

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

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ В ГОРОДЕ
КУРСК В МИКРОРАЙОНЕ «СЕВЕРНЫЙ-1»**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы связи
очной формы обучения, группы 12001511
Блинова Сергея Владимировича

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент
кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Урсол Д.В.

Рецензент
Генеральный директор
ООО «МАКСИМУС»
Аркатов М.О.

БЕЛГОРОД 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И СТРУКТУРИРОВАННЫМ КАБЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ	7
2.1 Система маркировки кабелей и линий связи	8
2.2 Способы установки и прокладка соединительных линий и электропитания	10
2.3 Электроснабжение и заземление	10
2.4 Мероприятия по охране труда и технике безопасности	11
2.5 Общие требования к мультисервисной сети	12
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ МИКРОРАЙОНА СЕВЕРНЫЙ-1 В Г. КУРСК	15
3.1 Модель доступа Ethernet FTTB	16
3.2 Проект линейно-кабельных сооружений	23
3.3 Выбор оборудования для мультисервисной сети	32
4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ	45
4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг	45
4.2 Расчёт трафика IP-телефонии	46
4.3 Расчёт трафика IP TV	46
4.4 Расчёт трафика передачи данных	48
4.5 Оценка требуемой полосы пропускания	50
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	51
5.1 Смета затрат	51
5.2 Расчет эксплуатационных расходов	53
5.3 Расчёт предполагаемой прибыли	56
5.4 Определение оценочных показателей проекта	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80

					<i>11120005.11.03.02. 486.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	Блинов С.В.				Проектирование мультисервисной сети связи в городе Курск в микрорайоне «Северный-1»	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Урсол Д.В.						2	82
Рецензент	Аркатов М.О.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 12001511</i>		
Н. Контроль	Урсол Д.В.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

ВВЕДЕНИЕ

Примером услуг, предоставляемых операторами связи на основе технологий канального и сетевого уровней, являются доступ в Интернет и связывание территориально разнесенных локальных сетей. Доступ в Интернет — это услуга, предоставляемая операторами связи — провайдерами Интернета. Благодаря тому, что IP-сети операторов связи объединены в глобальную сеть Интернет, потребитель этой услуги теоретически получает доступ ко всем узлам Интернета и ко всем их услугам. В соответствии с принципами работы IP-сетей даже в том случае, когда интересующий клиента узел находится в сети, не принадлежащей провайдеру услуги, пакеты клиента могут его достичь через сети других операторов. Услуга доступа в Интернет является транспортной, то есть сама по себе она не предоставляет никаких прикладных сервисов, таких как веб-сервис или сервис IP-телефонии. Эти прикладные сервисы работают поверх службы доступа в Интернет и для самого транспорта Интернета они прозрачны.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

Системы мониторинга безопасности и IP-телефонии должны быть высокодоступными и зачастую предъявляют специфические требования к проектированию. Важно правильно выбрать типы маршрутизаторов и

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

коммутаторов в соответствии с конкретными требованиями, функциями и спецификациями, а также ожидаемым потоком трафика.

В этом варианте IP-маршрутизаторы не имеют непосредственных физических связей между собой (то есть связей любого типа, обеспечиваемых физическим уровнем, — каналов SDH, OTN, DWDM или кабельных связей). Вместо этого они соединены такими связями с коммутаторами канального уровня, например коммутаторами Carrier Ethernet. Сеть коммутаторов канального уровня обеспечивает передачу пакетов между IP-маршрутизаторами.

Целью данной выпускной квалификационной работы является предоставление жильцам микрорайона “Северный-1” города Курск пакета мультисервисных услуг, для чего и необходимо построение мультисервисной сети связи абонентского доступа. Проектируемая мультисервисная сеть связи Должна обеспечивать конкурентноспособный пакет инфокоммуникационных услуг для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Проанализировать проектируемую инфраструктуру микрорайона;
- Определить пакет услуг, который будет предоставляться абонентам;
- 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.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В настоящее время крупнейшим оператором связи в Курск является ПАО «Ростелеком» — национальная телекоммуникационная компания, основанная в 1993 году. Крупнейшими провайдерами мобильной связи в Курске являются Билайн, МТС, МегаФон, Tele2 и Yota, которые также предоставляют услуги доступа в Интернет.

Микрорайон “Северный-1” - это проект современного жилищного комплекса в северной части города. Проект включает в себя внутреннюю инфраструктуру и более 10 монолитно-кирпичных домов различной этажности от 14 до 25, некоторые из которых с подземным паркингом. [9]

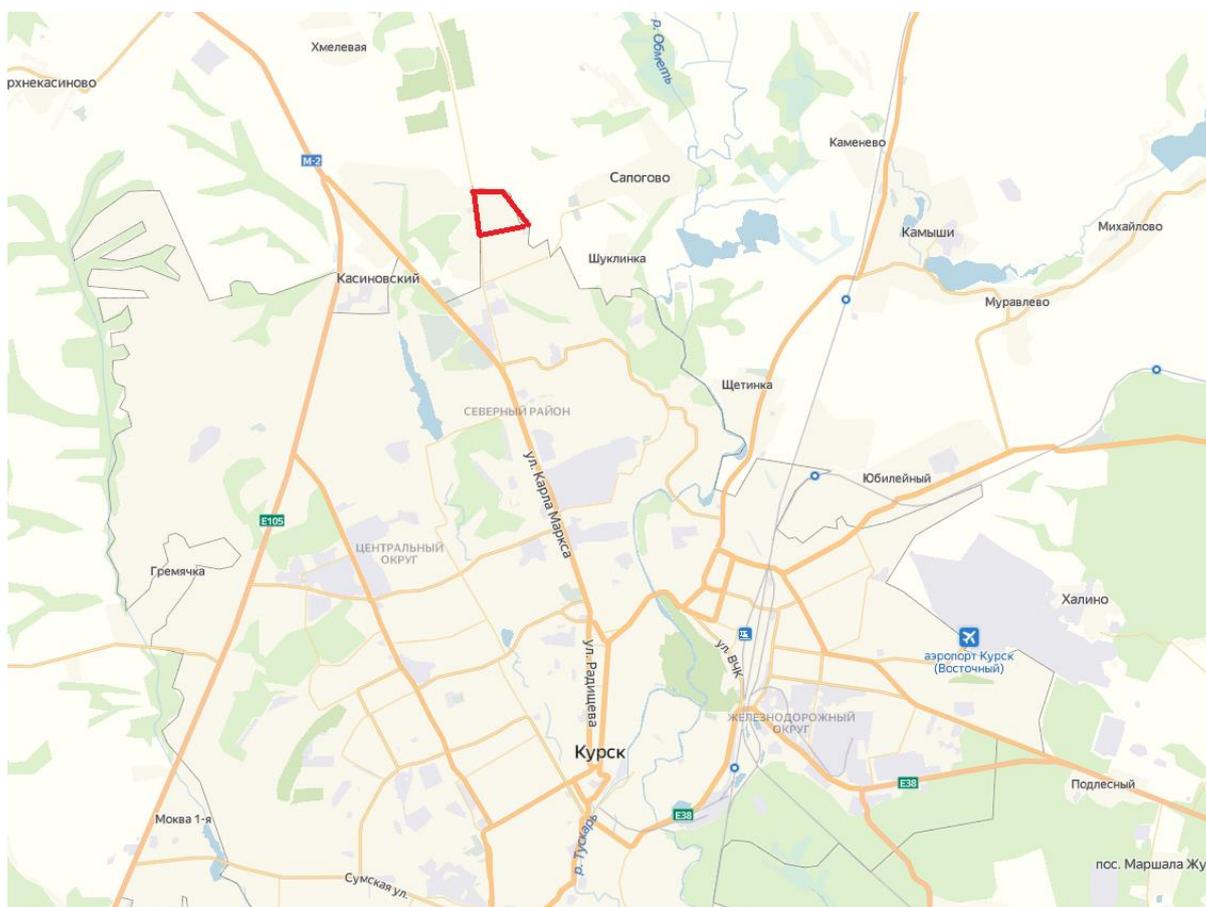


Рисунок 1.1 – Схема расположения микрорайона Северный-1 на карте города Курск

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается микрорайон “Северный-1”, данный микрорайон является комплексом элитной

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

многоэтажной застройки в северной части города Курск. Схема расположения микрорайона приведена на рисунке 1.1. Количество абонентов, заявленных застройщиком для подключения к мультисервисной сети абонентского доступа, составляет 1301. Состав жилищного фонда комплекса представлен в таблице 1.1.

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

Среди услуг, которые, по данным застройщика, будут востребованы в данном жилом секторе: высокоскоростной доступ в Интернет, IP телефония, Video on Demand, IP TV. Застройщик планирует 80% - 95% 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.

ПАО «Ростелеком» в г. Курск предоставляет следующие услуги [11]:

1. Стационарная аналоговая телефония;
2. Телефония по сетям передачи данных: VoIP;
3. Цифровое интерактивное телевидение (123 каналов), в том числе 21 каналов в формате FullHD;
4. Высокоскоростной доступ в Интернет до 100 Мбит/с..

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

2 ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И СТРУКТУРИРОВАННЫМ КАБЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ

Проектируемая структурированная кабельная система предназначена для использования ее в качестве среды для передачи данных следующих систем: система телефонной связи; локальной вычислительной сети.

Для создания активной коммуникационной среды для взаимодействия серверных платформ, рабочих станций и периферийного оборудования, с целью совместного использования сетевых ресурсов, распределения информации по структурным подразделениям используется СКС.

В качестве оборудования структурированной кабельной системы техническими решениями предусматривается использование продукции компании Hyperline, всё оборудование которой соответствует стандартам ISO/IEC 11801 2nd Edition, ANSI/ TIA/EIA-568-B.2-1 и удовлетворяет требованиям Международного стандарта (ISO 11801) категории 5e.

Структурированная кабельная система обеспечивает:

- коммутацию низковольтных сигналов с частотой до 100 МГц;
 - коммутацию цифровых пакетов Ethernet (IEEE802.3), Fast Ethernet (IEEE802.3u);
 - коммутацию цифровых или аналоговых сигналов передачи голоса.
- структурированная кабельная система, по своей структуре соответствует схеме - иерархическая звезда.

В соответствие со стандартом TIA/EIA 568B в составе структурированной кабельной системы предусмотрены следующие подсистемы:

- подсистема рабочих мест;
- горизонтальная подсистема;
- вертикальная/магистральная подсистема.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

2.1 Система маркировки кабелей и линий связи

Для создания активной коммуникационной среды для взаимодействия серверных платформ, рабочих станций и периферийного оборудования, с целью совместного использования сетевых ресурсов, распределения информации по структурным подразделениям используется следующее.

Оборудование доступа в глобальные сети, маршрутизатор доступа; Коммутаторы рабочих групп; Автоматизированные рабочие места.

Структурированная кабельная система обеспечивает каналы передачи данных со следующими скоростями: -для рабочих мест в офисных помещениях - до 100 Мб/с;-для подключения серверов - до 1 Гб/с. Все каналы передачи данных поддерживают полнодуплексный режим работы. Топология структурированной кабельной системы - «звезда». Структура структурированной кабельной системы - связанные магистральными соединениями групповые коммутаторы доступа.

Активное оборудование поддерживает семейство протоколов Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet (IEEE 802.3, 802.3u, 802.3z, 802.1p, 802.3ab). Активное оборудование поддерживает не менее 5 виртуальных сетей (VLAN) согласно IEEE 802.1Q.

Скорость передачи трафика определяет возможную производительность коммутатора, оценивая объем данных, которые могут быть обработаны коммутатором в течение секунды. Серии коммутаторов классифицируются по скорости передачи трафика. Коммутаторы начального уровня имеют более низкую скорость передачи трафика, чем коммутаторы корпоративного уровня. При выборе коммутатора крайне важно учитывать скорость передачи трафика. Если скорость передачи трафика коммутатора слишком низкая, коммутатор не сможет обеспечить на всех своих портах обмен данными с полной скоростью, на которую рассчитана среда передачи данных. Номинальная скорость среды передачи данных — это скорость передачи данных, которую способен

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.486.ПЗВКР				

обеспечить каждый Ethernet-порт на коммутаторе. Доступные скорости передачи данных: 100 Мбит/с, 1 Гбит/с, 10 Гбит/с или 100 Гбит/с.

Например, стандартный 48-портовый гигабитный коммутатор, работающий при полной скорости, соответствующей среде передачи данных, генерирует трафик со скоростью 48 Гбит/с. Если коммутатор поддерживает максимальную скорость передачи данных 32 Гбит/с, он не может работать с полной скоростью, соответствующей среде передачи данных, на всех своих портах одновременно. К счастью, от коммутаторов уровня доступа обычно не требуется работа на полной скорости среды передачи данных, поскольку они физически ограничены восходящими каналами уровня распределения. Это означает, что на уровне доступа можно использовать менее дорогостоящие коммутаторы с более низкой производительностью, а более дорогие и мощные коммутаторы использовать на уровнях распределения и ядра, где скорость передачи данных в большей степени влияет на производительность сети.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

Каждое устройство в локальной сети Ethernet определяется MAC-адресом уровня 2. Этот адрес назначается производителем и хранится в микропрограммном обеспечении сетевой платы. В ходе лабораторной работы вам предстоит изучить и проанализировать компоненты MAC-адреса, а также процедуры поиска такой информации на коммутаторе и ПК.

Коммутатор локальной сети на уровне 2 предназначен для доставки кадров Ethernet всем узловым устройствам в локальной сети (LAN). Он записывает MAC-адреса узлов, отображаемые в сети, и сопоставляет их с собственными портами коммутатора Ethernet. Этот процесс называется созданием таблицы MAC-адресов. Получив кадр от ПК, коммутатор изучает

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

MAC-адреса источника и назначения кадра. MAC-адрес источника регистрируется и сопоставляется с портом коммутатора, от которого он был получен. Затем по таблице MAC-адресов определяется MAC-адрес назначения. Если MAC-адрес назначения известен, кадр пересылается через соответствующий порт коммутатора, связанный с этим MAC-адресом. Если MAC-адрес неизвестен, то кадр рассылается через все порты коммутатора, кроме того, через который он был получен. Важно видеть и понимать работу коммутатора и то, как он осуществляет передачу данных по сети. Понимание функционала коммутатора особенно важно для сетевых администраторов, задача которых заключается в обеспечении безопасной и стабильной работы сети.

Коммутаторы используются для соединения компьютеров в локальных сетях (LAN) и передачи данных между ними. Коммутаторы отправляют кадры Ethernet на узловые устройства, которые идентифицируются по MAC-адресам сетевых плат.

2.2 Способы установки и прокладка соединительных линий и электропитания

Вертикальную прокладку кабеля между этажами выполнить в межэтажных стояках, или в отверстиях в перекрытии через металлические гильзы.

Кабели прокладываются в кабель-каналах и лотках, кабели напряжением 220В и выше прокладывать отдельно от остальных кабелей или в одной лотке, но в отдельном отсеке, разделенном перегородкой.

2.3 Электроснабжение и заземление

Электропитание выполняется от сети переменного тока напряжением (220+15%)В, частотой (50+1)Гц. Все металлические нетоковедущие части

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

оборудования и шкафов Должны быть заземлены. Защитное заземление оборудования должно соответствовать СНиП 3.05.06-85, ГОСТ 2.1.030-81 и технической документации на оборудование.

Сопrotивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом. Все заземляющие провода присоединяются к общему контуру заземления, согласно ПУЭ и РД 78.145-93.

Для токоотвода используется проводник сечением 6 мм, все соединения — сварные. В местах, где возможен контакт с человеком, трос необходимо изолировать. Кроме того, должен быть прямой доступ к токоотводу для регулярных осмотров.

2.4 Мероприятия по охране труда и технике безопасности

Локальная сеть — это сетевая инфраструктура, которая обеспечивает доступ к сетевым подключениям и ресурсам связи для конечных пользователей и устройств, находящихся на одном этаже или в одном здании. Создавая мультисервисную сеть микрорайона, мы соединяем несколько локальных сетей, занимающих небольшой район. Архитектуры локальных вычислительных сетей могут быть различными: от небольших сетей, состоящих из одного коммутатора локальной сети, до очень больших сетей с тысячами подключений.

Для поддержки крупной, средней или малой сети проектировщик должен разработать стратегию, чтобы обеспечить доступность и эффективную масштабируемость сети. Базовая стратегия проектирования сети включает в себя следующие рекомендации.

При монтаже и настройке технических средств необходимо руководствоваться также разделами по технике безопасности технической документации предприятий-изготовителей аппаратуры, ведомственными инструкциями, а также ПУЭ.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Работоспособность кабельных линий и электропроводок СПЗ в условиях пожара обеспечивается выбором вида исполнения кабелей и проводов, согласно ГОСТ Р 53315, и способом их прокладки. Время работоспособности кабельных линий и электропроводок в условиях воздействия пожара определяется в соответствии с ГОСТ Р 53316.

Питание электроприемников СПЗ Должно осуществляться от панели противопожарных устройств (панель ППУ), которая питается от вводной панели вводно-распределительного устройства (ВРУ) с устройством автоматического включения резерва (АВР) или от главного распределительного щита (ГРЩ) с устройством АВР.

В иерархической модели сети функции сети разделены на уровень доступа, уровень распределения и уровень ядра. Мультисервисная проводная локальная сеть обеспечивает связь между устройствами в одном или нескольких зданиях, а также межсоединение с глобальной сетью и интернет-периметром на уровне ядра сети.

2.5 Общие требования к мультисервисной сети

Качественно спроектированная сеть обеспечивает контроль трафика и ограничивает размер доменов отказа. Маршрутизаторы и коммутаторы можно развертывать парами, чтобы отказ одного устройства не приводил к прерыванию обслуживания.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

Системы мониторинга безопасности и IP-телефонии должны быть высокодоступными и зачастую предъявляют специфические требования к проектированию.

Важно правильно выбрать типы маршрутизаторов и коммутаторов в соответствии с конкретными требованиями, функциями и спецификациями, а также ожидаемым потоком трафика.

От выбора топологии существенно зависят характеристики сети. От конфигурации топологии зависят такие параметры как масштабируемость и надежность сети. К примеру, наличие нескольких линий связи между узлами повышает надежность сети и позволяет выполнять балансировку нагрузки.

Применение той или иной топологии зависит от множества факторов и требует учета особенностей построения структурированных кабельных систем, маршрутизации, коммутации и особенностей используемых протоколов передачи.

Одна из наиболее важных задач, выполняемых специалистами в области вычислительных сетей, состоит в документировании работы сети. Наличие документации, относящейся к IP-адресам, номерам моделей, версиями IOS, используемым портам и результатам проверки безопасности, имеет большое значение при поиске и устранении неполадок в работе сети.

Коммутаторы Cisco имеют особый интерфейс, который называется виртуальным интерфейсом коммутатора (switch virtual interface, SVI). Для SVI можно настроить IP-адрес, который обычно называется адресом управления. Адрес управления используется для удаленного доступа к коммутатору с целью просмотра или настройки параметров.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ МИКРОРАЙОНА СЕВЕРНЫЙ-1 В Г. КУРСК

В данной выпускной квалификационной работе предлагается для организации локальной вычислительной сети в микрорайоне “Северный-1” г. Курск применить технологию Ethernet на базе оптической распределительной архитектуры FTТВ для построения мультисервисной локальной вычислительной сети доступа.

Прежде чем приступать к выполнению проекта мультисервисной локальной вычислительной сети абонентского доступа, необходимо провести расчет нагрузок на сетевую инфраструктуру проектируемой локальной вычислительной сети микрорайона “Северный-1” г. Курск, необходимо определить виды предоставляемых услуг, а также определить предполагаемое количество абонентов, пользующихся данными услугами.

Количество квартир, в микрорайоне, составляет 1301 домохозяйств. Соответственно необходимо разработать сеть, которая позволит поддерживать до 1301 абонентских портов, с возможностью последующей расширения сети 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 округляем до целого в большую сторону.

Количество абонентов имеющих высокоскоростной доступ в сеть Интернет, уровень проникновения 90%:

$$N_{service} = 0,9 \cdot 1301 = 1171 \text{ абонентов.}$$

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Количество абонентов IP TV, уровень проникновения 80%:

$$N_{service} = 0,8 \cdot 1301 = 1041 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов VoIP, уровень проникновения 70%:

$$N_{service} = 0,7 \cdot 1301 = 911 \text{ абонентов.}$$

По мере роста требований к пропускной способности на сетях широкополосного доступа становится ясно, что наиболее оптимальной, с точки зрения соотношения цена/качество, является архитектура FTTB (Fiber-To-The-Building), оптика до здания. FTTB позволяет удовлетворить спрос на широкополосные сервисы и услуги, использующие HD и, в будущем, Ultra HD видео быстро и без излишних капиталовложений. Обеспечивая стабильное подключение пользователя на скорости до 100 Мбит/с.

3.1 Модель доступа MetroEthernet

Организации все больше полагаются на свои сети, предоставляющие критически важные сервисы. По мере роста и развития предприятия его штат увеличивается, открываются новые филиалы, и компания выходит на международный уровень. Все эти изменения напрямую влияют на требования, предъявляемые к сети.

Локальная сеть — это сетевая инфраструктура, которая обеспечивает доступ к сетевым подключениям и ресурсам связи для конечных пользователей и устройств, находящихся на одном этаже или в одном здании. Создавая мультисервисную сеть микрорайона, мы соединяем несколько локальных сетей, занимающих небольшой район. Архитектуры локальных вычислительных сетей могут быть различными: от небольших сетей, состоящих из одного коммутатора локальной сети, до очень больших сетей с тысячами подключений.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Для поддержки крупной, средней или малой сети проектировщик должен разработать стратегию, чтобы обеспечить доступность и эффективную масштабируемость сети. Базовая стратегия проектирования сети включает в себя следующие рекомендации.

Следует использовать расширяемое модульное оборудование или кластерные устройства, которые можно легко модернизировать для увеличения их возможностей. Для поддержки новых функций и устройств к уже существующему оборудованию можно просто добавить новые аппаратные модули, и существенная модернизация оборудования не потребуется. Некоторые устройства можно интегрировать в кластер, чтобы они работали как одно устройство. Это упрощает управление и настройку.

Иерархическую сеть следует проектировать с учетом возможностей добавления, обновления и изменения модулей в случае необходимости, не затрагивая при этом другие функциональные области сети. Например, можно создать отдельный уровень доступа, который можно расширять, не затрагивая уровни распределения и ядра локальной вычислительной сети.

От выбора топологии существенно зависят характеристики сети. От конфигурации топологии зависят такие параметры как масштабируемость и надежность сети. К примеру, наличие нескольких линий связи между узлами повышает надежность сети и позволяет выполнять балансировку нагрузки.

Применение той или иной топологии зависит от множества факторов и требует учета особенностей построения структурированных кабельных систем, маршрутизации, коммутации и особенностей используемых протоколов передачи. Используйте иерархическую стратегию адресации IPv4 или IPv6. При продуманном планировании адресации для организации поддержки дополнительных пользователей и сервисов вам не потребуется заново настраивать адреса во всей сети.

Выберите маршрутизаторы или многоуровневые коммутаторы, чтобы ограничивать широковещательные рассылки и отфильтровывать из сети

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

нежелательный трафик. Используйте устройства уровня 3 для фильтрации и сокращения объема трафика к ядру сети.

Как показано на рисунке, к дополнительным требованиям в отношении проектирования сети относятся следующие:

1. реализация резервных каналов в сети между критически важными устройствами, а также между устройствами уровня доступа и уровня ядра;

2. реализация нескольких каналов между различными устройствами с использованием функций агрегации каналов (EtherChannel) или распределением нагрузки в соответствии с равной стоимостью в целях увеличения пропускной способности; объединение нескольких каналов Ethernet в единую конфигурацию EtherChannel с распределенной нагрузкой, что позволяет увеличить доступную пропускную способность; используйте технологию EtherChannel, если в связи с ограничениями бюджета невозможно приобрести высокоскоростные интерфейсы и оптоволоконные кабели;

3. использование масштабируемого протокола маршрутизации и реализация в этом протоколе функций, позволяющих изолировать обновления маршрутизации и минимизировать размер таблицы маршрутизации;

4. реализация беспроводного подключения для поддержки мобильности и расширения.

Концепция FTTB идеально подходит для зданий, в которых UTP-проводка уже существует, или ее легко выполнить; коммутаторы второго уровня позволяет реализовать решение по доступу с малыми затратами (в сравнении с другими вариантами широкополосного доступа). [23] Еще одним преимуществом является широкая распространенность и относительная дешевизна абонентского оборудования (CPE). Следует отметить, что технология FTTB обеспечивает достаточную полосу пропускания (до 100 Мбит/с по протоколу 100BASE-TX) для предоставления всех сервисов TriplePlay (IP-HDTV, Internet Access, VoIP).

Основные функциональные особенности решения FTTB [23]:

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

- Размещение активного оборудования доступа в непосредственной близости от абонента – в здании;
- Организация сопряжения оптических и медных линий связи;
- Защита оборудования от внешних воздействий;
- Возможность удаленного мониторинга оборудования;
- Высокая надежность сети за счет обеспечения коммутационного оборудования резервным источником питания.

Техническое решение для FTTB доступа предусматривает подключение абонентов в многоквартирных домах с использованием коммутаторов второго уровня и установленных в здании АТС маршрутизаторов и агрегационных коммутаторов, либо коммутатора, функционирующего в качестве агрегационного маршрутизатора. Здание имеет необходимое количество коммутаторов доступа на 24 или 48 абонентских портов, оптический кросс, кросс-медную витую пару (патч-панель). Максимальная длина кабеля UTP между коммутатором и точкой подключения абонента СРЕ (розетка RJ45, установленная в квартире) не должна превышать 100 метров.

Для организации сети требуются следующие сетевые элементы:

1. Уровень предоставления услуг:

- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Оборудование для предоставления услуг;
- Оборудование управления, мониторинга и биллинга сети;
- Рабочее место администратора сети;
- Аплинки к вышестоящим провайдерам;
- Кроссовое оборудование.

2. Уровень агрегации и распределения трафика:

- Управляемые коммутаторы агрегации третьего уровня,
- Конверторы оптического сигнала;

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Кроссовое оборудование.

3. Уровень доступа:

- Управляемые коммутаторы второго уровня;
- Шкаф антивандального исполнения;
- Оборудование телеметрии;
- Устройство обеспечения бесперебойного питания UPS.
- Кроссовое оборудование.

4. Уровень пользователя:

- Домашние шлюзы пользователей (опционально);
- Оконечные устройства (опционально): STB – приставки для IP-TV; IP – телефоны; ПК, ноутбуки, планшеты, смартфоны.

Схема и состав антивандального конструктива представлена на рисунке

3.1

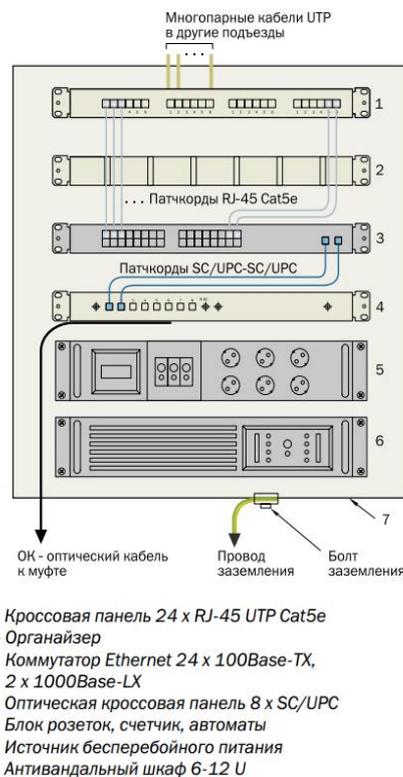


Рисунок 3.1– Схема и состав антивандального конструктива, устанавливаемого в подъезде жилого дома в соответствии с концепцией FTTB [29]

На рисунке 3.2 представлена схема организации связи согласно концепции FTTB (Metro Ethernet).

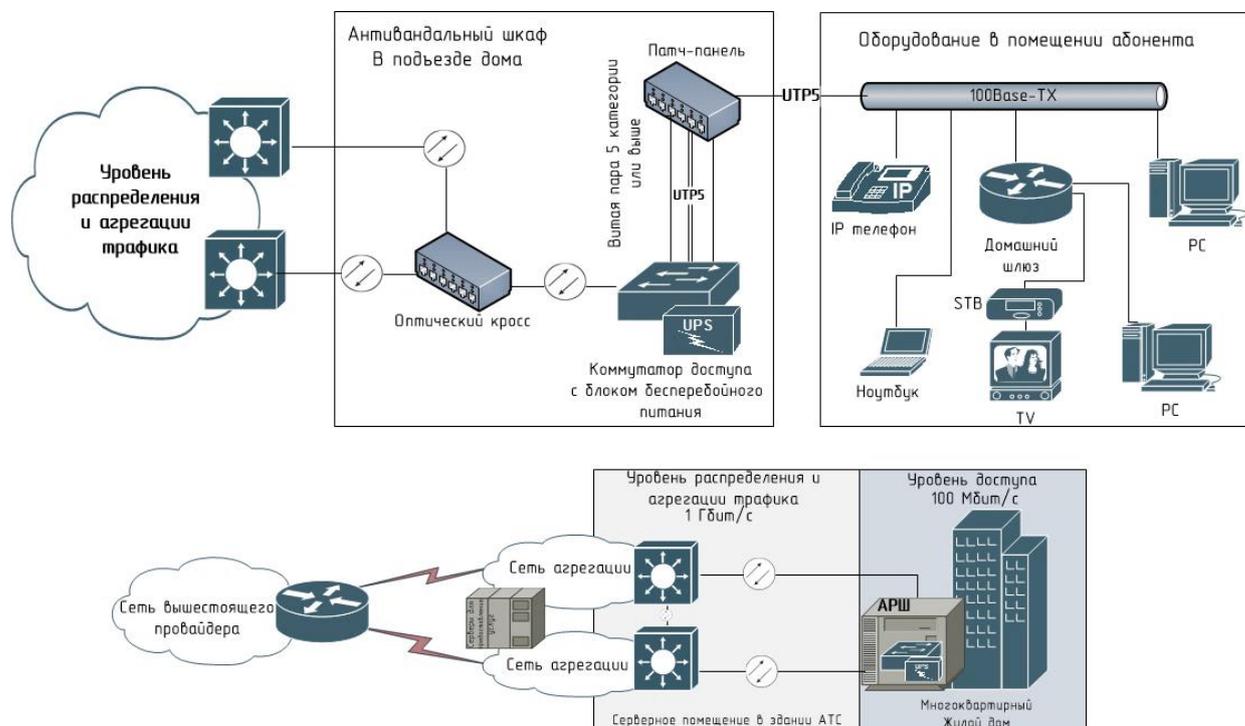


Рисунок 3.2 – Схема организации сети Metro Ethernet Network

В каждом доме устанавливается по одному распределительному шкафу. Количество коммутаторов в одном распределительном шкафу рассчитывается исходя из количества абонентов в доме и количество абонентских портов на коммутаторе, а также степени их заполнения. Как правило, в FTTB-решениях управляемые коммутаторы доступа на 24 абонентских портах заполняемость портов не должна превышать 70-90 процентов от общего числа портов. Количество портов на растущем уровне распределения трафика на такие коммутаторы обычно равно 2. Количество необходимых оптических волокон на одном восходящем порту оптических передатчиков SFP LC типа равно 2. В свою очередь, согласно концепции MetroEthernet, показанной на рис.3.2, целесообразно использовать оба вышестоящих порта, при этом подключая их к

разным коммутаторам агрегации, что обеспечивает балансировку нагрузки, повышение пропускной способности и надежности (см. таблицу. 3.1).

Таблица 3.1 – Вводные параметры для проектирования

Номер РШ	Всего абонентов	Количество коммутаторов доступа, SW _a	Абонентов на 1 коммутатор	Количество оптических волокон, OF _a
РШ № 024	150	7	22	28
РШ № 024а	150	7	22	28
РШ № 030	56	3	19	12
РШ № 030а	56	3	19	12
РШ № 032	56	3	19	12
РШ № 032а	56	3	19	12
РШ № 034	42	2	21	8
РШ № 034а	42	2	21	8
РШ № 036	42	2	21	8
РШ № 036а	42	2	21	8
РШ № 038	42	2	21	8
РШ № 038а	42	2	21	8
РШ № 040а	175	8	22	32
РШ № 040б	175	8	22	32
РШ № 040в	175	8	22	32

Качественно спроектированная сеть не только обеспечивает контроль трафика, но уменьшает размер доменов отказов. Домен отказов представляет собой область сети, затронутую сбоями в работе критически важного устройства или сетевого сервиса.

Воздействие на домен отказов зависит от функций отказавшего устройства. Например, неисправный коммутатор в сетевом сегменте, как правило, влияет только на хосты данного сегмента. Однако если отказывает маршрутизатор, соединяющий сегмент с другими сегментами, степень воздействия будет гораздо выше.

Использование резервных каналов и надежных устройств корпоративного класса сводит к минимуму вероятность нарушения работы сети. Уменьшение размера доменов отказов снижает степень воздействия отдельных неполадок на работу компании в целом. При этом также упрощается процесс поиска и устранения неполадок и сокращается время простоя для всех пользователей.

Уменьшение размера доменов отказов

Поскольку сбой на уровне ядра сети может привести к серьезным последствиям, проектировщики сети нередко уделяют особое внимание предотвращению сбоев. Меры по предотвращению сбоев могут в значительной мере увеличить затраты на реализацию сети. Иерархическая модель архитектуры обеспечивает самый простой и экономичный метод контроля размера домена отказов на уровне распределения. На уровне распределения можно ограничить ошибки сети областью меньшего размера, благодаря чему они будут затрагивать меньшее количество пользователей. При использовании устройств уровня 3 на уровне распределения каждый маршрутизатор выступает в качестве шлюза для ограниченного количества пользователей уровня доступа.

Маршрутизаторы или многоуровневые коммутаторы обычно развертываются парами, при этом коммутаторы уровня доступа распределяются между ними равномерно. Данная конфигурация называется блоком коммутации здания или отдела. Каждый блок коммутации функционирует независимо от других. Поэтому в случае отказа отдельного устройства не будет сбоя всей сети. Даже сбой всего блока коммутации отражается лишь на незначительном количестве конечных пользователей.

3.2 Проект линейно-кабельных сооружений

В данной выпускной квалификационной работе будет использована проектируемая телефонно-кабельная канализация, в том числе отдельные

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

сегменты кабельной канализации – вводы в здания, которые будут введены в строй застройщиком микрорайоне “Северный-1”.

Физическая среда передачи данных – представляет собой набор проводников, по которым осуществляется передача. В качестве среды передачи могут использоваться как:

а) подводные/воздушные линии связи (телефон, телеграф);

Воздушные и подводные линии связи, как правило являются проводами без изоляции проложенные между столбами.

б) волоконно-оптические линии связи (DWDM, Ethernet, PON);

Волоконно-оптические линии связи представляют собой кабель на основе волоконных световодов, предназначенный для передачи электромагнитных сигналов в линиях связи, в виде фотонов света.

с) кабельные линии связи (медные проводники: коаксиал, витая пара);

Кабельные линии имеют сложную конструкцию: кабель состоит из нескольких проводников, как правило медных, заключенных в изоляцию.

д) радиоканалы наземной и спутниковой связи (Wi-Fi, LTE, GSM и др.);

Радиоканалы в свободной среде образуются с использованием передатчика и приемника электромагнитных волн в диапазоне от 3 кГц до 3 ТГц.

е) оптические каналы в открытой среде (ИК-связь, FSO).

Оптические каналы формируются в свободной среде с использованием передатчика и приемника электромагнитных волн в оптическом диапазоне от 10^{-3} м до 10^{-9} м.

При разработке проекта линейно-кабельных сооружений, требуется отталкиваться от спецификаций для физического уровня, выбранного стандарта IEEE 802.3. Список стандартов физического уровня Ethernet для медножильного кабеля приведен в таблице 3.2, а для оптического кабеля в таблице 3.3. [30,31]

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Таблица 3.2 – Стандарты группы IEEE 802.3 для медножильного кабеля [30]

Спецификации IEEE 802.3 для медножильного кабеля					
Категория кабеля	Класс кабеля (ISO/EN)	Стандарт	Длина сегмента	Частота каналов передачи	Ширина полосы пропускания
Категория-5	-	1000BASE-		4×62,5 MHz	100 MHz
Категория-5е	Класс D	T			100 MHz
Категория-5е, неэкранированный		10GBASE-T	45 метров	4×417 MHz	100 MHz
Категория-5е, экранированный			до 45 метров		100 MHz

Согласно выбранному протоколу передачи 100Base-TX для передачи данных, в качестве внутридомовой разводки пригоден медножильный кабель 5 категории и выше.

Таблица 3.3 – Стандарты группы IEEE 802.3 для оптического кабеля [31]

Спецификации IEEE 802.3 для оптического кабеля		
Стандарт, скорость подключения	Тип оптического волокна	Длина сегмента
100 Мбит/с 100BASE-FX	OM1/OM2 Многомодовое 62,5/125 μm / 50/125 μm HDX	412 метра
	OM1/OM2 Многомодовое 62,5 μm / 50 μm FDX	2000 метров
1 Гбит/с 1000BASE-SX	OM1 Многомодовое 62,5/125 μm	220 метров
	OM2 Многомодовое 50/125 μm	550 метров
	OM3 Многомодовое 50/125 μm	>550 метров
1 Гбит/с 1000BASE-LX	OM1 Многомодовое 62,5/125 μm	550 метров
	Одномодовое 8-10 μm	5 километров
	OM3 Многомодовое 50/125 μm	>550 метров

Согласно выбранному протоколу передачи 1000Base-LX для передачи данных, в качестве магистрального соединительного кабеля пригоден кабель, содержащий одномодовое волокно, в виду существенных (более 500 метров) расстояний между сетевыми узлами – коммутаторами доступа и центром агрегации трафика.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

При введении в структурированные кабельные системы оптических сегментов, на этапе проектирования необходимо определиться с тем, какой тип оптических кабелей необходимо использовать в тех или иных условиях. Основные вопросы, которые решает проектировщик, при построении волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) и критерии выбора в ходе разработки проекта СКС.

Значения критериев выбора представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Критерии выбора оптического кабеля

Параметр	Значение
Тип кабеля	Магистрального типа, т.е. предназначен для построения оптических сетей между городами, районами, домами, узлами связи.
Среда прокладки	Не защищенная от грызунов телефонно-кабельная канализация
Тип оболочки	Полиэтилен
Тип волокна	Одномодовое
Количество оптических волокон на 1 узел доступа	4

Исходя из изложенных соображений, наиболее оптимальным по соотношению цена/качество/доставка будет использование кабеля компании Инкаб марки ДПЛ [32] (многомодульный оптический кабель без промежуточной оболочки), рисунок 3.3. Соединение коммутаторов агрегации и доступа с оптическими кроссами будет осуществляться одномодовыми патчкордами. Организация каналов в сторону вышестоящих провайдеров не рассматривается в данной главе, в виду планируемой аренды этих каналов.

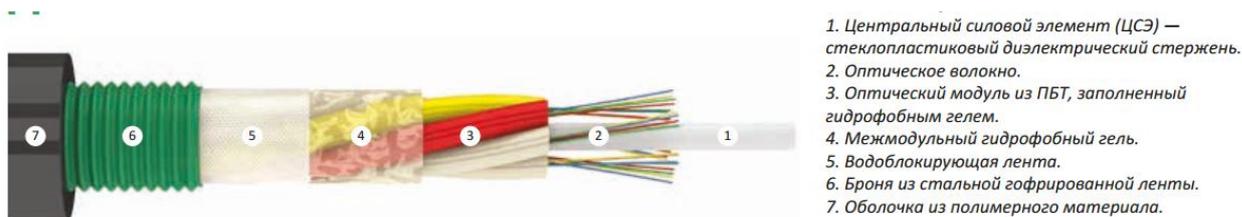


Рисунок 3.3– Конструкция кабеля ДПЛ [32]

Кабели марки ДПЛ применяются для прокладки в кабельной канализации, лотках, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки), в тоннелях и коллекторах при опасности повреждения грызунами, по мостам и эстакадам, а также в грунты 1-3 групп.

Длины трасс прокладки кабеля и количество оптических волокон указаны в таблице 3.5. Целесообразно использовать сплошные трассы кабеля от АТС до РШ в виду того, что использование соединительных муфт повышает стоимость прокладки СКС, при этом не покрывая экономию, достигаемую от экономии ОВ в кабеле.

Таблица 3.5 – Спецификация трасс прокладки оптического кабеля

Точка А	Точка Б	Тип кабеля	Длина, м
1	2	3	4
РШ № 024	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-32У-4x8-2кН	500
РШ № 024а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-32У-4x8-2кН	500
РШ № 030	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-16У-4x4-2кН	750
РШ № 030а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-16У-4x4-2кН	750

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4
РШ № 032	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-16У-4х4-2кН	1000
РШ № 032а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-16У-4х4-2кН	1000
РШ № 034	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	750
РШ № 034а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	750
РШ № 036	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	750
РШ № 036а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	750
РШ № 038	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	1000
РШ № 038а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	1000
РШ № 040а	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-32У-4х8-2кН	1500
РШ № 040б	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-32У-4х8-2кН	1500
РШ № 040в	Помещение серверной	ДПЛ-Л-П-32У-4х8-2кН	1500
Общая длина	Оптич. кабель	ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН	5000*/ 5420
Общая длина	Оптич. кабель	ДПЛ-Л-П-16У-4х4-2кН	3500*/ 4280
Общая длина	Оптич. кабель	ДПЛ-Л-П-32У-4х8-2кН	5500*/ 6880

* - кабель продается барабанами, через дробь указана длина на барабане при диаметре кабеля в 11.5 мм

Прокладка оптоволоконного кабеля на участке объект/сервер осуществляется методом прокладки в существующей кабельной канализации до коммутаторов, установленных в специально оборудованных технических помещениях в зданиях, от коммутатора до абонента проложен медножильный кабель по слаботочной кабельной сети.

Колодцы кабельной канализации Должны располагаться на расстояние не более 100 м друг от друга, внутри Должны быть установлены консоли для крепежа кабеля. Кабель должен также иметь специальные отметки: канал ввода, канал вывода, контрольные метки, и т.д. Разработанная схема линейно-кабельных сооружений представлена на рисунке 3.7.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

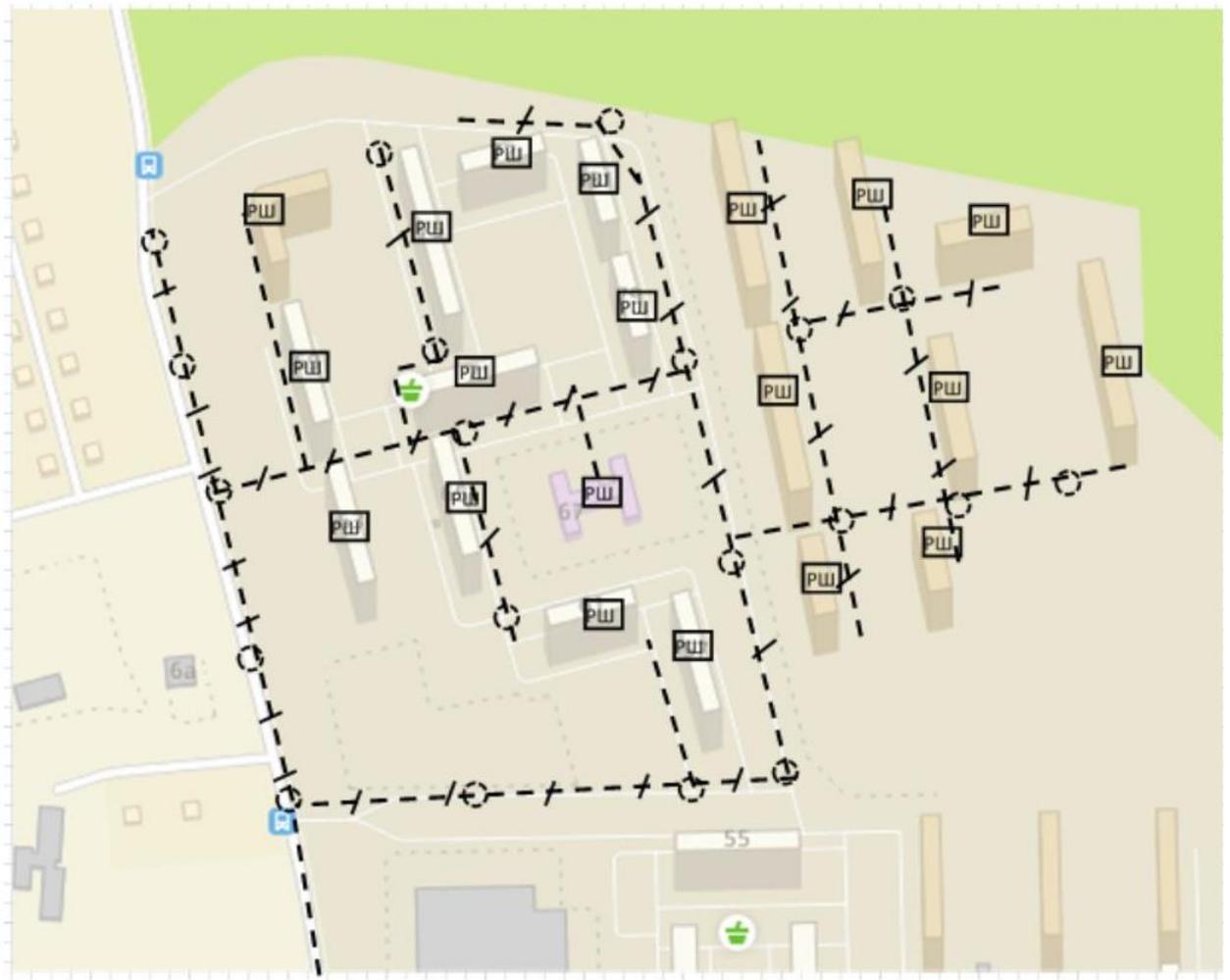


Рисунок 3.7 – Схема проектируемых линейно-кабельных сооружений микрорайона “Северный-1” г. Курск

Типовое решение по внутридомовой разводке, представленное на рисунке 3.8 [29], заключается в установке в доме распределительного шкафа в антивандальном исполнении, где размещается пассивное (кросс) и активное (коммутатор) оборудование. От узла связи до такого шкафа прокладывается оптический кабель, а далее — по стоякам — разводятся медножильные кабели 5 категории или выше.

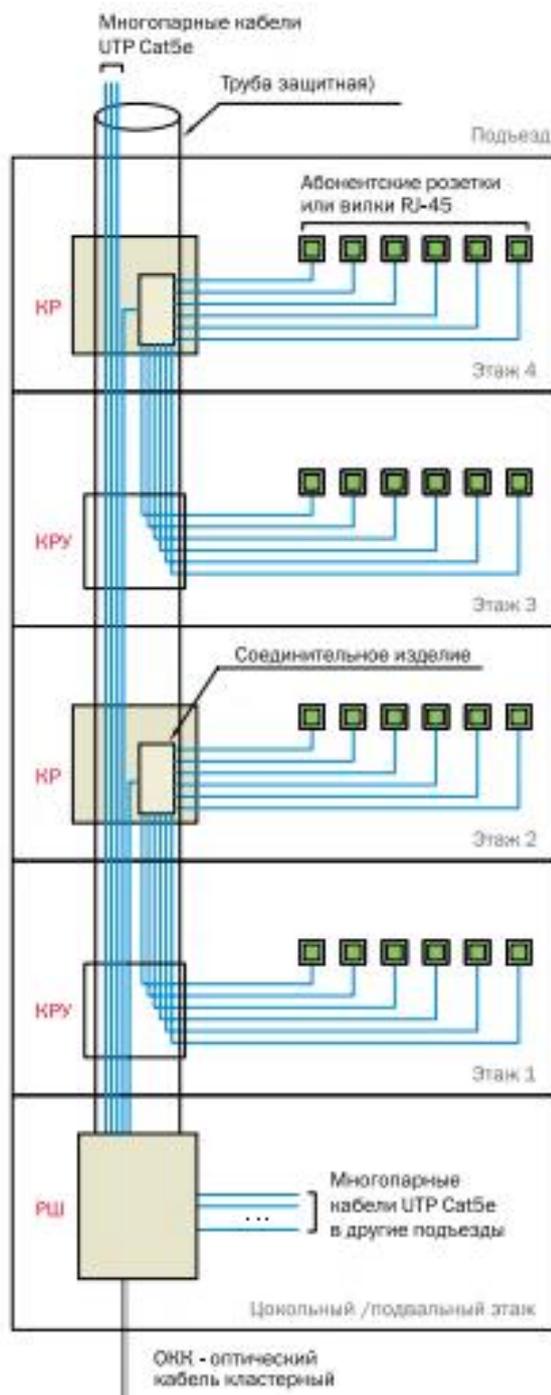


Рисунок 3.8 – Схема разводки кабеля по технологии FTTH внутри подъезда [29]

В качестве кабеля для межэтажной прокладки рекомендуется использовать многопарный медножильный кабель Hyperline UTP Cat.5 50 pair [33]. Количество межэтажного многопарного кабеля определяется по следующей формуле (3.2):

$$L_{UTP} = \frac{N_{аб} \cdot k_{base}}{C_{UTP}} \cdot Fl \cdot (l_{эм.} + l_{доп}) \quad (3.2)$$

где Fl - этажность строения, $l_{эм.}$ - высота этажа, $l_{доп}$ - допуск кабеля, $N_{аб}$ - количество абонентов в строении, k_{base} - количество пар для передачи по выбранному протоколу, C_{UTP} - количество пар в выбранном кабеле. В данном проекте выбрано значение $k_{base} = 2$, в соответствии с протоколом IEEE 802.3u 100Base-TX, значения $l_{эм.} = 3$, $l_{доп} = 1$, $C_{UTP} = 50$.

В качестве абонентского кабеля выбран медножильный кабель Hyperline UTP Cat. 5 2 pair [33]. Параметры кабеля представлены в таблице 3.7. Количество абонентского кабеля определяется средней длиной абонентской линии на одного абонента, и в данном проекте, принято за 15 м. Спецификация на внутридомовую разводку представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.7 – Спецификация на медножильный кабель Hyperline [33]

Оболочка	Hyperline UTPP50 Cat.5 IN-PVC	Hyperline UTPP2 Cat.5 IN-PVC
Тип внешней оболочки:	PVC (поливинилхлорид)	PVC (поливинилхлорид)
Толщина оболочки:	0.45 мм	0.85 мм
Проводник		
Конструкция проводников:	однопроволочная (solid)	однопроволочная (solid)
Калибр AWG:	24 AWG	24 AWG
Диаметр проводника в изоляции:	0.9 мм	1 мм
Изоляция проводников:	полиэтилен высокой плотности (HDPE)	полиэтилен высокой плотности (HDPE)
Материал проводников:	медь электролитическая отожженная (BC)	медь электролитическая отожженная (BC)
Номинальный диаметр проводника:	0,51 мм	0,56 мм
Внешний диаметр кабеля	5.1 мм	32.2 мм

3.3 Выбор оборудования для мультисервисной сети

При проектировании сети важно выбрать аппаратное обеспечение, соответствующее текущим требованиям к сети, а также обеспечить возможность расширения сети. В корпоративной сети как коммутаторы, так и маршрутизаторы играют критически важную роль в обмене данными по сети.

Оборудование доступа - коммутатор доступа: WS-C2960S-F24TS-S Cisco Systems Catalyst сетевой коммутатор [32]. Обеспечивает подключение абонентских устройств (до 24 абонентов) и связь с уровнем распределения и агрегации трафика двумя каналами.

Сетевые коммутаторы Cisco Systems WS-C2960S-F24TS-S идеально справляются с задачей соединения узлов компьютерных сетей, обеспечивая их высокую производительность и надежность. При этом коммутаторы Cisco Systems избавляют незадействованные в подключении к ним сетевые сегменты от необходимости обрабатывать лишнюю информацию.

Коммутатор Cisco Systems WS-C2960S-F24TS-L сочетает набор стандартов передачи информации по технологии Fast Ethernet со скоростью до 100 Мбит/с с технологией Gigabit Ethernet (передача пакетов Ethernet со скоростью 1 Гбит/с). Передовая технология Cisco Systems FlexStack обеспечивает возможность объединения нескольких коммутаторов в один узел с общим управлением и IP адресом. Пропускная способность такого модуля – 20 Гбит. Коммутаторы Cisco имеют особый интерфейс, который называется виртуальным интерфейсом коммутатора (switch virtual interface, SVI). Для SVI можно настроить IP-адрес, который обычно называется адресом управления. Адрес управления используется для удаленного доступа к коммутатору с целью просмотра или настройки параметров.

В крупных сетях с несколькими тысячами сетевых устройств для оптимального использования физического пространства и потребления электроэнергии требуются модульные коммутаторы высокой плотности. Без

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

модульного коммутатора высокой плотности для работы сети потребуется множество коммутаторов с фиксированной конфигурацией, чтобы поддерживать все устройства, которым нужен доступ к сети. При таком подходе необходимо большое количество розеток электропитания и много места в коммутационном шкафу.

Проектировщик сети также должен учитывать проблему «узких мест» восходящего канала: при большом числе коммутаторов с фиксированной конфигурацией для достижения заданной производительности может потребоваться большое количество дополнительных портов с целью агрегации пропускной способности между этими коммутаторами. При использовании одного модульного коммутатора агрегация пропускной способности не представляет большой проблемы, поскольку объединительная плата шасси обеспечивает пропускную способность, необходимую для поддержки устройств, подключенных к линейным платам портов коммутатора.

Оборудование доступа - Источник бесперебойного питания для коммутаторов доступа: ИБП APC Smart-UPS 1000VA LCD RM 2U 230V SMT1000RM12U [35].

Оборудование уровня деформированного ядра - коммутатор агрегации и распределения трафика третьего уровня WS-C3850-32XS-S Cisco Systems Catalyst сетевой коммутатор на 32 x SFP+, IP Base [34].

Скорость передачи трафика определяет возможную производительность коммутатора, оценивая объем данных, которые могут быть обработаны коммутатором в течение секунды. Как показано на рисунке, серии коммутаторов классифицируются по скорости передачи трафика. Коммутаторы начального уровня имеют более низкую скорость передачи трафика, чем коммутаторы корпоративного уровня. При выборе коммутатора крайне важно учитывать скорость передачи трафика. Если скорость передачи трафика коммутатора слишком низкая, коммутатор не сможет обеспечить на всех своих портах обмен данными с полной скоростью, на которую рассчитана среда

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.486.ПЗВКР				33

передачи данных. Номинальная скорость среды передачи данных — это скорость передачи данных, которую способен обеспечить каждый Ethernet-порт на коммутаторе. Доступные скорости передачи данных: 100 Мбит/с, 1 Гбит/с, 10 Гбит/с или 100 Гбит/с.

Например, стандартный 48-портовый гигабитный коммутатор, работающий при полной скорости, соответствующей среде передачи данных, генерирует трафик со скоростью 48 Гбит/с. Если коммутатор поддерживает максимальную скорость передачи данных 32 Гбит/с, он не может работать с полной скоростью, соответствующей среде передачи данных, на всех своих портах одновременно. К счастью, от коммутаторов уровня доступа обычно не требуется работа на полной скорости среды передачи данных, поскольку они физически ограничены восходящими каналами уровня распределения. Это означает, что на уровне доступа можно использовать менее дорогостоящие коммутаторы с более низкой производительностью, а более дорогие и мощные коммутаторы использовать на уровнях распределения и ядра, где скорость передачи данных в большей степени влияет на производительность сети.

Коммутаторы Cisco имеют особый интерфейс, который называется виртуальным интерфейсом коммутатора (switch virtual interface, SVI). Для SVI можно настроить IP-адрес, который обычно называется адресом управления. Адрес управления используется для удаленного доступа к коммутатору с целью просмотра или настройки параметров.

Оборудование уровня деформированного ядра – VoIP шлюз
Маршрутизатор Cisco Systems 2901-V/K9 2 x GE RJ-45, 4 x EHWIC, 2 x DSP, 1 x ISM [34] с интеграцией сервисов ISR с лицензией использования голоса. Предусмотрен модуль PVDM3-16. Cisco Systems® ISR 2900 — серия маршрутизаторов с интеграцией сервисов, разработанная на основании 25-летнего опыта Cisco Systems в области инноваций и создания передовых решений.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

По мере расширения сети важно выбирать маршрутизаторы, соответствующие ее требованиям. Как показано на рисунке, доступны три категории маршрутизаторов.

Маршрутизаторы для филиалов. Маршрутизаторы для филиалов позволяют оптимизировать сервисы филиала на базе единой платформы, обеспечивая при этом оптимальное взаимодействие с приложениями в инфраструктурах филиала и глобальной сети. Для обеспечения максимальной доступности сервисов для филиала требуется круглосуточная работоспособность сетей. Сети филиалов с высоким уровнем доступности должны обеспечивать быстрое восстановление после типичных сбоев, одновременно с этим минимизируя или полностью устраняя влияние на работу сервисов, и предоставлять простые средства для настройки и администрирования сети.

Граничные маршрутизаторы сети должны обеспечивать высокое качество сервисов, бесперебойную видеосвязь и работу мобильных приложений.

Маршрутизаторы операторов связи. Маршрутизаторы операторов связи позволяют разнообразить портфель сервисных решений и увеличить доходность за счет предоставления комплексных масштабируемых решений и абонентских услуг. Операторы должны оптимизировать свою работу, сократить расходы и повысить масштабируемость и гибкость, чтобы обеспечить возможность доступа к интернет-технологиям нового поколения для всех устройств, независимо от местоположения. Такие системы призваны упростить и улучшить работу и развертывание сетей предоставления услуг.

Маршрутизаторы для филиалов позволяют оптимизировать сервисы филиала на базе единой платформы, обеспечивая при этом оптимальное взаимодействие с приложениями в инфраструктурах филиала и глобальной сети. Для обеспечения максимальной доступности сервисов для филиала требуется круглосуточная работоспособность сетей. Сети филиалов с высоким уровнем доступности должны обеспечивать быстрое восстановление после

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

типичных сбоев, одновременно с этим минимизируя или полностью устраняя влияние на работу сервисов, и предоставлять простые средства для настройки и администрирования сети.

При назначении IPv4-адресов вручную полезно знать, как в IPv4 работают multicast-группы. Понимание принципов назначения адресов для группы многоадресной (multicast) рассылки «все маршрутизаторы» и как управлять назначением адресов в различные multicast-группы для поиска узлов может помочь избежать возможные проблемы с IPv4-маршрутизацией и обеспечит реализацию лучших практик.

Оборудование уровня деформированного ядра – коммутатор серверного оборудования WS-C2960C-8TC-S Cisco Systems Catalyst сетевой коммутатор 8 x GE RJ-45, 2 x GE COMBO SFP, IP Base [34]. Обеспечивает подключение оборудования контроля, управления, мониторинга и биллинга проектируемой мультисервисной сети с высокой скоростью портов. Коммутатор позволяет подключить рабочее место администратора и другое сетевое оборудование при необходимости. Коммутаторы Cisco имеют особый интерфейс, который называется виртуальным интерфейсом коммутатора (switch virtual interface, SVI). Для SVI можно настроить IP-адрес, который обычно называется адресом управления. Адрес управления используется для удаленного доступа к коммутатору с целью просмотра или настройки параметров.

Cisco Systems Catalyst 2960 - новое семейство коммутаторов второго уровня с фиксированной конфигурацией, которое позволяет подключать рабочие станции к сетям Fast Ethernet и Gigabit Ethernet на скорости среды передачи, удовлетворяя растущие потребности в пропускной способности на периферии сети. Для агрегации применяются комбинированные гигабитные uplink-порты, которые могут объединяться в единый канал по технологии GigabitEtherChannel.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Коммутаторы Cisco имеют особый интерфейс, который называется виртуальным интерфейсом коммутатора (switch virtual interface, SVI). Для SVI можно настроить IP-адрес, который обычно называется адресом управления. Адрес управления используется для удаленного доступа к коммутатору с целью просмотра или настройки параметров.

Рекомендуемое абонентское оборудование – базовый IP-телефон Cisco Systems SPA 301 -на 1 линию. Подключается непосредственно к сети поставщика услуг интернет-телефонии или к учрежденческой IP-АТС. (объектах) – это лишь некоторые из множества достоинств SPA 301.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

Для беспроводного обмена данными конечным устройствам требуется беспроводная сетевая интерфейсная плата со встроенным радиопередатчиком/радиоприемником, а также драйвер, необходимый для работы этой платы. Кроме того, для подключения пользователей нужны беспроводной маршрутизатор и точка беспроводного доступа (AP).

Системы мониторинга безопасности и IP-телефонии должны быть высокодоступными и зачастую предъявляют специфические требования к проектированию.

Важно правильно выбрать типы маршрутизаторов и коммутаторов в соответствии с конкретными требованиями, функциями и спецификациями, а также ожидаемым потоком трафика.

Одна из наиболее важных задач, выполняемых специалистами в области вычислительных сетей, состоит в документировании работы сети. Наличие документации, относящейся к IP-адресам, номерам моделей, версиями IOS,

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

используемым портам и результатам проверки безопасности, имеет большое значение при поиске и устранении неполадок в работе сети.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

3.4 Схема организации мультисервисной сети связи

Сеть должна быть спроектирована таким образом, чтобы при необходимости дать возможность пользователям и устройствам расширить к ней доступ. Все более важное значение приобретает расширение возможностей подключения на уровне доступа посредством беспроводного подключения. Беспроводное подключение обладает множеством преимуществ, среди которых повышенная гибкость, снижение затрат и возможность расширения и адаптации к меняющимся требованиям сети и бизнеса.

В иерархической модели сети в некоторых каналах между коммутаторами доступа и коммутаторами распределения может потребоваться обработка большего объема трафика, чем в других каналах. Поскольку трафик из нескольких каналов объединяется в одном исходящем канале, такой канал может стать «узким местом». Агрегация каналов позволяет администратору увеличить пропускную способность между устройствами за счет создания единого логического канала, состоящего из нескольких физических каналов. EtherChannel представляет собой метод агрегации каналов, используемый в коммутируемых сетях.

Проектировщик сети также должен учитывать проблему «узких мест» восходящего канала: при большом числе коммутаторов с фиксированной конфигурацией для достижения заданной производительности может потребоваться большое количество дополнительных портов с целью агрегации пропускной способности между этими коммутаторами. При использовании одного модульного коммутатора агрегация пропускной способности не представляет большой проблемы, поскольку объединительная плата шасси обеспечивает пропускную способность, необходимую для поддержки устройств, подключенных к линейным платам портов коммутатора.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

EtherChannel использует существующие порты коммутатора. Таким образом, исключены дополнительные затраты на модернизацию канала с помощью более скоростного и дорогостоящего подключения. EtherChannel можно рассматривать как единый логический канал, использующий интерфейс EtherChannel. Большинство задач настройки выполняется на интерфейсе EtherChannel, а не на отдельных портах. Это обеспечивает согласованную конфигурацию на всех каналах. Наконец, конфигурация EtherChannel использует преимущества распределения нагрузки между каналами, которые относятся к одному каналу EtherChannel. В зависимости от аппаратной платформы может применяться один или несколько методов распределения нагрузки.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

Проектируемая схема организации связи “микрорайона “Северный-1” города Курск представлена на рисунке 3.9.

Мультисервисная сеть организуется согласно концепции FTTB, основной средой является одномодовый оптический кабель типа ДПЛ-П (оптические волокна типа У). Оптические линии связи проложены от здания телефонной станции, находящейся по адресу Красный проспект 22, до всех зданий микрорайона “Северный-1”.

Прокладка кабеля выполняется по телефонно-кабельной канализации с соблюдением всех норм и номенклатурных требований.

В жилых зданиях микрорайона, на первых этажах в техническом помещении размещается распределительный шкаф в антивандальном исполнении. В распределительном шкафу размещается кроссовое

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

оборудование, патч-панели, коммутаторы доступа и оборудование телеметрии и бесперебойного питания (**APC Smart UPS 1000VA**).

Коммутаторы доступа **Cisco Systems Catalyst WS-C2960** соединены двумя оптическими аплинками по 1 Гбит/с (Ethernet 1GBase-LR) с двумя группами коммутаторов уровня деформированного ядра по каналу EtherChannel.

В крупных сетях с несколькими тысячами сетевых устройств для оптимального использования физического пространства и потребления электроэнергии требуются модульные коммутаторы высокой плотности. Без модульного коммутатора высокой плотности для работы сети потребуется множество коммутаторов с фиксированной конфигурацией, чтобы поддерживать все устройства, которым нужен доступ к сети. При таком подходе необходимо большое количество розеток электропитания и много места в коммутационном шкафу.

Проектировщик сети также должен учитывать проблему «узких мест» восходящего канала: при большом числе коммутаторов с фиксированной конфигурацией для достижения заданной производительности может потребоваться большое количество дополнительных портов с целью агрегации пропускной способности между этими коммутаторами. При использовании одного модульного коммутатора агрегация пропускной способности не представляет большой проблемы, поскольку объединительная плата шасси обеспечивает пропускную способность, необходимую для поддержки устройств, подключенных к линейным платам портов коммутатора.

Основой функционирования сети является две дублирующие друг друга группы коммутаторов третьего уровня **Cisco Systems Catalyst WS-3850** для агрегации и распределения трафика, они выполняют функции маршрутизации и виртуализации внутри сети и соединение сервисной и абонентской части сети.

Каждая группа имеет независимый аплинк с вышестоящими сервисами: сетью провайдера IP TV, Интернет и ССоП. Выход на ССоП осуществляется

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

через голосовой шлюз **Cisco Systems ISR 2901-V/K9**. Коммутаторы агрегации третьего уровня, оборудование резервного питания, сервер биллинга и управления сетью, расположены в серверном помещении телефонной станции микрорайона “Северный-1”.

Многоуровневые коммутаторы, как правило, развертываются на уровнях ядра и распределения коммутируемой сети предприятия. Многоуровневые коммутаторы отличаются способностью создавать таблицу маршрутизации, поддерживать несколько протоколов маршрутизации и передавать IP-пакеты со скоростью, приближенной к скорости передачи данных на уровне 2. Многоуровневые коммутаторы зачастую поддерживают особое аппаратное обеспечение (например, специализированные интегральные микросхемы (ASIC)). Наряду со специализированными структурами данных ПО, ASIC способны оптимизировать передачу IP-пакетов без обращения к ЦП.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

В сетях все более популярными становятся простые коммутируемые среды уровня 3. Когда коммутаторы только начинали использоваться в сетях, ни один из них не поддерживал маршрутизацию. Теперь же ее поддерживают практически все коммутаторы. Вполне возможно, что в скором времени все коммутаторы будут оснащены процессорами маршрутизации, ведь это значительно повышает их рентабельность.

Коммутаторы Catalyst 2960 демонстрируют переход к простым средам уровня 3. В версиях IOS, предшествующих версии 15.x, эти коммутаторы поддерживали только один активный коммутируемый виртуальный интерфейс (SVI). Начиная с версии IOS 15.x, такие коммутаторы поддерживают несколько

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

активных SVI. Иными словами, доступ к коммутатору может осуществляться удаленно через несколько IP-адресов в отдельных сетях.

Кроссовое оборудование располагается в автозале телефонной станции. Оборудование располагается в специализированных 19” шкафах/стойках в соответствии с СН-512-78 (Технические требования к зданиям и помещениям для установки средств вычислительной техники).

Сеть должна быть спроектирована таким образом, чтобы при необходимости дать возможность пользователям и устройствам расширить к ней доступ. Все более важное значение приобретает расширение возможностей подключения на уровне доступа посредством беспроводного подключения. Беспроводное подключение обладает множеством преимуществ, среди которых повышенная гибкость, снижение затрат и возможность расширения и адаптации к меняющимся требованиям сети и бизнеса.

Для беспроводного обмена данными конечным устройствам требуется беспроводная сетевая интерфейсная плата со встроенным радиопередатчиком/радиоприемником, а также драйвер, необходимый для работы этой платы. Кроме того, для подключения пользователей нужны беспроводной маршрутизатор и точка беспроводного доступа (AP).

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

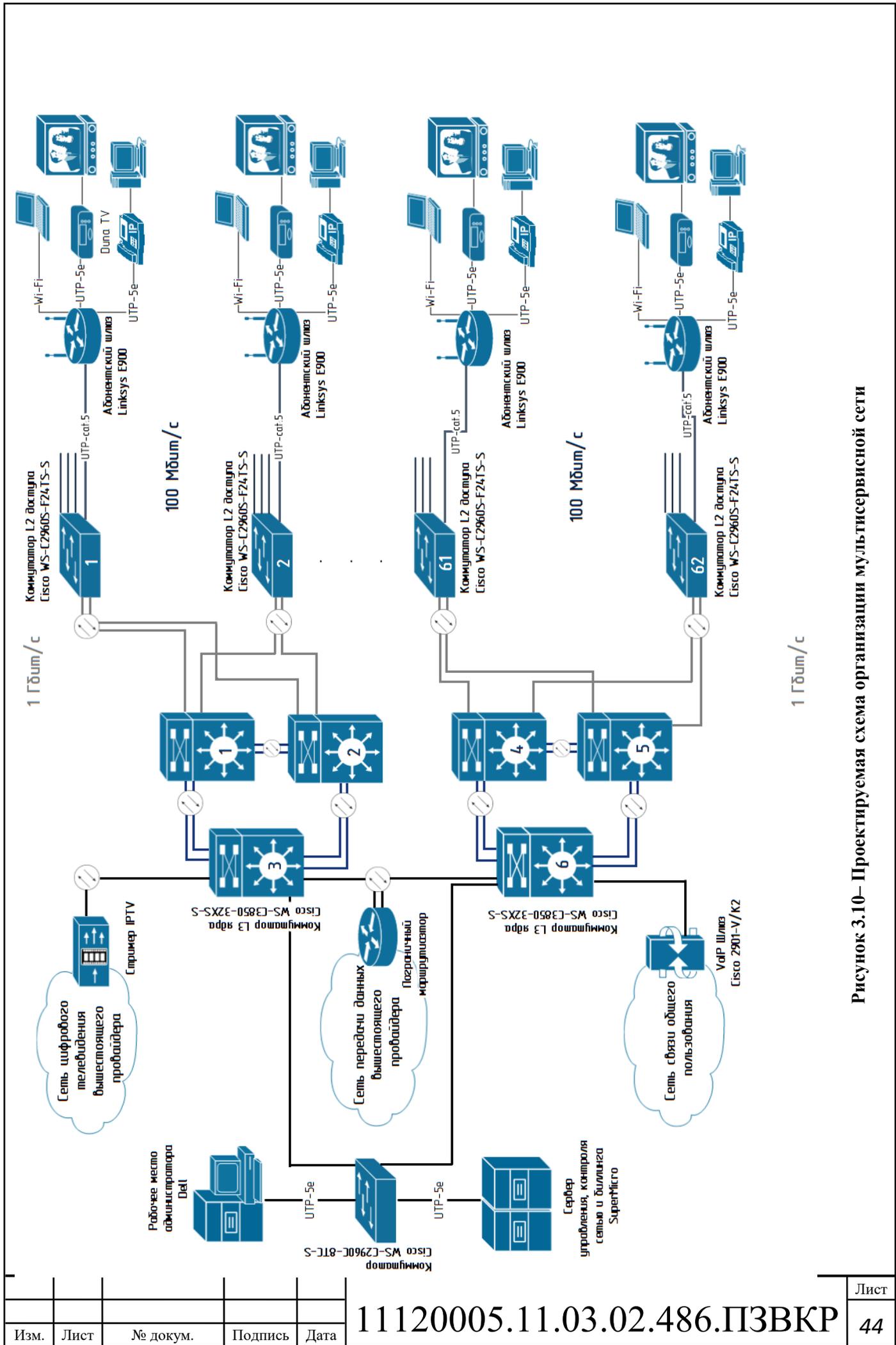


Рисунок 3.10— Проектируемая схема организации мультисервисной сети

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11120005.11.03.02.486.ПЗВКР

4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ 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 911 абонентам, доступ к сети Интернет 1171 абоненту, цифровое телевидение 1041 абонентам.

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

- доступ к сети Интернет - 50 Мбит/с
- IP телефония - 30 Кбит/с
- цифровое телевидение - 10 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.

Среднее число абонентов, приходящееся на один узел, составляет 20 активных портов. Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

4.2 Расчёт трафика IP-телефонии

Исходными данными для расчета являются:

- количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского коммутатора, $N_{VoIP}=14$, человек;

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит согласно формуле (4.1)

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч.голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ байт} / \text{байт}}, \text{ байт}, \quad (4.1)$$

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

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

$$ППр_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \text{ байт} / \text{байт} \cdot 50 \text{ pps}, \text{ Кбит} / \text{с}, \quad (4.2)$$

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

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

$$ППр_{WAN} = ППр_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{ Кбит} / \text{с}, \quad (4.3)$$

где $ППр_1$ – полоса пропускания для одного вызова (кбит/с), N_{SIP} – количество голосовых портов в точке присутствия (шт), VAD 0,7.

$$ППр_{WAN} = 30 \cdot 14 \cdot 0,7 = 294 \text{ Кбит} / \text{с}.$$

4.3 Расчёт трафика IP TV

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 (4.4):

$$AVS = NS / FN, \text{ аб}, \quad (4.4)$$

где NS – общее число абонентов (аб),

						Лист
					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

FN – количество сетевых узлов абонентской коммутации (шт).

$$AVS = 1041 / 62 = 17 \text{ аб.}$$

Количество абонентов на одном оптическом сетевом узле, пользующихся услугами интерактивного телевидения одновременно, определяется коэффициентом IPVS Market Penetration (4.5):

$$IPVS \text{ Users} = AVS * IPVS \text{ MP} * IPVS \text{ AF} * IPVS \text{ SH}, \text{ аб.} \quad (4.5)$$

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

$$IPVS \text{ US} = IPVS \text{ Users} * IPVS \text{ UU} * UUS, \text{ потоков,} \quad (4.6)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео,

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

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

Один групповой поток принимается одновременно несколькими абонентами, следовательно, количество индивидуальных потоков (4.7):

$$IPVS \text{ MS} = IPVS \text{ Users} * IPVS \text{ MU}, \text{ потоков,} \quad (4.7)$$

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

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

$$IPVS \text{ MSM} = IPVS \text{ MA} * IPVS \text{ MUM}, \text{ видеопотоков,} \quad (4.8)$$

$$IPVSMMSM = 123 * 0,8 = 98, \text{ видеопотоков мультикаст.}$$

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (4.9)$$

$$IPVSB = 10 * (1 + 0,2) * (1 + 0,1) = 13,2 \text{ Мбит/с.}$$

Для передачи одного видеопотока в IP сети в режиме индивидуального вещания необходима пропускная способность (4.10):

$$IPVS \text{ UNB} = IPVS \text{ US} * IPVSB, \text{ Мбит/с,} \quad (4.10)$$

где IPVS MS – количество транслируемых потоков в режиме multicast, IPVS US – количество транслируемых потоков в режиме unicast,

IPVSB – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVSUNB = 5 * 13,52 = 66 \text{ Мбит/с.}$$

$$IPVS \text{ MNBM} = IPVS \text{ MSM} * IPVSB, \text{ Мбит/с,} \quad (4.11)$$

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

где $IPVS\ MSM$ – число используемых видеопотоков среди доступных, $IPVSB$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVSMNBМ = 13 * 13,2 = 171,6 \text{ Мбит/с.}$$

$$AB = IPVS\ MNBM + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с,} \quad (4.12)$$

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

$$AB = 66 + 171,6 = 237,6 \text{ Мбит/с.}$$

Итак, для предоставления услуги IP TV на одном сетевом узле доступа необходима полоса пропускания 237,6 Мбит/с.

4.4 Расчёт трафика передачи данных

Среди всех пользователей сети в час наибольшей нагрузки (ЧНН) в сети будет находится и передавать данные только часть абонентов

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб,} \quad (4.13)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле,

$DAAF$ – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН.

$$AS = 20 * 0,7 = 14 \text{ аб.}$$

Средняя пропускная способность для приема данных составит (4.14):

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с,} \quad (4.14)$$

где AS – количество активных абонентов,

$ADBS$ – средняя скорость приема данных,

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

$$BDDA = (14 * 25) * (1 + 0,1) = 385 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных (4.15):

					11 120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (4.15)$$

где AS – количество активных абонентов,

$AUBS$ – средняя скорость передачи данных,

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

$$BUDA = (14 * 5) * (1 + 0,15) = 80,5 \text{ Мбит / с.}$$

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб}, \quad (4.16)$$

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

$$PS = 14 * 0,5 = 7 \text{ аб.}$$

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (4.17)$$

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

$$BDDP = (7 * 50) * (1 + 0,1) = 385 \text{ Мбит / с.}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН (4.18):

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (4.18)$$

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

$$BUDP = (7 * 10) * (1 + 0,15) = 80,5 \text{ Мбит / с.}$$

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

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

где BDD – пропускная способность для приема данных,

BDU – пропускная способность для передачи данных.

$$BDD = \text{Max} [385; 385] = 385 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max} [80,5; 80,5] = 80,5 \text{ Мбит/с.}$$

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с}, \quad (4.19)$$

где BDD – максимальная пропускная способность для приема данных,

BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных.

$$BD = 385 + 80,5 = 465,5 \text{ Мбит / с.}$$

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Итак, для передачи данных на одном сетевом узле доступа необходима полоса пропускания 465,5 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 (4.20):

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = VD + AB + BD, \text{ Мбит/с}, \quad (4.20)$$

где VD – пропускная способность для трафика IP телефонии;

AB – пропускная способность для видеопотоков;

BD – пропускная способность для трафика данных;

$$\text{ППр}_{\text{Triple play}} = 0,3 + 237,6 + 465,5 = 703,4 \text{ Мбит / с.}$$

Проектировщик сети также должен учитывать проблему «узких мест» восходящего канала: при большом числе коммутаторов с фиксированной конфигурацией для достижения заданной производительности может потребоваться большое количество дополнительных портов с целью агрегации пропускной способности между этими коммутаторами.

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания для коммутатора доступа на направление агрегации может обеспечить канал, работающий на основе протокола Gigabit Ethernet, а на направление доступа технология Fast Ethernet.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1 Смета затрат

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

Таблица 5.1 – Смета затрат на приобретение оборудования и кабелей связи

№	Наименование	Кол-во	Стоимость	Сумма
1	2	3	4	5
1	Коммутатор L3 Cisco Systems WS-C3850-32XS-S, шт	6	279000	1674000
2	Коммутатор L2 Cisco Systems WS-C2960S-F24TS-S, шт	62	72000	4464000
3	Модуль оптический Cisco Systems SFP-1G-LX, шт	208	2750	572000
4	Модуль оптический Cisco Systems SFP-10G-LR, шт	16	9100	145600
5	Голосовой шлюз Cisco Systems 2901-V/K9, шт	1	102000	102000
6	Рабочие место администратора Dell OptiPlex 7440, шт	1	99000	99000
7	Серверное оборудование SuperMicro 2U 6028R-WTR NM Edition	1	315000	315000
8	Коммутатор L2 Cisco Systems WS-C2960C-8TC-S, шт	1	19000	19000
9	Шкаф антивандальный для коммутационного оборудования с системами телеметрии и питания 18U, шт	20	9900	198000
10	Блок бесперебойного питания APC Smart-UPS 1000VA	20	27000	540000
11	Кабель оптический Инкаб ДПЛ-Л-П-8У-4х2-2кН 2.5 кН	1	229000	229000
12	Кабель оптический Инкаб ДПЛ-Л-П-16У-4х4-2кН 2.5 кН	1	201000	201000
13	Кабель оптический Инкаб ДПЛ-Л-П-32У-4х8-2кН 2.5 кН	1	339000	339000

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5
14	Витая пара Hyperline UTPP50 Cat.5 IN-PVC (барабан 2,5 км), шт	2	199000	398000
15	Витая пара Hyperline UTPP2 Cat.5 IN-PVC (барабан 1 км), шт	20	15100	302000
16	Кроссы оптические на 16 портов, шт	20	240	4800
17	Патч-панели на 24 порта, шт	62	250	15500
18	КРТМ 2/10, шт	265	110	29150
19	Патч-корд Hyperline 0.5 м UTP 5, шт	1301	39	50739
20	Патч-корд одномодовый LC-LC (1 м), шт	496	210	104160
21	Розетки RJ-45, шт	1301	50	65050
	ИТОГО (Кпр):			9866999

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы: $K_{пр}$ – Затраты на приобретение оборудования и кабелей связи; $K_{тр}$ – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от $K_{пр}$); $K_{смр}$ – строительно-монтажные расходы (20% от $K_{пр}$); $K_{т/у}$ – расходы на тару и упаковку (0,5% от $K_{пр}$); $K_{зср}$ – заготовительно-складские расходы (1,2% от $K_{пр}$); $K_{ппр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

$$K_{кап} = K_{пр} * (K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{ппр}) \quad (5.1)$$

$$K_{кап} = 9866999 * (0,04 + 0,2 + 1 + 0,005 + 0,012 + 0,03) = 12698828 \text{ Р}$$

Капитальные затраты на прокладку кабеля рассчитываются по формуле:

$$K_{лкс} = L * K_{км} \quad (5.2)$$

где L – длина трассы прокладки кабеля; $K_{км}$ – стоимость 1 км. прокладки.

$$K_{лкс} = 14 \cdot 140000 = 1960000 \text{ Р}$$

Общие затраты на реализацию проекта рассчитываются по формуле:

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{кап}} + K_{\text{лкс}} \quad (5.3)$$

$$K_{\text{общ}} = 12698828 + 1960000 = 14658828 \text{ Р}$$

Таким образом, общие капитальные затраты на реализацию проекта МСС в микрорайоне “Северный-1” составляют 14 млн. 658 тысяч 828 рубля.

5.2 Расчет эксплуатационных расходов

Фонд рабочего времени месяца, составляет 176 часов. Расходы на оплату труда в таблице 5.2. Показатель календарного фонда времени отражает рабочее и внерабочее время, т.е. число человеко-дней явок и неявок на работу.

Таблица 5.2 – Состав персонала по обслуживанию станционного оборудования

Должность	Плата за 1 час, руб.	Кол-во, чел.	Сумма з/пл., руб.
Инженер связи	199	1	35 000
Электромеханик	156,25	1	27 500
Сетевой администратор	156,25	1	27 500
ИТОГО (ЗПст)		3	90 000

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	199	1	35 000
Кабельщик-монтажник	113,6	3	3х20 000
ИТОГО (ЗП)		4	95 000

Годовой фонд оплаты труда определяется как:

$$\text{ФОТ}_{\text{год}} = \text{ЗП} * m * K_d * K_{pr} \quad (5.4)$$

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 % от зарплатного фонда.

1. для стационарного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{ст}}^{\text{год}} = 90000 * 12 * 1,04 * 1,25 = 1404000 \text{ Р}$$

2. для линейного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{лн}}^{\text{год}} = 95000 * 12 * 1,04 * 1,25 = 1482000 \text{ Р}$$

Общий годовой фонд оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ}^{\text{год}} = \text{ФОТ}_{\text{ст}}^{\text{год}} + \text{ФОТ}_{\text{лн}}^{\text{год}} \quad (5.5)$$

$$\text{ФОТ}^{\text{год}} = 1404000 + 1482000 = 2886000 \text{ Р}$$

Годовой фонд оплаты труда составит 2 миллиона 486 тысяч 600 рублей.

Страховые взносы составляют 30 % от фонда оплаты труда (2019 год):

$$\text{СВ} = 0,30 * \text{ФОТ}^{\text{год}} \quad (5.6)$$

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

$$\text{СВ} = 0,3 * 2886000 = 865800 \text{ Р}$$

Сумма страховых взносов составляет 865 тысяч 800 рублей.

Амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов рассчитываются по формуле:

$$\text{АО}_{\text{год}} = \Phi_{\text{перв}} * N_a \quad (5.7)$$

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

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

$$\text{АО}_{\text{год}} = 9866999 * 0,05 = 493350 \text{ Р}$$

Затраты на амортизационные отчисления 493 тысячи 350 рублей.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

1. затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования, (62 ЭУ – коммутаторы доступа Cisco Systems Catalyst WS-C2960, номинальная потребляемая мощность 11 Ватт/час согласно таблице 3.13):

$$Z_{ЭН} = T * Z_t * (P * n) \quad (5.8)$$

где $T = 4,8$ руб. кВт/час – тариф на электроэнергию; $P = 0,11$ кВт – мощность одной установки; $Z_t = 8760$ часов работы в году;

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$Z_{ЭН} = 4,8 * 8760 * (0,11 * 62) = 312837 \text{ Р}$$

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

Затраты на материалы и запасные части рассчитываем по формуле:

$$Z_M = \text{ОПФ} * L \quad (5.9)$$

L – коэффициент затрат на материалы 0,035.

В итоге материальные затраты составляют:

$$Z_M = 14658828 * 0,035 = 513059 \text{ Р}$$

$$Z_{\text{ОБЩ}} = Z_{ЭН} + Z_M \quad (5.10)$$

$$Z_{\text{ОБЩ}} = 825896 \text{ Р}$$

Материальные затраты составили 825 тысяч 896 рублей.

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

$$Z_{пр} = 0,15 * \text{ФОТ}_{\text{Год}} \quad (5.11)$$

$$Z_{эк} = 0,25 * \text{ФОТ}_{\text{Год}} \quad (5.12)$$

$$Z_{пр} = 0,15 * 2886000 = 432900 \text{ Р}$$

$$Z_{эк} = 0,25 * 2886000 = 721500 \text{ Р}$$

Таким образом, сумма других расходов определяется как:

$$Z_{\text{другие}} = Z_{эк} + Z_{пр} \quad (5.13)$$

$$Z_{\text{другие}} = 432900 + 721500 = 1154400 \text{ Р}$$

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Затраты на другие расходы составят 583 тысячи 440 рублей.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Структура, %
1. Фонд оплаты труда, годовой	2886000	46
2. Страховые взносы, годовые	865800	14
3. Амортизационные отчисления	493350	8
4. Материальные затраты	825896	13
5. Другие расходы	1154400	19
ИТОГО (Э)	6225446	100

5.3 Расчёт предполагаемой прибыли

Используя данные о видах услуг, предоставляемых пользователям развитой мультисервисной локальной сети и стоимости этих услуг, рассчитаем расчетную прибыль (таблица 5.5), плата за подключение взимается одновременно в размере 1000 рублей за подключение к интернету, 500 рублей за IPTV и 200 рублей за IP телефонию.

Таблица 5.5 – Планируемая прибыль по видам услуг

Название услуги	Абоненты	Цена	Стоимость
IP-TV, абонентская плата	1041	400	416320
IP-TV, пакет дополнительных каналов	624	250	156120
IP-TV, видео по запросу	416	150	62448
VoIP, абонентская плата	911	300	273210
Реальный IP (в месяц)	351	100	35127
Интернет, родительский контроль	468	100	46836
Интернет, абонентская плата	1171	400	468360
ИТОГО (Пр_{month})			1458421

Сумма общей ежемесячной прибыли составляет 1 миллион 458 тысяч 421 рубль.

Сумма ежегодной прибыли рассчитывается по формуле:

$$Pr_{year} = 12 * Pr_{month} \quad (5.14)$$

$$Pr_{year} = 12 * 1458421 = 17501052 \text{ Р}$$

Подключение всех абонентов сети осуществляется единовременно. Проектный период составляет 5 лет, в рамках этого срока проект Должен окупиться. Общая сумма за подключение всех абонентов составит согласно таблице 5.6 – 1 миллион 640 тысяч 900 рублей.

Таблица 5.6 – Планируемый доход за подключение абонентов

Вид услуги	Цена	Количество абонентов	Доходы от подключения
Стоимость подключения услуги Интернет	1000	1171	1170900
Стоимость подключения услуги IPTV	500	1041	400000
Стоимость подключения услуги VoIP	200	911	70000
ИТОГО			1640900

Годовая прибыль оценивается в 17 млн. 501 тыс. 52 руб. Анализ результатов расчета сметной прибыли и капитальных вложений свидетельствует о достаточно высокой степени эффективности проектных решений и подтверждает экономическую целесообразность. Подробная информации прибыли на каждый год проектного периода содержится в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Предварительные экономические показатели проекта по доходам

Год	Количество абонентов от проектного значения	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	0,6	984540	10500631,2	11485171
2	0,7	164090	12250736,4	12414826
3	0,8	164090	14000841,6	14164932
4	0,9	164090	15750946,8	15915037
5	1	164090	17501052	17665142

5.4 Определение оценочных показателей проекта

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец *i*-го периода времени.

$$NPV = PV - IC \quad (5.15)$$

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

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.16)$$

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

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.17)$$

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

В таблице 5.8 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями:

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

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

Таблица 5.8 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	20884274	20884274	-20884274
1	11485171	11485171	6225446	27109720	-15624549
2	12414826	22771377	6225446	32769216	-9997839
3	14164932	34477932	6225446	37914213	-3436281
4	15915037	46435135	6225446	42591483	3843652
5	17665142	58500664	6225446	46843546	11657118

Как видно из приведенных в таблице 5.8 рассчитанных значений, проект окупиться на 4 году эксплуатации, так как в конце 4 года мы имеем положительный NPV.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле (5.18):

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.18)$$

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.

$$PP = 4 + \frac{|-3436281|}{(|-3436281| + 3843652)} = 4.47 \text{ года}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 4 года и 6 месяцев.

Индекс рентабельности:

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.19)$$

$$PI = 1,25$$

Внутренняя норма доходности:

$$IRR > i \quad (5.20)$$

где i – ставка дисконтирования

Расчет показателя IRR осуществляется путем последовательных итераций. Расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.21)$$

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

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 10 + \frac{3843652}{3843652 - (-137643)} (23 - 10) = 22,55\% .$$

Внутренняя норма доходности проекта составляет 22,55%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 10%, проект следует принять. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 5.9.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Таблица 5.9 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	1301
Капитальные затраты, руб	14 658 828
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	6 225 446
Расходы на оплату производственной электроэнергии	312 837
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	513 059
Фонд оплаты труда	2 886 000
Страховые взносы	437 580
Амортизационные отчисления	493 350
Доходы (NPV), руб	3 843 652
Внутренняя норма доходности (IRR)	17,30 %
Индекс рентабельности (PI)	1,25
Срок окупаемости, год	4 года и 6 месяцев

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

6 ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕТЕЙ ДОСТУПА ФТТВ

6.1 Входной контроль строительных длин оптического кабеля

Входной контроль строительных длин оптического кабеля (ОК) производится с целью контроля качества ОК и определения пригодности его к прокладке.

Измерительная катушка может быть в двух вариантах: оконцованная с одной стороны или оконцованная разъемами с двух сторон.

В этом случае подключение к измеряемому ОВ может производиться несколькими способами. Наиболее широко используются механические соединители и устройства подключения неоконцованного волокна.

Подключение через механический соединитель обеспечивает низкий уровень потерь на стыке и низкий уровень отражения. Могут использоваться механические соединители типа Fibrlok (3M), Corelink (AMP), CamSplice (Corning) и другие аналогичные вышеприведенным с заполнением иммерсионным гелем (см. рис. 6.1). Для задач входного контроля механические соединители используются многократно.



Fiberlok (3M)



CoreLink (AMP)



CamSplice (Corning)

Рисунок 6.1 - Механические соединители

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Устройство подключения неоконцованного волокна УП-125 предназначено для работы с одномодовыми и многомодовым волокнами диаметром по кварцевой оболочке 125 мкм и позволяет оперативно подключать ОВ к измерительному оборудованию. Для согласования показателей преломления ОВ используется иммерсионный гель.



Рисунок 6.2 - Устройство оперативного подключения а)УП-125; б) УПОВ

К недостаткам следует отнести сравнительно высокую стоимость (по сравнению с механическими соединителями) и деградацию качества подключения при работе в условиях повышенной запыленности.

Типовая схема измерения при проведении входного контроля приведена на рис. 6.3.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

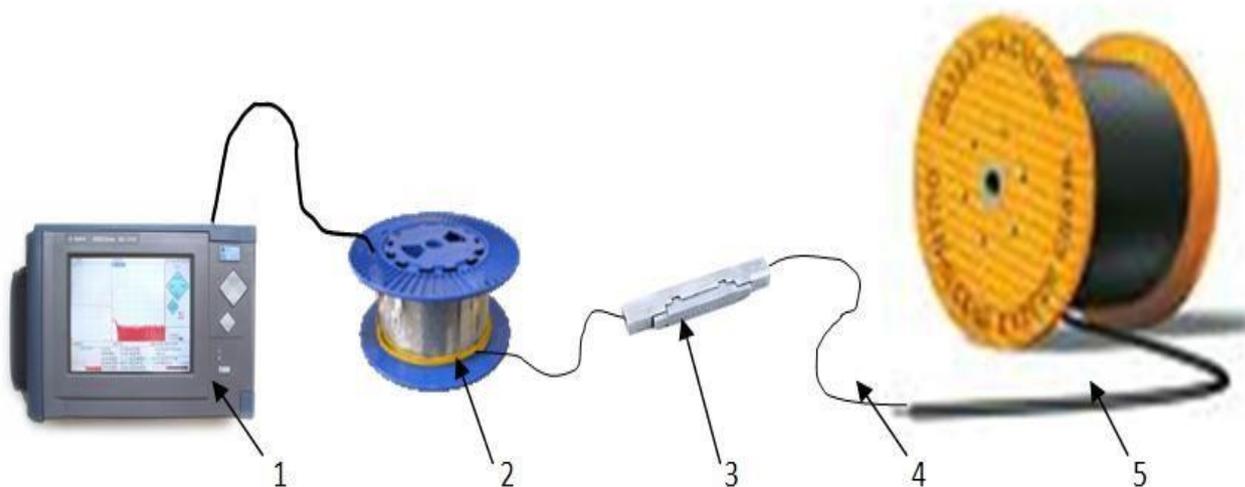


Рисунок 6.3 - Схема подключения оптического рефлектометра при проведении входного контроля

- 1 - оптический рефлектометр, 2 – измерительная катушка,
3 – механический соединитель, 4 – измеряемое ОВ,
5 – барабан со строительной длиной ОК**

Рекомендации по установке параметров измерения оптического рефлектометра:

а) *Диапазон расстояний* выбирается таким образом, чтобы на рефлектограмме была видна вся строительная длина с подключенной измерительной катушкой и в конце рефлектограммы присутствовал участок, остаточный для оценки уровня шума. В случае высоких уровней отражения на переднем разьеме рефлектометра и в конце измеряемой линии можно рекомендовать выставлять диапазон, превышающий двукратную протяженность исследуемой линии, для того, что исключить влияние переотражений на результат измерения.

б) *Длина волны.* Выбор длины будет определяться типом используемого оптического волокна на ВОЛП. Для многомодовых ВОЛП измерения производятся на рабочей длине волны активного оборудования 850 или 1300 нм. Для одномодовых ВОЛП при входном контроле рекомендуется

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

производить измерения на нескольких длинах волн, так чувствительность к микро- и макро- изгибам зависит от длины волны. В настоящее время типовые длины волн **1310** нм и **1550** нм.

в) *Длительность импульса* при входном контроле рекомендуется выбирать **не более 100 нс**. Желательно выбирать минимальное значение, так как с уменьшением длительности импульса повышается разрешающая способность и, следовательно, обеспечиваются лучшие условия для обнаружения неоднородностей.

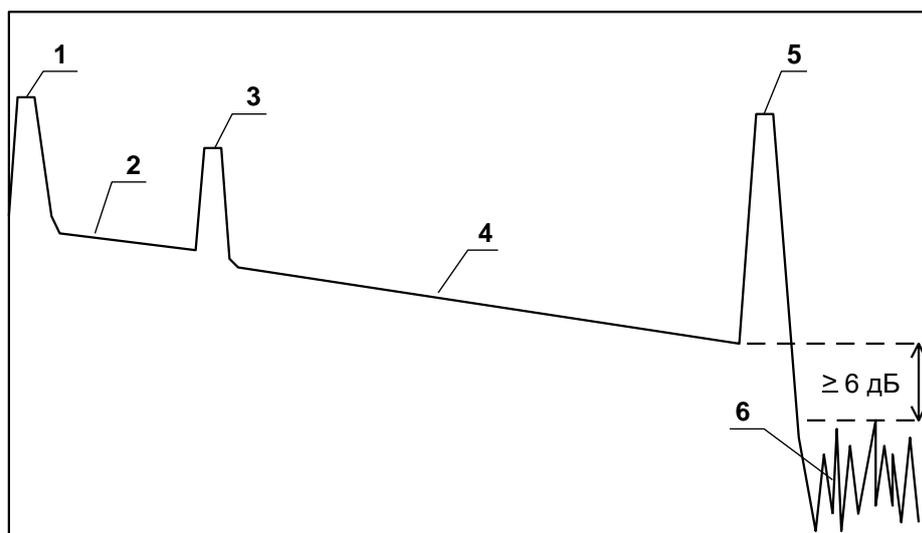
г) *Время усреднения* необходимо выбирать таким образом, чтобы при установленной длительности импульса отношение сигнал-шум в конце линии составляло не менее 6 дБ (при этом условии уровень шума в конце линии не превышает 0.2 дБ). Поскольку типовые строительные длины имеют протяженность порядка 1 – 6 км и вносимое затухание относительно мало для типовых рефлектометров, как правило, достаточно 10 - 30 секунд

д) *Показатель преломления* должен быть выставлен в соответствии с данными из паспорта на ВОК с точностью до последнего знака. Данный параметр значительно влияет на точность измерения оптической длины ОВ. Следует помнить, что показатель преломления зависит от длины волны и при переходе к измерению в другом диапазоне должен быть сменен.

е) *Количество точек данных (объем данных)*. Данный параметр определяет шаг дискретизации рефлектограммы (расстояние между двумя соседними точками) и влияет на точность измерения оптической длины. При измерениях рекомендуется выставлять максимально-возможное значение, в особенности на протяженных участках.

Типовая рефлектограмма входного контроля приведена на рис. 6.4.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



- 1 – мертвая зона от оптического разъема рефлектометра
- 2 – оптическое волокно измерительной катушки
- 3 – отражение и мертвая зона механического соединителя
- 4 – оптическое волокно строительной длины
- 5 – отражение от конца ОВ строительной длины
- 6 – шумы

Рисунок 6.4 - Типовая рефлектограмма входного контроля

При анализе полученной рефлектограммы необходимо обратить внимание на равномерность характеристики ОВ строительной длины (участок 4) и в первую очередь проверить на наличие неоднородностей (ступенек, отражений и т.п.). Для чего рекомендуется в первую очередь увеличить масштаб по вертикали и затем проанализировать рефлектограмму по участкам.

Перед измерениями оптических параметров убедиться в том, что обеспечено требуемое отношение сигнал-шум не менее 6 дБ

При обнаружении на рефлектограмме неоднородностей необходимо определить расстояние до неоднородности от начала строительной длины и отметить в протоколе на каком волокне замечен дефект и его расположение. Сравнение результатов на двух длинах волн позволит определить характер

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

повреждения: если при измерении на длине волны 1550 нм вносимое затухание на неоднородности значительно больше, чем на длине волны 1310 нм, значит дефект вызван изгибом ОВ.

Измерения оптической длины ОВ в ОК производятся с помощью двух маркеров. Первый маркер располагается по окончании измерительной катушки в той точке, где происходит переход от линейного квазирегулярного участка (оптическое волокно измерительной катушки) к искаженному (отражение от механического соединителя). Второй маркер размещается в конце рефлектограммы до всплеска френелевского отражения от конца оптического волокна строительной длины (см. рис. 6.5).

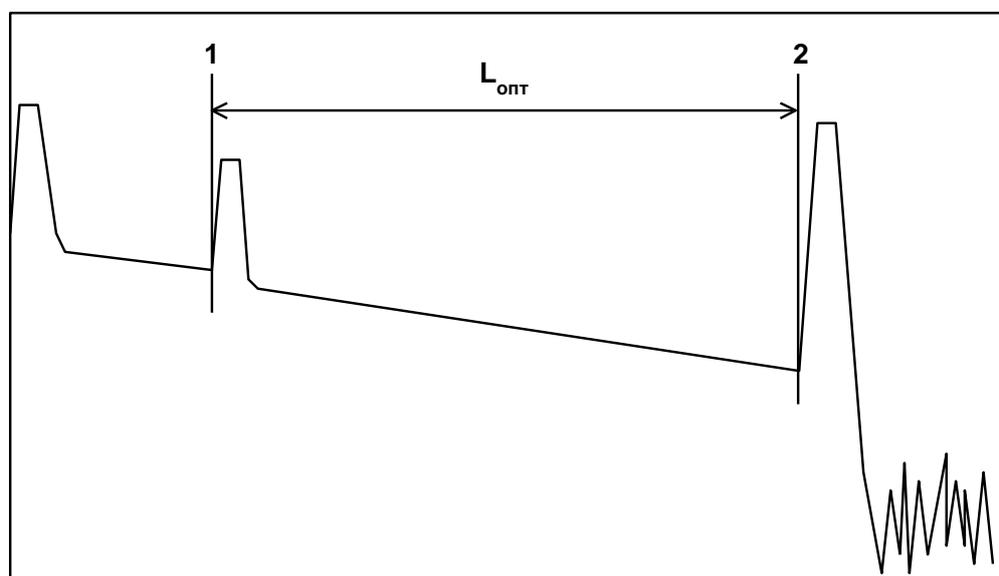


Рисунок 6.5 - Расстановка маркеров для измерения оптической длины

Для корректных результатов измерений необходимо правильно отмасштабировать рефлектограмму так, чтобы было отчетливо различимы места механического соединителя и конца ОВ.

Для измерения коэффициента затухания требуется выставить два маркера на квазирегулярном участке ОВ строительной длины (квазирегулярным считается участок, на котором отсутствуют неоднородности) по возможности

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

большей протяженности. Режим аппроксимации - метод наименьших квадратов (Least Square Approximation - LSA).

Пример расстановки маркеров при измерении коэффициента затухания приведен на рис. 6.6.

Полученное значение α , дБ/км заносится в протокол и сравнивается с паспортными данными и максимально-допустимыми нормативными значениями, определяемыми техническими условиями на кабель.

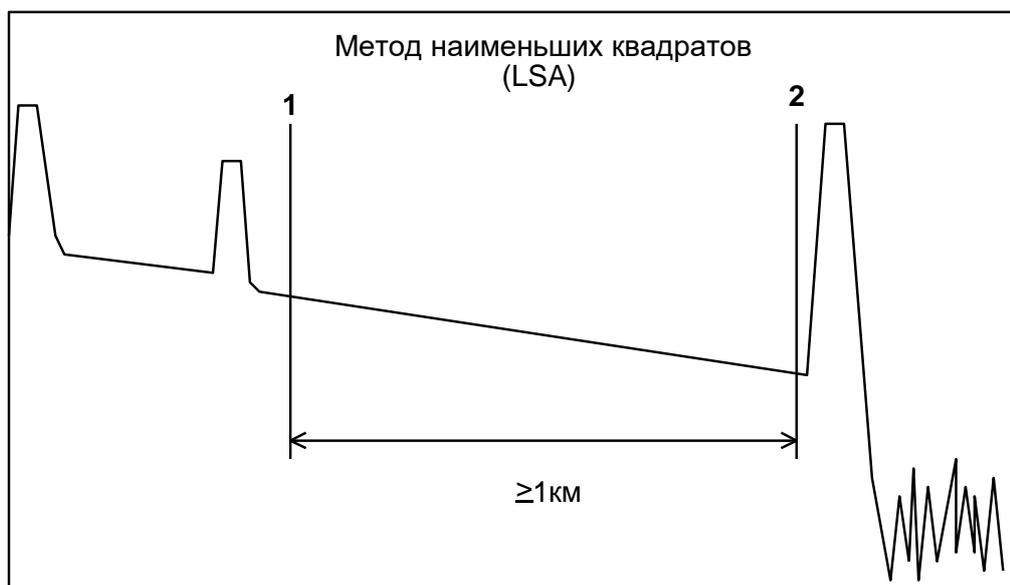


Рисунок 6.6 - Расстановка маркеров для измерения коэффициента затухания

Как правило, в настоящее время для стандартных одномодовых ОВ в строительных длинах ОК нормативные значения коэффициента затухания (определяются техническими условиями на оптический кабель) составляют:

не более 0.36 дБ/км на длине волны 1310 нм; не более 0.22 дБ/км на длине волны 1550 нм.

В случае превышения нормативных значений строительная длина отбраковывается и составляется рекламация на завод изготовитель.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Следует отметить, что если при измерении протяженность выделенного квазирегулярного участка значительно меньше 1 км, то полученные значения коэффициента затухания будут недостоверными.

После завершения измерений концы оптического кабеля защищают колпачками.

По результатам всех измерений составляется протокол входного контроля оптического кабеля. Формы протокола, принятые различными организациями, могут незначительно отличаться.

Как правило, протокол должен содержать следующую информацию:

- марка оптического кабеля;
- производитель оптического кабеля;
- заводской номер барабана с кабелем;
- физическая длина кабеля по метражным меткам;
- данные измерительного прибора: модель и серийный номер рефлектометра, дата поверки;
- параметры измерений: длина волны излучения, коэффициент преломления, длительность импульса;
- оптическая длина волокна в строительной длине;
- результаты измерения коэффициента затухания для каждого ОВ;
- заключение о пригодности оптического кабеля к монтажу;
- подпись специалиста, производившего измерения, и представителя заказчика.

Состав исполнительной документации (в том числе и протоколы измерения) приводится в РД 45.156.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

6.2 Предмонтажный контроль строительных длин оптического кабеля

Предмонтажный контроль строительных длин производится после прокладки ОК перед началом монтажа оптических муфт.

Основными задачами являются:

- контроль целостности всех оптических волокон в проложенных строительных длинах ОК;
- контроль соответствия параметров оптических волокон нормативным значениям;
- проводится контроль целостности внешних покровов ОК.

Контролируемыми параметрами являются [19]:

- физическая длина ОК;
- оптическая длина - длина оптического волокна в кабеле;
- коэффициент затухания ОВ;
- при наличии металлических элементов в конструкции контролируется сопротивление изоляции внешней оболочки ОК.

Контроль физической длины проложенного оптического кабеля по меткам, схема подключения, установка параметров и состав измерений аналогичны входному контролю.

При анализе рефлектограммы особое внимание следует обратить на наличие неоднородностей типа ступенек на строительной длине. Если на рефлектограмме не наблюдается дефектов или обрыва ОВ, производится измерение коэффициента затухания ОВ. Максимально-допустимые нормативные значения коэффициента затухания одномодового волокна,

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

аналогичны требованиям при входном контроле и составляют: не более 0.36 дБ/км на длине волны 1310 нм; не более 0.22 дБ/км на длине волны 1550 нм.

При наличии замечаний к качеству оптического волокна они отмечаются в протоколе с указанием типа дефекта и его расположения.

По результатам измерений делаются выводы о целостности оптических волокон в строительной длине, отсутствии неоднородностей и обрывов, о соответствии измеренных значений коэффициентов затухания и сопротивления изоляции внешней оболочки нормативным значениям, и выносятся решение о пригодности кабеля к монтажу.

6.3 Измерения в процессе монтажа оптических муфт

Измерения в процессе монтажа оптических муфт производятся с целью контроля качества всех сварных соединений ОВ, измерения расстояний до оптических муфт и их привязки по трассе. Для этого используется оптический рефлектометр и измеряются значения затухания сварных соединений в двух направлениях и местоположение сварного соединений.

При установке параметров измерения длительность импульса и время усреднения следует выбирать выбирается таким образом, чтобы отношение сигнал-шум в конце линии было не менее 8 – 10 дБ, что соответствует уровню шума рефлектограммы менее 0.05-0.1 дБ

Сварное соединение на рефлектограмме может выглядеть в трех вариантах:

- ступенькой вниз;
- ступенькой вверх;
- неразличимой на рефлектограмме.

Данная особенность объясняется тем, что рефлектометрический метод измерения является косвенным и прибор снимает характеристику обратного

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

потока, зависящую от коэффициентов рассеяния отдельных оптических волокон.

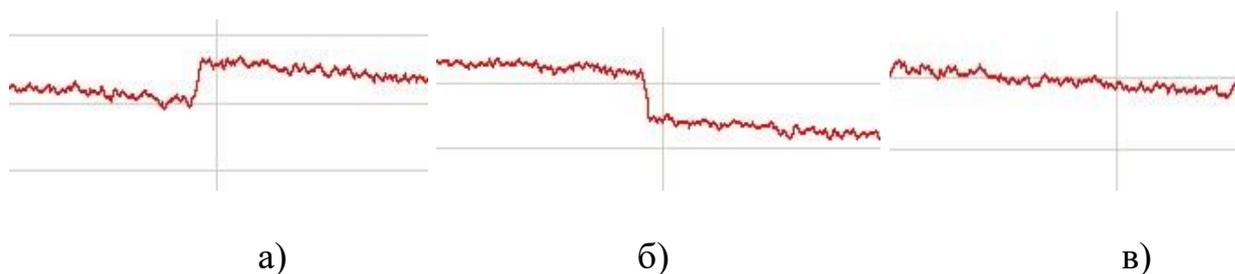


Рисунок 6.7 – Варианты отображения сварного соединения на рефлектограмме
а) ступенька вниз; б) ступенька вверх; в) отсутствие ступеньки

Для получения истинного значения затухания сварного соединения требуется измерения с двух сторон с дальнейшим усреднением результатов.

Для того, чтобы определить затухание, вносимое сварным соединением, на рефлектограмме необходимо выставить 4 или 5 маркеров, в зависимости от того какой метод реализован в приборе.

При 4-х маркерном методе расстановка производится аналогично 5-и маркерному, за исключением того, что маркеры (2) и (3) объединены в один. Пример расстановки маркеров приведен на рис. 6.8.

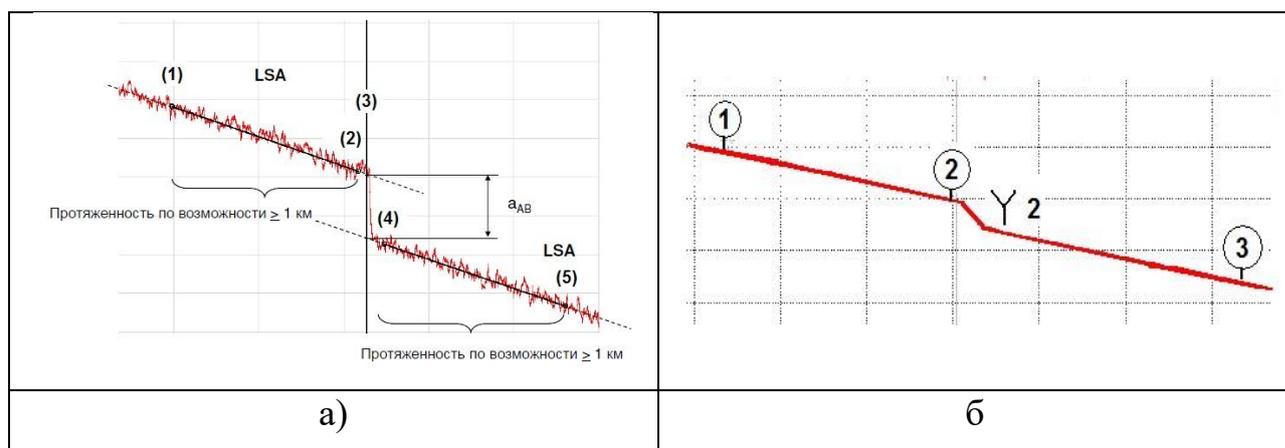


Рисунок 6.8 - Расстановка маркеров при измерении затухания сварного соединения: а) 5-и маркерный метод, б) 4-х маркерный метод

Далее* прибор аппроксимирует выделенные квазирегулярные участки прямыми линиями и определит расстояние между ними в точке соответствующей позиции маркера (3) в случае пяти-маркерного метода или в точке (2) в случае четырех-маркерного метода.

Для получения корректных результатов должен быть выделен режим аппроксимации методом наименьших квадратов (Least Square Approximation - LSA), а протяженность квазирегулярных участков должна быть достаточной.

В некоторых моделях рефлектометров отображаются сведения о коэффициентах затухания на прилегающих квазирегулярных участках, что может случить для проверки корректности установки маркеров.

Примечание. Суммирование производится с учетом знаков измеренных затуханий.

Неоднородности, отображаемые на рефлектограмме ступенькой вверх, при измерении будут иметь знак минус.

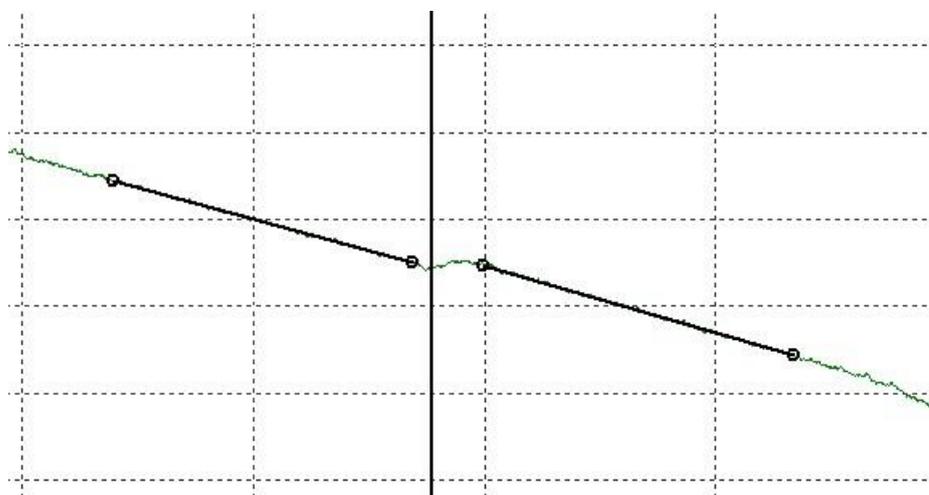


Рисунок 6.9 - Пример расстановки маркеров на неоднородности, отображаемой ступенькой вверх

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

По результатам измерений полученные значения сравниваются с нормами. Нормативные значений для одномодовых оптических волокон на магистральных ВОЛП приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1 - Нормативные значения затухания сварных соединений одномодовых оптических волокон

Длина волны λ , нм	Затухание, дБ, не более, в % - max неразъемных соединений	
	100 %	50 %
1310	0,2	0,1
1550	0,1	0,05

Примечание. В исключительных случаях допускается максимальное значение потерь на стыке не более 0,15 дБ, если меньшее значение не достигнуто после 3-х повторений сварки. При этом в монтируемой муфте на кассете должен остаться запас оптического волокна из 3-х витков.

По результатам всех измерений составляется паспорт на смонтированную оптическую муфту.

Как правило, паспорт должен содержать следующую информацию:

- наименование ВОЛП и участка, на котором располагается муфта;
- номер муфты; – дата монтажа;
- сведения о монтажнике;
- тип и заводской номер сварочного аппарата;
- данные измерительного прибора: модель и серийный номер рефлектометра, дата поверки;
- расстояние до муфты по оптическому волокну;
- оценка затухания по показаниям сварочного аппарата;

					11 120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- результаты измерения затухания в двух направлениях и среднее значение для всех сварных соединений;
- данные о метках на кабелях, входящих в муфту ;
- запас кабеля на муфте.

6.4 Измерения на элементарном кабельном участке ВОЛП

Элементарным кабельным участком является вся физическая среда передачи между соседними окончаниями участка. Окончание участка – граница, выбранная условно в качестве стыка оптического волокна с активным оборудованием. На сети ФТТВ это участок между двумя оптическими кроссами. На рис. 6.18 приведена схема ЭКУ в общем виде. Так, например, на определенных участках сети ФТТВ муфты могут отсутствовать.

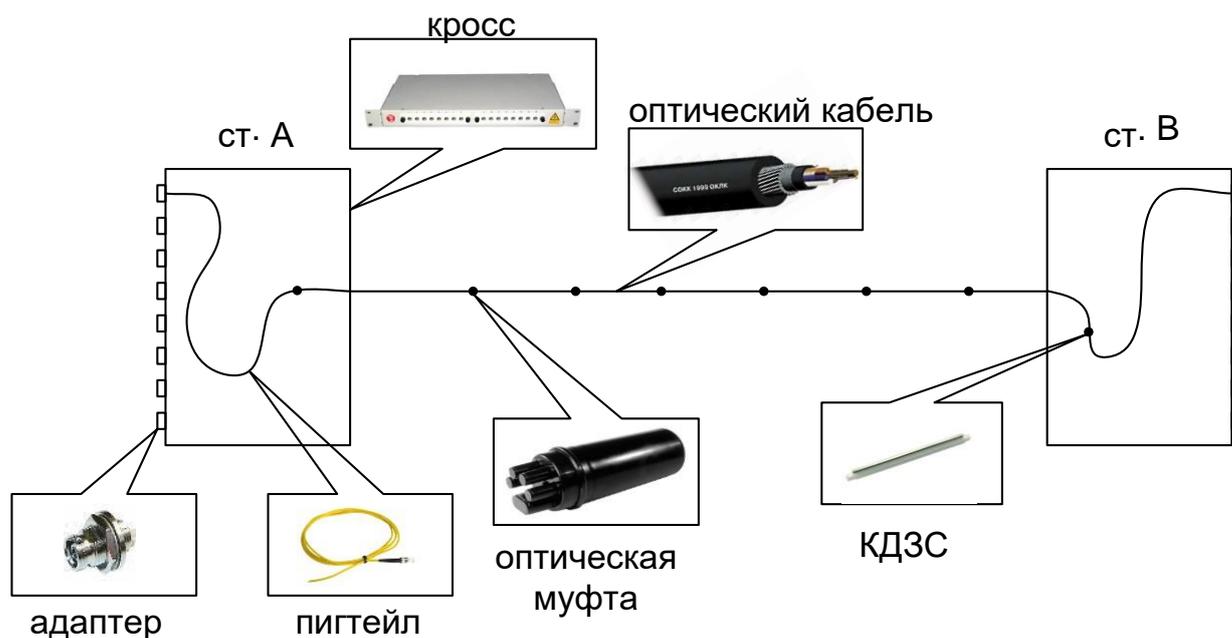


Рисунок 6.10 - Схема элементарного кабельного участка

Основными элементами ЭКУ, являются строительные длины оптического кабеля; сварные соединения оптических волокон строительных длин, размещенные в оптических муфтах; кроссовое оборудование,

						Лист
					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

включающее оптические розетки (адаптеры) и монтажные шнуры – пигтейлы. Пиг-тейл представляет собой отрезок оптического волокна в защитном 900 мкм буфере с одной стороны оконцованный оптическим коннектором и подключаемый к адаптеру кросса, а с другой стороны свариваемый с оптическим волокном линейного кабеля.

Одним из основных параметров элементарного кабельного участка (ЭКУ) является затухание.

Суммарное затухание оптического тракта будет складываться из вносимых затуханий отдельных компонент: затухания оптического волокна линейного кабеля, затухания сварных соединений, затухания на оптических розетках.

Для получения максимального значения суммарного затухания ЭКУ в расчетах используются максимально-допустимые значения для коэффициента ОВ и затухания сварных и разъёмных соединений.

Таблица 6.2 - Параметры для расчета суммарного затухания на ЭКУ

Параметр	Длина волны	
	1310 нм	1550 нм
Коэффициент затухания, дБ/км	≤ 0.36	≤ 0.22
Затухание сварного соединения, дБ	≤ 0.2 для 100% ≤ 0.1 для 50%	≤ 0.1 для 100% ≤ 0.05 для 50%
Затухание разъёмного соединения, дБ	≤ 0.5	≤ 0.5

В состав измерений на смонтированном ЭКУ входит контроль суммарного затухания и оптической длины ВОЛП. По результатам измерения можно судить о соответствии смонтированного участка параметрам,

предусмотренным проектом, и о работоспособности волоконнооптической системы передачи.

На практике при измерении суммарного затухания оптического тракта ВОЛП применяют метод вносимого затухания и метод обратного рассеяния и основными приборами являются оптический тестер и оптический рефлектометр.

Особенности измерения суммарного затухания на ЭКУ:

- измерения производятся с двух сторон ЭКУ;
- измерения, как правило, рекомендуется производить на двух длинах волн 1310 и 1550 нм (если для передачи используются другие длины волн, например 1490 нм в некоторых пассивных оптических сетях, измерение целесообразно производить также и на них);

- в протокол включаются результаты измерения оптическим тестером и оптическим рефлектометром.

На сетях FTТВ из-за коротких длин участков измерение оптическим рефлектометром в ряде случаев позволяет только оценить целостность ОВ и проконтролировать отсутствие дефектов.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения ВКР был реализован ряд поставленных задач, достигнута цель проекта – разработка проекта мультисервисной сети в микрорайоне “Северный-1” город Курск .

Проведен анализ инфраструктуры жилого комплекса, который определил предполагаемое количество абонентов сети – 1301, а также спектр предоставляемых услуг.

Для проектирования была выбрана концепция Metro Ethernet Network, базирующаяся на оптической сети абонентского доступа FTТВ как оптимальная, с точки зрения соотношения стоимости развертывания к времени окупаемости проекта.

Для реализации проектируемой мультисервисной сети связи выбрано оборудование компании Cisco Systems Systems как оборудование, обеспечивающее высокую надежность. В качестве поставщика оптического кабеля выбрана компания Инкаб (Российская Федерация, г. Пермь). Кабель данного поставщика обладает хорошим соотношением цена/качество.

Расчетная стоимость капиталовложений составляет 14,6 млн. рублей. Ежегодные эксплуатационные расходы после внедрения оборудования мультисервисной сети не превышают 6,2 млн. рублей Анализ окупаемости проекта показал, что срок возврата капиталовложений составляет 4 года и 6 месяцев, что является хорошим показателем.

Следует отметить, что практическая значимость результатов работы заключается в возможности использования разработанного проекта в качестве основы для реализации мультисервисной сети для микрорайона “Северный-1” город Курск.

В иерархической модели сети функции сети разделены на уровень доступа, уровень распределения и уровень ядра. Мультисервисная проводная локальная сеть обеспечивает связь между устройствами в одном или

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

нескольких зданиях, а также межсоединение с глобальной сетью и интернет-периметром на уровне ядра сети.

Качественно спроектированная сеть обеспечивает контроль трафика и ограничивает размер доменов отказа. Маршрутизаторы и коммутаторы можно развертывать парами, чтобы отказ одного устройства не приводил к прерыванию обслуживания.

Проект сети должен содержать стратегию IP-адресации, протоколы маршрутизации, обеспечивающие масштабируемость и быструю конвергенцию, соответствующие протоколы 2-го уровня, а также модульные или кластерные устройства, которые можно легко обновить, чтобы увеличить емкость.

Критически важный сервер должен быть подключен к двум различным коммутаторам уровня доступа. Он должен по возможности содержать резервные модули и резервный источник питания. Возможно, потребуется настроить несколько соединений с одним или несколькими интернет-провайдерами.

Системы мониторинга безопасности и IP-телефонии должны быть высокодоступными и зачастую предъявляют специфические требования к проектированию.

Важно правильно выбрать типы маршрутизаторов и коммутаторов в соответствии с конкретными требованиями, функциями и спецификациями, а также ожидаемым потоком трафика.

Все поставленные в ходе работа цели были достигнуты.

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Росляков, А.В., Самсонов, М.Ю. Сети следующего поколения NGN [Текст] // А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов - М.: Эко-Трендз, 2008.- 449 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.
2. Интернет вещей. Обзор перспектив [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Cisco Systems Systems E.: URL: <http://www.Cisco Systems.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/overview.html> (Дата обращения 10.04.17)
3. Соколов Н.А. Сети доступа FTTx. Принципы построения. [Текст] // Н.А. Соколов -М.: ЗАО “ИГ” Энтер-профи, 2006, 308с.
4. Бакланов, И.Г. Технологии xDSL теория и практика применения [Текст] // И.Г. Бакланов. – М.: Метротек, 2007, 384с.
5. Семенов А.Ю. Пассивные оптические сети. [Текст] // А.Ю. Семенов - М.: Радио и связь, 2009, 317с.
6. Гольдштейн Б.С. Беспроводные сети доступа [Текст] // Б.С. Гольдштейн, - М.: Радио и связь, 200.-317с.
7. Вишневский В.А. Энциклопедия WiMax. Путь 4G. [Текст] // В.Вишневский, С.Портной, И.Шахнович - М.: Техносфера, 2009 г. — С. 472
12. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. Последняя миля на медных кабелях.- М.: ЭКО-Трендз, 2001.-222с.
13. Шмалько А.В. Цифровые сети связи . Основы планирования и построения [Текст] // А.В. Шмалько - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001, -222с.
14. Никульский И.Е. Построение сетей связи на базе технологии DOCSIS [Текст] // И.Е. Никульский, -Вестник связи, 2001, №11.- с.57-61.
15. Колпаков И.А. Универсальная мультисервисная транспортная среда на базе сетей кабельного телевидения (часть 1) [Текст] // Колпаков И.А. Васькин О.П., Смирнов С.С., Теле-Спутник, 2002, январь.- С.54-56.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.486.ПЗВКР				80

16. Башилов Г. LTE: эволюция технологий беспроводного доступа [Текст] // Г.А. Башилов, Журнал сетевых решений, 2011, №6.- с.43-61.

17. Решения FTTH на базе оборудования компании Cisco Systems [Электронный ресурс] // Официальный сайт Cisco Systems Systems E.: URL: <http://www.Cisco Systems.com/ethernet-solutions/ftth.html> (Дата обращения 05.04.19)

18. Одом У. Официальное руководство по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA Маршрутизация и коммутация, академическое издание [Текст] // У. Одом - М.: Вильямс, 2015. -761с.

19. Гольдштейн Б.С. Сети связи [Текст] // Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г.Г.- СПб.: «БХВ – Петербург», 2014. – 400 с.

20. Руководящий технический материал «Принципы построения мультисервисных сетей электросвязи» [Текст] // – ФГУП ЦНИИС, 2011. - версия 4.0, с. 291.

21. Международный стандарт ISO/IEC IS 11801-2002 Information Technology. Generic cabling for customer premises [Электронный ресурс] // Сайт sb-ufa ISO/IEC IS 11801-2002 URL: http://sb-ufa.ru/wp-content/uploads/2013/12/ISO_IEC_11801_2002.pdf (Дата обращения 05.04.19)

22. ГОСТ Р 53246-2008 Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ E.: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/48148/> (Дата обращения 05.04.19)

23. ГОСТ Р 53245-2008 Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ E.: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/48147/> (Дата обращения 05.04.19)

24. ГОСТ 21.406-88 Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

планах [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ Е.: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/19553/> (Дата обращения 05.04.19)

25. IEEE Standarts 802.3: Ethernet [Электронный ресурс] // IEEE Standars download page Е.: URL: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html> (Дата обращения 06.04.19)

26. Инкаб Оптические Кабели [Электронный ресурс] // Каталог продукции Е.: URL: <http://incab.ru/files/спес.pdf> (Дата обращения 10.05.17)

27. СвязьСтройДеталь продукция для построения сетей связи [Электронный ресурс] // Каталог Е.: URL: http://ssd.ru/files/catalog_2016.pdf (Дата обращения 10.05.19)

28. Монтаж-линия. Кабели связи [Электронный ресурс] // Каталог товаров и услуг Е.: URL: <http://roitl.com/catalog/2017.pdf> (Дата обращения 19.04.17)

29. Сетевое оборудование ВТК-связь [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ВТК, Каталог оборудования от компании Cisco Systems Systems Е.: URL: [http://www.vtk.ru/catalog/localarea/Cisco Systems/](http://www.vtk.ru/catalog/localarea/Cisco%20Systems/) (Дата обращения 21.04.17)

30. Сетевое и серверное оборудование [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG Е.: URL: [www. shop.nag.ru/catalog](http://www.shop.nag.ru/catalog) (Дата обращения 21.04.19)

31. IEEE Standarts 802.1Q: VLAN [Электронный ресурс] // IEEE Standars download page Е.: URL: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.1q.html> (Дата обращения 16.04.19)

32. СН 512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин, редакция №2 [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ Е.: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901707386/> (Дата обращения 15.04.17)

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

					11120005.11.03.02.486.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82