

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

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА В РАЙОНЕ
ЛУАНДА СУЛ В ЛУАНДЕ, РЕСПУБЛИКА АНГОЛА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
очной формы обучения, группы 07001410
Делгаду Жайме Алешандре Пиреш

Научный руководитель
Старший преподаватель кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Пеньков Е.П.

Рецензент
Ведущий инженер участка
коммутации №1 Белгородского
филиала ПАО Ростелеком
Уманец С.В.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**
(НИУ «БелГУ»)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Направление 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Профиль «Сети связи и системы коммутации»

Утверждаю
Зав. кафедрой

« ____ » _____ 201_ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Делгаду Жайме Алешандре Пиреш
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР «Проектирование сети абонентского доступа в районе Луанда Сул в Луанде, республика Ангола»

Утверждена приказом по университету от « ____ » _____ 201_ г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы ____ . _____

3. Исходные данные:

объект проектирования – район Луанда Сул в г. Луанда, республика Ангола
тип сети связи – проводная сеть абонентского доступа;
количество абонентов – 1098

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

- 4.1. Экспликация объекта проектирования
- 4.2. Требования к построению сети абонентского доступа
- 4.3. Проектирование сети абонентского доступа
- 4.4. Расчёт параметров трафика проектируемой сети абонентского доступа
- 4.5. Технико-экономическое обоснование проекта

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 5.1. Состав жилого фонда района Луанда Сул (А1, лист 1);
- 5.2. Схема проектируемой телефонно-кабельной канализации для района Луанда Сул (А1, лист 1);
- 5.3. Проектируемая схема организации линейно-кабельных сооружений магистральной структурированной кабельной системы района Луанда Сул (А1, лист 1);
- 5.4. Проектируемая схема организации сети широкополосного абонентского доступа в районе Луанда Сул (А1, лист 1);
- 5.5. Технико-экономические показатели проекта сети в районе Луанда Сул (А1, лист 1);

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1. – 4.4	<i>старший преподаватель кафедры ИТСиТ Пеньков Е.П.</i>		
4.5	<i>канд. техн. наук, доцент кафедры ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель

*Старший преподаватель
кафедры Информационно-телекоммуникационных
систем и технологий»
НИУ «БелГУ»*

Е.П. Пеньков

(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
2 ТРЕБОВАНИЯ К СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	10
2.1 Общие требования к построению сетей абонентского доступа	10
2.2 Обзор технологий абонентского доступа FTTx	12
2.3 Экономические требования к проектируемой сети	14
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	19
3.1 Модель доступа MetroEthernet FTTB	20
3.2 Проект линейно-кабельных сооружений	25
3.3 Выбор оборудования для сети абонентского доступа	35
3.4 Схема организации сети абонентского доступа	39
3.5 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта	45
4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	47
4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг	47
4.2 Трафик IP-телефонии	49
4.3 Трафик IP TV	50
4.4 Трафик передачи данных	53
4.5 Оценка требуемой полосы пропускания	56
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	57
5.1 Смета затрат	57
5.2 Расчет эксплуатационных расходов	59
5.3 Расчёт предполагаемой прибыли	63
5.4 Определение оценочных показателей проекта	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71

					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование сети абонентского доступа в районе Луанда Сул в Луанде, республика Ангола	Лит.	Лист	Листов
Разработал	Делгаду Жайме						2	73
Проверил	Пеньков Е.П.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001410</i>		
Рецензент	Уманец С.В.							
Н. Контроль	Пеньков Е.П.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

ВВЕДЕНИЕ

В связи с ростом информационного обмена, в частности обмена цифровыми данными, требуется проектировать надежную и гибкую сетевую инфраструктуру, которая бы обеспечивала доступ в сеть там, где это требуется пользователям. Сегодня пользователи рассчитывают на получение прямого доступа к высококачественным мультимедийным ресурсам и услугам связи. Среди популярных телекоммуникационных услуг у частных пользователей можно выделить: передача данных по каналам Интернет, онлайн кинотеатры, цифровое IP телевидение высокой четкости, IP телефония, игровые сервисы, управление умным домом и ряд других, сопутствующих услуг (родительский контроль, веб хостинг, аренда телекоммуникационного оборудования, покупка и подписка на дистрибутивы программ и игр).

Построение современной сетевой инфраструктуры является нетривиальной задачей и требует обстоятельного подхода, который бы учитывал, как существующие стандарты и требования, так и во многом прогнозирование направлений развития инфокоммуникаций и учет экономических аспектов.

В современных условиях постоянного увеличения объемов передаваемых данных и количества активных пользователей сетевой инфраструктуры провайдеры связи ищут наиболее эффективные методы ведения бизнеса, чему способствует непрерывное совершенствование сетевых технологий. Сегодня пользователи рассчитывают на получение прямого доступа к высококачественным мультимедийным ресурсам и услугам связи.

Проблема выбора технологии “последней мили” особо остро стоит при подключении новых абонентов – необходимо выбрать оптимальную, с точки зрения сочетания технико-экономических показателей технологию, которая позволит добиться приемлемых сроков окупаемости проекта, при этом обеспечив пользователей конкурентоспособным набором

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

телекоммуникационных услуг. На выбор того или иного технологического решения влияет ряд факторов, в том числе: 1) стратегия оператора, 2) целевая аудитория, 3) предлагаемые в настоящее время и планируемые к предоставлению услуги, 4) размер инвестиций в развитие сети и срок их окупаемости, 5) состояние уже имеющийся сетевой инфраструктуры, ресурсы для её поддержания в работоспособном состоянии, 6) время, необходимое для запуска сети и начала оказания услуг, 7) надёжность предоставления услуг (срок реакции поставщика услуг на технические проблемы).

Среди популярных технологий “последней мили” можно выделить следующие: FTTx, xDSL, PoN, Wi-Fi, WiMAX [9,11,12,13,14,15,16]. Каждая технология имеет ряд особенностей, которые определяют условия их применимости. Однако, все представленные технологии выполняют одну задачу: предоставление абонентского доступа к телекоммуникационным услугам конечным пользователям.

Целью данной выпускной квалификационной работы является предоставление жителям района Луанда Сул, столицы республики Анголы – Луанды пакета мультисервисных услуг, для чего необходимо выполнить проектирование сети абонентского доступа. Проектируемая сеть абонентского доступа должна обеспечивать надёжный канал связи. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Проанализировать инфраструктуру района Луанда Сул;
- Определить перечень телекоммуникационных услуг, который будет предоставляться абонентам сети;
- Выработать требования к проектируемой сети связи и выбрать наилучший вариант реализации сети;
- Проработать схему строительства линейно-кабельных сооружений;
- Проработать концептуальную схему реализации сети;
- Рассчитать прогнозируемую нагрузку на сеть связи;
- Выполнить технико-экономическое обоснование проекта.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	4

1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Луанда (порт. Luanda) — столица Анголы, крупнейший политический, культурный и финансово-промышленный центр государства.

Луанда занимает выгодное положение на побережье Атлантического океана, в районе впадения в него реки Кванза. Климат в данной зоне тропический, среднегодовая норма осадков 250—500 мм, причём большая их часть приходится на февраль-март. Самый тёплый месяц года — март, в это время ртутный столбик термометра поднимается до +30 градусов, в июле температура понижается до +16, что во многом обусловлено охлаждающим влиянием Бенгельского течения. Оно же объясняет и аномально сухой (для приэкваториальных широт) климат города.

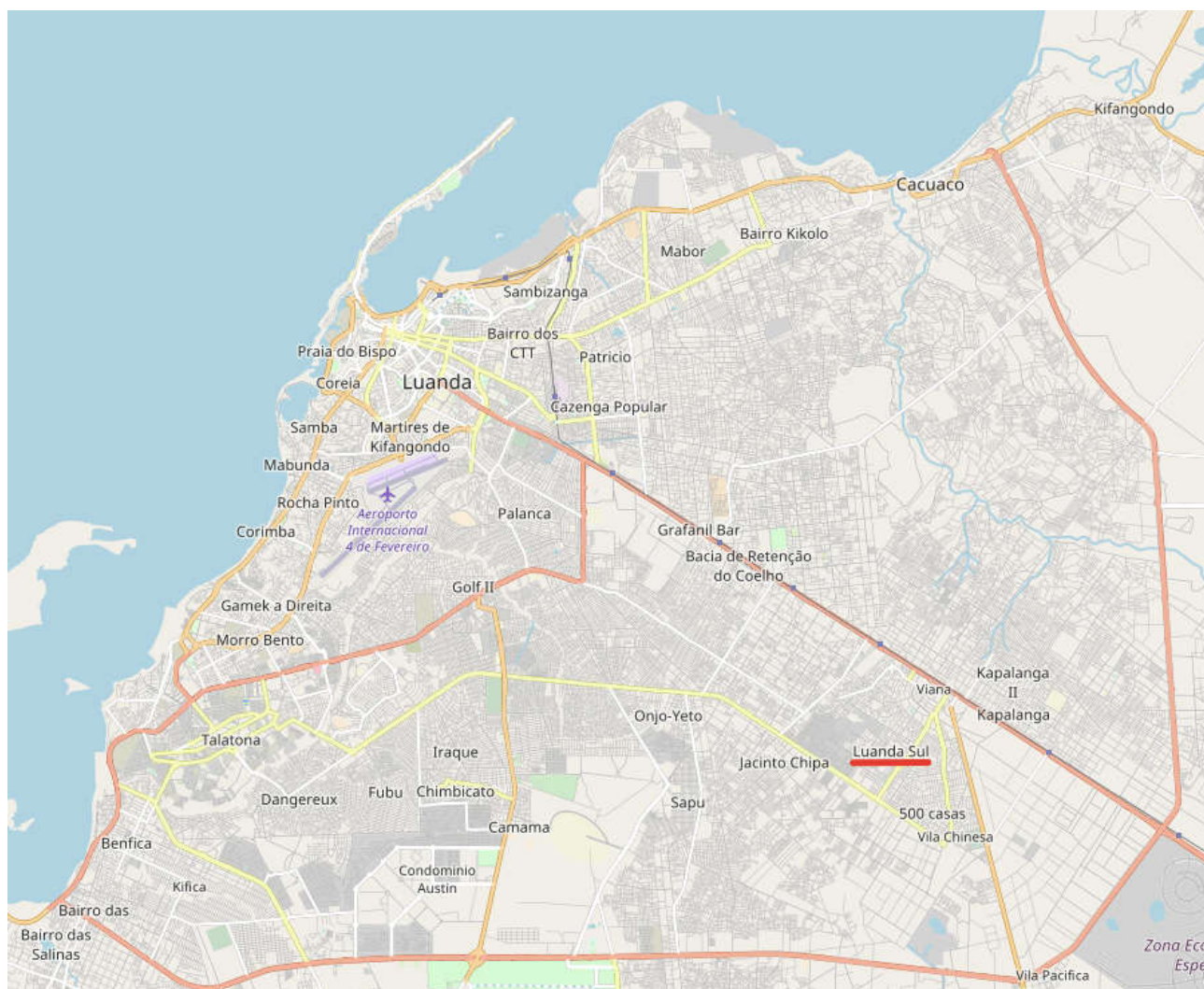


Рисунок 1.1 – Схема расположения района на карте города Луанда

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	5

В районе Луанда Сул располагается элитный кондоминиум средней этажности. Район Луанда Сул включает в себя более 40 монолитно-кирпичных домов различной этажности от 4 до 6 этажей, некоторые из которых с подземным паркингом.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается район Луанда Сул, в котором является комплексом элитных кондоминиумов в юго-восточной части города. Схема расположения района приведена на рисунке 1.1. Количество абонентов, для подключения к мультисервисной сети абонентского доступа, составляет 1098.

Инфраструктура района Луанда Сул представляет собой современное пространство для активной жизни и отдыха в экологически чистом месте. Район находится вблизи крупных объектов торгово-развлекательной инфраструктуры г. Луанда. Кондоминиумы представляют собой жилые комплексы с квартирами свободной планировки от 40 до 120 км². Для обеспечения жителей района Луанда Сул качественными услугами требуется построение современной сети абонентского доступа, которая бы позволяла жителям пользоваться различными услугами связи. Состав жилого фонда района Луанда Сул представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Состав жилого фонда района Луанда Сул

Улица	Строение	Этажность	Абонентов
Estr. Calumbo	Luanda Sul Prata 1	4	22
	Luanda Sul Prata 2	4	22
	Luanda Sul Prata 3	4	22
	Luanda Sul Prata 4	4	22
	Luanda Sul Prata 5	4	22
	Luanda Sul Prata 6	4	22
	Luanda Sul Prata 7	4	22
	Luanda Sul Prata 8	4	22
	Luanda Sul Prata 9	4	22
Estr. de Catete	Luanda Sul Ouro 1	6	40
	Luanda Sul Ouro 2	6	40
	Luanda Sul Ouro 3	6	40
	Luanda Sul Ouro 4	6	40

Окончание таблицы 1.1

Улица	Строение	Этажность	Абонентов
Estr. Zango	Luanda Sul Azul 1	4	20
	Luanda Sul Azul 2	4	20
	Luanda Sul Azul 3	4	20
	Luanda Sul Azul 4	4	20
	Luanda Sul Azul 5	4	20
	Luanda Sul Azul 6	4	20
	Luanda Sul Azul 7	4	20
	Luanda Sul Azul 8	4	20
	Luanda Sul Azul 9	4	20
	Luanda Sul Azul 10	4	20
	Luanda Sul Azul 11	4	20
	Luanda Sul Azul 12	4	20
	Luanda Sul Azul 13	4	20
	Luanda Sul Azul 14	4	20
	Luanda Sul Azul 15	4	20
	Luanda Sul Azul 16	4	20
	Luanda Sul Azul 17	4	20
Estr. de Catete	Luanda Sul Verde 1	5	42
	Luanda Sul Verde 2	5	42
	Luanda Sul Verde 3	5	42
	Luanda Sul Verde 4	5	42
	Luanda Sul Verde 5	5	42
	Luanda Sul Rubro 1	5	38
	Luanda Sul Rubro 2	5	38
	Luanda Sul Rubro 3	5	38
	Luanda Sul Rubro 4	5	38
	Luanda Sul Rubro 5	5	38

Среди услуг, которые, будут востребованы в данном районе можно выделить следующие: высокоскоростной доступ в Интернет, IP телефония, Видео по запросу, Онлайн кинотеатры, Цифровое телевидение высокой четкости. По данным застройщика района проникновение заявленных услуг планируется на уровне 80% - 95% в виду предоставления специального контракта на пользование услугами связи длительностью 5 лет при покупке недвижимости.

Таким образом, для удовлетворения спроса населения района Луанда Сул в современных телекоммуникационных услугах необходимо организовать

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	
						7

сетевую инфраструктуру, которая будет отвечать высоким запросам абонентов данного района и обладать надежностью, гибкостью и масштабируемостью.

Основной телекоммуникационный оператор в г. Луанда – Angola Telecom. На данный момент Angola Telecom в г. Луанда предоставляет следующие услуги [11]:

1. Стационарная аналоговая телефония;
2. Мобильная связь;
3. Телефония по сетям передачи данных: VoIP;
4. Цифровое интерактивное телевидение;
5. Высокоскоростной доступ в Интернет;

На территории района Луанда Сул находится здание, принадлежащее компании Angola Telecom, которое используется для размещения оборудования связи. На территории района Луанда Сул расположен участок телефонно-кабельной канализации (рисунок 1.2), который принадлежит компании Angola Telecom. Данный участок телефонно-кабельной канализации планируется использовать для прокладки элементов структурированной кабельной системы сети абонентского доступа района Луанда Сул.



Рисунок 1.2 – Схема телефонно-кабельной канализации района Луанда Сул

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	8

Вывод к разделу:

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

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТРЕБОВАНИЯ К СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

2.1 Общие требования к построению сетей абонентского доступа

Строительство современных сетей абонентского доступа в настоящее время главным образом идет по следующим основным направлениям:

1. сети с сохранением существующей абонентской проводки (медных витых пар) с применением группы технологий: xDSL (ADSL, VDSL);
2. гибридные волоконно-коаксиальные сети: HFC, DOCSIS;
3. беспроводные сети: Wi-Fi, WiMAX, LTE;
4. волоконно-оптические сети: AON (FTTB, FTTC, FTTH и др.), PON (EPON, GPON и др.).

В данной выпускной квалификационной работе объект, для которого выполняется проектирование, представляет собой район элитной среднеэтажной застройки. Это обстоятельство обуславливает ряд особенностей и ограничений, которые следует принять во внимание при осуществлении проектирования сети абонентского доступа.

Для обеспечения максимальной доступности, гибкости, безопасности и удобства эксплуатации сети абонентского доступа в процессе её создания необходимо следовать чётким принципам проектирования. Мультисервисная сеть доступа должна соответствовать текущим и возможным будущим требованиям к работе сервисов и технологий. Необходимо руководствоваться следующими принципами [16]:

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

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	10

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

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

Перечисленные принципы зависят друг от друга. Именно поэтому крайне важно понимать природу и способы их взаимодействия в рамках коммутируемой сети. Иерархическое проектирование сети абонентского доступа создаёт основу, которая позволяет сетевым разработчикам объединять функции безопасности, мобильности и унифицированной коммуникации. Введение принципа модульности в иерархическую архитектуру сети даёт дополнительную гарантию — локальные сети модульных конструкций демонстрируют большую надёжность и гибкость в отношении обеспечения важнейших сетевых сервисов. Модульность также способствует расширению сети и внесению изменений, происходящих с течением времени.

Для создания упрощённого, масштабируемого, рентабельного и эффективного проекта физической структуры кабельной сети рекомендуется выстраивать физическую топологию сети по типу расширенной звезды от центрального здания до всех остальных зданий в рамках одного комплекса.

На рисунке 2.1 представлены типы иерархической структуры, используемые для построения мультисервисных сетей абонентского доступа.

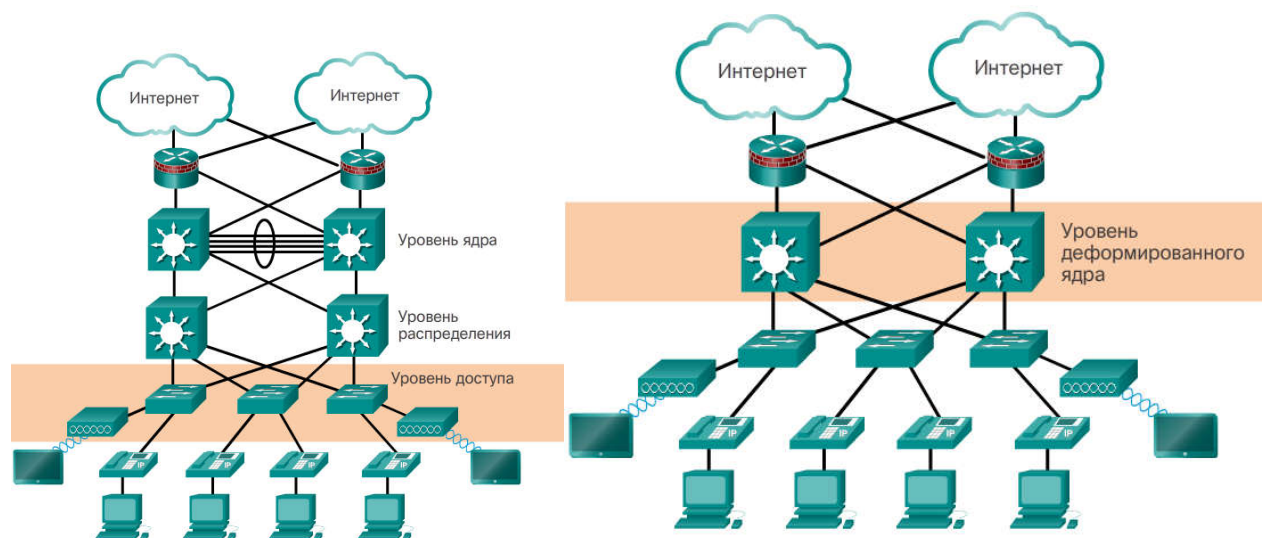


Рисунок 2.1 – Типы иерархической структуры сети абонентского доступа

2.2 Обзор технологий абонентского доступа FTTx

На сегодняшний день существует несколько основных технологий построения мультисервисных сетей абонентского доступа на основе оптоволоконной распределительной сети и медножильной сети доступа [20].

Fiber To The X или FTTx (оптическое волокно до точки X) — это общий термин для любой компьютерной сети, в которой от узла связи до определенного места (точка X) проведен волоконно-оптический кабель, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства). Таким образом, FTTx — это только физический уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTTx неразрывно связана возможность предоставления большого числа новых услуг. [20]

Волокно до абонента (FTTH) – каждый абонент подключается по отдельному волокну напрямую к порту активного оборудования, расположенного на сетевом узле; или подключается к порту активного оборудования через пассивный оптический разветвитель в случае использования топологии «точка – много точек» [20].

Волокно до здания (FTTB) – каждый оптический распределительный бокс (обычно размещаемый в подвале или на чердаке здания) подключается по волокну напрямую к порту активного оборудования, расположенного на сетевом узле; или подключается к порту активного оборудования через пассивный оптический разветвитель. Абонент подключается к боксу (коммутатору) не с помощью волокна, а с помощью медножильной вертикальной разводки. [19] В некоторых случаях коммутатор не подключается индивидуально к сетевому узлу, а подключается к транспортной сети или кольцу для использования существующих волокон стандартных топологий. Такое решение также уменьшает количество волокон и портов на сетевом узле.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	12

Волокно до шкафа (FTTC) – каждый коммутатор или DSL мультиплексор (DSLAM) размещается в шкафу наружной установки и подключается к сетевому узлу с помощью одного или пары волокон, передающих агрегированный трафик с использованием технологий Gigabit Ethernet или 10 Gigabit Ethernet. Абоненты подключаются к шкафу с помощью медножильных кабелей, при этом коммутация выполняется с помощью трансиверов 100BASE-BX10, 1000BASE-BX10 или VDSL2. Такую архитектуру иногда называют «Активный Ethernet», поскольку элементы активного оборудования размещаются в точках, удалённых от сетевого узла. [20]

Архитектура FTTB получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе стека протоколов Ethernet (IEEE 802.3), оптическое волокно позволяет передавать данные на гораздо большие расстояния, чем это возможно применяя медный кабель. Кроме этого, в структуре затрат на создание сети FTTx разница между вариантами FTTC и FTTB относительно небольшая, при этом операционные расходы при эксплуатации сети FTTB ниже, а пропускная способность выше. Архитектура FTTB используется во вновь возводимых домах и у крупных операторов связи.



Рисунок 2.2 – Семейство технологий FTTx [20]

2.3 Экономические требования к проектируемой сети

Экономический аспект занимает важное место в общей проблеме построения сети абонентского доступа. Это утверждение можно обосновать с помощью графика, приведенного на рисунке 2.3. На рисунке показан типичный ход кривых чистой текущей стоимости (NPV – Net Present Value) для трех вариантов модернизации сети доступа.

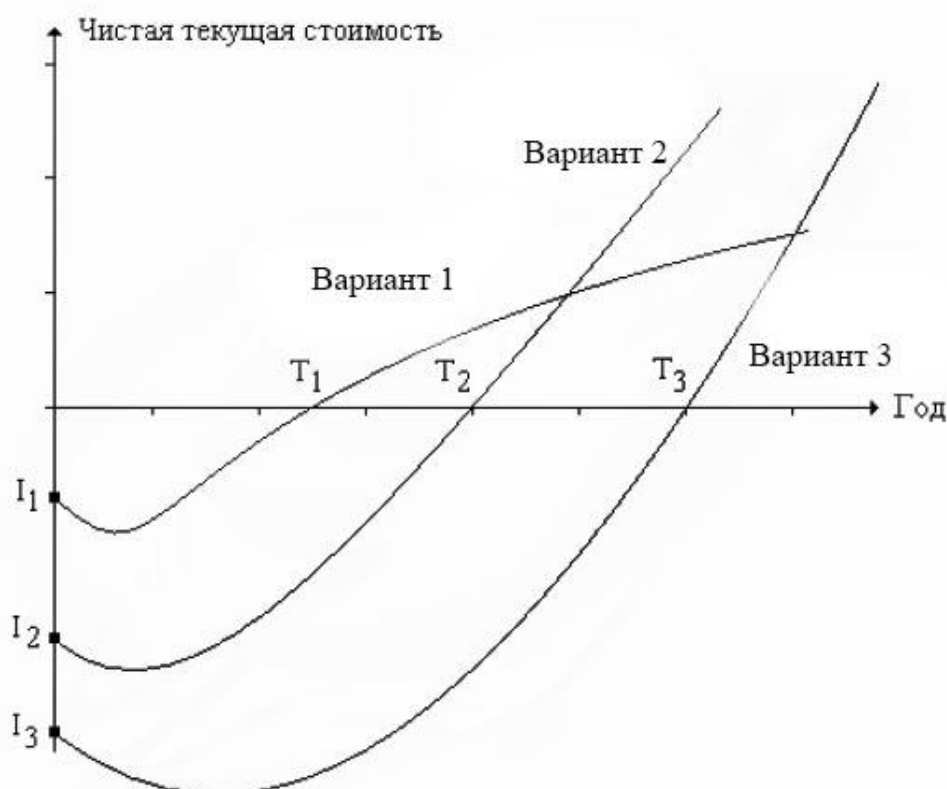


Рисунок 2.3 – Изменение чистой текущей стоимости сети

Первый вариант предусматривает минимальную модернизацию сетей доступа. Все абонентские линии организованы за счет положенных ранее многопарных кабелей с медными жилами. При необходимости некоторые кабели на магистральных или распределительных участках заменяются аналогичными средствами. Если в сети доступа устанавливаются концентраторы, то отобранные по известной методике пары уплотняются цифровыми системами передачи. Таким образом, при таком варианте развития

событий используется группа технологий xDSL. Очевидно, что начальные затраты на модернизацию сети (I1) не будут существенными. Период окупаемости (T1) также будет небольшим. В перспективе доходы Оператора, скорее всего, перестанут расти, так как он не сможет конкурировать на рынке новых инфокоммуникационных услуг [21].

Отличительная черта второго варианта – построение широкополосной сети с использованием оптического кабеля, по крайней мере, на магистральном участке. Это решение более всего похоже на ту стратегию, которая в англоязычной технической литературе известна по аббревиатуре FTTB [16]. Естественно, такое решение требует значительных начальных инвестиций (I2). Период окупаемости (T2) также возрастет по сравнению с аналогичной величиной для первого варианта. С другой стороны, Оператор будет конкурентоспособным на рынке тех новых услуг, поддержка которых основана на использовании широкополосных каналов [21].

Третий вариант связан с радикальной модернизацией сети доступа. Характерным примером подобного решения можно считать замену всех абонентских линий на новые. Такая стратегия модернизации сети доступа известна по аббревиатуре FTTH. Преимуществом данного подхода заключается в перспективности расширения полосы пропускания за счет построения полностью оптоволоконной среды передачи данных. Однако, следует отметить, что данный подход требует гораздо больших начальных инвестиций чем другие. Очевидно, значения начальных инвестиций (I3) и периода окупаемости (T3) будут самыми большими.

Выводы к разделу:

Традиционная трёхуровневая иерархическая модель архитектуры разделяет сеть на уровни ядра, распределения и доступа, обеспечивая оптимизацию каждой части сети для выполнения определённой функции. Данная архитектура обеспечивает модульность, отказоустойчивость и гибкость

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	15

— факторы, составляющие основу платформы, в рамках которой разработчики сети могут совмещать безопасность, мобильность и преимущества унифицированных коммуникаций. В некоторых сетях не требуются отдельные уровни ядра и распределения. В таких сетях функции уровней ядра и распределения часто объединены.

В условиях отсутствия существующей сети связи и исходя из перечисленных в первой и во второй главе соображений, наиболее целесообразно будет построение сети абонентского доступа на базе технологии FTTH с использованием активной технологии маршрутизации, канального протокола передачи Ethernet. Данный подход позволит предоставить абонентам полный спектр услуг Triple-play и обеспечит приемлемые сроки окупаемости проекта.

Статьи издержек на строительство FTTH-сети очевидны и легко поддаются анализу. Основные расходы следующие [16]:

- Строительно-монтажные работы – монтаж оптоволоконных линий связи, оборудования;
- Пассивное оптическое хозяйство – кабели, стойки, кроссы, и т.д.
- Активное оборудование – Ethernet коммутаторы доступа, агрегации, маршрутизаторы; медиаконвертеры;
- Сервисное оборудование – серверы, ПК администраторов;
- Планирование сети и управление проектом.

Доля каждой из этих статей в общей сумме затрат может варьироваться в зависимости от различных обстоятельств. Примерное распределение статей расходов на строительство мультисервисной сети доступа представлены на рисунке 2.4.

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



Рисунок 2.4 – Статьи расходов на строительство ФТТВ сети [20]

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

1. Стандарты определяющие особенности проектирования сетевой инфраструктуры:

- ISO/IEC 11801 Generic cabling for customer premises;
- ISO/IEC 18010 Pathways and spaces for customer premises cabling;
- EN 50173 Структурированные кабельные системы;
- ГОСТ Р 53246-2008 Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования.

2. Стандарты, определяющие особенности проектирования, установки, администрирования и эксплуатации элементов сетевой инфраструктуры:

- ISO/IEC 14763-1 Implementation and operation of customer premises cabling, Part 1: Administration;
- ISO/IEC TR 14763-2 Implementation and operation of customer premises cabling, Part 2: Planning and installation;

○ ГОСТ Р 53245-2008. Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания.

В качестве основы для проектирования сети будет использована структура сети, представленная на рисунке 2.5.

FTTB

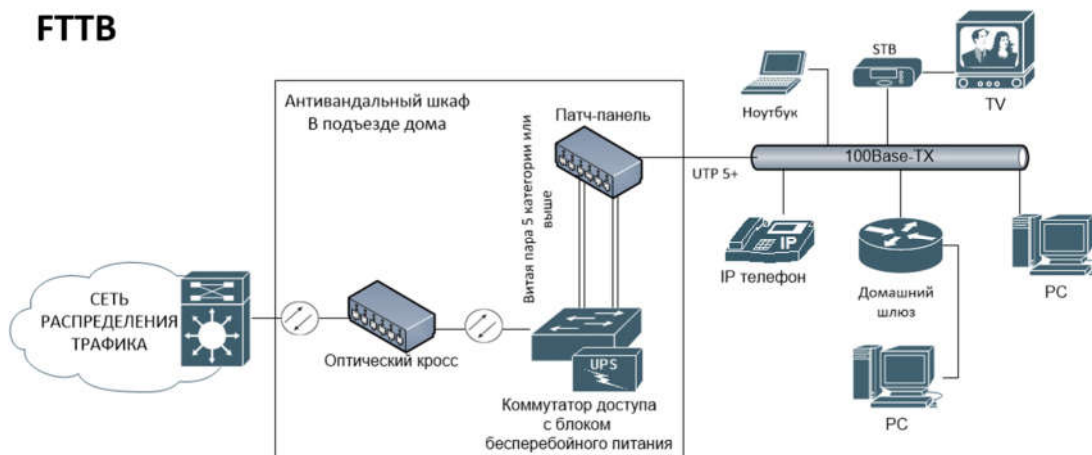


Рисунок 2.5 – Схема организации мультисервисной сети абонентского доступа согласно концепции FTTB

В качестве среды передачи для магистральной распределительной сети целесообразно использовать оптическое волокно, для горизонтальной кабельной подсистемы - медную витую пару. На рисунке 2.5 представлена обобщенная схема организации участка доступа мультисервисной сети абонентского доступа, основываясь на которой будет, осуществляется более детальное проектирование мультисервисной сети абонентского доступа.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

Прежде чем приступать к выполнению проекта мультисервисной сети абонентского доступа, необходимо определить виды предоставляемых услуг, а также определить предполагаемое количество абонентов, пользующихся данными услугами.

Количество квартир, в данном районе, составляет 1098 домохозяйств в кондоминиумах. Соответственно необходимо разработать сеть, которая позволит поддерживать до 1098 абонентских портов, с возможностью последующей расширения сети и предоставлять услуги доступа в Интернет, цифрового телевидения, видео по запросу и IP-телефонии.

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

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

где Z – оценка проникновения услуги;

Количество абонентов округляем до целого в большую сторону.

Количество абонентов имеющих высокоскоростной доступ в сеть Интернет, уровень проникновения 95%:

$$N_{service} = 0,95 \cdot 1098 = 1043 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов IP TV, уровень проникновения 85%:

$$N_{service} = 0,85 \cdot 1098 = 934 \text{ абонентов.}$$

Количество абонентов VoIP, уровень проникновения 80%:

$$N_{service} = 0,8 \cdot 1098 = 879 \text{ абонентов.}$$

В данной выпускной квалификационной работе предлагается для организации абонентского доступа в районе Луанда Сул в г. Луанда применить

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	19

технологии Metro Ethernet на базе оптической распределительной архитектуры FTTB для построения мультисервисной сети доступа.

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 FTTB

FTTB архитектура может быть логически разделена на два уровня: 1) уровень обслуживания и 2) транспортный уровень. Логическое разделение обслуживания подсистемы транспортной подсистемы позволяет быстро настроить существующие политику и внедрять новые услуги без внесения изменений в транспортной сети.

Концепция FTTB это 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). 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 [16,21]:

- Размещение активного оборудования доступа в непосредственной близости от абонента – в здании;

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>				

- 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 по доступу FTТВ обеспечивает подключение абонентов в многоквартирных домах с использованием коммутаторов второго уровня и устанавливаемых в здании АТС маршрутизаторов и коммутаторов агрегации, или коммутатора, функционирующего в качестве агрегирующего маршрутизатора. В здании размещается требуемое количество коммутаторов доступа по 24 или 48 абонентских портов, оптический кросс, кросс медножильной витой пары (патч-панель). Максимальная длина UTP-кабеля между коммутатором и точкой подключения абонента СРЕ (розеткой RJ-45 устанавливаемой в квартире) не должна превышать 100 метров. Для организации сети требуются следующие сетевые элементы:

1. Уровень предоставления услуг:

- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Серверы для предоставления услуг;
- Серверы управления, мониторинга и биллинга сети;
- Рабочее место для администратора сети;
- Аплинки к вышестоящим провайдерам;
- Пассивное (кроссовое) оборудование.

2. Уровень агрегации и распределения трафика:

- Системы обеспечения бесперебойного питания;
- Управляемые коммутаторы агрегации третьего уровня,
- Конверторы оптического сигнала;
- Пассивное (кроссовое) оборудование.

3. Уровень доступа:

- Управляемые коммутаторы второго уровня;

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Шкаф антивандального исполнения;
- Оборудование телеметрии;
- Устройство обеспечения бесперебойного питания UPS.
- Пассивное (кроссовое) оборудование.

4. Уровень пользователя:

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

Технология FTTB представляется лучшим широкополосным решением для абонентского доступа в виду достаточной широкополосности абонентской линии, возможности легкого масштабирования, гибкости архитектуры, простоты монтажа и обслуживания. Решение FTTB представляет собой эффективное решение проблемы доступа благодаря сравнительно недорогой стоимости введения в строй сетевой инфраструктуры и простоты эксплуатации вкпе с широкими возможностями по предоставлению мультисервисных услуг.

На рисунке 3.1 представлена схема организации связи согласно концепции MetroEthernet FTTB.

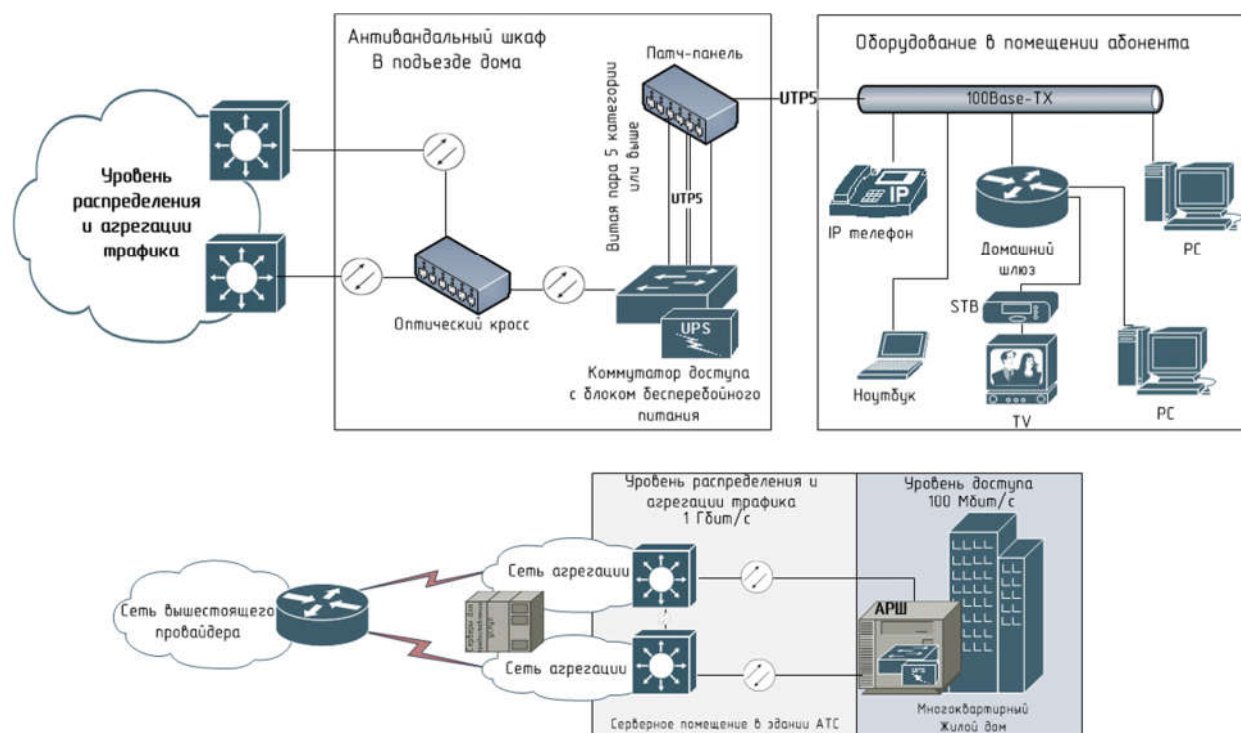


Рисунок 3.1 – Схема организации сети Metro Ethernet Network

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

1. На уровне абонентского доступа: **100BASE-TX** [25] — стандарт, использующий витую пару 5 категории и выше. Максимальная длина сегмента 100 метров в полудуплексе (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2 километра в полном дуплексе. Скорость до 100 Мбит/с.

2. На уровне распределения трафика: **1000BASE-LX** IEEE 802.3z [25]— стандарт, использующий оптическое волокно. Дальность прохождения сигнала без повторителя зависит только от типа используемых приемопередатчиков и типа волокна. Скорость до 1000 Мбит/с. Уровень группового доступа находится между уровнем ядра и уровнем доступа и является агрегирующим для трафика, поступающего к абонентам и от них. Коммутаторы агрегации находятся в специальных 19 дюймовых стойках в серверном помещении.

В соответствии с концепцией FTTB в каждом доме устанавливается один распределительный шкаф. Количество коммутаторов в одном распределительном шкафу рассчитывается исходя из количества абонентов в доме и количества абонентских портов на коммутаторе, а также степени их заполнения. Как правило, в решениях FTTB управляемые коммутаторы доступа на 24 абонентских порта, степень заполняемости портов должна не превышать 70-90 процентов от общего количества портов. Количество восходящих портов на уровень распределения трафика для таких коммутаторов обычно равно 2. Число необходимых оптических волокон на один восходящий порт при использовании оптических трансмиттеров типа SFP LC равно 2. В свою очередь, согласно концепции MetroEthernet изображенной на рисунке 3.2 целесообразно задействовать оба восходящих порта, при этом подключая их разным коммутатором агрегации, что обеспечивает балансировку нагрузки, повышенную полосу пропускания и надежность (см. табл. 3.1).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	23

Таблица 3.1 – Вводные параметры для проектирования

Распределительный шкаф	Абонентов на один РШ	Количество коммутаторов	Количество аплинков	Количество опт. волокон
РШ LS Prata 1	22	1	2	4
РШ LS Prata 2	22	1	2	4
РШ LS Prata 3	22	1	2	4
РШ LS Prata 4	22	1	2	4
РШ LS Prata 5	22	1	2	4
РШ LS Prata 6	22	1	2	4
РШ LS Prata 7	22	1	2	4
РШ LS Prata 8	22	1	2	4
РШ LS Prata 9	22	1	2	4
РШ LS Ouro 1	40	2	4	8
РШ LS Ouro 2	40	2	4	8
РШ LS Ouro 3	40	2	4	8
РШ LS Ouro 4	40	2	4	8
РШ LS Verde 1	42	2	4	8
РШ LS Verde 2	42	2	4	8
РШ LS Verde 3	42	2	4	8
РШ LS Verde 4	42	2	4	8
РШ LS Verde 5	42	2	4	8
РШ LS Azul 1	20	1	2	4
РШ LS Azul 2	20	1	2	4
РШ LS Azul 3	20	1	2	4
РШ LS Azul 4	20	1	2	4
РШ LS Azul 5	20	1	2	4
РШ LS Azul 6	20	1	2	4
РШ LS Azul 7	20	1	2	4
РШ LS Azul 8	20	1	2	4
РШ LS Azul 9	20	1	2	4
РШ LS Azul 10	20	1	2	4
РШ LS Azul 11	20	1	2	4
РШ LS Azul 12	20	1	2	4
РШ LS Azul 13	20	1	2	4
РШ LS Azul 14	20	1	2	4
РШ LS Azul 15	20	1	2	4
РШ LS Azul 16	20	1	2	4
РШ LS Azul 17	20	1	2	4
РШ LS Rubro 1	38	2	4	8
РШ LS Rubro 2	38	2	4	8
РШ LS Rubro 3	38	2	4	8
РШ LS Rubro 4	38	2	4	8
РШ LS Rubro 5	38	2	4	8
	1098	54	108	

Далее приступим к проектированию линейно-кабельных сооружений для подключения указанных в таблице 3.1 распределительных шкафов.

3.2 Проект линейно-кабельных сооружений

В данной выпускной квалификационной работе будет использована существующая телефонно-кабельная канализация, в том числе отдельные сегменты кабельной канализации – вводы в здания, которые введены в строй застройщиком района Луанда Сул.

○ При разработке проекта линейно-кабельных сооружений, требуется отталкиваться от спецификаций для физического уровня, выбранного стандарта IEEE 802.3 и стандартов проектирования структурированных кабельных систем ISO/IEC 11801 Generic cabling for customer premises; ISO/IEC 18010 Pathways and spaces for customer premises cabling.

Спецификация стандарта физического уровня Ethernet для выбранных стандартов передачи представлена в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Стандарты группы IEEE 802.3 для медножильного кабеля [25]

Спецификации IEEE 802.3 для медножильного кабеля					
Категория кабеля	Класс кабеля (ISO/EN)	Стандарт	Длина сегмента	Частота каналов передачи	Ширина полосы пропускания
Категория-5 и выше	-	100BASE-TX	100 метров	2×31,25 MHz	100 MHz
Спецификации IEEE 802.3 для оптического кабеля					
Стандарт, скорость подключения		Тип оптического волокна		Длина сегмента	
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 100Base-TX для передачи данных, в качестве внутридомовой разводки пригоден медножильный кабель 5 категории и выше.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР 25	

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.

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 структурированной кабельной системы (СКС) представлены в таблице 3.3.

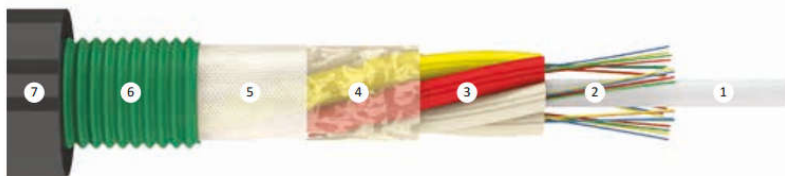
Таблица 3.3 – Критерии выбора оптического кабеля

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 один узел доступа, не менее	4

Исходя из представленных критериев, наиболее оптимальным по соотношению цена/качество/доставка будет использование кабеля компании Инкаб марки ДОЛ [26] (многомодульный оптический кабель без промежуточной оболочки), рисунок 3.2. Соединение коммутаторов агрегации и доступа с оптическими кроссами будет осуществляться одномодовыми

коммутационными шнурами. Организация каналов в сторону вышестоящих провайдеров не рассматривается в данной главе, в виду предоставления их средствами вышестоящего провайдера.

ДОЛ



КОНСТРУКЦИЯ:

1. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) — стеклопластиковый диэлектрический стержень.
2. Оптическое волокно.
3. Оптический модуль из ПБТ, заполненный гидрофобным гелем.
4. Межмодульный гидрофобный гель.
5. Водоблокирующая лента.
6. Броня из стальной гофрированной ленты.
7. Оболочка из полимерного материала.

Рисунок 3.2– Конструкция кабеля типа ДОЛ [26]

Кабели марки ДОЛ 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.

Тип трасс прокладки кабеля и количество оптических волокон указана в таблице 3.4. Целесообразно использовать два участка оптического кабеля – магистральный первого уровня от Автозала АТС до муфты распределения вблизи группы зданий и второго уровня – от распределительной муфты до РШ в подъездах жилых домов (длина не превышает 500 метров).

Таблица 3.4– Спецификация трасс прокладки оптического кабеля

Точка А	Точка Б	Количество ОВ	Тип магистрального кабеля I уровня	Тип магистрального кабеля II уровня
РШ LS Prata 1	Автозал АТС Luanda Sul	4	2 линии кабеля ДОЛ-П-24У (4x6)-2,7кН	ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 2		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 3		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 4		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 5		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 6		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 7		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 8		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
РШ LS Prata 9		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН

Точка А	Точка Б	Количество ОВ	Тип магистрального кабеля I уровня	Тип магистрального кабеля II уровня
PIII LS Ouro 1	Автозал ATC Luanda Sul	8	1 линия кабеля ДОЛ- П-32У (4x8)- 2,7кН	ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Ouro 2		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Ouro 3		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Ouro 4		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Verde 1	Автозал АТС Luanda Sul	8	2 линии кабеля ДОЛ-П-24У (4x6)-2,7кН	ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Verde 2		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Verde 3		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Verde 4		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Verde 5		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Azul 1	Автозал АТС Luanda Sul	4	3 линии кабеля ДОЛ-П-24У (4x6)-2,7кН	ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 2		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 3		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 4		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 5		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 6		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 7		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 8		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 9		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 10		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 11		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 12		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 13		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 14		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 15		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 16		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Azul 17		4		ДОЛ-П-4У (4x1)-2,7 кН
PIII LS Rubro 1	Автозал АТС Luanda Sul	8	2 линии кабеля ДОЛ-П-24У (4x6)-2,7кН	ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Rubro 2		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Rubro 3		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Rubro 4		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН
PIII LS Rubro 5		8		ДОЛ-П-8У (4x2)-2,7 кН

Общая длина трасс прокладки кабеля указана в таблице 3.5.

Таблица 3.4– Спецификация трасс прокладки оптического кабеля

Тип кабеля	Длина кабеля, м
ДОЛ-П-8У-(4x2)-2,7 кН	4200
ДОЛ-П-4У-(4x1)-2,7 кН	7800
ДОЛ-П-24У (4x6)-2,7кН	5500
ДОЛ-П-32У (4x8)-2,7кН	1000

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

Прокладка оптических кабелей в каналах кабельной канализации является относительно несложным технологическим процессом. Кабели прокладываются, методом затягивания вручную или механизированным способом с использованием специальной техники.

Расчёт необходимой длины кабеля проводится исходя из длины трассы прокладки с учётом технологического запаса (3 - 5 м) в местах установки соединительных муфт. Кроме того, в случае повреждения кабеля, необходимо иметь так называемый аварийный запас для проведения ремонтных работ.

Для соединения кабеля применяются такие способы, как сварка или механическое совмещение. Сварка оптических волокон осуществляется при помощи сварочных аппаратов для оптоволокон. Этот процесс проходит в несколько этапов: разделка кабеля и подготовка оптического волокна, скалывание при помощи скалывателя, сваривание и оценка результата.

При прокладке через транзитные колодцы кабельной канализации оптический кабель выкладывается по форме колодца вдоль стены на консоли соответствующего ряда. При этом кабель не должен перекрещиваться с другими кабелями, которые проложены в том же горизонтальном ряду, а также закрывать отверстия каналов, которые располагаются с кабелем в одной горизонтальной плоскости. Спуски (подъёмы) кабеля между кронштейнами на боковой стенке колодца, как правило, не допускаются. Кабель должен иметь специальные отметки: канал ввода, канал вывода, контрольные метки, и т.д. Разработанная схема линейно-кабельных сооружений для района Луанда Сул представлена на рисунке 3.3.

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

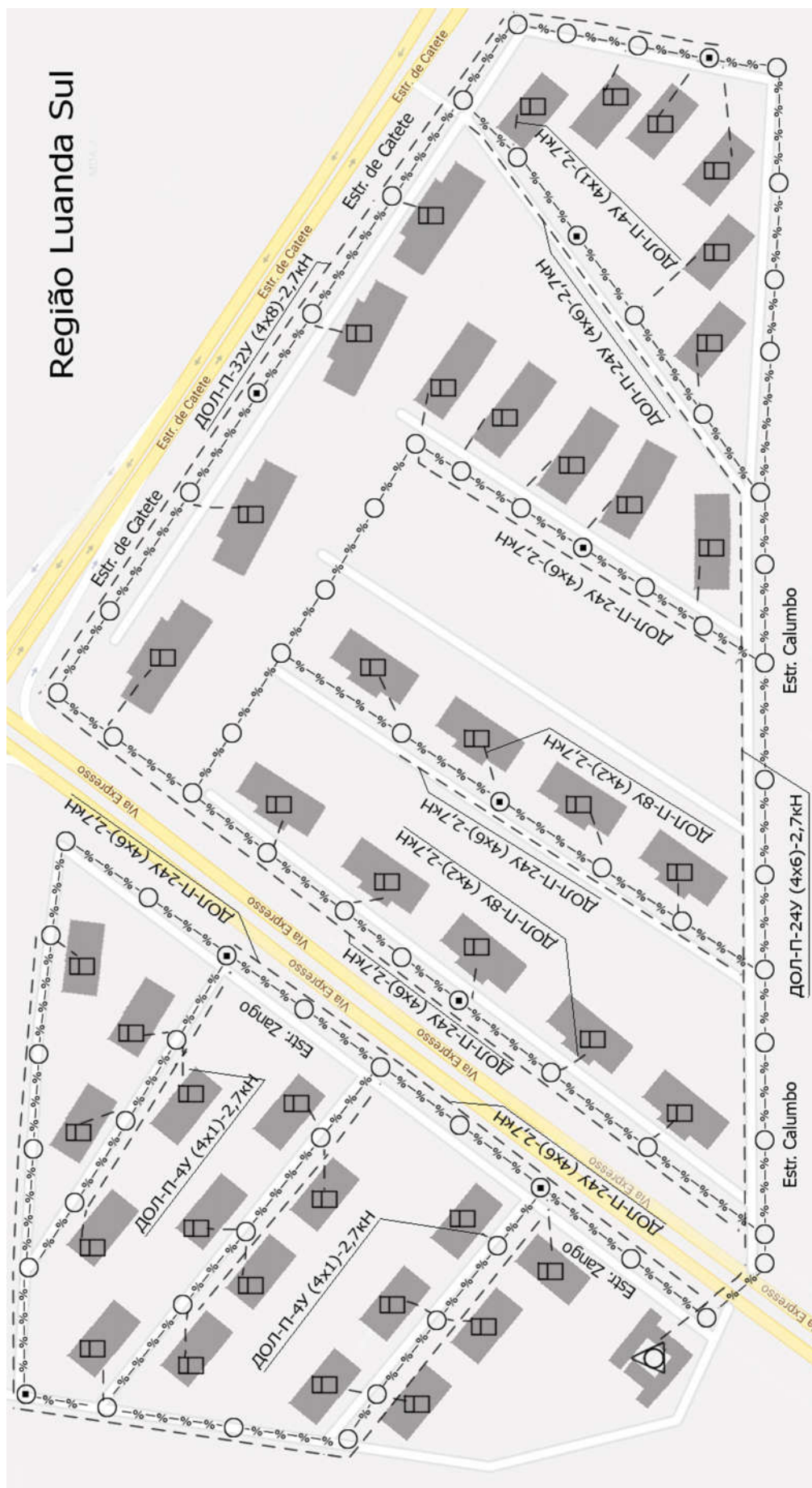


Рисунок 3.3 – Схема проектируемых линейно-кабельных сооружений района Luanda Sul

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.142.ПЗВКР

Типовое решение по внутридомовой разводке, представленное на рисунке 3.4, 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 [1,2].

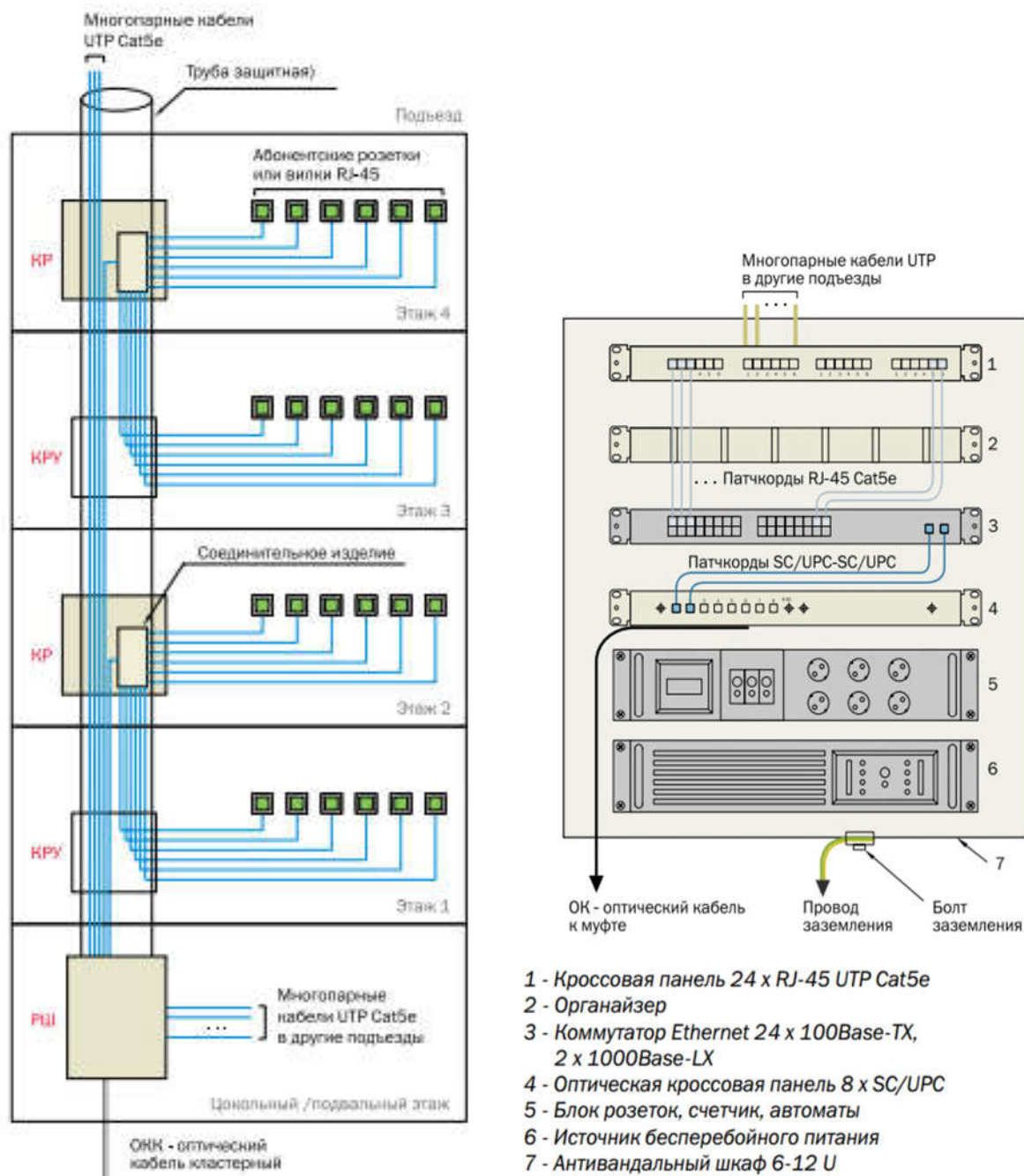


Рисунок 3.4 – Схема разводки кабеля по технологии FTTB внутри подъезда

От РШ осуществляется разводка по слаботочной кабельной сети, подъездам многопарными кабелями типа «неэкранированная витая пара» UTP Cat5e 50 пар. Пара проводников формирует электрическую цепь, по которой передаются данные. В этом кабеле проводники одной пары переплетены и перекручены, для того чтобы обеспечить защиту от наводок — помех, создаваемых соседними парами.

Многопарные кабели доходят до распределительных коробок (КР) с установленными соединительными изделиями Cat5e. Соединительные изделия обеспечивают сопряжение многопарного и абонентских кабелей, а также коммутацию с активным оборудованием. Абонентские кабели от КР доводятся до квартиры, где они оканчиваются розеткой или вилкой RJ-45. К одной коробке КР могут подключаться абоненты с данного этажа.

В качестве кабеля для межэтажной прокладки рекомендуется использовать многопарный медножильный кабель Hyperline UTP Cat.5 50 pair [12]. Количество межэтажного многопарного кабеля определяется по следующей формуле (3.2):

$$L_{UTP} = Fl \cdot (l_{эт.} + l_{дон}) \quad (3.2)$$

где Fl - этажность строения, $l_{эт.}$ - высота этажа, $l_{дон}$ - допуск кабеля, $N_{аб}$ - количество абонентов в строении. В данном проекте выбрано значение значения $l_{эт.} = 3, l_{дон} = 1$.

В качестве абонентского кабеля выбран медножильный кабель Hyperline UTP Cat. 5e 2 pair [12]. Параметры кабеля представлены в таблице 3.5. 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 3.6.

Кабели категории 5 и выше содержат в себе четыре пары многожильных медных проводников с сечением 24 AWG.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	
						32

Таблица 3.5 – Спецификация на медножильный кабель Hyperline [12]

Оболочка	Hyperline UTPP50 Cat.5e IN-PVC	Hyperline UTPP2 Cat.5e 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

Таблица 3.6 – Спецификация внутридомовой разводки

Строение	Этажность	Абонентов	Кабель межэтажный	Кабель абонентский
Luanda Sul Prata 1	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 2	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 3	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 4	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 5	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 6	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 7	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 8	4	22	16	330
Luanda Sul Prata 9	4	22	16	330
Luanda Sul Ouro 1	6	40	24	600
Luanda Sul Ouro 2	6	40	24	600
Luanda Sul Ouro 3	6	40	24	600
Luanda Sul Ouro 4	6	40	24	600
Luanda Sul Verde 1	5	42	20	630
Luanda Sul Verde 2	5	42	20	630
Luanda Sul Verde 3	5	42	20	630
Luanda Sul Verde 4	5	42	20	630
Luanda Sul Verde 5	5	42	20	630
Luanda Sul Azul 1	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 2	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 3	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 4	4	20	16	300

Строение	Этажность	Абонентов	Кабель межэтажный	Кабель абонентский
Luanda Sul Azul 5	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 6	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 7	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 8	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 9	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 10	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 11	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 12	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 13	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 14	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 15	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 16	4	20	16	300
Luanda Sul Azul 17	4	20	16	300
Luanda Sul Rubro 1	5	38	20	570
Luanda Sul Rubro 2	5	38	20	570
Luanda Sul Rubro 3	5	38	20	570
Luanda Sul Rubro 4	5	38	20	570
Luanda Sul Rubro 5	5	38	20	570
			712	16470

В качестве пассивного сетевого хозяйства в проекте СКС на уровне доступа будут использованы следующие элементы (количество рассчитано исходя из количества абонентов, этажности зданий и количества ОВ на РШ – рисунок 3.7). Количество КРТМ равно количеству этажей, количество оптических кроссов – количеству зданий, количество коммутационных шнуров и розеток RJ-45 – количеству абонентов, количество одномодовых патч-кордов – удвоенному количеству оптических волокон из таблицы 3.4.

Таблица 3.7 – Состав пассивного сетевого хозяйства СКС

Оборудование	Количество
Кроссы оптические на 16 портов	40
Патч-панели на 24 порта	54
КРТМ 2/10	178
Коммутационные шнуры 0.5 м UTP 5	1098
Патч-корды одномодовые LC-LC 1 м	432
Розетки RJ-45	1098

3.3 Выбор оборудования для сети абонентского доступа

Выбор оборудования для сети абонентского является задачей с неоднозначным решением. Для удобства построения и управляемости сети следует ориентироваться на оборудование единственного поставщика. Практика показывает, что использование оборудования одного поставщика позволяет избежать проблем с совместимостью.

Для проектируемой сети было выбрано оборудование фирмы Cisco Systems (США). Выбор производителя был продиктован его лидирующим положением в области ИТ. К основным преимуществам решений на базе оборудования производителя относится:

1. Возможность предоставления пакета прибыльных дифференцированных услуг;
2. Сочетание преимуществ оптоволоконных, Ethernet и IP-технологий;
3. Предоставление проверенных Ethernet-продуктов и решений операторского класса;
4. Эффективная интеграция услуг Triple-play;
5. Высокий уровень надежности;
6. Техническая поддержка;
7. Сертификация оборудования и специалистов.

Оборудование доступа - коммутатор доступа: WS-C2960S-F24TS-S Cisco Catalyst сетевой коммутатор [18]. Обеспечивает подключение абонентских устройств (до 24 абонентов) и связь с уровнем распределения и агрегации трафика двумя каналами.

Оборудование доступа - Источник бесперебойного питания для коммутаторов доступа: ИБП APC Smart-UPS 1000VA LCD RM 2U 230V SMT1000RMI2U [30].

Оборудование доступа - Модуль Cisco SFP-1G-LX, дальность до 2 км (14dB) по одномодовому волокну, 1310нм, с функцией DDM [18].

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	35

Конфигурация коммутатора представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Конфигурация коммутатора Cisco WS-C2960S-F24TS-S [18]

Параметр	Значение
Серия	Catalyst 2960
Уровень коммутатора	2 уровень
Тип	Управляемый
Порты доступа Ethernet	24 x FE RJ-45
Универсальные порты Ethernet	2 x SFP
Потребляемая мощность номинальная/максимальная	12 Вт/ч
Тип питания	AC 220В
Высота RM UNIT	1U
Матрица коммутации	176 Гбит/с

Оборудование уровня деформированного ядра - коммутатор агрегации и распределения трафика третьего уровня WS-C3850-24XS-SF Cisco Catalyst сетевой коммутатор на 24 x SFP+, IP Base [18]. Коммутатор Cisco Catalyst серии 3850 относится к следующему поколению стекируемых коммутаторов уровня доступа корпоративного класса, обеспечивающих полную конвергенцию между проводными и беспроводными сетями на одной платформе. Конфигурация коммутатора представлена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Конфигурация коммутатора Cisco WS-C3850-24XS-SF [18]

Параметр	Значение
Серия	Catalyst 3850
Уровень коммутатора	3 уровень
Тип Cisco IOS	IP Base
Порты доступа Ethernet	24 x SFP+
Протоколы VLAN	802.1Q
Габаритные размеры (ВхШхГ) см	4.45 x 44.5 x 45.0
Память FLASH	2 Гб
Объем ОЗУ	4 Гб
Работа в кластере	Да
Потребляемая мощность номинальная/максимальная	715 Вт/ч
Тип питания	AC 100-240В
Высота RM UNIT	1U

Оборудование уровня деформированного ядра – Модуль оптический Cisco SFP-10G-LR [18], дальность до 20 км (21dB), 1310нм, с функцией DDM. 10 гигабитный модуль с форм-фактором SFP+ для 10G Ethernet, соответствует стандарту 10GBASE-SL. Предназначен для работы в одномодовом оптическом волокне, максимальная дальность 20 км, duplex LC коннектор.

Оборудование уровня деформированного ядра – VoIP шлюз Маршрутизатор Cisco 2901-V/K9 2 x GE RJ-45, 4 x EHWIC, 2 x DSP, 1 x ISM [18] с интеграцией сервисов ISR с лицензией использования голоса. Предустановлен модуль PVDM3-16. Обеспечивает передачу голосового трафика на ССоП.

Оборудование уровня деформированного ядра – коммутатор серверного оборудования WS-C2960C-8TC-S Cisco Catalyst сетевой коммутатор 8 x GE RJ-45, 2 x GE COMBO SFP, IP Base [18]. Обеспечивает подключение оборудования контроля, управления, мониторинга и биллинга проектируемой мультисервисной сети с высокой скоростью портов. Коммутатор позволяет подключить рабочее место администратора и другое сетевое оборудования при необходимости. Конфигурация коммутатора представлена в таблице 3.13.

Таблица 3.10– Конфигурация коммутатора Cisco WS-C2960C-8TC-S [18]

Параметр	Значение
Серия	Cisco Catalyst 2960C
Уровень коммутатора	2 уровень
Тип	Управляемый
Порты доступа Ethernet	8 x GE RJ-45
Порты агрегации Ethernet	2 x GE RJ-45 combo SFP
Потребляемая мощность номинальная/максимальная	11 Ватт/час
Тип питания	AC 100-240В
Тип установки	Настольное/настенное

Оборудование управления, биллинга контроля сети – сервер SuperMicro 2U 6028R-WTR Network Management Edition [30] (2 x CPU Intel Xeon E5-2630 v.3 2.5 GHz/8 Core/LGA 2011-3/8 GT/s; 8 x Kingston DDR IV RDIMM ECC 8 Gb CL 15 Registered, 4 x Seagate Constellation 4 Tb 7200 rmp 6Gb/s 128 Mb; RAID ASR 6807 Kit 512 Mb). Сервер обеспечивает работу сервисов DNS, DHCP, SNMP, TFTP, биллинга и др.

Оборудование управления, биллинга контроля сети – рабочее место администратора моноблок Dell "OptiPlex 7440" 7440-0187 [19] (Core i7 7700-3.40ГГц, 16ГБ, 512ГБ SSD, DVD-RW, R7, LAN, WiFi, BT, WebCam, 23.8" 3840x2160 сенсор., W'10 Pro). Обеспечивает рабочее место администратора сети, осуществляющего контроль и мониторинг сети.

Рекомендуемое абонентское оборудование – базовый IP-телефон Cisco SPA 301 -на 1 линию. Подключается непосредственно к сети поставщика услуг Интернет-телефонии или к учрежденческой IP-АТС. Простая установка и защищенная удаленная подготовка к работе, а также настройка на основе веб-интерфейса.

Рекомендуемое абонентское оборудование – абонентский шлюз Linksys E900 [18]. Маршрутизатор Linksys E900, как и другие модели E-серии, оснащен самыми передовыми технологиями обеспечения безопасности использования беспроводной сети. Способы шифрования WEP/WPA/WPA2 и технология SPI. Параметры 4 x LAN / 1 x WAN, Wi-Fi 802.11n, поддержка QoS, SPI, DHCP.

Рекомендуемое абонентское оборудование – STB плеер Dune HD TV-102W. Плеер оснащен разъемом USB и укомплектован выносным удлинителем ИК-порта. Благодаря Ethernet-интерфейсу и беспроводному модулю, медиаплеер легко интегрируется в домашнюю сеть и может работать в режиме домашней точки доступа Wi-Fi. Кроме того, Dune HD TV-102W может выступать и в качестве приставки для просмотра цифрового телевидения. Компактный размер и высокая функциональность делают Dune HD TV-102W уникальным медиаплеером с оптимальным сочетанием цены и возможностей.

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>				

3.4 Схема организации сети абонентского доступа

Пакет услуг, предоставляемый проектируемой мультисервисной сетью абонентского доступа, включает в себя следующие услуги:

1. Internet access — предоставление высокоскоростного доступа к сети Интернет;
2. IP TV — предоставление доступа к просмотру различных телевизионных каналов на основе IP Multicast, в том числе высокой четкости;
3. Voice over IP — предоставления услуг телефонной связи по сетям передачи данных.

Высокоскоростной доступ в сеть Интернет

Основным механизмом пропуска клиентского трафика будет DHCP op.82, в этом случае весь трафик абонентов проходит через коммутаторы агрегации и распределения трафика Cisco WS-3850, где маршрутизируется, приоритезируется и ограничивается по полосе пропускания.

Предоставление услуги IP TV

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

На коммутаторе Cisco WS-3850 запрещается транслирование неизвестного мультикаст трафика. Список мультикаст групп и пользователей (портов) запросивших эти группу формируется функционалом IGMP snooping v2. На коммутаторе список хранится в виде таблицы и доступен к просмотру

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

администратором, что облегчает мониторинг и диагностику. IGMP snooping не только формирует список разрешенных для трансляции мультикаст групп в порты куда происходит вещание, но и выполняет функцию безопасности, запрещая передачу IGMP report между не доверенными, абонентскими портами. Доверенные порты (mroute) обычно являются uplink портами и могут быть назначены автоматически, при получении (general query пакета), а также вручную.

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

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

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

Предоставление услуги VoIP

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

Каждый порт коммутаторов Cisco поддерживает 4 очереди QoS, что достаточно как для Triple Play так и для организации корпоративных VPN.

Предоставление услуги IP телефонии будет осуществляться на базе протокола SIP (Session Initiation Protocol) — протокол прикладного уровня,

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>		40

использующийся для установления мультимедийных соединений (например, для передачи звука и изображения) поверх IP. Протокол может использоваться для создания, изменения и завершения двусторонних (unicast) или многосторонних (multicast) сеансов, включающих один или несколько медиапоток.

Протокол широко используется в среде мультимедийных коммуникаций: IP-телефонии, видеоконференциях, компьютерных играх и многих других сферах.

Организация VLAN и адресного пространства IPv4

Сеть VLAN— это домен широковещательной рассылки, поэтому компьютеры в разных сетях VLAN не могут обмениваться данными без помощи устройства маршрутизации. Любое устройство, поддерживающее маршрутизацию 3-го уровня, например, маршрутизатор или многоуровневый коммутатор, можно использовать для выполнения основных функций маршрутизации. Независимо от используемого устройства, процесс пересылки сетевого трафика из одной VLAN в другую с использованием маршрутизации называют маршрутизацией между VLAN. Префикс подсети /21 выбран таким образом, чтобы вмещать в себя всех абонентов сети. VLAN управления сетью вмещает в себя адресацию для управления всеми коммутаторами сети.

Предлагаемый список VLAN представлен в таблице 3.11.

Таблица 3.11– Список VLAN

Номер VLAN	Описание	IP area
100	VLAN передачи данных	172.23.100.0 /21
101	VLAN передачи голосовых данных	172.23.104.0 /21
102	VLAN передачи видео данных	172.23.108.0 /21
103	VLAN мультикаст трафика	172.23.112.0 /21
200	VLAN управления сетью	172.23.116.0 /24

Схема организации проектируемой сети абонентского доступа

Мультисервисная сеть организуется согласно концепции FTTB, основной средой является одномодовый оптический кабель типа ДОЛ-П [10] (оптические волокна типа У). Оптические линии связи проложены от здания телефонной станции Angola Telecom, до всех зданий района Луанда Сул. Прокладка выполняется по телефонно-кабельной канализации с соблюдением всех норм и номенклатурных требованиях.

В жилых зданиях района Луанда Сул, на первых этажах в техническом помещении размещается распределительный шкаф в антивандальном исполнении. В распределительном шкафу размещается кроссовое оборудование, патч-панели, коммутаторы доступа и оборудование телеметрии и бесперебойного питания (**APC Smart UPS 1000VA**). Коммутаторы доступа **Cisco Catalyst WS-C2960** соединены двумя оптическими аплинками по 1 Гбит/с (Ethernet 1GBase-LR) с коммутатором третьего уровня. Что обеспечивает балансировку нагрузки и повышенную надежность распределительной сети. Подключение абонентов осуществляется на скорости до 100 Мбит/с (Ethernet 100Base-TX). Количество абонентских портов коммутатора 24.

Среда передачи для абонентской разводки – медножильный кабель пятой категории. Разводка выполняется от патч-панели распределительного шкафа по слаботочной сети многопарным кабелем **Hyperline UTPP50 Cat.5 IN-PVC** с установкой на каждом этаже распределительных коробок типа КРТМ с врезным плинтотом. К распределительным коробкам от квартир на этаже крессируется абонентский кабель **Hyperline UTPP2 Cat.5e IN-PVC**, норма длины которого предусмотрена в количестве 15 метров. Абонентское оборудование подключается к розетке **RJ-45** установленной в помещении.

Ядром функционирования сети являются пять коммутаторов третьего уровня **Cisco Catalyst WS-3850** для агрегации и распределения трафика, они выполняют функции маршрутизации и виртуализации внутри сети и

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	42

соединение сервисной и абонентской части сети. Четыре коммутаторы соединены между собой в стек и подсоединены к главному коммутатору, через который осуществляется выход на: сеть провайдера IP TV, Интернет и ССоП. Выход на ССоП осуществляется через голосовой шлюз **Cisco 2901-V/K9**.

Коммутаторы агрегации третьего уровня, оборудование резервного питания, сервер биллинга и управления сетью, расположены в серверном помещении телефонной станции Луанда Сул. 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 [6]).

Агрегация каналов выполняется с помощью технологии EtherChannel.

Сервисы DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol / протокол динамической конфигурации узла), DNS (Domain Name Sysyem/система доменных имён, TFTP (Trivial File Transfer Protocol / простой протокол передачи файлов), SNMP (Simple Network Management Protocol / простой протокол сетевого управления), система биллинга и мониторинга сети размещается на операционной системе типа UNIX сервера **SuperMicro 2U 6028R-WTR** Network Management Edition, работающего с применением технологии виртуализации vSphere. Встроенное хранилище на базе RAID 05 позволяет загружать конфигурации на удаленные коммутаторы доступа без физического доступа.

Рабочее место администратора на базе ПК **Dell OptiPlex 7440** расположено в здании телефонной станции и имеет доступ к серверу SuperMicro и сетевой инфраструктуре через коммутатор серверной группы **Cisco WS-C2960C**. С рабочего место осуществляется удаленное управление сервисами, системой биллинга, а также мониторинг сети связи.

Проектируемая схема организации связи района Луанда Сул, Луанда, республика Ангола представлена на рисунке 3.5.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>				43

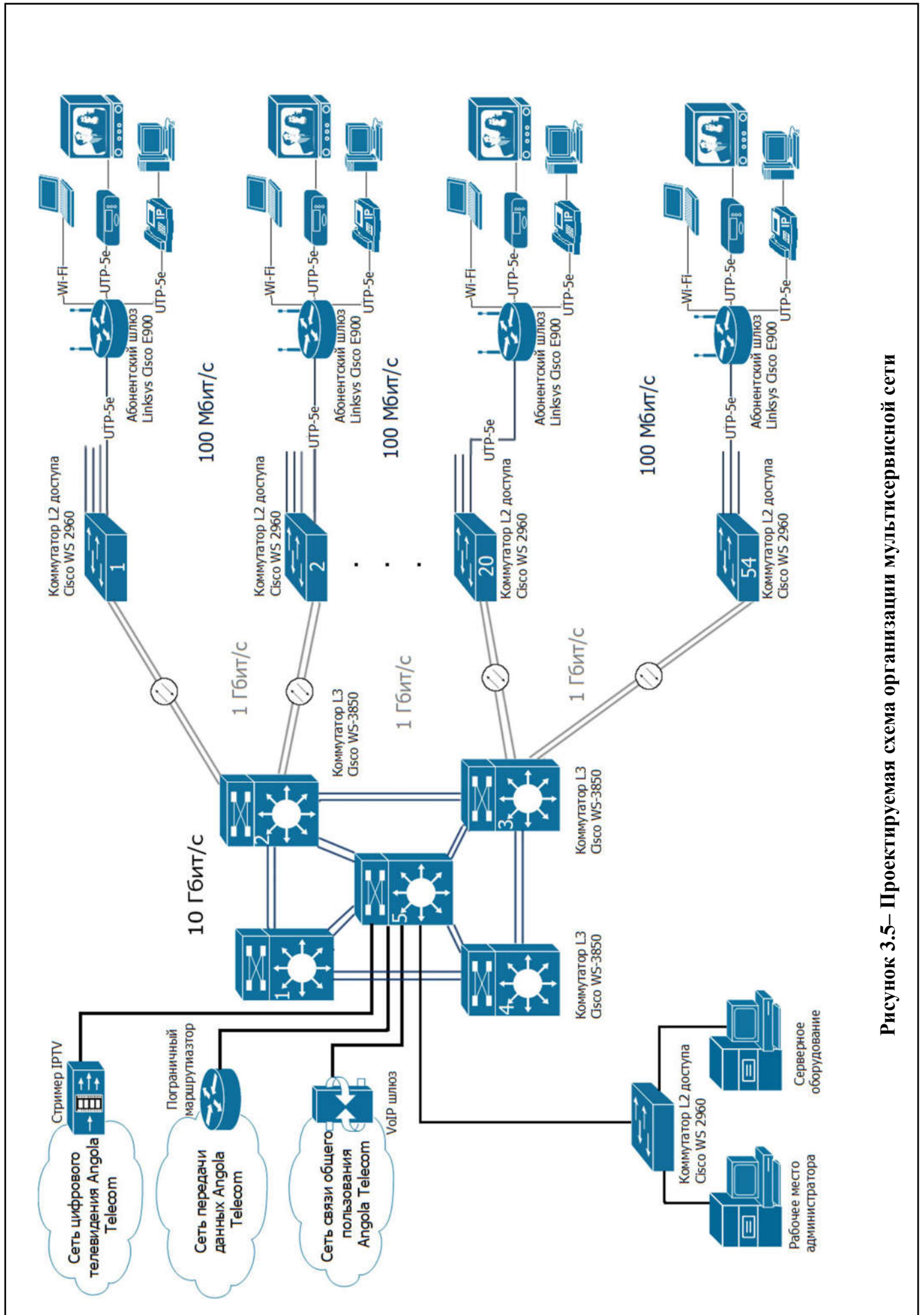


Рисунок 3.5— Проектируемая схема организации мультисервисной сети

3.5 Охрана труда, техника безопасности и экологическая безопасность проекта

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

Ремонт и техническое обслуживание мультисервисного оборудования необходимо производить в соответствии с правилами техники безопасности при эксплуатации электрических установок до 1 000 В. К обслуживанию должны допускаться лица, имеющие квалификацию четвёртой группы по правилам техники безопасности. [7]

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

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

1. установка устройств пожарной сигнализации,
2. организация средств пожаротушения, с набором средств пожаротушения. Во всех технических помещениях АТС предусмотрена установка углекислотных огнетушителей ОУ-8, в которых в качестве

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	45

огнегасящего вещества используется углекислый газ, не являющийся электропроводным; кроме того, он не портит предметы, подвергающиеся тушению; [7]

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

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

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

Разработанные в разделе мероприятия и рекомендации в полной мере решают вопросы охраны труда. Мероприятия по эргономическому обеспечению (удобное рабочее место оператора, оптимальное размещение оборудования, правильное освещение) способствует созданию наилучших условий работы оператора. Мероприятия по технике безопасности (заземление и зануление оборудования, применение защитных средств) соответствуют требованиям системы стандартов безопасности труда. Мероприятия по пожарной профилактике (надёжная изоляция токонесущих проводов, оснащение помещений огнетушителями и сигнализацией) позволяют предотвратить возникновение пожара, вовремя его обнаружить и принять меры по его устранению. [7]

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

4.1 Оценка необходимой полосы пропускания для услуг

Построение сети абонентского доступа 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 879 абонентам, доступ к сети Интернет 1043 абоненту, цифровое телевидение 934 абонентам.

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

- доступ к сети Интернет - 100 Мбит/с
- IP телефония - 30 Кбит/с
- цифровое телевидение - 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. Значения этих параметров приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значения параметров

Параметр	Обозначение	Значение
1	2	3
1. Количество сетевых узлов для подключения абонентов Triply Play (узлы доступа)	FN	54 (24 порта)
Узлов агрегации	FNA	5 (24 порта)
2. Число абонентов сети:	NS	1098
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке	OHD	10%
4. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке	OHU	15%

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
5. Процент абонентов Triply Play: - находящихся в сети в ЧНН; - одновременно принимающих или передающих данные; - одновременно пользующихся услугами IPTV	DAAF DPAF IPVS AF	60% 40% 60%
6. Услуга передачи данных: 6.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту: -средняя пропускная способность; -пиковая пропускная способность; 6.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента: - средняя пропускная способность; - пиковая пропускная способность;	A DBS P DBS A UBS P UBS	50 Мбит/с 100 Мбит/с 50 Мбит/с 100 Мбит/с
7. Услуга TV IP: - проникновение услуги; - количество сессий на абонента; - использование режима Unicast; - использование режима Multicast; - использование потоков Multicast; - количество доступных каналов; - скорость видеопотока; - запас на вариацию битовой скорости;	IPVS User IPVS SH IPVS UU IPVS MUM IPVS MU IPVS MA VSB SVBR	100% 1,3 20% 80% 80% 123 10 Мбит/с 0,2

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

После того как было определено количество абонентов, пользующихся определенными услугами можно переходить непосредственно к расчету нагрузок проектируемой сети для района Луанда Сул, Луанда республика Ангола. Весь трафик, создаваемый группами абонентов (до 24 абонентов) будет обрабатываться на коммутаторах доступа, затем трафик будет агрегирован на двух сетевых узлах агрегации, что, в свою очередь, и составит нагрузку на транспортную сеть района Луанда Сул.

Среднее число абонентов, приходящееся на один узел, составляет 20 активных портов. Далее расчет будем производить исходя из среднего количества абонентов, приходящихся на один узел.

4.2 Трафик IP-телефонии

Исходными данными для расчета являются:

- количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского коммутатора, $N_{VoIP}=14$, человек;
- тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
- длина заголовка IP пакета, 58 байт.

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

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

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

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

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

Использование кодека G.729A позволяет передавать через шлюз по 50 пакетов в секунду, исходя из этого, полоса пропускания для одного вызова определится по формуле (4.2):

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

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

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

С помощью средств подавления пауз обычный голосовой вызов можно сжать примерно на 50 процентов (по самым консервативным оценкам – 30%). Исходя из этого, необходимая полоса пропускания для нашей коммутатора доступа составит (4.3):

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	49

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

где ППр₁ – полоса пропускания для одного вызова (кбит/с), N_{SIP} – количество голосовых портов в точке присутствия (шт), VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7)

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

4.3 Трафик 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),

FN – количество сетевых узлов абонентской коммутации (шт).

$$AVS = 934 / 52 = 17 \text{ аб}.$$

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

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

где IPVS MP – коэффициент проникновения услуги IP TV,

IPVS AF – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV одновременно в ЧНН,

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР 50	

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

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

Для абонентов трансляция видеопотоков происходит в разных режимах. Часть абонентов принимает видео в режиме multicast, а часть – в режиме unicast. При этом абоненту, заказавшему услугу видео по запросу, будет соответствовать один видеопоток, следовательно, количество индивидуальных потоков равно количеству абонентов, принимающих эти потоки (4.6):

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

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):

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

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

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

Необходимо рассчитать максимальное количество видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания (4.8)

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

где $IPVS MA$ – количество доступных групповых видеопотоков, $IPVS MUM$ – процент максимального использования видеопотоков.

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

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого от оператора, составляет 10 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока составит (4.9):

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

где VSB – скорость трансляции потока, Мбит/с, $SVBR$ – запас на вариацию битовой скорости.

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

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

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

где $IPVS MS$ – количество транслируемых потоков в режиме multicast, $IPVS US$ – количество транслируемых потоков в режиме unicast, $IPVSB$ – скорость передачи одного видеопотока.

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

Групповые потоки транслируются от головной станции к множеству пользователей, и общая скорость для передачи максимального числа групповых видеопотоков в ЧНН составит (4.11):

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

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	52

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

Общая пропускная способность для IP сети с предоставлением услуг интерактивного телевидения на одном сетевом оптическом узле сложится из пропускной способности для передачи видео в групповом и индивидуальном режимах (4.12):

$$AB = IPVSMNBM + IPVSUNB, \text{ Мбит/с,} \quad (4.12)$$

где $IPVSMNBM$ – пропускная способность для передачи группового видеопотока, $IPVSUNB$ – 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 Трафик передачи данных

Среди всех пользователей сети в час наибольшей нагрузки (ЧНН) в сети будет находиться и передавать данные только часть абонентов (активные абоненты), и максимальное число активных абонентов за этот период времени определяется параметром Data Average Activity Factor (DAAF), в соответствии с этим количество активных абонентов составит (4.13):

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

где TS – число абонентов на одном сетевом узле,

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

$$AS = 20 * 0,7 = 14 \text{ аб.}$$

						Лист
					11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В час наибольшей нагрузки в сети находится 14 человек с одного сетевого узла, охватывающего в среднем 20 абонентов.

Средняя пропускная способность для приема данных составит (4.14):

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

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

$$BDDA = (14 * 50) * (1 + 0,1) = 770 \text{ Мбит} / \text{с}.$$

Средняя пропускная способность для передачи данных (4.15):

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

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

$$BUDA = (14 * 50) * (1 + 0,15) = 805 \text{ Мбит} / \text{с}.$$

Количество абонентов, передающих или принимающих данные в течении некоторого короткого промежутка времени, определяют пиковую пропускную способность сети. Количество таких абонентов в час наибольшей нагрузки определяется коэффициентом Data Peak Activity Factor по формуле (4.16):

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

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

$$PS = 14 * 0,5 = 7 \text{ аб}.$$

Пиковая пропускная способность измеряется за короткий промежуток времени (1 секунда). Пиковая пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки (4.17):

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

						Лист
					11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$BDDP = (7 * 100) * (1 + 0,1) = 770 \text{ Мбит / с.}$$

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

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

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

$$BUDP = (7 * 100) * (1 + 0,15) = 805 \text{ Мбит / с.}$$

Для проектирования сети необходимо использовать максимальное значение полосы пропускания среди пиковых и средних значений для исключения перегрузки сети:

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

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

где BDD – пропускная способность для приема данных,

BDU – пропускная способность для передачи данных.

$$BDD = \text{Max} [770; 770] = 770 \text{ Мбит/с,}$$

$$BDU = \text{Max} [805; 805] = 805 \text{ Мбит/с.}$$

Общая пропускная способность для приема и передачи данных, необходимая для нормального функционирования оптического сетевого узла, составит (4.19):

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

где BDD – максимальная пропускная способность для приема данных,

BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных.

$$BD = 770 + 805 = 1575 \text{ Мбит / с.}$$

Итак, для передачи данных на одном сетевом узле доступа необходима полоса пропускания 1575 Мбит/с.

						Лист
					11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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;

$$\text{ППр}_{\text{Triple play}} = 0,3 + 237,6 + 1575 = 1812,9 \text{ Мбит / с.}$$

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания для коммутатора доступа на направление агрегации может обеспечить два канала, работающих на основе протокола 1000Base LX, а на направление доступа технология 100Base TX.

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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	Коммутатор L3 Cisco WS-C3850-24XS-FS, шт	5	315000	1575000
2	Коммутатор L2 Cisco WS-C2960S-F24TS-S, шт	54	64000	3456000
3	Модуль оптический Cisco SFP-1G-LX, шт	216	3750	810000
4	Модуль оптический Cisco SFP-10G-LR, шт	16	10500	168000
5	Голосовой шлюз Cisco 2901-V/K9, шт	1	120000	120000
6	Рабочие место администратора Dell "OptiPlex 7440", шт	1	125000	125000
7	Серверная платформа SuperMicro 2U 6028R-WTR	1	345000	345000
8	Коммутатор L2 Cisco WS-C2960C-8TC-S, шт	1	18500	18500
9	Шкаф антивандальный для коммутационного оборудования с системами телеметрии и питания 8U, шт	40	9900	396000
10	Блок бесперебойного питания APC Smart-UPS 1000VA	40	12000	480000
11	Кабель оптический Инкаб ДОЛ-П-4У-4х1 2.7 кН, 1 км	8	21500	172000
12	Кабель оптический Инкаб ДОЛ-П-8У-4х2 2.7 кН, 1 км	5	31000	155000
13	Кабель оптический Инкаб ДОЛ-П-24У-4х6 2.7 кН, 1 км	6	48000	288000
14	Кабель оптический Инкаб ДОЛ-П-32У-4х8 2.7 кН, 1 км	1	58000	58000
15	Витая пара Hyperline UTPP50 Cat.5e IN-PVC, метров	712	350	249200
16	Витая пара Hyperline UTPP2 Cat.5e IN-PVC, метров	16470	7	115290
17	Кроссы оптические на 16 портов, шт	40	800	32000
18	Патч-панели на 24 порта, шт	54	700	37800
19	Коробка распределительная 2/10, шт	178	440	78320
20	Патч-корд Hyperline 0.5 м UTP 5e, шт	1098	72	79056
21	Патч-корд одномодовый LC-LC (1 м), шт	432	220	95040
22	Розетки RJ-45, шт	1098	50	54900
23	Маршрутизатор Linksys Cisco E900	1098	3500	3843000
24	IP Телефон Cisco IP-Phone 301	879	3250	2856750
	ИТОГО (Коб):			15607856

Смета затрат составлена согласно следующим источникам [17,18,19].

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 $K_{пр}$); $K_{пнр}$ – прочие непредвиденные расходы (3% от $K_{пр}$).

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

$$K_{кап} = 15607856 * (0,04 + 0,2 + 1 + 0,005 + 0,012 + 0,03) = 20087311$$

Отдельно следует осуществить расчет необходимых затрат на строительство линейно-кабельных сооружений. Количество оптического кабеля для монтажа составляет согласно таблице 3.4 составляет 18.5 километров. Стоимость прокладки кабеля вычислена исходя из данных представленных в [12] и составляет 150 тыс. рублей за километр.

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 кабеля.

$$\text{Для оптического кабеля } K_{ов} = 18,5 \cdot 150000 = 2775000$$

$$\text{Для медножильного кабеля } K_{медь} = 17 \cdot 21000 = 357000$$

$$\text{Общие затраты на прокладку ЛКС } K_{лкс} = K_{медь} + K_{ов} = 3132000$$

Общие затраты на проект рассчитываются исходя из формулы:

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

$$K_{общ} = 20087311 + 3132000 = 23219311$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	58

Таким образом, общие затраты на реализацию проекта сети абонентского доступа в районе Луанда Сул составляют 23 млн. 219 тысяч 311 рублей.

5.2 Расчет эксплуатационных расходов

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

Таблица 5.2 – Состав персонала по обслуживанию станционного оборудования

Должность	Плата за 1 час, руб.	Кол-во, чел.	Сумма з/пл., руб.
Инженер связи	682	1	120000
Электромеханик	454,5	2	80 000
Системный администратор	398	1	70 000
ИТОГО (ЗПст)		4	350 000

Рекомендуемый состав линейного персонала предприятия связи приведен 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	682	1	120000
Кабельщик-монтажник	398	3	70 000
ИТОГО (ЗП)		4	330 000

Годовой фонд оплаты труда определяется как:

$$\text{ФОТ}_{\text{годин}} = \text{ЗП} * m * \text{Kd} * \text{Kпр} \quad (5.4)$$

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 станционного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{ст}}^{\text{год}} = 350000 * 12 * 1,04 * 1,25 = 5460000$$

2. для линейного персонала:

$$\text{ФОТ}_{\text{лн}}^{\text{год}} = 330000 * 12 * 1,04 * 1,25 = 5148000$$

Общий годовой фонд оплаты труда составит:

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

$$\text{ФОТ}^{\text{год}} = 5460000 + 5148000 = 10608000$$

Годовой фонд оплаты труда составит 10 миллионов 608 тысяч рублей.

Страховые взносы составляют 30 % от фонда оплаты труда (2018 год):

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

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

$$\text{СВ} = 0,3 * 10608000 = 3182400$$

Сумма страховых взносов составляет 3 миллиона 182 тысячи 400 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 $K_{об}$); N_a – норма амортизационных отчислений для данного типа оборудования и линейно-кабельных сооружений составляет 5%.

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$AO_{\text{год}} = 780393$$

Затраты на амортизационные отчисления 780 тысяч 393 рубля.

Величина материальных затрат включает в себя оплату электроэнергии для производственных нужд, затраты на материалы и запасные части и др.

1. затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования, (54 ЭУ – коммутаторы доступа Cisco Catalyst WS-C2960, номинальная потребляемая мощность 12 Ватт/час):

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

где $T = 12$ руб. кВт/час – тариф на электроэнергию; $P = 0,12$ кВт – мощность одной установки; $Z_t = 8760$ часов работы в году;

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$Z_{\text{ЭН}} = 4,8 * 8760 (0,12 * 54) = 272471$$

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

Затраты на материалы и запасные части рассчитываем по формуле:

$$Z_{\text{м}} = \text{ОПФ} * L \quad (5.9)$$

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

L – коэффициент затрат на материалы 0,035.

В итоге материальные затраты составляют:

$$Z_{\text{м}} = 546275$$

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

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{ЭН}} + Z_{\text{м}} \quad (5.10)$$

$$Z_{\text{общ}} = 818746$$

						Лист
					11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Материальные затраты составили 818 тысяч 746 рублей.

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

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

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

Подставив значения в формулы (5.11) и (5.12), получаем:

$$Z_{пр} = 1591200$$

$$Z_{эк} = 2652000$$

Таким образом, сумма прочих расходов определяется как:

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

$$Z_{\text{прочие}} = 4243200$$

Затраты на прочие расходы составят 4 миллиона 243 тысячи 200 рублей.

Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов сведём в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта годовых эксплуатационных расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Структура, %
1. Фонд оплаты труда, годовой	10608000	54
2. Страховые взносы, годовые	3182400	16
3. Амортизационные отчисления	780393	4
4. Материальные затраты	818746	4
5. Прочие расходы	4243200	22
ИТОГО (Э)	19632739	100

5.3 Расчёт предполагаемой прибыли

При выборе размера абонентской платы и стоимости оплаты за подключение следует учитывать аналогичные тарифы у имеющих в городе конкурирующих операторов и соотношение капиталовложений с требуемой окупаемостью проекта.

Используя данные из о видах услуг, предоставляемых пользователям разрабатываемой мультисервисной сети и стоимости этих услуг, проведём расчёт предполагаемой прибыли (таблица 5.5), плата за подключение взимается одновременно в размере 6000 рублей за Интернет соединение, 4000 рублей за IP-TV и 2000 рублей за IP телефонию.

Таблица 5.5 – Планируемая прибыль по видам услуг

Название услуги	Абоненты	Цена	Стоимость
IP-TV, абонентская плата	934	1000	416320
VoIP, абонентская плата	879	500	273210
Интернет, абонентская плата	1043	1500	468360
ИТОГО (Pr_{month})			2938150

Сумма общей ежемесячной прибыли составляет 2 миллиона 938 тысяч 800 рублей.

Сумма ежегодной прибыли рассчитывается по формуле:

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

$$Pr_{year} = 12 * 2938150 = 35257800$$

Подключение всех абонентов сети осуществляется постепенно в течении проектного периода, который составляет 5 лет, в рамках этого срока проект должен окупиться. Общая сумма за подключение всех абонентов составит согласно таблице 5.6 – 33 миллиона 58 тысяч 600 рублей.

Таблица 5.6 – Планируемый доход за подключение абонентов

Вид услуги	Цена	Количество абонентов	Доходы от подключения
Стоимость подключения услуги Интернет	6000	0,95	6258600
Стоимость подключения услуги IPTV	4000	0,85	20400000
Стоимость подключения услуги VoIP	2000	0,8	6400000
ИТОГО			33058600

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	19835160	21154680	40989840
2	0,7	3305860	24680460	27986320
3	0,8	3305860	28206240	31512100
4	0,9	3305860	31732020	35037880
5	1	3305860	35257800	38563660

5.4 Определение оценочных показателей проекта

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

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец *i*-го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами,

этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (5.15):

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

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.16); 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.

Ключевая ставка ЦБ на апрель 2018 года составляет 7.25 % и формируется в основном под воздействием внутренних рыночных факторов.

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

						Лист
					11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.8 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	42852049	42852049	-42852049
1	40989840	40989840	19632739	62484788	-21494948
2	27986320	67084311	19632739	80790372	-13706061
3	31512100	94480032	19632739	97858516	-3378483
4	35037880	122881836	19632739	113772869	9108967
5	38563660	152028513	19632739	128611426	23417086

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):

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

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.

$$PP = 4 + |-3378483| / (|-3378483| + 9108967) = 4.27 \text{ года}$$

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

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на конец 4 года инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле (5.19):

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

$$PI = 1,18$$

Внутренняя норма доходности (IRR) – норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость

инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам:

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

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 $NPV < 0$.

Для описанного выше примера будем иметь: $i_1 = 7.25\%$, при котором $NPV_1 = 9108967$ руб.; $i_2 = 27\%$ при котором $NPV_2 = -31471$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 7,25 + \frac{9108967}{9108967 - (-137643)} (27 - 7,25) = 26,93\%.$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 26,93%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 7,25%, таким образом, проект следует принять.

Расчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 5.9.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.142.ПЗВКР	67

Таблица 5.9 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	1098
Капитальные затраты, руб	23 219 311
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	19 632 739
Расходы на оплату производственной электроэнергии	272 471
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	546 275
Фонд оплаты труда	10 608 000
Страховые взносы	3182400
Амортизационные отчисления	780393
Доходы (NPV), руб	9108967
Внутренняя норма доходности (IRR)	26,93 %
Индекс рентабельности (PI)	1,18
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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одно из основных преимуществ построения сети абонентского доступа для района Луанда Сул заключается в том, что для предоставления целого спектра телекоммуникационных услуг необходимо устанавливать и контролировать лишь одну физическую сеть. Это позволяет значительно сэкономить на установке и управлении отдельными сетями для передачи голоса, видео и других данных. Подобное сетевое решение включает в себя управление ИТ-инфраструктурой, таким образом, любые действия, добавления и изменения осуществляются через интуитивный интерфейс управления. В данной выпускной квалификационной работе разработан подход к созданию сети абонентского доступа для района Луанда Сул в Луанде, республика Ангола.

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

Для распределительной оптической сети – одномодовый кабель для прокладки в кабельную канализацию типа ДОЛ компании Инкаб.

Для вертикальной и горизонтальной структурированных кабельных подсистем здания – витая пара 5е категории компании Hyperline.

В качестве основного поставщика оборудования выбрана компания Cisco Systems – Соединенные Штаты Америки, Сан-Франциско.

Выбраны следующие модели коммутаторов:

Коммутатор L3 Cisco WS-C3850-24XS-FS, 5 штук.

Коммутатор L2 Cisco WS-C2960S-F24TS-S, 54 штуки.

В качестве оборудования для предоставления услуг будет использован Сервер SuperMicro 2U 6028R-WTR.

При расчете экономических показателей, было рассчитаны капитальные вложения в проект, которые составляют 23219311 рублей. Установленные

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	69

тарифы на услуги связи позволят получить тарифный доход 35257800 рублей в год. Срок окупаемости проекта составит 4 года и 4 месяца, данный показатель полностью отвечает к требованиям последних лет по окупаемости сети.

Данный проект может быть использован в качестве рекомендаций для построения сети абонентского доступа района Луанда Сул в Луанде, республика Ангола.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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 05.04.18)

2. Международнoй стандарт IEEE Standarts 802.3: Ethernet [Электронный ресурс] // IEEE Standars download page E.: URL: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html> (Дата обращения 06.04.18)

3. 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 05.04.18)

4. 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 05.04.18)

5. ГОСТ 21.406-88 Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ E.: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/19553/> (Дата обращения 05.04.18)

6. СН 512-78 Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин, редакция №2 [Электронный ресурс] // Каталог ГОСТ E.: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901707386/> (Дата обращения 15.04.18)

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	71

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

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

10. Инкаб Оптические Кабели [Электронный ресурс] // Каталог продукции Е.: URL: <http://incab.ru/files/спес.pdf> (Дата обращения 10.04.18)

11. 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.

12. Монтаж-линия. Кабели связи [Электронный ресурс] // Каталог товаров и услуг Е.: URL: <http://roitl.com/catalog/2018.pdf> (Дата обращения 19.04.18)

12. Никульский И.Е. Построение сетей связи на базе технологии DOCSIS [Текст] // И.Е. Никульский, -Вестник связи, 2001, №11.- с.57-61.

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

14. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. Последняя миля на медных кабелях.- М.: ЭКО-Трендз, 2001.-222с.

15. 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.

16. Решения FTTB на базе оборудования компании Cisco [Электронный ресурс] // Официальный сайт Cisco Systems Е.: URL: <http://www.cisco.com/ethernet-solutions/fttb.html> (Дата обращения 05.04.18)

17. Сетевое оборудование ВТК-связь [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ВТК, Каталог оборудования от компании Cisco

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	72

Systems E.: URL: <http://www.vtkr.ru/catalog/localarea/cisco/> (Дата обращения 21.04.18)

18. Сетевое и серверное оборудование [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG E.: URL: www.shop.nag.ru/catalog (Дата обращения 21.04.18)

19. СвязьСтройДеталь продукция для построения сетей связи [Электронный ресурс] // Каталог E.: URL: http://ssd.ru/files/catalog_2016.pdf (Дата обращения 10.05.18)

20. Соколов Н.А. Сети доступа FTTx. Принципы построения. [Текст] // Н.А. Соколов -М.: ЗАО "ИГ" Энтер-профи, 2006, 308с.

21. Шмалько А.В. Цифровые сети связи. Основы планирования и построения [Текст] // А.В. Шмалько - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001, -222с.

						Лист
					<i>11070006.11.03.02.142.ПЗВКР</i>	73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		