установка углекислотных огнетушителей ОУ-8, в которых в качестве огнегасящего вещества используется углекислый газ, не являющийся электропроводным; кроме того, он не портит предметы, подвергающиеся тушению;

3. организация двух выходов из технического помещения - главного и запасного, и наружных пожарных лестниц.

При возникновении аварийной ситуации на рабочем месте, работающий с персональным компьютером обязан работу прекратить, отключить электроэнергию, сообщить руководителю и принять меры к ликвидации создавшейся ситуации. При наличии травмированных:

- - устранить воздействие повреждающих факторов, угрожающих здоровью и жизни пострадавших (освободить от действия электрического тока, погасить горящую одежду и т.д.);
- - оказать первую помощь;
- - вызвать скорую медицинскую помощь или врача, либо принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение;
- - сохранить, по возможности, обстановку на месте происшествия;

Разработанные в разделе мероприятия и рекомендации в полной мере решают вопросы охраны труда. Мероприятия по эргономическому обеспечению (удобное рабочее место оператора, оптимальное размещение оборудования, правильное освещение) способствует созданию наилучших условий работы оператора. Мероприятия по технике безопасности (заземление и зануление оборудования, применение защитных средств) соответствуют требованиям системы стандартов безопасности труда. Мероприятия по пожарной профилактике (надёжная изоляция токонесущих проводов, оснащение помещений огнетушителями и сигнализацией) позволяют предотвратить возникновение пожара, вовремя его обнаружить и принять меры по его устранению. [24]

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг

Построение мультисервисной сети позволяет предоставить частным и физическим лицам такие услуги, как телефония, доступ в Интернет и мультимедиа.

Согласно расчету, приведенному в главе 3, услуги IP телефонии предоставляются 346 абонентам, доступ к сети Интернет 346 абонентам, Цифровое телевидение формата HD 346 абонентам.

Расчет необходимой полосы канала связи для частных лиц выполняется, исходя из требований к пропускной способности сети связи:

- доступ к сети Интернет - 100 Мбит/с
- IP телефония - 30 Кбит/с
- цифровое телевидение формата TVHD - 11 Мбит/с

Для правильной оценки характеристик и расчета требуемой пропускной способности для предоставления комплексной услуги Triple Play используем параметры, основанные на статистических данных, адаптированные к российскому рынку услуг связи. Значения этих параметров приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значения параметров

Параметр	Обозначение	Значение
1	2	3
1. Количество сетевых узлов для подключения абонентов Triply Play (узлы доступа)	FN	21 (24 порта)
Узлов агрегации	FNA	2 (26 портов)
2. Число абонентов сети:	NS	346
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке	OHD	10%
4. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке	OHU	15%

Окончание таблицы 4.1.1

1	2	3
5. Процент абонентов Triply Play: - находящихся в сети в ЧНН; - одновременно принимающих или передающих данные; - одновременно пользующихся услугами IPTV	DAAF DPAF IPVS AF	70% 50% 70%
6. Услуга передачи данных: 6.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту: -средняя пропускная способность; -пиковая пропускная способность; 6.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента: - средняя пропускная способность; - пиковая пропускная способность;	ADBS PDBS AUBS PUBS	50 Мбит/с 100 Мбит/с 20 Мбит/с 40 Мбит/с
7. Услуга TV IP: - проникновение услуги; - количество сессий на абонента; - использование режима Unicast; - использование режима Multicast; - использование потоков Multicast; - количество доступных каналов; - скорость видеопотока; - запас на вариацию битовой скорости;	IPVS User IPVS SH IPVS UU IPVS MUM IPVS MU IPVS MA VSB SVBR	100% 1,3 20% 80% 80% 110 11 Мбит/с 0,2

Проектируемая сеть должна быть надежной и на ней не должно быть перегрузок. Поэтому все необходимые расчеты трафика будем производить для часа наибольшей нагрузки для одного оптического сетевого узла.

После того как было определено количество абонентов, пользующихся определенными услугами можно переходить непосредственно к расчету нагрузок проектируемой МСС микрорайона «Спасский» города Мценск. Весь трафик, создаваемый группами абонентов (до 24 человек) будет обрабатываться на коммутаторах доступа, затем трафик будет агрегирован на двух сетевых узлах агрегации, что, в свою очередь, и составит нагрузку на транспортную сеть микрорайона «Спасский» города Мценск.

Среднее число абонентов, приходящееся на один узел, составляет 18 активных портов.

4.2 Трафик IP-телефонии

Исходными данными для расчета являются:

- количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского коммутатора, $N_{VoIP}=18$, человек;
- тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
- длина заголовка IP пакета, 58 байт.

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит согласно формуле (4.2.1)

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч. голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит} / \text{байт}}, \text{ байт}, \quad (4.2.1)$$

где $t_{\text{звуч. голоса}}$ - время звучания голоса (мс),

$v_{\text{кодирования}}$ - скорость кодирования речевого сигнала (кбит/с).

Эти параметры являются характеристиками используемого кодека. В данном случае для кодека G.729A скорость кодирования – 8кбит/с, а время звучания голоса – 20 мс.

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

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит (4.2.2):

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт}, \quad (4.2.2)$$

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

$Y_{\text{полезн}}$ – полезная нагрузка голосового пакета (байт).

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

Использование кодека G.729A позволяет передавать через шлюз по 50 пакетов в секунду, исходя из этого, полоса пропускания для одного вызова определится по формуле (4.2.3):

$$\text{ПП}_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \text{ бит} / \text{байт} \cdot 50 \text{ pps}, \text{ Кбит} / \text{с}. \quad (4.2.3)$$

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $V_{\text{пакета}}$ – размер голосового пакета, (байт).

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

С помощью средств подавления пауз обычный голосовой вызов можно сжать примерно на 50 процентов (по самым консервативным оценкам – 30%). Исходя из этого, необходимая полоса пропускания WAN для нашей точки присутствия составит (4.2.4):

$$ППр_{WAN} = ППр_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{ Кбит/с,} \quad (4.2.4)$$

где $ППр_1$ – полоса пропускания для одного вызова (кбит/с), N_{SIP} – количество голосовых портов в точке присутствия (шт), VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7)

$$ППр_{WAN} = 30 \cdot 18 \cdot 0,7 = 378 \text{ Кбит/с.}$$

4.3 Трафик IP TVHD

Далее определяется трафик, создаваемый на сети услугой цифрового IP-телевидения и видео по запросу. Для определения среднего количества абонентов, приходящихся на один сетевой узел, используется формула (4.3.1):

$$AVS = NS/FN, \text{ аб,} \quad (4.3.1)$$

где NS – общее число абонентов (аб),

FN – количество сетевых узлов абонентской коммутации (шт).

$$AVS = 346/21 = 17 \text{ аб.}$$

Количество абонентов на одном оптическом сетевом узле, пользующихся услугами интерактивного телевидения одновременно, определяется коэффициентом IPVS Market Penetration (4.3.2):

$$IPVS \text{ Users} = AVS \cdot IPVS \text{ MP} \cdot IPVS \text{ AF} \cdot IPVS \text{ SH}, \text{ аб,} \quad (4.3.2)$$

где $IPVS \text{ MP}$ – коэффициент проникновения услуги IP TVHD,

$IPVS \text{ AF}$ – процент абонентов, пользующихся услугами IP TVHD одновременно в ЧНН,

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

$$\text{IPVS Users} = 17 * 1 * 0,7 * 1,3 = 16 \text{ аб.}$$

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

Для абонентов трансляция видеопотоков происходит в разных режимах. Часть абонентов принимает видео в режиме multicast, а часть – в режиме unicast. При этом абоненту, заказавшему услугу видео по запросу, будет соответствовать один видеопоток, следовательно, количество индивидуальных потоков равно количеству абонентов, принимающих эти потоки (4.3.3):

$$\text{IPVS US} = \text{IPVS Users} * \text{IPVS UU} * \text{UUS}, \text{ потоков}, \quad (4.3.3)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео,

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

$$\text{IPVS US} = 16 * 0,3 * 1 = 5, \text{ потоков.}$$

Один групповой поток принимается одновременно несколькими абонентами, следовательно, количество индивидуальных потоков (4.3.4):

$$\text{IPVS MS} = \text{IPVS Users} * \text{IPVS MU}, \text{ потоков}, \quad (4.3.4)$$

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$\text{IPVS MS} = 16 * 0,8 = 13 \text{ потоков.}$$

Необходимо рассчитать максимальное количество видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания (4.3.5)

$$\text{IPVS MSM} = \text{IPVS MA} * \text{IPVS MUM}, \text{ видеопотоков}, \quad (4.3.5)$$

где IPVS MA – количество доступных групповых видеопотоков,

IPVS MUM – процент максимального использования видеопотоков.

$$\text{IPVS MSM} = 110 * 0,8 = 88, \text{ видеопотоков мультикаст.}$$

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого от оператора, составляет 11 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока составит (4.3.6):

$$IPVSB = VSB*(1+SVBR)*(1+OHD), \text{ Мбит/с} \quad (4.3.6)$$

где VSB – скорость трансляции потока, Мбит/с,

SVBR – запас на вариацию битовой скорости.

$$IPVSB = 11*(1+0,2)*(1+0,1) = 14,52 \text{ Мбит/с.}$$

Для передачи одного видеопотока в IP сети в режиме индивидуального вещания необходима пропускная способность (4.3.7):

$$IPVS UNB = IPVS US*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.7)$$

где IPVS MS – количество транслируемых потоков в режиме multicast,

IPVS US – количество транслируемых потоков в режиме unicast,

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS UNB = 5*14,52 = 72,6 \text{ Мбит/с.}$$

Групповые потоки транслируются от головной станции к множеству пользователей, и общая скорость для передачи максимального числа групповых видеопотоков в ЧНН составит (4.3.8):

$$IPVS MNBM = IPVS MSM*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.8)$$

где IPVS MSM – число используемых видеопотоков среди доступных,

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS MNBM = 13*14,52 = 188,76 \text{ Мбит/с.}$$

Общая пропускная способность для IP сети с предоставлением услуг интерактивного телевидения на одном сетевом оптическом узле сложится из пропускной способности для передачи видео в групповом и индивидуальном режимах (4.3.9):

$$AB = IPVS MNBM+ IPVS UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.3.9)$$

где IPVS MNBM – пропускная способность для передачи группового видеопотока, IPVS UNB – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 72,6 + 188,76 = 261,36 \text{ Мбит/с.}$$

Итак, для предоставления услуги IP TVHD на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 261.36 Мбит/с.

4.4 Трафик передачи данных

Среди всех пользователей сети в час наибольшей нагрузки (ЧНН) в сети будет находиться и передавать данные только часть абонентов (активные абоненты). Даже в час наибольшей нагрузки количество активных абонентов может изменяться, поэтому для их подсчета используется пятиминутный временной интервал внутри ЧНН, и максимальное число активных абонентов за этот период времени определяется параметром Data Average Activity Factor (DAAF), в соответствии с этим количество активных абонентов составит (4.4.1):

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (4.4.1)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле (аб),

DAAF – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН.

$$AS = 22 * 0,7 = 16 \text{ аб.}$$

В час наибольшей нагрузки в сети находится 16 человек с одного сетевого узла, охватывающего 24 абонента.

Средняя пропускная способность для приема данных составит (4.4.2):

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (4.4.2)$$

где AS - количество активных абонентов (аб),

ADBS – средняя скорость приема данных (Мбит/с),

OHD – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке.

$$BDDA = (16*50)*(1+0,1) = 880 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных (4.4.3):

$$BUDA = (AS*AUBS)*(1 + OHU), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.3)$$

где AS - количество активных абонентов (аб),

AUBS – средняя скорость передачи данных (Мбит/с),

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

$$BUDA = (16*20)*(1+0,15) = 368 \text{ Мбит/с.}$$

Количество абонентов, передающих или принимающих данные в течении некоторого короткого промежутка времени, определяют пиковую пропускную способность сети. Количество таких абонентов в час наибольшей нагрузки определяется коэффициентом Data Peak Activity Factor по формуле (4.4.4):

$$PS = AS*DPAF, \text{ аб,} \quad (4.4.4)$$

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

$$PS = 16*0,5 = 8 \text{ аб.}$$

Пиковая пропускная способность измеряется за короткий промежуток времени (1 секунда), она необходима для приема и передачи данных в момент, когда одновременно несколько пользователей передают или принимают данные по сети. Пиковая пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки (4.4.5):

$$BDDP = (PS*PDBS)*(1 + OHD), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.5)$$

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

$$BDDP = (8*100)*(1+0,1) = 880 \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН (4.4.6):

$$BUDP = (PS*PUBS)*(1 + OHU), \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.6)$$

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

$$BUDP = (8*40)*(1+0,15) = 368 \text{ Мбит/с.}$$

Из расчета видно, что пиковая пропускная способность для передачи данных выше средней пропускной способности. Для проектирования сети необходимо использовать максимальное значение полосы пропускания среди пиковых и средних значений для исключения перегрузки сети:

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

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

где BDD – пропускная способность для приема данных (Мбит/с),

BDU – пропускная способность для передачи данных (Мбит/с).

$$BDD = \text{Max} [880; 880] = 880 \text{ Мбит/с,}$$

$$BDU = \text{Max} [368; 368] = 368 \text{ Мбит/с.}$$

Общая пропускная способность для приема и передачи данных, необходимая для нормального функционирования оптического сетевого узла, составит (4.4.7):

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с,} \quad (4.4.7)$$

где BDD – максимальная пропускная способность для приема данных (Мбит/с), BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных (Мбит/с).

$$BD = 880+368= 1248 \text{ Мбит/с.}$$

Итак, для передачи данных на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 1248 Мбит/с.

4.5 Оценка требуемой полосы пропускания

Полоса пропускания для передачи и приема трафика телефонии, видео, данных и доступа к сети Internet на одном оптическом узле составит (4.5.1):

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = \text{ППр}_{\text{WAN}} + \text{AB} + \text{BD}, \text{ Мбит/с,} \quad (4.5.1)$$

где ППр_{WAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии (Мбит/с);

AB – пропускная способность для видеопотоков (Мбит/с);

BD – пропускная способность для трафика данных (Мбит/с);

$\text{ППр}_{\text{Triple play}} = 0,34 + 261,36 + 1509,7 = 1509,7$ Мбит/с.

На каждый коммутатор агрегации уровня деформированного ядра приходится трафик с 21 коммутаторов доступа, т.к. от каждого коммутатора доступа идет два канала, один на первый коммутатор ядра, второй – на второй коммутатор ядра, что обеспечивает распределение нагрузки и резервирование канала (4.5.2):

$$\text{ППр}^{3\text{-play}}_{\text{Агрегации}} = 0,5 * \text{ППр}_{\text{Triple play}} * FN \quad (4.5.2)$$

Трафик на узле агрегации будет равен:

$$\text{ППр}^{3\text{-play}}_{\text{Агрегации}} = 0,5 * 1509,7 * 21 = 15851,85 \text{ Мбит/с}$$

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания для коммутатора доступа на направление агрегации может обеспечить два канала, работающих на основе протокола 1000 Base LX, а на направление доступа технология 1000 Base FX.

Итого возможный трафик на узел не превышает – 1,5 Гбит/с. Следовательно, для обеспечения полного удовлетворения спроса на телекоммуникационные услуги и с учетом масштабируемости сети целесообразно использовать два канала со скоростью 1 Гбит/с на участке от коммутатора до уровня агрегации, т.е. Gigabit Ethernet - **1000BASE-LX**, IEEE 802.3z — стандарт, использующий одномодовое волокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя до 5 километров. На участке коммутатор агрегации – вышестоящий провайдер 10 Gigabit Ethernet – **10GBASE-SR**, количество аплинков от каждого коммутатора агрегации равно двум. На участке абонентский шлюз доступа – коммутатор доступа используется технология Gigabit Ethernet - **1000BASE-LX** — стандарт, использующий одномодовое волокно.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ

5.1 Смета затрат

Смета затрат (таблица 5.1) содержит затраты на оборудование, кабели связи и дополнительные средства используемые для монтажа сети связи.

Таблица 5.1 – Смета затрат на приобретение оборудования и кабелей связи

№	Наименование	Кол-во	Стоимость	Сумма
1	Коммутатор L3 QSW-3450-28F-DC	2	69000	138000
2	Коммутатор L2 QSW-3000-10F-DC	1	38500	38500
3	Коммутатор L2 QSW-3300-28F-AC	21	54000	1134000
4	Абонентский шлюз доступа QFR-250-4T-W-U	346	7850	2716100
5	Антивандалный распределительный шкаф 6U	21	6500	136500
6	Оборудование телеметрии и бесперебойного питания для АРШ	21	5400	113400
7	Рабочие место администратора HP Z1 G2	1	145000	145000
8	Сервер управления и контроля сети HP Z840 E5-2620v3	1	189000	189000
9	Сервер биллинга на базе рабочей станции HP Z640 E5-2630v3	1	196000	196000
10	Комплект для сварки оптический волокон Fitel S-178A V2	1	489000	489000
11	Кабель оптический ДПОм-П-24У 3x8 6кН	4	45000	180000
12	Оптический дроп-кабель ТПОд2-П-02У-2кН	2	13800	27600
13	Оптический кабель внутриобъектовый ОМР-П-24У	1	12100	12100
14	Оптический кабель внутриобъектовый ОМР-П-02У	3	6500	19500
	ИТОГО (Коб):			5534700

Смета затрат составлена согласно следующим источникам [28,29,30,31].

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы: $K_{пр}$ – Затраты на приобретение оборудования; $K_{тр}$ – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от $K_{пр}$); $K_{смр}$ – строительно-монтажные расходы (20% от $K_{пр}$); $K_{ту}$ – расходы на тару и упаковку (0,5% от $K_{пр}$); $K_{зсп}$ –

заготовительно-складские расходы (1,2% от $K_{пр}$); $K_{ппр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

Отдельно следует осуществить расчет необходимых затрат на строительство линейно-кабельных сооружений. В среднем, стоимость прокладки 1 км волоконно-оптического кабеля связи обходится от 100 до 200 тыс. рублей в зависимости от особенностей местности. Количество оптического кабеля было определено по имеющимся данным трасс прокладки кабеля и составило приблизительно 10 км.

Общие затраты на прокладку кабеля составят (5.1):

$$K_{каб} = L * Y \quad (5.1)$$

где L – длина трассы прокладки кабеля; Y – стоимость 1 км прокладки кабеля.

$$K_{каб} = 10 * 120000 = 1200000 \text{ рублей.}$$

Стоимость прокладки кабеля вычислена исходя из данных представленных в [32].

Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{тр} + K_{смп} + K_{м/у} + K_{зсп} + K_{ппр})K_{об} + K_{каб}, \text{ руб} \quad (5.2)$$

$$KB = 8323159 \text{ рублей.}$$

Итого капитальные вложения в проект составляют 8 миллиона 323 тысячи 159 рублей.

5.2 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационными расходами называются текущие расходы предприятия на производство услуг связи. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети связи.

Эксплуатационные расхода по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном эквиваленте.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Фонд рабочего времени месяца, составляет 176 часов. Расходы на оплату труда в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Состав персонала по обслуживанию станционного оборудования

Должность	Плата за 1 час, руб.	Кол-во, чел.	Сумма з/пл., руб.
Инженер связи	125	1	22 000
Электромеханик	93,75	1	16 500
ИТОГО (ЗПст)		2	38500

Рекомендуемый состав линейного персонала предприятия связи приведён в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Состав персонала по обслуживанию линейного тракта

Наименование должности	Плата за 1 час, руб.	Кол-во, чел.	Сумма з/пл., руб.
Инженер линейных сооружений	125	1	22 000
Кабельщик-монтажник	93,75	2	2x16 500
ИТОГО (ЗПлн)		3	55000

Годовой фонд оплаты труда определяется как:

$$\text{ФОТ}_{\text{годин}} = \text{ЗП} * m * K_d * K_{pr} \quad (5.3)$$

где $m=12$ – количество месяцев в году;

$K_d=1,04$ – коэффициент, учитывающий доплату за работу с вредными условиями труда;

$K_{pr} = 1,25$ - размер премии (25 %);

1. для станционного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{ст}}^{\text{год}} = 38500 * 12 * 1,04 * 1,25 = 600600 \text{ руб.}$$

2. для линейного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{лн}}^{\text{год}} = 55000 * 12 * 1,04 * 1,25 = 858000 \text{ руб.}$$

Общий годовой фонд оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ}^{\text{год}} = \text{ФОТ}^{\text{год}}_{\text{ст}} + \text{ФОТ}^{\text{год}}_{\text{лн}} \quad (5.4)$$

$$\text{ФОТ}^{\text{год}} = 600600 + 858000 = 1458600 \text{ руб.}$$

Годовой фонд оплаты труда составит 1 миллион 458 тысяч 600 рублей.

Страховые взносы составляют 30 % от фонда оплаты труда (2016 год):

$$\text{СВ} = 0,30 * \text{ФОТ}^{\text{год}} \quad (5.5)$$

где $X_{\text{СВ}}=0,30$ - коэффициент страховых выплат;

$$\text{СВ} = 437580 \text{ руб.}$$

Сумма страховых взносов составляет 437 тысяч 580 рублей.

Амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов рассчитываются по формуле:

$$\text{АО}_{\text{год}} = \Phi_{\text{перв}} * \text{Н}_a \quad (5.6)$$

где $\Phi_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость основных фондов (приравнивается к капитальным вложениям);

Н_a – норма амортизационных отчислений для данного типа оборудования и линейно-кабельных сооружений составляет 5%.

$$\text{АО}_{\text{год}} = 276735 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизационные отчисления 276 тысяч 735 рублей.

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

1. затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования, (27 ЭУ):

$$\text{З}_{\text{ЭН}} = \text{T} * \text{Z}_t * (\text{P} * \text{n}) \quad (5.7)$$

где $\text{T} = 5,2$ руб. кВт/час – тариф на электроэнергию; $\text{P} = 0,15$ кВт – мощность одной установки; $\text{Z}_t = 8760$ часов работы в году;

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$\text{З}_{\text{ЭН}} = 184486 \text{ руб.}$$

2. затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от ОПФ:

Затраты на материалы и запасные части рассчитываем по формуле:

$$Z_m = \text{ОПФ} * L \quad (5.8)$$

где ОПФ - это основные производственные фонды (капитальные вложения $K_{\text{общ}}$).

L – коэффициент затрат на материалы 0,035.

В итоге материальные затраты составляют:

$$Z_m = 291311 \text{ руб.}$$

Таким образом, общие материальные затраты равны сумме затрат на электроэнергию и материальных затрат:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{ЭН}} + Z_m \quad (5.9)$$

$$Z_{\text{общ}} = 475796 \text{ руб.}$$

Материальные затраты составили 475 тысяч 796 рублей.

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

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 * \text{ФОТ}_{\text{год}} \quad (5.10)$$

$$Z_{\text{эк}} = 0,25 * \text{ФОТ}_{\text{год}} \quad (5.11)$$

Подставив значения в формулы (5.10) и (5.11), получаем:

$$Z_{\text{пр}} = 218790 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{эк}} = 364650 \text{ руб.}$$

Таким образом, сумма других расходов определяется как (5.12):

$$Z_{\text{другие}} = Z_{\text{эк}} + Z_{\text{пр}} \quad (5.12)$$

$$Z_{\text{прочие}} = 218790 + 364650 = 583440 \text{ руб.}$$

Затраты на прочие расходы составят 583 тысячи 440 рублей.

Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов сведём в таблицу 5.4.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.4 – Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Структура, %
1. Фонд оплаты труда, годовой	1458600	45
2. Страховые взносы, годовые	437580	14
3. Амортизационные отчисления	276735	9
4. Материальные затраты	475796	15
5. Прочие расходы	583440	18
ИТОГО (Э)	3232151	100

5.3 Расчёт предполагаемой прибыли

При выборе размера абонентской платы и стоимости оплаты за подключение следует учитывать аналогичные тарифы у имеющих в городе конкурирующих операторов.

Используя данные из о видах услуг, предоставляемых пользователям разрабатываемой мультисервисной сети и стоимости этих услуг, проведём расчёт предполагаемой прибыли (таблица 5.5), плата за подключение взимается единовременно в размере 8000 рублей. Цена за подключение включает в себя стоимость шлюза.

Стоимость услуг представлена на основании анализа цен других операторов региона, а также цен провайдера-заказчика в соседних регионах.

Таблица 5.5 – Планируемая прибыль по видам услуг

Название услуги	Абоненты	Цена	Стоимость
Абонентская плата	346	999	345654
Расширенный пакет каналов IP-HDTV	208	250	51900
Услуга видео по запросу	138	200	27680
Сервис родительского контроля	173	150	25950
Услуга предоставления реального IP адреса	104	199	20656
ИТОГО (Pr_{month})			471840

Сумма общей ежемесячной прибыли составляет 471 тысяча 840 рублей.

Сумма ежегодной прибыли рассчитывается по формуле:

$$Pr_{year} = 12 * Pr_{month} \quad (5.13)$$

$$Pr_{year} = 5662082 \text{ руб.}$$

Подключение всех абонентов сети осуществляется единовременно. Проектный период составляет 5 лет, в рамках этого срока проект должен окупиться. Сумма за подключение всех абонентов составит:

$$Sp = 346 \cdot 8000 = 2768000 \text{ рублей.}$$

Ежегодная прибыль оценивается в 5 миллионов 662 тысячи 82 рубля. Анализ результатов расчёта предполагаемой прибыли и капитальных вложений свидетельствует о достаточно высокой степени эффективности принятых проектных решений и подтверждает экономическую обоснованность.

Подробная информация прибыли на каждый год проектного периода содержится в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Предварительные экономические показатели проекта по доходам

Год	Количество абонентов от проектного значения	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	1	1730000	5662082,4	7392082,4
2	1	0	5662082,4	5662082,4
3	1	0	5662082,4	5662082,4
4	1	0	5662082,4	5662082,4
5	1	0	5662082,4	5662082,4

5.4 Определение оценочных показателей проекта

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

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец *i*-го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами, этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (5.14):

$$NPV = PV - IC \quad (5.14)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.15); IC – отток денежных средств в начале *n*-го периода, рассчитываемый по формуле:

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.15)$$

где P_n – доход, полученный в *n*-ом году, *i* – норма дисконта, *T* – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.16)$$

где I_n – инвестиции в *n*-ом году, *i* – норма дисконта, *m* – количество лет, в которых производятся выплаты.

Используемая ставка дисконта должна обязательно соответствовать выбранному виду денежного потока. Ставка дисконта может быть рассчитана различными способами, наиболее простым является кумулятивный, при котором в качестве нее выбирается средняя ставка по долгосрочным валютным депозитам пяти крупнейших российских банков, включая Сбербанк РФ. Она составляет 11 % и формируется в основном под воздействием внутренних рыночных факторов.

В таблице 5.7 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями:

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

						Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

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

Таблица 5.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	11555310	11555310	-11555310
1	7392082	7392082	3232151	14787461	-7395379
2	5662082	12493058	3232151	17699309	-5206252
3	5662082	17088531	3232151	20322596	-3234065
4	5662082	21228596	3232151	22685917	-1457320
5	5662082	24958386	3232151	24815035	143351

Как видно из приведенных в таблице 5.7 рассчитанных значений, проект окупиться к концу 6 года эксплуатации, так как в конце 5 года мы имеем положительный NPV.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле (5.17):

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.17)$$

где T – значение периода, когда чистый денежный доход меняет знак с «-» на «+»; NPV_n – положительный чистый денежный доход в n году; NPV_{n-1} – отрицательный чистый денежный доход по модулю в $n-1$ году.

$$PP = 5 + \frac{|-1457320|}{(|-1457320| + 143351)} = 5.9 \text{ лет}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 5 лет и 11 месяцев.

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на конец 7 года инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле (5.18):

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.18)$$

$$PI = 1,10$$

Внутренняя норма доходности (IRR) – норма прибыли, порожденная

инвестицией. Это та норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (5.19)$$

где i – ставка дисконтирования

Расчет показателя IRR осуществляется путем последовательных итераций. В этом случае выбираются такие значения нормы дисконта i_1 и i_2 , чтобы в их интервале функция NPV меняла свое значение с «+» на «-», или наоборот. Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.20)$$

где i_1 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV > 0$; i_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV < 0$.

Для описанного выше примера будем иметь:

$i_1 = 11\%$, при котором $NPV_1 = 143351$ руб.; $i_2 = 15\%$ при котором $NPV_2 = -576962$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 11 + \frac{143351}{143351 - (-576962)} (15 - 11) = 11,95\%$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 11,95%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 11%, таким образом, проект следует принять.

В данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен общий дохода от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные

показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	346
Капитальные затраты, руб	8 323 159
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	3 232 151
Расходы на оплату производственной электроэнергии	184 486
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	291 311
Фонд оплаты труда	1 458 600
Страховые взносы	437 580
Амортизационные отчисления	276 735
Доходы (NPV), руб	5 662 082
Внутренняя норма доходности (IRR)	11,95 %
Индекс рентабельности (PI)	1,10
Срок окупаемости, год	5 лет и 11 месяцев

Анализ технико-экономических показателей проекта свидетельствует о достаточной степени эффективности принятых проектных решений и подтверждает их экономическую обоснованность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одно из основных преимуществ перехода на мультисервисную сеть заключается в том, что устанавливать и контролировать нужно лишь одну физическую сеть. Это позволяет значительно сэкономить на установке и управлении отдельными сетями для передачи голоса, видео и других данных. Подобное сетевое решение включает в себя управление ИТ-инфраструктурой, таким образом, любые действия, добавления и изменения осуществляются через интуитивный интерфейс управления. В данной выпускной квалификационной работе разработан подход к созданию мультисервисной сети абонентского доступа для жилого комплекса «Спасский» города Мценск.

Реализация данного проекта позволит:

- создать гибкую и масштабируемую сетевую инфраструктуру;
- обеспечить высокий уровень качества предоставляемых услуг;
- обеспечить абонентам сети широкий спектр услуг Triple-Play;
- обеспечить безопасность передаваемых в сети данных;
- обеспечить надежность и отказоустойчивость разработанных систем связи;
- обеспечить окупаемость проекта в рамках рассчитанных сроков;
- соблюдение пожарной и экологической безопасности проекта;
- соблюдение трудового законодательства на объектах в рамках данного проекта.

Проведен выбор физической среды передачи информации и выбор типа кабеля. С учетом требований надежности оборудования и системы, а также анализа способа прокладки кабеля выбраны следующие типы кабеля:

ДПОм-П-24У 3х8 6кН (4 км) – распределительный кабель;

ТПОд2-П-02У-2кН (2км) – дроп кабель;

ОМР-П-24У (1 км) – кабель внутри объектовый;

ОМР-П-02У (3 км) - кабель внутри объектовый.

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

В качестве основного поставщика оборудования выбрана компания Российская компания QTECH.

Выбраны следующие модели коммутаторов:

Коммутатор L3 QSW-3450-28F-DC (2 шт.);

Коммутатор L2 QSW-3000-10F-DC (1 шт.);

Коммутатор L2 QSW-3300-28F-AC (21 шт.);

Абонентский шлюз доступа QFR-250-4T-W-U (346 шт.).

При расчете экономических показателей, было рассчитаны капитальные вложения в проект, которые составляют 8 323 159 рублей. Установленные тарифы на услуги связи позволят получить тарифный доход 5 662 082 рублей в год. Срок окупаемости проекта составит 5 лет и 11 месяцев, данный показатель полностью отвечает к требованиям последних лет по окупаемости сети.

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Город Мценск [Электронный ресурс] // Википедия свободная энциклопедия Е.: URL: <http://www.ericsson.com/ru> (Дата обращения 10.01.16)
2. Зона радиопокрытия Билайн в г. Мценск [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Вымпелком Е.: URL: <http://mtsensk.beeline.ru/index/cellphone/> (Дата обращения 05.02.16)
3. Зона радиопокрытие Мегафон в Орловской области [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Мегафон Е.: URL: <http://www.ericsson.com/ru> (Дата обращения 05.02.16)
4. Зона радиопокрытие МТС в Орловской области [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании МТС Е.: URL: <http://orl.megafon.ru/range/> (Дата обращения 05.02.16)
5. Осваиваем частный сектор по технологии FTTH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Телекомза Е.: URL: <http://telekomza.ru/2012/09/13/osvaivaem-chastnyj-sektor-po-technologie-ftth/> (Дата обращения 06.02.16)
6. Одом У. Официальное руководство по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA Маршрутизация и коммутация, академическое издание. - М.: Вильямс, 2015. -761с.
7. Решения Ethernet на базе оборудования компании Cisco [Электронный ресурс] // Официальный сайт Cisco Systems Е.: URL: <http://www.cisco.com/ethernet-solutions/ftth.html> (Дата обращения 05.03.16)
8. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. Последняя миля на медных кабелях.- М.: ЭКО-Трендз, 2001.-222с.
9. Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения.- М.: ЗАО "ИГ" Энтер-профи, 1999.
10. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. Т.2.- М.: Радио и связь, 1999.-317с.

					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

11. Шмалько А.В. Цифровые сети связи. Основы планирования и построения.- М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001.-222с.
12. Колпаков И., Васькин О., Смирнов С. Универсальная мультисервисная транспортная среда на базе сетей кабельного телевидения (часть 1) // Теле-Спутник, 2002, январь.- С.54-56.
13. Б. Кий. Легенды и мифы о коаксиальных кабелях // Теле-Спутник, 2002, январь.- С.64-66.
14. Гальперович Д.Я. Итальянские коаксиальные кабели // Технологии и средства связи, 2002, №5.- С.42-44.
15. Рысин Л.Г. Новые возможности LAN-кабеля // Технологии и средства связи, 2002, №5.- с.40-41.
16. Орлов С. Последнее поколение неэкранированной медной проводки // Журнал сетевых решений, LAN, 2002, март.- с.57-69.
17. Ригер В. Многомодовые оптические волокна и гигабитовые приложения // Сети и системы связи, 2002, №3.- с.24-28.
18. Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи. ВСН 116-93 Минсвязи России.
19. Ларин Ю.Т., Нестеренко В.А. Полимерные оптические волокна // ИНФОРМОСТ Радиоэлектроника и телекоммуникации.- 22. 2002.- с.28-33.
20. Кирсанов И.А. Прокладка оптических кабелей в зданиях // Вестник связи, 2000, №10.- с.66-68.
21. Никульский И.Е., и другие. Оптическая сеть переноса системы абонентского доступа АТСЦ-90 // Вестник связи, 2000, №11.- с.58-61.
22. Молта Д. Беспроводные технологии // Сети и системы связи, 2001, №2.- с.53-61.
23. Руководящий технический материал «Принципы построения мультисервисных местных сетей электросвязи». – ФГУП ЦНИИС, 2005. - версия 2.0.

24. Руководящий технический материал «Принципы обеспечения безопасности на объектах связи». – ФГУП ЦНИИС, 2010.- 145 с.

25. Росляков, А.В., Самсонов, М.Ю., Сети следующего поколения NGN [Текст] / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов. - М.: Эко-Трендз, 2008.- 449 с.

26. Бакланов, И.Г. Технологии ADSL/ADSL2+ теория и практика применения [Текст] / И.Г. Бакланов. – М.: Метротек, 2007-384с.

27. Парфёнов, Ю. А., Мирошников, Д.Г. Цифровые системы доступа. Медные кабели и оборудование [Текст]/ Ю.А. Парфенов, Д.Г. Мирошников. - М.: Эко-Трендз, 2005.-228с.: ил.

28. Сетевое оборудование оптом [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG Е.: URL: [www. shop.nag.ru](http://www.shop.nag.ru) (Дата обращения 10.04.15)

29. Инкаб. Оптические кабели связи [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Инкаб 1 Е.: URL: <http://www.incab.ru/> (Дата обращения 10.03.15)

30. Связь Строй Деталь [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ССД Е.: URL: <http://www.ssd.ru/katalog-2016> (Дата обращения 10.03.16)

31. Характеристики оборудования фирмы QTECH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании QTECH Е.: URL: <http://www.qtech.ru> (Дата обращения 10.03.16)

32. Цены на монтаж СКС [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Связь Комплект Е.: URL: <http://www.skomplekt.com/montazh> (Дата обращения 10.04.16)

						Лист
					11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А

1. Исходные данные.

1.1. Параметры линии.

Потенциал электрического поля в точке подвеса	Не более 12 кВ
Максимальная длина пролета в линии, м	30
Стрела провеса начальная, % от длины пролета	не задана (по умолчанию 1)
Начальная нагрузка на кабель	не задана
Перепад высот при максимальной длине пролета, м	0,5
Максимально допустимая стрела провеса при гололеде (вертикальная), м	не задана (по умолчанию без ограничений)
Максимально допустимая стрела провеса при ветре (горизонтальная), м	не задана (по умолчанию без ограничений)
Максимально допустимая нагрузка кабеля по условиям прочности опор, кН	не задана (по умолчанию 40)
Высота подвеса кабеля, м	10
Минимальное расстояние кабеля до земли, м	не задана (по умолчанию 5)

1.2. Характеристики кабеля ДПОМ-П-8У 2х4 4кН

Максимально допустимая растягивающая нагрузка кабеля, кН	3,6
Допустимая монтажная растягивающая нагрузка, кН	0,9
Максимально допустимая монтажная растягивающая нагрузка, кН	2,2
Масса кабеля, кг/км	102
Наружный диаметр кабеля, мм	8,8
Наружный диаметр по тросу, мм	5,2
Площадь поперечного сечения кабеля, мм ²	3,8
Модуль упругости начальный, кН/мм ²	125
Модуль упругости конечный, кН/мм ²	125
Модуль упругости после вытяжки, кН/мм ²	125
Минимально допустимый радиус изгиба кабеля, мм	176
Температурный коэффициент линейного расширения, *10 ⁻⁶ , 1/°С	13
Минимальная температура эксплуатации, °С	-60
Максимальная температура эксплуатации, °С	+70
Минимально допустимая температура монтажа, °С	-30

1.3. Климатические условия.

Район	Орел
Климатическая зона по ветру согласно ПУЭ	3
Климатическая зона по гололеду согласно ПУЭ	4
Максимальная скорость ветра, м/с	32
Максимальное ветровое давление, Па	650
Стенка льда на кабеле, мм	25
Среднеэксплуатационная температура, °С	10
Температура монтажа, °С	не задана (по умолчанию 10)

					Лист
					82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР

2. Расчет стрел провеса и нагрузок при различных климатических условиях.

2.1. Вес кабеля.

Вес кабеля в Н/м рассчитывается исходя из заданной массы кабеля кг/км по следующей формуле:

$$W_{\text{каб}} = \frac{mg}{1000} = 1$$

Где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

2.2. Растягивающая нагрузка, действующая на кабель.

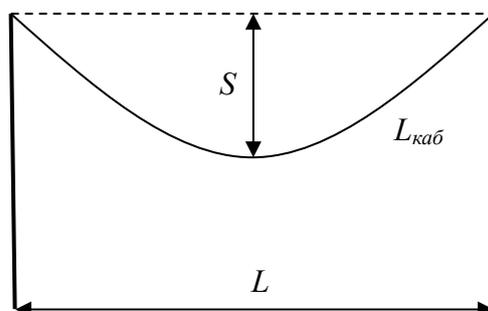
Растягивающая нагрузка, H , действующая на кабель вычисляется следующим образом:

$$H = \frac{WL^2}{8S}$$

где W – линейный вес кабеля, Н/м;

L – расстояние между опорами, м;

S – стрела провеса, м – определяемая как максимальная величина, на которую провисает кабель от горизонтальной линии между точками подвеса кабеля.



Исходя из формулы, видно, что нагрузка на кабель увеличивается с увеличением веса кабеля и расстояния между опорами и уменьшается при увеличении стрелы провеса.

Начальная нагрузка на кабель:

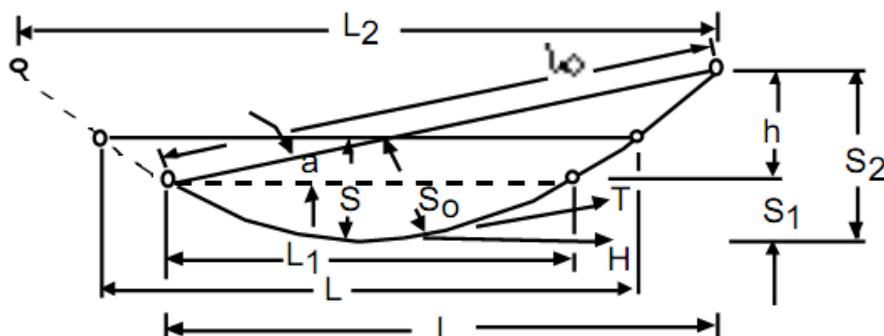
$$H_{\text{нач}} = \frac{WL^2}{8S_{\text{нач}}} = 375,73$$

2.3. Перепад высот между опорами.

При разной высоте точек подвеса, кривая провисания кабеля будет несимметричной и низшая точка этой кривой будет находиться не посередине, а ближе к более низкой опоре.

В данном случае, для расчета стрел провеса удобно пользоваться значениями эквивалентных пролетов.

						Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	



Можно достроить левую ветвь кривой до точки, одинаковой по высоте с правой, и получить симметричную кривую.

Расстояние L_1 называется малым эквивалентным пролетом, а расстояние L_2 – большим эквивалентным пролетом.

Расстояния L_1 и L_2 рассчитываются следующим образом:

$$L_1 = L - \frac{2hH_{нач}}{WL} = 17,5$$

$$L_2 = L + \frac{2hH_{нач}}{WL} = 42,5$$

Стрелы провеса S_1 и S_2 :

$$S_1 = \frac{WL_1^2}{8H} = 0,1$$

$$S_2 = \frac{WL_2^2}{8H} = 0,6$$

Где h – перепад высот между точками подвеса кабеля, м.
В случае подвеса кабеля на одном уровне $L_1=L_2=L$ и $S_1=S_2=S$.

2.4. Длина подвешенного кабеля.

Очевидно, что длина подвешенного кабеля больше расстояния между опорами, за счет некоторого провеса кабеля и она, тем больше, чем больше стрела провеса.

Длина подвешенного кабеля рассчитывается следующим образом:

$$L_{каб} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_1^2}{L_1} + \frac{S_2^2}{L_2} \right) = 30,01$$

2.5. Длина кабеля в ненагруженном состоянии:

Для дальнейших расчетов необходимо знать длину кабеля между опорами, как если бы он не находился под действием растягивающих нагрузок ($H = 0$). Данная величина называется длиной кабеля в ненагруженном состоянии, $L_{н0}$:

$$L_{н0} = \frac{L_{каб}}{1 + \left(\frac{H}{E_{каб} S_{каб}} \right)} = 29,98$$

2.6. Длина кабеля в ненагруженном состоянии с учетом температуры:

Дальше необходимо определить длину кабеля в ненагруженном состоянии с учетом температуры кабеля, $L_{нк}$. Под действием температуры кабель может, как удлиняться, так и сжиматься и эта способность определяется температурным коэффициентом линейного расширения кабеля (ТКЛР, $1/^\circ\text{C}$).

$$L_{нк} = L_{но} [1 + \text{ТКЛР}(T - T_{cp})] = 29,98$$

где T – температура кабеля в условиях эксплуатации; T_{cp} – средняя температура эксплуатации.

2.7. Вес кабеля при воздействии максимального гололеда.

В некоторые периоды эксплуатации происходит обледенение оптического кабеля подвешенного между опорами. При этом величина обледенения зависит от географического местоположения подвешенного кабеля и определяется районами гололедности по классификации и картам гололедных районов РФ, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) – 7 ред.

Гололедная нагрузка действует на кабель вертикально вниз.

Исходя из заданного района гололедности определяют толщину стенки льда на кабеле и рассчитывают вес кабеля в условиях обледенения:

$$W_2 = W + \rho_l g \pi K_i K_d \frac{C(d + K_i K_d C)}{100} = 26,7$$

Где ρ_l – объемная масса гололеда (обычно $0,9 \cdot 10^{-3}$), кг/см^3 ;

C – толщина стенки гололеда, мм;

d – диаметр кабеля, мм;

K_i и K_d – коэффициенты учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода.

Нормативную толщину стенки гололеда плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ следует принимать в соответствии с картой районирования территории России по толщине стенки гололеда или по региональным картам районирования.

2.8. Ветровая нагрузка на кабель при гололеде.

Также необходимо учитывать, что в процессе эксплуатации на подвешенный оптический кабель действуют ветровые нагрузки и следует рассчитать максимальную нагрузку под воздействием ветра. Для этого, исходя из географического места подвеса кабеля, по классификации и картам районов РФ по максимальной ветровой давлению (или скорости ветра), выбирают необходимое значение.

Ветровая нагрузка действует на кабель в горизонтальном направлении, перпендикулярном его оси.

Ветровая нагрузка (Н/м) рассчитывается следующим образом:

$$W_6 = \alpha_w K_l K_w C_x W(d_{каб} + 2K_i K_d C) \cdot 10^{-3} = 18,14$$

где α_w - коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ

Промежуточные значения α_w определяются линейной интерполяцией;

K_l - коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 - при 100 м, 1,05 - при 150 м, 1,0 - при 250 м и более (промежуточные значения K_l определяются интерполяцией);

						Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

K_w - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, определяемый по табл:

C_x - коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 - для кабелей, свободных от гололеда, диаметром 20 мм и более; 1,2 - для всех кабелей, покрытых гололедом, и для всех проводов и тросов, свободных от гололеда, диаметром менее 20 мм;

W - нормативное ветровое давление, Па, в рассматриваемом режиме:

- в режиме максимального ветра: $W = W_0$ - определяется по табл. в зависимости от ветрового района:

- в режиме максимального гололеда:

$W = W_r$ - определяется, следующим образом:

Нормативное ветровое давление при гололеде W_r с повторяемостью 1 раз в 25 лет определяется по скорости ветра при гололеде v_r .

Скорость ветра v_r принимается по региональному районированию ветровых нагрузок при гололеде или определяется по данным наблюдений согласно методическим указаниям по расчету климатических нагрузок.

При отсутствии региональных карт и данных наблюдений $W_r = 0,25 W_0$.

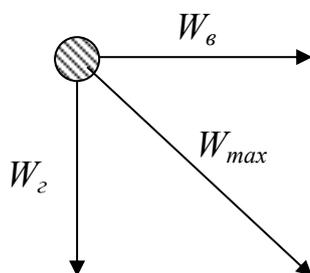
Если в исходных данных известна скорость ветра v_0 , то ветровое давление (Па) определяется следующим образом:

$$W = \frac{v^2}{1,6}$$

2.9. Максимальная нагрузка, действующая на кабель.

Совместное действие вертикальной гололедной нагрузки и горизонтальной ветровой определяется как максимальная нагрузка по следующей формуле:

$$W_{\max} = \sqrt{W_r^2 + W_b^2} = 32,28$$



2.10. Расчет максимальной стрелы провеса.

2.10.1. Определив максимальную нагрузку, можно узнать длину кабеля в нагруженном состоянии (из п. 2.5. и п. 2.2.):

$$L_{\max} = L_{\text{нк}} \left[1 + \left(\frac{W_{\max} L^2}{8 S_{\max} E_{\text{каб}} S_{\text{каб}}} \right) \right]$$

2.10.2. Эта же величина равна:

$$L_{\max} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_1^2}{L_1} + \frac{S_2^2}{L_2} \right)$$

2.10.3. Из п.п. 2.2. и 2.4.

$$S_1 = \frac{S L_1^2}{L^2}$$

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР				

$$S_2 = \frac{SL_2^2}{L^2}$$

2.10.4. Подставив выражения из 2.10.3. в 2.10.2. получим:

$$L_{\max} = L + \left(\frac{4S^2}{3L^4} \right) (L_1^3 + L_2^3)$$

2.10.5. Из п.2.4 находим:

$$L_1 = L \left(1 - \frac{h}{4S} \right)$$

$$L_2 = L \left(1 + \frac{h}{4S} \right)$$

Тогда:

$$L_1^3 + L_2^3 = L^3 \left(2 + \frac{3h^2}{8S^2} \right)$$

2.10.6. Подставим выражение из п.2.10.5. в выражение из п.2.10.4.:

$$L_{\max} = L + \left(\frac{8S_{\max}^2}{3L} \right) + \left(\frac{h^2}{2L} \right)$$

2.10.7. Приравняем выражения из 2.10.1. и 2.10.6.:

$$L + \left(\frac{8S_{\max}^2}{3L} \right) + \left(\frac{h^2}{2L} \right) - L_{\text{нк}} - \frac{L_{\text{нк}} W_{\max} L^2}{8S_{\max} E_{\text{каб}} S_{\text{каб}}} = 0$$

После преобразования, получим кубическое уравнение следующего вида:

$$S_{\max}^3 + S_{\max} \left(\frac{3L}{8} \right) \left(L + \frac{h^2}{2L} - L_{\text{нк}} \right) - \left(\frac{3L}{8} \right) \left(\frac{L_{\text{нк}} W_{\max} L^2}{8E_{\text{каб}} S_{\text{каб}}} \right) = 0$$

2.10.8. Т. е.:

$$S_{\max}^3 + aS_{\max} + b = 0$$

где:

$$a = \frac{3\left(L^2 + \frac{h^2}{2} - LL_{HK}\right)}{8} = 0,24$$

$$b = \frac{-3W_{\max}L^3L_{HK}}{64E_{\text{каб}}S_{\text{каб}}} = -2,57$$

2.10.9. Решив кубическое уравнение можно получить значения максимальной стрелы провеса при наиболее сложных погодных условиях:

Если

$$\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{-b}{2}\right)^2 \geq 0$$

то, в нашем случае:

$$S_{\max} = \sqrt[3]{\left(\frac{-b}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{-b}{2}\right)^2}} + \sqrt[3]{\left(\frac{-b}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{-b}{2}\right)^2}} = 1,31$$

Если

$$\left(\frac{a}{3}\right)^3 + \left(\frac{-b}{2}\right)^2 < 0$$

то:

$$S_{\max} = 2\sqrt{\frac{-a}{3}} \cos\left\{\left(\frac{1}{3}\right) \cos^{-1}\left[\frac{\left(\frac{-b}{2}\right)}{\left(\frac{-a}{3}\right)^{3/2}}\right]\right\}$$

2.11. Максимальная растягивающая нагрузка при наихудших условиях.

Зная максимальную стрелу провеса кабеля, легко найти (по аналогии с п.2.2.) максимальную растягивающую нагрузку, действующую на кабель, при наихудших погодных условиях:

$$H_{\max} = \frac{W_{\max}L^2}{8S_{\max}} = 2767,5$$

Эквивалентные пролеты и стрелы провеса при перепаде высот между опорами рассчитываются по аналогии с п.2.3, только вместо начального веса и нагрузки подставляются максимальный вес и максимальная нагрузка:

$$L_{1\max} = L - \frac{2hH_{\max}}{W_{\max}L} = 27,14$$

$$L_{2\max} = L + \frac{2hH_{\max}}{W_{\max}L} = 32,85$$

$$S_{1\max} = \frac{W_{\max} L_1^2}{8H_{\max}} = 1,07$$

$$S_{2\max} = \frac{W_{\max} L_2^2}{8H_{\max}} = 1,57$$

2.12. Расчет монтажной стрелы провеса, нагрузки и монтажной таблицы.

По п. 2.6. определяется длина кабеля в ненагруженном состоянии с учетом монтажной температуры:

$$L_{н.монт} = L_{но} [1 + ТКЛР(T_{мон} - T_{ср})]$$

Далее расчет ведется, согласно п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11 подставляя соответствующую длину кабеля в ненагруженном состоянии ($L_{н.монт}$), модуль упругости кабеля $E_{каб}$ и вес кабеля $W_{каб}$ и определяется стрела провеса при соответствующей температуре монтажа ($S_{мон}$) и нагрузка ($H_{мон}$).

Монтажная таблица – монтажные нагрузки и стрелы провеса при различных температурах монтажа исходя из заданной начальной нагрузки.

Расчет монтажной таблицы ведется аналогично расчету максимальной нагрузки и стрел.

Определяется длина кабеля в ненагруженном состоянии при различной температуре:

$$L_{МОН.нк} = L_{но} [1 + ТКЛР(T_{мон} - T_{ср})]$$

где $T_{мон}$ – температура кабеля при монтаже; $T_{ср}$ – средняя температура эксплуатации.

Эта длина используется при расчете коэффициентов для определения монтажной стрелы провеса, в качестве веса используется вес кабеля в нормальных условиях:

$$a = \frac{3 \left(L^2 + \frac{h^2}{2} - LL_{МОНнк} \right)}{8}$$

$$b = \frac{-3W_{каб} L^3 L_{МОНнк}}{64E_{каб} S_{каб}}$$

По рассчитанным коэффициентам вычисляется $S_{мон}$ и $H_{мон}$, согласно п.2.10.9 и 2.11.

2.13. Расчет конечной стрелы провеса и нагрузки при нормальных условиях.

После воздействия на кабель максимально тяжелого режима (гололед с ветром), кабель возвращается (сжимается) в нормальное состояние по конечному модулю упругости, т.е. остается остаточное удлинение (см. п.1.7).

Для того чтобы рассчитать конечную стрелу провеса и нагрузку при нормальных условиях необходимо определить длину кабеля при воздействии максимальной нагрузки:

$$L_{каб.к.} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_{1\max}^2}{L_{1\max}} + \frac{S_{2\max}^2}{L_{2\max}} \right)$$

						Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Далее эта длина приводится к длине кабеля в ненагруженном состоянии по конечному модулю упругости:

$$L_{кк} = L_{к0} = \frac{L_{каб.к.}}{1 + \left(\frac{H_{max}}{E_{кон.} S_{каб}} \right)}$$

Затем по п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11 (подставляя W , $L_{кк}$, $E_{кон}$) находим конечную стрелу провеса $S_{н.кон}$ и нагрузку $H_{н.кон}$.

Эквивалентные длины пролетов и стрел провеса (при наличии перепада высот между опорами) определяются согласно п. 2.3., подставляя вес кабеля и рассчитанную нагрузку.

2.14. Расчет стрелы провеса и нагрузки при нормальных условиях после реализации вытяжки.

В процессе эксплуатации кабеля при подвесе происходит его вытяжка (см. п. 1.8).

Для того, чтобы определить стрелу провеса $S_{н.выт.}$ и нагрузку $H_{н.выт.}$ после вытяжки, необходимо воспользоваться формулами из п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11, подставляя в коэффициент b вместо начального модуля упругости, модуль упругости после вытяжки $E_{выт.}$. Вес принимается равным весу кабеля.

Эквивалентные длины пролетов $L_{1н.выт.}$, $L_{2н.выт.}$ и стрел провеса $S_{1н.выт.}$, $S_{2н.выт.}$ (при наличии перепада высот между опорами) определяются согласно п. 2.3., подставляя вес кабеля и рассчитанную нагрузку.

2.15. Расчет стрел провеса и нагрузок при минимальной и максимальной температуре эксплуатации после реализации вытяжки.

По п. 2.6. определяется длина кабеля в ненагруженном состоянии с учетом минимальной или максимальной температуры:

$$L_{н.минТ} = L_{но} [1 + ТКЛР(T_{min} - T_{cp})]$$

$$L_{н.максТ} = L_{но} [1 + ТКЛР(T_{max} - T_{cp})]$$

Далее расчет ведется, согласно п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11 подставляя соответствующую длину кабеля в ненагруженном состоянии ($L_{н.минТ}$, $L_{н.максТ}$), модуль упругости вытяжки $E_{выт.}$ и вес кабеля W и определяется стрела провеса при соответствующей температуре ($S_{н.минТ}$, $S_{н.максТ}$) и нагрузки ($H_{н.минТ}$, $H_{н.максТ}$).

2.16. Расчет стрелы провеса и нагрузки при максимальных условиях (гололед + ветер) после реализации вытяжки.

Определяется длина кабеля между опорами по п.2.4. подставляя соответствующие значения эквивалентных пролетов и стрел провеса после вытяжки в нормальных условиях (по п.2.4):

$$L_{каб.выт} = L + \frac{4}{3} \left(\frac{S_{1н.выт}^2}{L_{1н.выт}} + \frac{S_{2н.выт}^2}{L_{2н.выт}} \right)$$

Затем определяется длина кабеля в ненагруженном состоянии (по конечному модулю упругости) по п.2.5.:

$$L_{каб.выт0} = \frac{L_{каб.выт}}{1 + \left(\frac{H_{н.выт.}}{E_{кон} S_{каб}} \right)}$$

С учетом температуры:

$$L_{к.каб.выт} = L_{каб.выт0} [1 + ТКЛР(T - T_{cp})]$$

						Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Далее расчет ведется, согласно п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11 подставляя соответствующую длину кабеля после вытяжки ($L_{к.каб.выт}$), конечный модуль упругости $E_{кон}$, максимальную нагрузку W_{max} (из п.2.9) и определяется стрела провеса при максимальных нагрузках после вытяжки ($S_{maxвыт}$) и нагрузка ($H_{maxвыт}$).

Эквивалентные длины пролетов $L_{1maxвыт}$, $L_{2maxвыт}$ и стрел провеса $S_{1maxвыт}$, $S_{2maxвыт}$ (при наличии перепада высот между опорами) определяются согласно п. 2.3., подставляя максимальную нагрузку W_{max} и рассчитанную растягивающую нагрузку $H_{maxвыт}$.

2.17. Определение роли вытяжки при расчете максимальных нагрузок.

Если при воздействии максимальных нагрузок на кабель (гололед и ветер), стрела провеса после реализации вытяжки (по п.2.16) будет больше стрелы провеса кабеля не подвергшийся вытяжке (по п.2.11):

$$S_{maxвыт} > S_{max}$$

то в таком случае **вытяжка является определяющим фактором** и при расчетах необходимо учитывать стрелы провеса и нагрузки, возникающие после реализации вытяжки (по п.2.16).

Если же максимальная стрела провеса после вытяжки (по п.2.16) меньше максимальной стрелы провеса без учета вытяжки (по п.2.11):

$$S_{maxвыт} < S_{max}$$

то в таком случае **вытяжка НЕ является определяющим фактором** и при расчетах необходимо учитывать стрелы провеса и нагрузки, возникающие после первоначального удлинения кабеля (по п.2.11).

2.18. Расчет стрелы провеса и нагрузки при воздействии максимального гололеда.

Для того, чтобы определить максимальную вертикальную стрелу провеса $S_{max.вер.}$ и нагрузку $H_{max.вер.}$, необходимо воспользоваться формулами из п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11, подставляя $L_{к.каб.выт}$ и $E_{кон}$ (если вытяжка – фактор) или $L_{нк}$ и $E_{нач}$ (если вытяжка – не фактор). Вес принимается равным весу кабеля под воздействием гололеда W_c (по п.2.7).

Эквивалентные длины пролетов L_{1c} , L_{2c} и стрел провеса S_{1c} , S_{2c} (при наличии перепада высот между опорами) определяются согласно п. 2.3., подставляя вес кабеля под воздействием льда и рассчитанную нагрузку $H_{max.вер.}$

2.19. Расчет стрелы провеса и нагрузки при воздействии максимальной силы ветра.

Максимальная ветровая нагрузка, действующая на кабель определяется по п.2.8:

$$W_{e max} = \alpha_w K_l K_w C_x W_0 d_{каб} \cdot 10^{-3}$$

При этом используется максимальное ветровое давление W_0 и диаметр кабеля $d_{каб}$ без воздействия гололеда.

Если максимальная ветровая нагрузка при воздействии гололеда W_v (по п.2.8) больше максимальной ветровой нагрузки без гололеда $W_{v max}$:

$$W_e > W_{e max}$$

то тогда для данного режима берется ветровая нагрузка при гололеде:

$$W_{e max} = W_e$$

Для того, чтобы определить максимальную горизонтальную стрелу провеса $S_{max.гор.}$ и нагрузку $H_{max.гор.}$, необходимо воспользоваться формулами из п.п. 2.10.8, 2.10.9 и 2.11, подставляя $L_{к.каб.выт}$ и $E_{кон}$ (если вытяжка – фактор) или $L_{нк}$ и $E_{нач}$ (если вытяжка – не фактор). Вес принимается равным весу кабеля под воздействием максимального ветра $W_{v max}$.

						Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.108.ПЗВКР	

Эквивалентные длины пролетов $L_{1в}$, $L_{2в}$ и стрел провеса $S_{1в}$, $S_{2в}$ (при наличии перепада высот между опорами) определяются согласно п. 2.3., подставляя вес кабеля под воздействием ветра $W_{вmax}$ и рассчитанную нагрузку $H_{max.вер}$.

2.20. Результаты расчетов по пунктам 2.12—2.19.

Характеристики линии ДПОМ-П-8У 2х4 4кН

Монтажная нагрузка, кН	0,37
Начальная нагрузка, кН	0,37
Монтажная стрела провеса, м	0,29
Гололедная нагрузка, Н/м	26,7
Ветровая нагрузка в гололед, Н/м	18,14
Максимальная нагрузка, Н/м	32,28
Стрела провеса максимальная, м	1,07
Максимальная растягивающая нагрузка, кН	2,76
Максимальная стрела провеса вертикальная, м	1,22
Максимальная стрела провеса горизонтальная, м	1,06
Минимальное расстояние кабеля до земли, м	9,01

Монтажная таблица

Температура монтажа	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
Монтажные нагрузки, кН	0,55	0,5	0,45	0,41	0,37	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22
Монтажные стрелы провеса (S виз), м	0,2	0,22	0,24	0,27	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49
Минимальная высота кабеля от земли (Н мин), м	9,83	9,81	9,79	9,77	9,75	9,72	9,7	9,67	9,64	9,62	9,59
Расстояние от левой опоры до низшей точки кабеля (Лл мин), м	5	6	7	8	8	9	9	10	10	10	11

Климатические режимы

Режим	Норм.	-60°C	+70°C	Гололед	Ветер	Макс №1	Макс №2
Нагрузки, действующие на кабель (Нагр), кН	0,37	0,71	0,22	2,45	1,92	2,76	2,76
Вертикальная стрела провеса (S верт), м	0,1	0	0,27	0,98	0,1	0,88	0,88
Горизонтальная стрела провеса (S гор), м	0	0	0	0	1,06	0,6	0,6
Минимальная высота кабеля от земли (Н мин), м	9,89	9,99	9,72	9,01	9,89	9,11	9,11
Расстояние от левой опоры до низшей точки кабеля (Лл мин), м	8	3	11	13	8	13	13