

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

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ В
ПОСЕЛКЕ ПРИГОРОДНЫЙ КАЛАЧЕЕВСКОГО РАЙОНА
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы связи
очной формы обучения группы 12001511
Баранова Дмитрия Александровича

Научный руководитель
Старший преподаватель
кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Курлов А. В.

Рецензент
Начальник Белгородского
городского центра
технической эксплуатации
телекоммуникаций
Белгородского филиала
ПАО «Ростелеком»
Агафонов Ф.В.

БЕЛГОРОД 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ ПОСЕЛКА ПРИГОРОДНЫЙ	5
1.1 Анализ экспликации объекта	5
1.2 Постановка задачи проектирования	7
2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕТЕЙ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	8
2.1 Понятие сетей абонентского мультисервисного доступа	8
2.2 Принципы построения оптических сетей доступа	9
2.3 Сравнение технологий xPON. Выбор конкретной технологии	10
3 КОМПОНЕНТЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ ДОСТУПА	13
3.1 Выбор оборудования OLT	13
3.2 Выбор волоконно-оптических кабелей и пассивных элементов сети	16
3.3 Расчёт пропускной способности сети	21
3.4 Выбор устройства маршрутизации трафика	22
4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА СЕТИ	24
4.1 Расчёт необходимого числа оптических волокон	24
4.2 Расчёт оптических сплиттеров	27
4.3 Расчёт бюджета оптической мощности	30
4.4 Схема организация связи	33
4.5 Спецификация необходимого оборудования и материалов	36
4.6 Мероприятия по организации строительных работ	36
5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	41
5.1 Расчет капитальных затрат	41
5.2 Расчёт величины затрат на эксплуатацию	43
5.3 Определение доходов от реализации проекта	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал	<i>Баранов Д.А.</i>				Проектирование мультисервисной сети связи в поселке Пригородный Калачеевского района Воронежской области	Лит.	Лист	Листов
Проверил	<i>Курлов А.В.</i>						2	62
Рецензент	<i>Агафонов А.В.</i>					НИУ «БелГУ» гр.12001511		
Н. Контроль	<i>Курлов А.В.</i>							
Утвердил	<i>Жуляков Е.Г.</i>							

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент существуют технологическое оборудование для высокоскоростного доступа Ethernet и xDSL, которые предоставляют достаточно высокую скорость по медным кабелям, но проблема заключается в том, что только на небольшие расстояния. На сегодняшний день наиболее популярными технологиями строительства сетей широкополосного доступа в мире является технология PON (Passive Optical Network – пассивная оптическая сеть) – технология для оптической распределительной сети доступа. Основными вариантами PON являются технологии GPON (Gigabit PON) и GEAPON (Gigabit Ethernet PON), которую также часто называют EPON. Основное отличие технологий GPON и EPON заключается в активном оборудовании. Пассивная инфраструктура данных технологий идентична. Оптические сети могут представлять серьезные преимущества перед сетями, они существуют на основе обычного медного или коаксиального кабеля. Они способны на более высокие скорости передачи данных на большие расстояния и в связи с этим абсолютно нечувствительны к перекрестным наводкам и электромагнитным помехам.

Инфраструктура нашей сети PON во многом отличается тем что не требует повышенного внимания и безопасности: нет необходимости электропитания и может быть установлена в любом, даже непригодном помещении. Целью дипломной работы является проектирование оптической сети абонентского доступа в поселке Пригородный Калачеевского района, уменьшение затрат на эксплуатацию и создание дополнительных источников доходов оператора связи за счет предоставления современных инфокоммуникационных услуг. Для достижения цели которую мы поставили требуется решить следующий ряд задач:

1. Проведение предпроектного исследования поселка, подключаемого к информационной сети Интернет.
2. Выбор подходящих заключений для проектирования и разработки локальной вычислительной сети.
3. Выбор концепции возведения сети.

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР				

4. Разработка кабельной системы.
5. Расчет оптического бюджета сети.
6. Экономическое обоснование проекта сети.

Для описания заключения установленных задач дипломная работа была разбита на 5 глав. Первая глава содержит анализ объекта и постановка задач. Во второй и третьей главе мы сравниваем технологии, и выбираем наилучший и оптимальный вариант. В четвертой главе мы детально проводим расчет параметров линейного тракта нашей сети для оптимального решения: по топологии сети, выбору оборудования которое будет использоваться и формирование структурированной кабельной системы нашего микрорайона. Для проектируемой сети связи мы приводим расчеты по обеспечению надежной и качественной передачи данных. В пятой главе я привел экономические расчеты, по которым можно определить затраты на проектирование локальной вычислительной сети и сроки ее окупаемости в нашем микрорайоне.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ ПОСЕЛКА ПРИГОРОДНЫЙ

1.1 Анализ объекта

Калач – небольшой город, находится на востоке Воронежской области при слиянии рек Тулучевский и Подгорной. Протяженность Калача с запада на восток 5 км, а с севера на юг 8 км.

В городе Калач работают четыре оператора сотовой связи:

- Билайн;
- МТС;
- TELE 2;
- МегаФон;
- Yota.

В поселке Пригородный застройщик предусмотрел наличие развитой инфраструктуры: школа, детский сад, аптека, поликлиника, в шаговой доступности два магазина магнит и пятерочка.

В центре поселка Пригородный находится ФОК Калачеевский предлагающий детям от 5 до 14 лет бесплатные секции волейбола, баскетбола, плавания, футбола, художественной гимнастики. Для взрослых посетителей широкий спектр спортивно-оздоровительных мероприятий, бассейн, доступ на современные футбольные поля, зимой – каток.

Компания «Строй» регулярно проводит праздники по календарным поводам и просто так.

В проекте будут рассмотрены технические решения строительства сети доступа с применением волоконно-оптических кабелей в поселке Пригородный в дома с адресами ул. Космонавтов д.33, д.34, д.36, д.37 и д.40.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

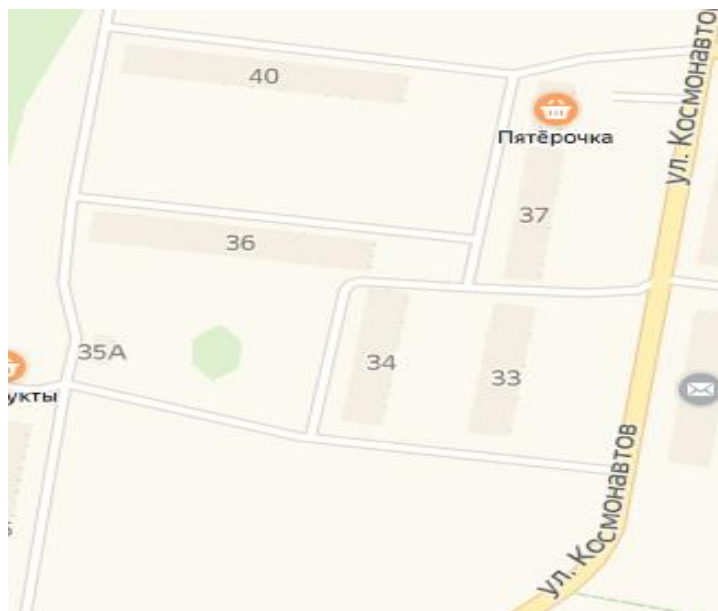


Рисунок 1.1 – Расположение домов по ул. Космонавтов

Поскольку оптический канал предполагает широкую полосу пропускания, необходимо запастись установленной мощностью портов и обратить внимание на то, что услугами будут пользоваться 75% квартир. Поэтому для подключения всех абонентов необходимо использовать 960 портов подключения. Прокладка основных участков кабелей осуществляется в существующих кабельных канализациях ПАО "Ростелеком".

Таблица 1.1 – Характеристика подключаемых зданий

№ п/п	Адрес	Подъездов	Этажей	Квартир на площадке	Квартир	Портов
1	Космонавтов д. 33	8	10	4	320	240
2	Космонавтов д. 34	5	10	5	250	180
3	Космонавтов д. 36	8	10	4	320	240
4	Космонавтов д. 37	3	10	6	180	120
5	Космонавтов д. 40	6	10	4	240	180
Всего:					1310	960

2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕТЕЙ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

2.1 Понятие сетей абонентского мультисервисного доступа

Сеть связи представляет собой совокупность оконечных устройств, соединенных каналом передачи информации и устройством обмена (узлом сети).

Мультисервисная сеть-это многофункциональная среда, предназначенная для передачи голоса, изображения и данных с использованием технологии коммутации пакетов (IP)..

Сеть абонентского доступа представляет собой совокупность технических средств между терминальным абонентским устройством, установленным в помещении пользователя, устройством обмена и его нумерацией.

Основные особенности современной сети абонентского доступа:

- сеть доступа является универсальной системой в том смысле, что разделение ее функций на основные и дополнительные исчезает;
- традиционная конфигурация сети доступа;
- в сети доступа используется распределение информации, что иногда приводит к возможности потери вызовов и сообщений;
- в сети доступа создается подсистема оперативного управления, которая может реагировать на отказ ее элементов и колебания трафика;
- формируются требования к расширению пропускной способности сетей доступа.

Составим таблицу, с ключевыми особенностями Ethernet, PON (таблица 2.1).

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8

частных домов или офисов, если у клиента есть потребность в высокоскоростных приложениях, то ему лучше всего подойдет FTTH либо FTTC.

Выбор оптимальной топологии зависит не только от базовой оптической технологии, но и от многих факторов, связанных с конкретными условиями проектирования.

При использовании архитектуры пассивной оптической сети PON для развертывания сетей FTTH волоконно-оптическая линия может использоваться в качестве пассивного оптического волокна с коэффициентом ветвления до 1:64 или даже 1:128.

Архитектура FTTH основана на базе PON. В некоторых случаях дополнительные нисходящие волны обеспечивают пользователей традиционными аналоговыми и цифровыми телевизионными услугами без использования IP-приставок.

Пассивная оптическая сеть PON используется для различных оптических сетевых Терминаторов, оптических сетевых устройств и предназначена для использования конечным абонентом. Оптические сетевые устройства обычно размещаются в подвале или на чердаках зданий и совместно используются группой пользователей. Голосовые услуги, а также услуги передачи данных и видео предоставляются абоненту по кабелю, проложенному в помещении клиента, от устройства оптической сети или оптического сетевого терминатора/

2.3 Сравнение технологий xPON. Выбор конкретной технологии

В зависимости от транспортной технологии, обеспечивающей широкополосный мультисервисный доступ, пассивные оптические сети, в соответствии с международными стандартами и рекомендациями, подразделяются на несколько видов:

- APON – пассивная оптическая сеть использующая протокол ATM со скоростью передачи 155 или 622 Мбит/с;

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР				

- BPON – пассивная оптическая сеть представляющая расширение возможностей APON для доступа к дополнительным широкополосным услугам (B – broadcasting) на дополнительных длинах волн;

- GPON – пассивная оптическая сеть, позволяющая расширить возможности APON за счет увеличения скорости передачи до 2,5 Гбит/с (G – gigabit);

- EPON и GEPON – пассивная оптическая сеть, ориентированная на протокол Ethernet;

- 10GPON (XG-PON) – эволюционное развитие технологии GPON, поддерживающее скорость передачи 10 Гбит/с;

- 10GEPON (XG-EPON) развитие технологии GEPON, поддерживающее скорость передачи 10 Гбит/с;

- WDM-PON - технология спектрального уплотнения в пассивных оптических сетях.

Технология WDM-PON, предполагает использование волновую сетку DWDM для размещения большого количества параллельных высокоскоростных каналов поверх структуры PON. WDM-PON предлагает альтернативу схеме передачи, основанной на разделении во времени, как в GPON, схемой, где каждый ONT передает и принимает данные на определенной длине волны. В типичной архитектуре WDM-PON пассивные сплиттеры будут заменены на WDM фильтры. Основными достоинствами технологии WDM-PON являются: пользователю предоставляется выделенная полоса, сигналы абонентов физически изолированы; эффективно используется волокно (до 64 абонентов на волокно, как и в GPON); возможно значительное увеличение дальности связи, используя AWG с низкими потерями вместо неэффективных с точки зрения потерь сплиттеров.

Основным недостатком WDM-PON является высокая стоимость, так как требуется использование узкополосных источников излучения. В настоящее время находится на стадии разработки.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР				

Таким образом изучив разновидности PON можем сделать выводы:

- технологии APON и BPON в настоящее время являются устаревшими;
- технологии 10GPON и 10GEPON прошли полевые испытания, однако широкого применения пока не получили;
- таким образом, в настоящее время основными технологиями, реализуемыми на оптических сетях являются GPON и GEPON.

Сравнение технологий GPON и GEPON таблица 2.2.

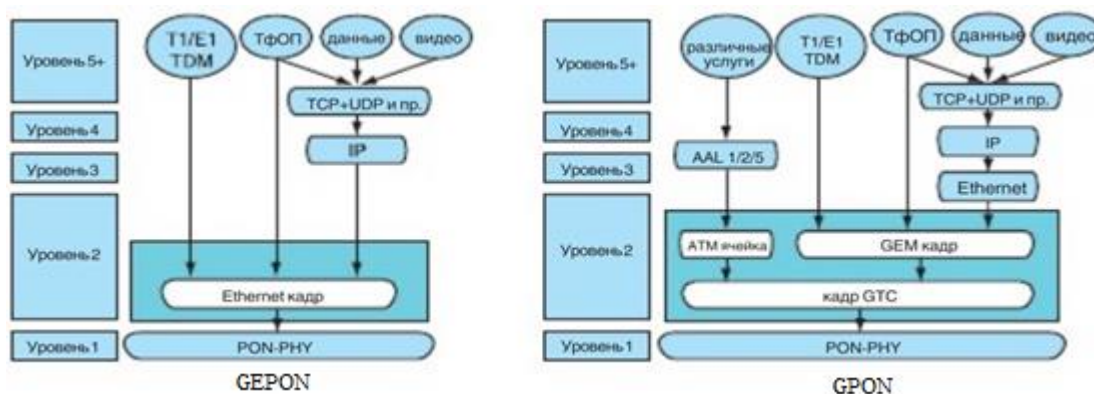


Рисунок 1.1 – Сравнение форматов кадров

Таблица 2.2 – Пример технологий GPON и GEPON

	Преимущества	Недостатки
GPON	1 Полностью стандартизированная технология (рекомендация ITU-T G.984) 2 Полностью стандартизированный протокол управления OMCI (протокол TR-069) 3 Использование линейного кода NRZ без избыточности 4 Более эффективные механизмы для передачи TDM-трафика	1 Более высокая стоимость, нежели GEPON 2 Более сложное конфигурирование оборудования
GEPON	1 Более низкая цена OLT 2 Сравнительно простая настройка оборудования	1 Технология без стандарта (в основе лежит стандарт IEEE 802.3ah) 2 Использование избыточного линейного кода 8B/10B («чистая» полоса меньше на ~20%)

Изучив семейство PON я решил остановиться на технологии GEPON.

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор оборудования OLT

Выбор устанавливаемого оборудования зависит от следующего:

- Используемая технология;
- Емкость порта соединения;
- Соотношение цена/качество;
- Поддержка дополнительных функций.

С целью выбора конкретного производителя оборудования для построения сетей, наиболее широко на телекоммуникационном рынке представлен ряд товаров от компании QTECH (Россия, Москва) и Eltex (Россия, Воронеж).

Таблица 3.1 – Выбор оборудования QTECH или Eltex

Характеристика	QTECH (OLT – QSW-9000-01, ONT – QONT-9-4F-2V-1W)	Eltex (OLT – LTE-8X, ONT – NTP-RG-1402GC-W)
Коэффициент деления на порт	1:128	1:128
Максимальное количество абонентов на один OLT	1024	1024
Количество и тип портов передачи данных	8xGE	8xGE
Производительность OLT, Гбит/с	102	120
Стоимость OLT	172 000	173 188
Стоимость ONU	5 500	4 534

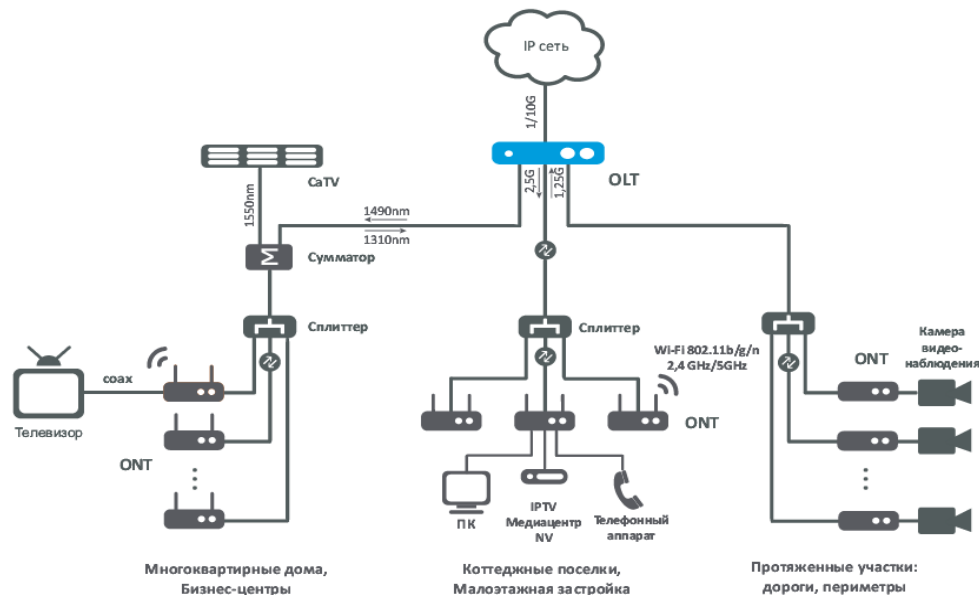


Рисунок 3.1 – Принцип работы сетей на базе GPON

Станционное оборудование OLT LTE-8X расположен (на рис. 3.2) предназначен для широкополосного доступа по пассивным оптическим сетям. Необходим для того чтобы соединить оптические распределительные сети (PON) с помощью интерфейсов 10 Gigabit и Gigabit uplink. К каждому интерфейсу можно подключить до 128 оптических волокон.



Рисунок 3.2 - Станционное оборудование OLT Eltex LTE-8X

Использование устройств LTE-8X позволяет операторам строить масштабируемые и отказоустойчивые сети, обеспечивающие высокие требования безопасности в городских и сельских районах. LTE-8X управляет абонентским оборудованием, коммутацией трафика и подключениями к транспортным сетям. Данная модель OLT обеспечивает скорость соединения

up/downstream – 1,25/2,5 Гбит/с. Коэффициент разветвления – до 128.
Максимальная дальность действия – до 20 км.

В качестве окончного устройства используется абонентский терминал ELTEX NTP-RG-1402GC-W (рисунок 3.3).

NTP-RG-1402GC-W – высокопроизводительный многофункциональный абонентский терминал, предназначенный для современного телефонного обслуживания и доступа к высокоскоростному интернету. Кроме того, абонентские терминалы серии RG предоставляют пользователям широкие возможности для работы в локальной сети.

Характеристики NTP-RG-1402GC-W:

- 1 порт GPON;
- 4 порта (роутер);
- Wi-Fi 802.11n, до 300Мбит/с (2,4 ГГц);
- порта FXS;
- порт USB.



Рисунок 3.3 – Абонентский терминал Eltex NTP-RG-1402GC-W

ONT обеспечивает проводное подключение до 4 абонентских устройств. Вы можете использовать гигабитный маршрутизатор для 4 портов для организации высокоскоростных соединений для устройств в вашей сети. Два порта FXS могут подключать аналоговые телефоны и использовать услуги IP-телефона.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		15

разных условиях, конструкция кабеля во многом определяется условиями прокладки кабеля и необходимым количеством волокон.

Основной участок, соединяющий узел связи (головную станцию) и первую точку распространения, является наиболее протяженным и ответственным. Если они будут повреждены, работа всей сети будет нарушена. Кроме того, длина магистрали обычно короче общей длины распределительного и абонентского участков. В конструкции основного кабеля должна быть предусмотрена подача волокна для последующего развития сети. Например, в основных разделах сетей доступа (PON, optical Ethernet, KTV) она может составлять 20-50%, а в разделительных 10-20%, в зависимости от необходимого количества волокон. На абонентских участках запас не предусматривается, в связи с тем что легко можно добавить новый маловолоконный кабель.

Если число волокон от 12 до 24 экономически целесообразно использовать кабели с однотрубчатым сердечником, а при большом количестве с модульным сердечником. При прокладке подземных кабелей основные требования следующие:

- защита от грызунов (броня из стальной ленты)
- защищенность от влаги (полиэтиленовая оболочка, влагозащитный барьер, гидрофобное заполнение сердечника)

Сравнение трех волоконно-оптических кабелей – ОКЛСТ, ДПО, ОКГ (таблица 3.2).

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

Таблица 3.2 – Сравнение кабелей магистрального участка

Характеристика	Марка кабеля		
	ОКЛСт	ДПО	ОКГ
Производитель	Самарская Оптическая кабельная компания	Оптен	Сарансккабель-оптика
Условия прокладки	Для прокладки в кабельной канализации, специальных трубах, задувки в защитные полиэтиленовые трубы (ЗПТ) и микротрубки, в коллекторах, шахтах и туннелях, внутри зданий и сооружений	Для прокладки в коллекторах кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки), а также внутри зданий	Для прокладки ручным или механизированным способом в кабельной канализации, трубах блоках, коллекторах
Количество волокон, шт.	8...288	4...192	4...96
Растягивающее усилие, кН	до 3	1,3...4	3
Максимальное растягивающее усилие, кН	7	7	7
Раздавливающее усилие, кН/см	до 0,3	0,5	1
Наружный диаметр, мм	6...18,5	6,5...18	10,4
Масса, кг/км	30...300	35...250	110
Строительная длина, км	6	4	6
Температурный диапазон при эксплуатации, °С	-60...+50	-60...+70	-40...+60
Затухание на 1550 нм, дБ/км	0,22	0,22	0,22
Затухание на 1310 нм, дБ/км	0,4	0,5	0,4
Температурный диапазон при монтаже, °С	не ниже -30	-30...+70	-10...+50
Срок службы, лет	30	30	30
Стоимость, руб/км (на при-мере кабеля 48 ОВ)	58 270	63 780	46 820

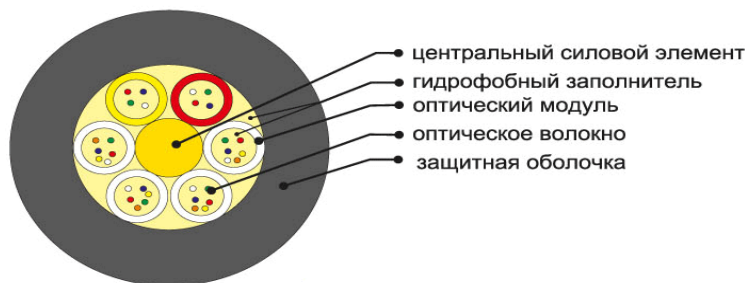


Рисунок 3.6 – Разрез кабеля ОКГнг

Кабель включает в себя модульную конструкцию сердечника с центральным силовым элементом, состоящим из стеклопластикового прута, где оптический модуль применяется SZ-скрутка, а оптический модуль внутри свободно ламинирует оптическое волокно. Свободное пространство внутри оптических модулей и пространство между модулями заполняется гидрофобным наполнителем. Сердечника обжимается плотной полиэтиленовой оболочкой. При производстве кабеля, их оболочки с повышенными требованиями к пожарной безопасности выполняются из безгалогенных негорючих смесей.



Рисунок 3.7 – Разрез кабеля ОКГнг

В качестве кабеля для внутридомовой сети используется кабель ОБВ-нг(А)-HF 36 G.657A 42 оптических волокна (рисунок 3.8).

Емкость выбирается с учетом количества потенциальных абонентов в каждом подъезде подключаемого дома. Кабель сконструирован так, что необходимое количество волокон можно извлечь из кабеля в небольшом разрезе.

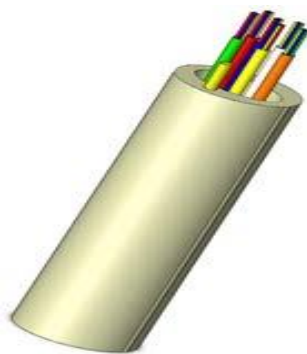


Рисунок 3.8 – Кабель ОБВ

Характеристики “ОБВ-нг(А)-HF 42 G.657A:

- количество ОВ в кабеле – 42;
- диаметр кабеля – 14,0 мм;
- вес кабеля – 155 кг/км;
- минимальный радиус изгиба – 135 мм.

Исходя из архитектуры сети PON в данном проекте используются сплиттеры компании «Telson» (рисунок 3.9): PLC Сплиттер 1x64. [3]”



Рисунок 3.9 –Сплиттер 1x64

Таблица 3.2 – Характеристики сплиттеров [5]

Тип PLC делителя	1*64
Рабочий диапазон волн, нм	1260/1650
Вносимые потери (dB)	21,5
Воспроизводимость (dB)	1
Направленность (dB)	55
Возвратные потери (dB)	55
Зависимость вносимых потерь от изменения поляризации	0,3
Зависимость вносимых потерь от изменения длины волны	0,5
Зависимость вносимых потерь от изменения температуры	0,5

3.3 Расчёт пропускной способности сети

Проектируемая емкость строительства – 920 портов. “Исходные данные для расчёта (средние параметры тарифных планов «Ростелеком», а также показатели абонентских нагрузок на начало 2019 года):

- средний трафик, приходящийся в “ЧНН на одного массового абонента – 30 Мбит/с (нисходящий);
- трафик от массового абонента (восходящий) – 2 Мбит/с.

Услуги телевидения (IP TV):

- количество ТВ-каналов N_{IPTV} – 40;
- количество каналов IPTV HD N_{IPTV_HD} – 30;
- трафик одного канала IPTV – 4 Мбит/с;
- трафик одного канала IPTV HD – 8 Мбит/с.
- Для обеспечения параметров качества обслуживания (QoS), предъявляются следующие требования:
- резерв пропускной способности узла должен быть не менее 50%;
- резерв пропускной способности канала должен быть не менее 50%”.

Трафик услуг передачи данных:

$$T_i = N_{аб} \cdot \Pi \cdot Д$$

где Π – полоса пропускания, для предоставления i -ой услуги;
 $Д$ – доля одновременных подключений абонентов.

Трафик передачи данных («нисходящий»):

$$T_{ПДнис} = 920 \cdot 30 \cdot 0,3 = 8280 \text{ Мбит/с.}$$

Трафик передачи данных («восходящий»):

$$T_{ПДвосх} = 920 \cdot 2 \cdot 0,3 = 552 \text{ Мбит/с.}$$

Трафик услуг телевидения (IP-TV):

$$T_{IPTV} = N_{IPTV} \cdot 4 + N_{IPTV_HD} \cdot 8$$

$$T_{IPTV} = 40 \cdot 4 + 30 \cdot 8 = 400 \text{ Мбит/с”}.$$

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		21

Таким образом:

$$T_{\text{нисх}} = 8280 + 400 = 8680 \text{ Мбит/с} \quad T_{\text{восх}} = 552 \text{ Мбит/с}$$

Суммарный трафик узла $T_{\text{уз}}$ с учетом перечня предоставляемых услуг определяется следующим образом:

$$T_{\text{уз}} = T_{\text{нисх}} + T_{\text{восх}} \quad T_{\text{уз}} = 8680 + 522 = 9202 \text{ Мбит/с}$$

Минимальная пропускная способность магистрального узла $T_{\text{max.уз}}$, с учетом обеспечения необходимого резерва на развитие сети в 50%:

$$T_{\text{max.уз}} = T_{\text{уз}} \times (1 + 0,5)$$

$$T_{\text{max.уз}} = 9202 \times 1,5 = 13803 \text{ Мбит/с.}$$

Суммарная величина трафика в узле составляет 13803 Мбит/с”.

3.4 Выбор устройства маршрутизации трафика

Маршрутизатор ESR-1000 – это устройство, которое предоставляет платформу общего назначения и может обеспечивать широкий спектр сетевых возможностей.

Возможности маршрутизатора:

- предоставление сервисов “NAT, Firewall;
- организация защищенных сетевых туннелей;
- средства для постепенного перехода от адресации IPv4 к IPv6;
- фильтрация сетевых данных по различным критериям;
- обнаружение и предотвращение попыток сетевых вторжений, защита от утечек данных;
- анализ сетевого трафика и сетевой активности в привязке к приложениям и пользователям;
- резервирование подключений к сетям Internet-провайдеров”.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		22



Рисунок 3.10 – Маршрутизатор ESR-1000

Реализация логической модели доступа к службе NGN на основе технологии PON, службы Pon to NGN, предоставляющей доступ к гибридной модели службы, представлена на рисунке 3.11.

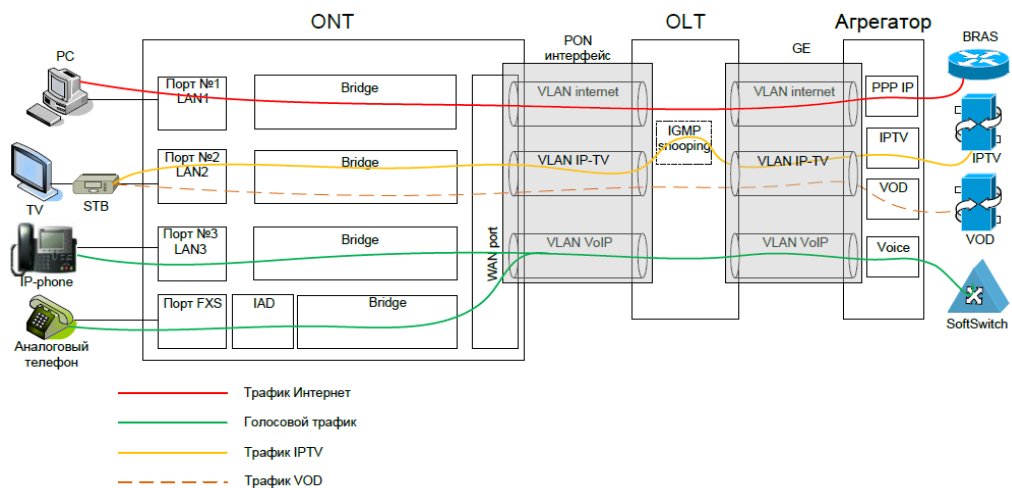


Рисунок 3.11 – Логическая структура сети

- Port 1 – для подключения ПК и доступа к Интернету;
- Port 2 – для подключения телевизионной приставки STB и доступ к IPTV;
- Port 3 – для подключения телефона и доступа VoIP.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

4 РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

4.1 Расчёт необходимого числа оптических волокон

Произведем расчет количества оптических волокон в распределительной сети. Для этого требуются данные о топологии сети, количестве абонентов и коэффициент разветвленности стационарного оборудования.

Разработанная топология показана на рисунке 4.1. Количество абонентов определялось в зависимости от характеристик здания (таблица 1.1)

Используемые устройства от ELTEX LTE-8X позволяют подключить до 128 абонентов в одном оптоволокне. Разработанный сетевой разветвитель использует коэффициент деления 1: 64.

По адресу ул. Космонавтов дом 33 максимальное число потенциальных абонентов – 240.

По адресу ул. Космонавтов дом 34 максимальное число потенциальных абонентов – 180.

По адресу ул. Космонавтов дом 36 максимальное число потенциальных абонентов – 240.

По адресу ул. Космонавтов дом 37 максимальное число потенциальных абонентов – 120.

По адресу ул. Космонавтов дом 40 максимальное число потенциальных абонентов – 180.

На основании полученных данных определяется количество рабочих/резервных волокон (16/16 штук). На рисунке 4.2. показана емкость кабеля в основном участке сети и распределение волокна. В качестве основы выбран кабель марки ОКГнг. Рассчитаем общее количество рабочих и запасных волокон N_{Σ} от всех абонентов поселка (при этом учтем резерв для развития сети):

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР				

$N_{\Sigma} = 48$ волокон.

48 волокон должны быть разделены на оптические кроссы с целью аварийного восстановления и для возможного добавления новых услуг для абонентов.

Емкость кабелей, размещенных в отдельных участках сети (т. е. между распределительными муфтами и ОРШ), зависит от количества задействованных рабочих или резервных волокон.

Большая часть пропускной способности кабеля добавляется к общей пропускной способности основного кабеля, поставляемого в поселок, последовательно увеличиваясь.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		25

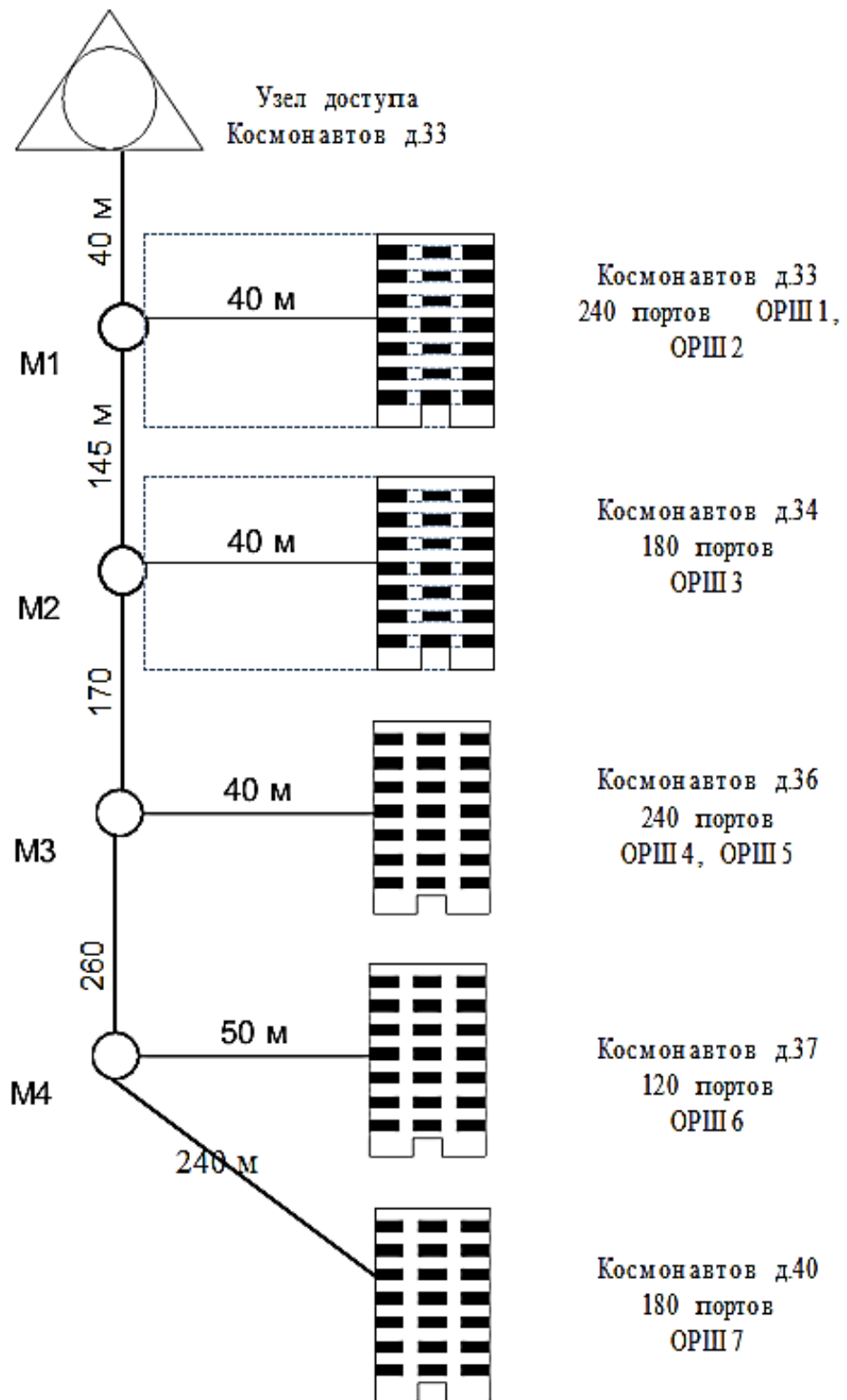


Рисунок 4.1 – Топология проектируемой сети

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11120005.11.03.02.781.ПЗВКР

Лист

26

4.2 Расчёт оптических сплиттеров

Оптические делители (муфта, коробка, коммутатор, оптический поперечный блок) рекомендуется устанавливать в удобном для обслуживания месте.

Потери в сварных соединениях разветвителей значительно ниже, чем в соединениях разъемных, а надежность их выше. Корпусные соединители более удобны при дальнейших эксплуатационных измерениях. Важной целью проектирования является расчет бюджета потерь для определения оптимального коэффициента распределения всех разветвителей.

Алгоритм расчета:

- суммарных потерь для каждой ветви без учета потерь в разветвителях;
- определения коэффициента разделения для каждого разветвителя, начиная с самого удаленного местоположения;
- бюджета потерь каждого абонентского терминала с учетом потерь всех элементов цепочки.

На рисунке 4.1 указаны длины кабелей КРОССа от узла доступа до оптических распределительных шкафов, находящихся на последних этажах домов. Затухания участков $A_{PMi-PMj}$ и $A_{PMi-OPШj}$, дБ, найдем по формулам:

$$A_{PMi-PMj} = L_{PMi-PMj} \oplus \alpha_{1310НМ} \quad (4.1)$$

$$A_{PMi-OPШj} = L_{PMi-OPШj} \oplus \alpha_{1310НМ} \quad (4.2)$$

где $A_{PMi-PMj}$ – затухание участка сети между i -той и j -ой распределительными муфтами, дБ;

$A_{PMi-OPШj}$ – затухание участка сети между i -той распределительной муфтой и j -м ОРШ, дБ;

“ $L_{PMi-PMj}$ – длина участка сети между i -той и j -ой распределительными муфтами, км;

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		27

$L_{PMi-OPШj}$ - длина участка сети между i -той распределительной муфтой и j -м ОРШ, км;

α_{1310nm} – километрическое затухание SMF волокна на длине волны 1310 нм, равное 0,4 дБ/км.

По формулам (4.1) и (4.2) вычисляем (УД – узел доступа)”:

$$A_{УД-PM1} = 0,04 \oplus 0,4 = 0,016 \text{ дБ};$$

$$A_{PM1-OPШ1(2)} = 0,04 \oplus 0,4 = 0,016 \text{ дБ};$$

$$A_{PM1-PM2} = 0,145 \oplus 0,4 = 0,058 \text{ дБ};$$

$$A_{PM2-OPШ3} = 0,04 \oplus 0,4 = 0,034 \text{ дБ};$$

$$A_{PM2-PM3} = 0,170 \oplus 0,4 = 0,064 \text{ дБ};$$

$$A_{PM3-OPШ4(5)} = 0,04 \oplus 0,4 = 0,050 \text{ дБ};$$

$$A_{PM3-PM4} = 0,26 \oplus 0,4 = 0,082 \text{ дБ};$$

$$A_{PM4-OPШ6} = 0,04 \oplus 0,4 = 0,020 \text{ дБ};$$

$$A_{PM4-OPШ7} = 0,19 \oplus 0,4 = 0,076 \text{ дБ}.$$

В случае нахождения двух ОРШ в одном доме, расстояниями между ОРШ условно пренебрегаем.

Выбор параметров разветвителя осуществляется практически на одном уровне оптической мощности, что связано с необходимостью получения на входе каждого абонентского терминала в сеть. Это принципиально важно по двум причинам:

- для дальнейшего развития сети важно иметь равномерный запас затухания в каждой ветви "дерева" PON.
- на стационарный терм OLT от абонентов будет приходиться сигнал отличающийся по уровню если сеть не сбалансирована.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		28

4.3 Расчёт оптической мощности

Бюджет запаса мощности предоставляет удобный метод анализа и количественной оценки потерь в волоконно-оптической линии. Бюджет пропускной способности линии представляет собой прирост и потери тракта передачи (кабели и разъемы) от передатчика к оптическому приемнику, включая резерв мощности. Разница между оптической мощностью передачи и потерей соединителя и соединителя должна находиться в пределах границы между мощностью передачи и порогом чувствительности приемника. Слишком большая оптическая мощность указывает на насыщение оптического приемника, в то время как слишком мало указывает на то, что приемник близок к порогу чувствительности.

Составление бюджета запаса мощности является одной из важнейших задач при планировании монтажа волоконно-оптической системы. Следует учитывать следующие факторы

- период работы оптического передатчика (мощность оптического передатчика, падает со временем);
- повышенная физическая нагрузка на кабель (потери в кабеле увеличиваются);
- микро - изгибы кабеля;
- износ разъема при подключении и его замене (это приводит к увеличению смещения и потерь при прохождении сигнала через разъем);
- загрязнение оптического разъема (пыль или грязь могут не пропускать сигнал через разъем).

Запас хода должен варьироваться в зависимости от производительности системы, не влияя на значение BER. Запас хода составляет от 3 до 6 дБ. Однако строгих правил относительно объема резервных мощностей не существует. Необходимый запас зависит от типа волоконно-оптического кабеля, разъем и использования. Волоконная линия должна иметь точно такую же оптическую

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР				

A_p – средние потери в разъемном соединении, дБ;

N_c – количество сварных соединений;

A_c – средние потери в сварном соединении, дБ;

$A_{\text{раз. доп}}$ – дополнительные потери в разветвителе, дБ (0,2дБ);

$$A_{\Sigma\text{ONU-OLTx}} = 0,032 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,05 + 0,2 = 2,288 \text{ дБ}''$$

Поэтому, во избежание перегрузка приемников OLT на линии, необходимо установить потерю не менее $5,5 - 2,288 = 3,212$ дБ путем установки аттенюаторов.

После установки аттенюатора с максимальным затуханием потока downstream - для участка сети до ОРШ7 уже без учета оперативной готовности будут равны $25,996 + 3,212 = 29,208$ дБ, он не превышает заявленного производителем оборудования генерации оптической мощности в 30 дБ. Поэтому это условие наблюдается и на других областях с меньшим затуханием.

4.4 Схема организация связи

Целью выпускной квалификационной работы является организация оптической сети по технологии GPON в поселке Пригородный Калачеевского района Воронежской области.

Проектируемая сеть доступа состоит из трех главных элементов:

- центрального оборудования OLT;
- пассивного оптического разветвителя;
- абонентского устройства.

Прокладка основного оптического кабеля между домами осуществляется по кабельной канализации. Кабельная канализация в домах от легких кабельных вводов и прокладка до Орш осуществляется в существующих стояках здания.

В данной выпускной квалификационной работе выбрана одноступенчатая схема коммутации разветвителя, позволяющая оптимально построить пассивную распределительную сеть (рисунок 4.4).

Магистраль соединена с входным портом разветвителя 1*64. Выходной порт сплиттера соединен с волокном распределительного кабеля.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		33

От ОРШ проложен вертикальный силовой распределительный кабель необходимой мощности, обеспечивающий не менее 75% подключения всех абонентов на входе. На каждом этаже установлена оптическая распределительная коробка (РК).

РК имеет небольшие габариты и предназначен для соединения кабельной проводки и волокон, извлеченных из кабеля (drop cable).

В квартире абонента к месту установки ОНТ заводят один кабель волокна ШОС (drop кабель), он подключается непосредственно к ОНТ.

В таблицах 4.4 и 4.5 приведен список требуемого кабеля и оборудования для оснащения узла доступа, ОРШ и этажных щитков требуемыми материалами при построении внутридомовой сети на заданном объекте.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		34

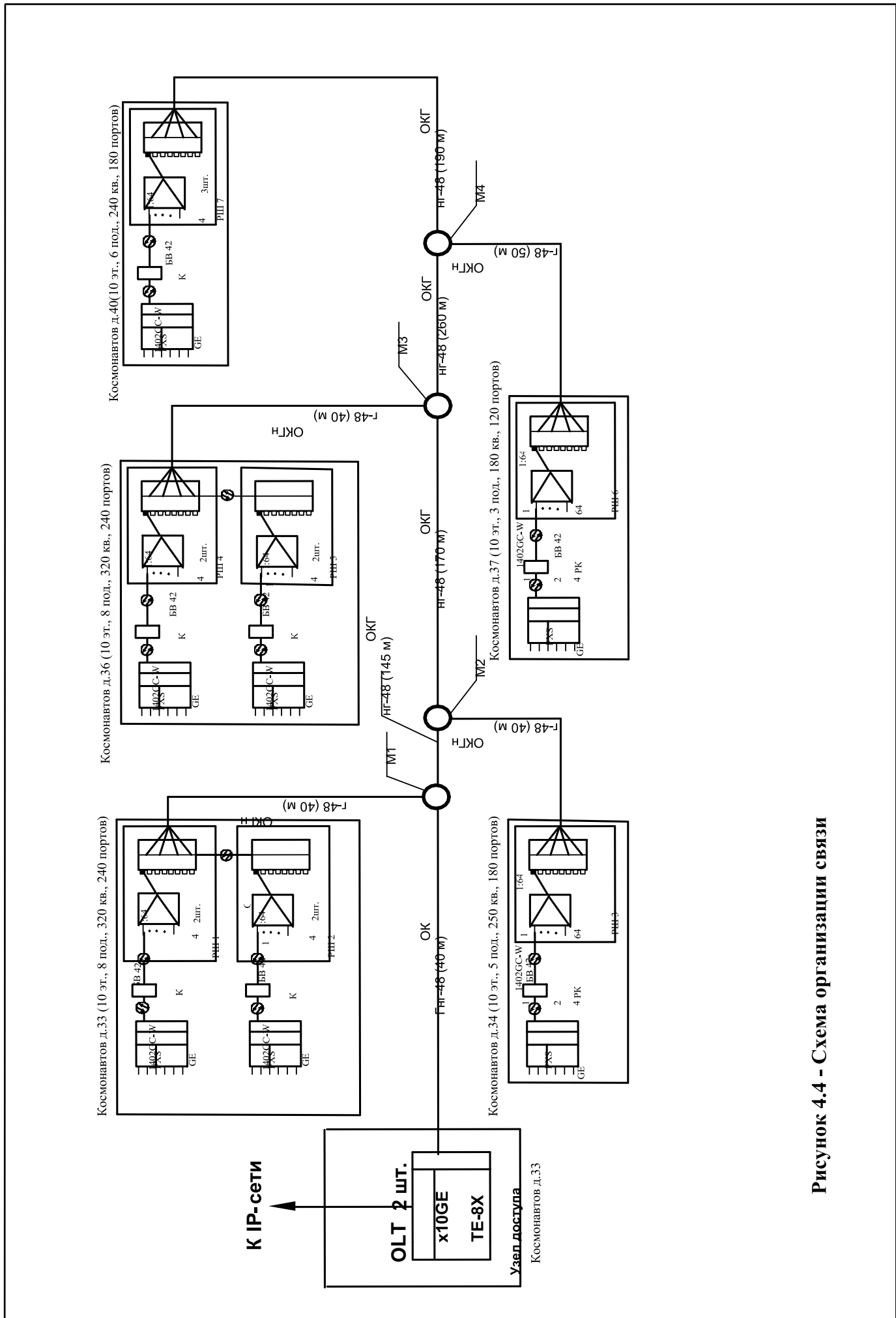


Рисунок 4.4 - Схема организации связи

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11120005.11.03.02.781.ПЗВКР

4.5 Спецификация необходимого оборудования и материалов

Оборудование и материалы, необходимые для реализации оптической сети доступа, представлены в таблице 5. 1 и 5. 2.

Таблица 5.1 – Спецификация узла доступа и магистрального участка сети

“Наименование	Кол-во, шт (км)
Станционное оборудование (OLT) Eltex LTE-8X	2
Маршрутизатор Eltex ESR-1000	1
ИБЭП APC SURTD3000 с набором АКБ	1
ШКОС, шт	1
Кабель ОКГнг-0,22-48П (км)	1,1
Шкаф телекоммуникационный SNR 19’’, 18U	1’’

Таблица 5.2 – Спецификация материалов для построения внутридомовой сети

п/п	Адрес	ШКОС, шт	Сплиттер 1x64, шт	РК, шт	Кабель ОБВ, м	Кол-во ONT, шт
1	Космонавтов д. 33	2	2	80	380	240
2	Космонавтов д. 34	1	1	50	240	180
3	Космонавтов д. 36	2	2	80	380	240
4	Космонавтов д. 37	1	1	30	120	120
5	Космонавтов д. 40	1	1	60	280	180
	Всего:	7	7	300	1400	960

4.6 Мероприятия по организации строительных работ

Одной из важнейших операций является монтаж оптических кабелей. Эта операция определяет качество и диапазон волоконной связи. При установке ОК допускаются небольшие потери мощности сигнала на стыке, для сращивания ОК в основном используются два метода: сварка оптических волокон и механические соединения.

Сварка оптических волокон осуществляется путем нагрева волокон до расплавления с помощью электрической дуги. Предварительно подготовленные волокна подают друг к другу с наименьшим зазором между ними, который доводят до минимального (оптимального) смещения оптической оси, а затем нагревают. В то же время, поверхностное натяжение волокон уменьшает смещение осей свариваемых волокон. Сварное одномодовое волокно не должно

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	

превышать осевого 1 мкм сварного одномодового волокна. Поэтому современное сварочное оборудование предусматривает автоматическую регулировку. Это делается двумя способами:

- Минимизация потерь в соединении: оценивается и корректируется изгиб волокна вместо ввода в одно из подключенных оптических волокон, а также оптический сигнал в других оптических волокнах;
- при анализе изображения стыка, соединенного оптическим волокном с параллельным пучком света, свет падает перпендикулярно оптической оси волокна, и изображение стыка отражается камерой.

Основные характеристики:

- система выравнивания по сердцевине волокон - Profile Alignment System (PAS);
- средние потери при сварке волокон: многомодовые - 0,01 дБ; одномодовые - 0,02 дБ;
- оценка потерь из-за относительного смещения сердцевины волокна;
- автоматическое регулирование усилия дугового разряда в сочетании с коррекцией бокового сдвига волокна поверхностным натяжением процесса сварки;
- электронная карта памяти PCMCIA - до 24000 результатов записи в режимах сварки и обработки.

Оптический разъем (коннектор) используется в волоконно-оптической системе связи и локальной сети, оптический кабель используется в качестве коммутационного и распределительного устройства, оконечного устройства и устройства связи.

К оптическим разъемам предъявляются высокие требования:

- крайне малая потеря стыковки;
- низкий коэффициент отражения;
- высокая надежность в различных условиях эксплуатации.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		37

Для качественного соединения оптических кабелей необходимо исключить попадание воздуха между торцами сочетания оптического волокна. Для этого концы оптических волокон полируют, придавая им сферическую форму, а когда волокна соединяют, их концы плотно прижимают друг к другу, и оптические волокна склеивают между собой.

Для того чтобы обеспечить малые потери в соединениях разделения, необходимо выровнять все части соединения так, что любая соответствующая конструкция разъемов разделения исключит потребность для оптического выравнивания.

“Для подключения волоконно-оптического кабеля к аппаратуре и контрольно-измерительным приборам будем использовать разъемы типа SC/FC, которые предназначены для одномодовых и многомодовых волокон. Для одномодовых волокон торец керамического наконечника имеет стандарт PC или APC”. В зависимости от модификации корпуса разъемов изготавливаются либо из металла, либо из полимерных различных материалов.

Герметизация муфты и кабельных вводов выполняется с использованием термоусадочного материала, расплавленного клея, саморасширяющегося герметика или механического замка. Во время монтажа проводятся эксплуатационные и контрольные измерения. Основными измерительными приборами являются оптические тестеры и отражатели, контролирующие затухание потока световодов на стыке соединяемых волокон.

SNR-FOSC-D-T (рисунок 4.5) – герметичная механическая муфта предназначена для использования в конструкциях кабелей, прокладываемых в земле и в каналах кабельной канализации, не подверженные избыточному давлению.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		38



Рисунок 4.5 – Муфта SNR-FOSC-D-T

Характеристики муфты:

- корпус имеет жесткую конструкцию с высокой механической прочностью;
- система запечатывания геля крайне легкий и удобный для того чтобы загерметизировать или при необходимости разгерметизировать муфту при любой температуре;
- не требует специальных инструментов для установки или деинсталляции;
- складные зажимы;
- позволяет заводить от 5 до 100 пар;
- встроенный монтажный кронштейн позволяет повесить муфту;
- существуют тупиковые и сквозные типы;
- для изменения конфигурации кабеля требуется минимум дополнительных аксессуаров;
- неограниченный срок хранения

На рисунке 4.6 показан общий вид схемы прокладки магистрального оптического кабеля в кабельный канал.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		39

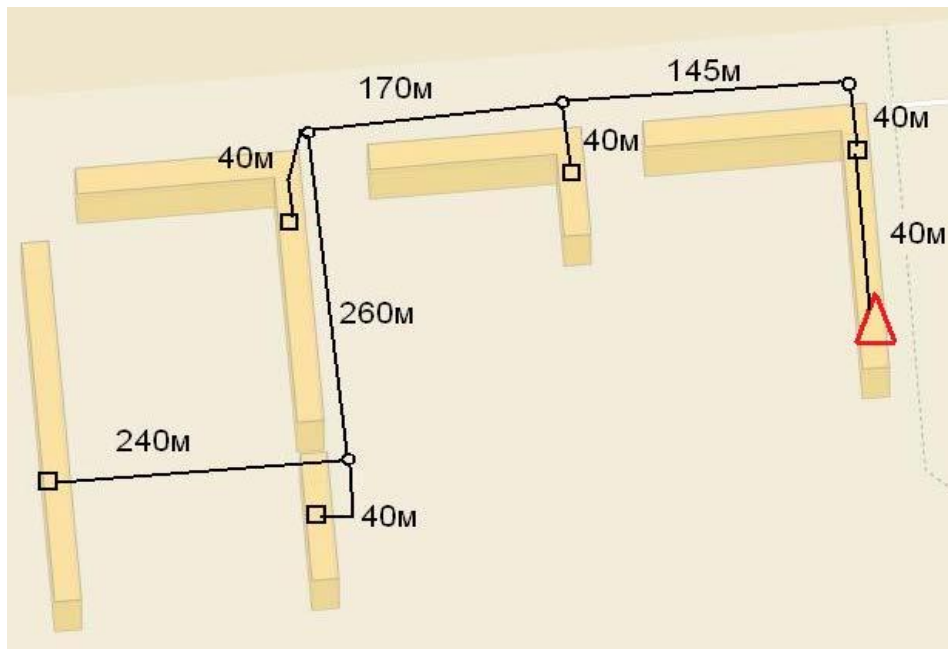


Рисунок 4.6 – Схема прокладки магистрального кабеля

Чердак	ОБВ-42		ОРШ	ОБВ-42	
	1 подъезд	2 подъезд	3 подъезд	4 подъезд	5 подъезд
10 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
9 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
8 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
7 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
6 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
5 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
4 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
3 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
2 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
1 этаж	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
	Запас ВСК 5 м	Запас ВСК 5 м	Запас ВСК 5 м	Запас ВСК 5 м	Запас ВСК 5 м

ОКГнг-42

Рисунок 4.7 – Внутридомовая разводка по адресу Космонавтов д. 34

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

11120005.11.03.02.781.ПЗВКР

Лист

40

5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

5.1 Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты – это капитал, который используется организацией для приобретения или модернизации физических активов.

Инвестиционный капитал является деятельностью предприятия, вложения в покупку оборудования, зданий, сооружений. В целом, капитальные вложения рассчитываются как прирост основных фондов (определяется по балансу организации) с течением времени. Большинство компаний инвестируют значительные средства в основной капитал, так как они составляют основу их деятельности.

Благодаря деятельности предприятия большая часть капитальных вложений постепенно становится частью процесса формирования финансовых результатов.

В таблице 5.1 представлена смета затрат на оборудование и материалы, необходимые для построения проектируемой сети оптического доступа.

Таблица 5.1 – Смета затрат на оборудование и материалы для проектируемой сети

“Тип оборудования/работы	Цена оборудования за НДС, руб.	Количество, шт (км)	Общая стоимость НДС, руб.
1	2	3	4
1. Оборудование			
Станционное оборудование (OLT) Eltex LTE-8X	173 188	2	346 376
Абонентский терминал (ONT) NTP-RG-1402GC-W	4 817	960	4 624 680
Маршрутизатор Eltex ESR-1000	283 334	1	283 334
ИБЭП APC SURTD3000 с набором АКБ	110 155	1	110 155
2. Материалы			
Шкаф телекоммуникационный SNR 19”, 18U	15 600	1	15 600”

Окончание таблицы 5.1

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		41

1	2	3	4
“Шкаф телекоммуникационный антивандальный	7 300	8	58 400
ШКОС 19”	2 250	8	18000
Распределительная коробка NR-FTTH-FDB-04	270	300	81000
Сплиттер 1x64	11 700	18	210 600
3. Кабельная продукция			
Кабель ОКГнг-0,22-48П (км)	73 300,00	1,1	89 880
Кабель ОБВ-нг(А)-42 (км)	28 510,00	1,4	193 781
Муфтаоптическая серии SNR-FOSC-D-T (GPJ-D-T)	1 790	4	6 038
Итого по смете			6 326 731”

В таблице 5.2 составлена сводная смета капитальных затрат на строительство проектируемой сети.

Таблица 5.2 – Сводная смета капитальных затрат на реализацию проектируемой сети

“Наименование затрат	Сумма, руб.	Структура капитальных затрат, %
Затраты на оборудование и материалы	6 326 731	75,2
Затраты на монтажные и пуско-наладочные работы (20% от затрат на оборудование)	1 265 346	15,0
Затраты на проектные работы (8% от затрат на оборудование)	506 139	6,0
Затраты на транспортные услуги (5% от затрат на оборудование)	316 337	3,8
Итого:	8 414 553	100,0”



Рисунок 5.1 – Технологическая структура капитальных затрат

Поскольку все цены, приведённые в таблицах содержат НДС нужно рассчитать капитальные затраты без НДС (ставка – 18%):

$$K_{\text{без НДС}} = \frac{K_{\text{с НДС}}}{1,18}$$

$$K_{\text{без НДС}} = \frac{8414553}{1,18} = 7130977 \text{ руб.}$$

Сумма капитальных вложений, переданных в основной капитал проектируемого объекта, производится на основании средней стоимости, полученной на основании данных отраслевой отчетности, и рассчитывается без учета НДС:

$$\Phi = 0,97 * K_{\text{без НДС}}$$

$$\Phi = 0,97 * 7130977 = 6917047 \text{ руб.}$$

5.2 Расчёт величины затрат на эксплуатацию

Операционные затраты-это смета затрат трудовых ресурсов, основных средств и оборотных средств, используемых в производственном процессе за определенный период (год).

Расчет годовых затрат на эксплуатацию вводимого оборудования складывается из следующих основных статей затрат:

- затраты на оплату труда (ФОТ);
- страховые взносы (30,2% от ФОТ);

- амортизационные отчисления;
- затраты на материалы и запасные части;
- затраты на электроэнергию со стороны для производственных нужд;
- прочие затраты.

Рассчитаем фонд оплаты труда. К основным производственным рабочим на рассматриваемом предприятии относятся рабочие связи, занятые эксплуатационно-техническим обслуживанием оборудования и сооружений связи (электромонтеры, инженеры).

В качестве норм времени примем величины, определенные опытным способом на других подобных сетях в Воронежской области, в том числе в городе Калач (таблица 5.3). Числом технических средств (N_i) здесь принимается количество абонентских терминалов (портов PON).

Низкие величины нормативов обусловлены минимальным количеством активного оборудования на сети, а также применением единой системы мониторинга и управления сетью, предусмотренных технологией PON.

Таблица 5.3 – Нормы эксплуатационно-технического персонала

Категория персонала	Норматив, чел.-час./порт за месяц
Инженер	0,21
Электромонтёр	0,35
Специалист технической поддержки	0,2

В расчёте количества штатных единиц применяется коэффициент, учитывающий увеличение численности работников за счет подмены на время очередных отпусков, равный 1,08.

ФОТ для административного (менеджеры, абонентский отдел, бухгалтерия и т.д.) и обслуживающего (уборщики и т.д.) персонала принимаем равным 40% от величины ФОТ эксплуатационно-технического персонала. Фонд рабочего времени за месяц ($\Phi_{рв}$) составляет 168 часов. Произведём расчёты по (6.3):

- инженеры:

$$Ч_{обсл} = 1,08 \oplus \frac{1020 \oplus 0,21}{168} = 1,38 \text{ чел.};$$

- электромонтёры:

$$Ч_{обсл} = 1,08 \oplus \frac{1020 \oplus 0,4}{168} = 2,30 \text{ чел.};$$

- специалисты технической поддержки:

$$Ч_{обсл} = 1,08 \oplus \frac{1020 \oplus 0,2}{168} = 1,31 \text{ чел.}$$

Таблица 5.4 – Расчёт величины ФОТ и страховых отчислений

“Категория персонала	Количество штатных единиц	Оклад, руб.	ФОТ, руб. (в год)
1 Эксплуатационно-технический персонал			
1.1 Инженер	1,38	35000	578 340
1.2 Электромонтёр	2,30	25000	688 500
1.3 Специалист технической поддержки	1,31	20000	314 743
Итого по п.1:			1 581 583
2 Административный и обслуживающий персонал			632 633
Итого с учётом районного коэффициента в г.Калач ($K_{рк}=1,2$)			2 657 059
Отчисления страховых взносов (30,2%)			797 118”

Таким образом, годовой фонд заработной платы составляет 2 657 059 рублей. Социальный взнос составит 797 118 рублей. Амортизация-это постепенный перенос стоимости основных средств на стоимость вновь созданного продукта или услуги. Количественной мерой амортизации являются амортизационные отчисления, предназначенные на реновацию ОПФ. Расходы на амортизацию для полного восстановления ОПФ(А) определяются на основе оценочной стоимости основного средства и нормы амортизации для полного восстановления.

Сумма амортизационных отчислений (A_m) определяется по формуле:

$$A_m = H_{ам} \oplus \Phi, \tag{5.4}$$

где $H_{ам}$ – норма амортизации;

Φ – первоначальная стоимость ОПФ.

Норма амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$H_{ам} = \frac{100}{T} \quad (5.5)$$

где T – срок эксплуатации, равный 15 годам.

Таким образом, норма амортизации отчислений составляет

$$H_{ам} = 6,7\%.$$

Таблица 5.5 – Амортизационные отчисления

“Наименование групп ОПФ	Стоимость Φ , тыс.руб	Норма амортизации $H_{ам}$, %	Срок эксплуатации, лет	Сумма амортизационных отчислений, тыс.руб.
Основное оборудование	6917,047	6,7	15	461,136
Итого	6917,047	-	-	461,136”

По результатам расчетов, сумма амортизации составляет 461, 136 тысяч рублей в год.

В таблице 5.6: $\Phi_{нг}$ – стоимость фондов на начало года, $\Phi_{кг}$ – стоимость фондов на конец года.

Таблица 5.6 – Расчёт налога на имущество

Год	$\Phi_{нг}$, тыс.руб	$\Phi_{кг}$, тыс.руб	Амортизационные отчисления, тыс.руб.	Налог на имущество, тыс.руб
1	6917,047	6455,911	461,136	147,103
2	6455,911	5994,775	461,136	136,958
3	5994,775	5533,639	461,136	126,813
4	5533,639	5072,503	461,136	116,668
5	5072,503	4611,367	461,136	106,523

Материальные затраты включают в себя расходы, связанные с приобретением вспомогательных материалов, запасных частей, топлива.

Величина расходов на электроэнергию принимается равной 0,5-1% от суммы эксплуатационных затрат.

Проведённые выше расходы сведём в смету (таблица 5.7) для дальнейшего анализа их структуры. Графическая структура эксплуатационных затрат приведена на рисунке 5.2.

Таблица 5.7 – Эксплуатационные затраты

Наименование затрат	Сумма, руб.	Структура эксплуатационных затрат, %
ФОТ	2 657 059	57,9
Страховые взносы	797 118	17,4
Амортизационные отчисления	461 136	10,1
Электрическая энергия	30 000	0,7
Затраты на материалы и запасные части	275 126	6,0
Прочие расходы	365 000	8,0
Итого:	4 585 439	100,0

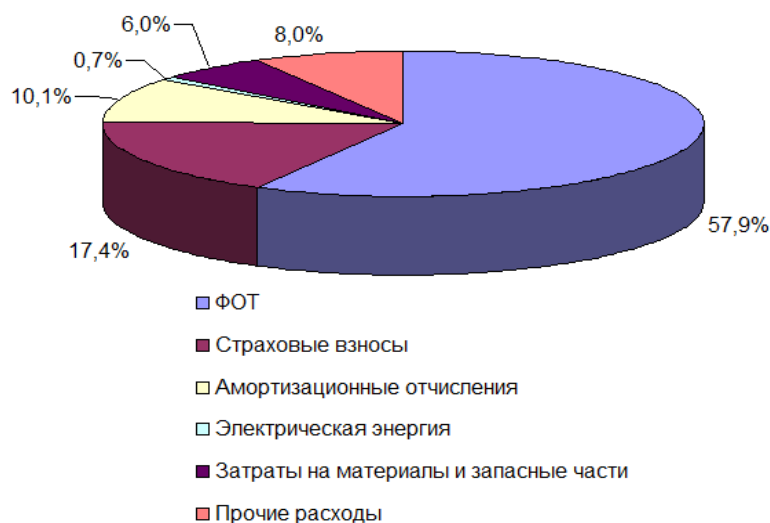


Рисунок 5.2 – Структура эксплуатационных затрат

По рисунку 5.2 можно сделать вывод о том, что основной составляющей эксплуатационных затрат является ФОТ и непосредственно связанные с ним отчисления социального страхования.

5.3 Определение доходов от реализации проекта

При планировании финансовых результатов применяется свободный (рыночный) способ ценообразования, то есть тарифы устанавливаются по усмотрению компании.

Формирование стратегии предусматривает ряд этапов:

- определение оптимальной величины производственных затрат в условиях сложившегося уровня цен на рынке;
- установление полезности предлагаемого на рынок товара и сопоставление его потребительских свойств с запрашиваемой ценой;
- расчёт объёма производства продукции и доли рынка, обеспечивающей оптимальное достижение поставленной управленческой цели;
- анализ конкуренции: прогноз ответной реакции конкурентов и её влияния на ценовые мероприятия.

Общий объем доходов от основной деятельности определяется их суммой, полученной от всех видов услуг, предоставленных соответствующим группам потребителей.

Доходами от ввода сети в эксплуатацию считается абонентская плата за предоставляемые услуги, а именно: услуги кабельного телевидения, доступ в Интернет и телефония. Однако необходимо учесть, что часть абонентской платы необходимо перечислять провайдеру за пользование услугами. Вследствие этого абонентская плата для пользователей должна быть выше стоимости услуг у провайдера. Однако, слишком высокие тарифы могут вынудить пользователей отказаться от услуг проектируемой сети, поэтому абонентская плата должна быть приемлемой. Плата за подключение к сети не взимается для повышения лояльности пользователей.

Также на основе проведенных маркетинговых исследований разработаны два тарифных плана и определён процент доли каждого тарифного плана в

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		48

год и будет годом окупаемости инвестиций, определенным по чистой текущей стоимости.

Расчёт нормы дисконта осуществим по формуле:

$$R = r_d + r + r_f, \quad (5.7)$$

где r_d – норма доходности, которая учитывает альтернативность дохода, минимальная норма доходности по безрисковым вложениям, на которую согласен инвестор, %;

r – темп инфляции за один шаг реализации проекта, %;

r_f – рискованная премия, предъявляемая в требованиях инвестора, %.

Норма дохода по безрисковым вложениям в РФ обычно привязывается к облигациям федерального займа с различными сроками погашения (максимальный близок к 25 годам). Для определения данной величины, как правило, используются ставки по долгосрочным правительственным облигациям страны с высоким инвестиционным рейтингом. По данным сайта Банка России по состоянию на март 2019 г. долгосрочная ставка рынка ОФЗ равна 10,96%.

Также по информации Банка России инфляция за последний полный год (за 2018 год) составила 12,90%.

Рискованная премия отражает требуемую компенсацию за риск (того, что какое-либо из вышеприведенных требований не будет выполнено), который инвесторы несут при инвестировании. Она рассчитывается на основе статистических данных о рыночных премиях за продолжительный период. По данным экономической литературы в качестве средней рискованной премии принимается 5-7%.

Таким образом, по формуле (5.7)

$$R = 10,96 + 12,90 + 5 = 28,86\%.$$

Расчёт эффективности инвестиционного проекта на основе чистой текущей стоимости сведём в таблицу 5.10.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		50

Таблица 5.10 – Эффективность инвестиционного проекта на основе ЧТС

Наименование показателей		Года					
		2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	“Приток средств						
	Доходы от основной деятельности, тыс.руб.	-	9669,600	9669,600	9669,600	9669,600	9669,600
	Амортизационные отчисления, тыс.руб.	-	461,136	461,136	461,136	461,136	461,136
Итого по притоку:		-	65038,096	10130,736	10130,736	10130,736	10130,736
2	Отток средств						
	Общие инвестиции,	6326,731	-	-	-	-	-
	Эксплуатационные расходы, тыс.руб		4585,439	4585,439	4585,439	4585,439	4585,439
	Налог на прибыль, 20%		1079,639	1081,668	1083,697	1085,726	1087,755
	Налог на имущество, 2,2%		147,103	136,958	126,813	116,668	106,523
Итого по оттоку:		59352,006	6326,731	5812,181	5804,065	5795,949	5787,833
3	Чистый поток денежных средств	-6326,731	4318,555	4326,671	4334,787	4342,903	4351,019
4	Коэффициент дисконтирования	1,000	0,776	0,602	0,467	0,363	0,281
5	Чистый дисконтированный поток денежных	-6326,731	3351,354	2605,659	2025,879	1575,098	1224,617
6	То же с нарастающим	-6326,731	-2975,377	-369,717	1656,161	3231,259	4455,877”

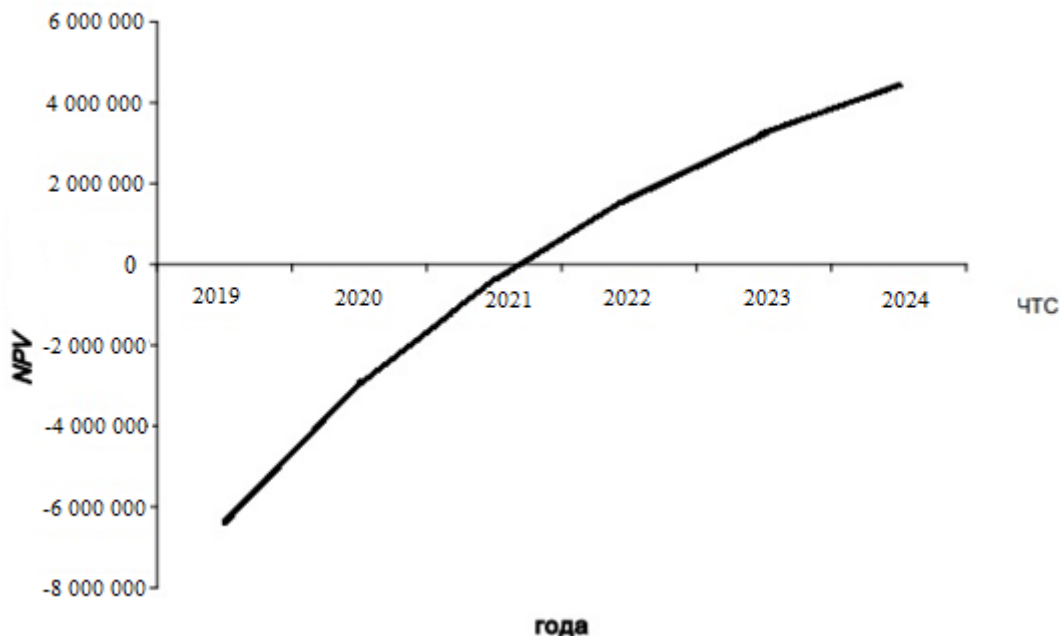


Рисунок 5.3 – Эффективность инвестиционного проекта на основе ЧТС

На рисунке 5.3 приведён график роста чистой текущей стоимости по годам реализации проекта, позволяющий установить срок окупаемости инвестиций. По графику находим, что этот срок равен 2 годам.

Индекс рентабельности высчитывается по формуле:

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

$$PI = 10130,736 / 5812,181 = 1,74$$

Так как $PI > 1$, проект следует принимать, он является прибыльным.

Теперь рассчитаем внутреннюю норму доходности (IRR) – это норма прибыли, порожденная инвестициями. 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.

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

Для описанного выше примера будем иметь:

$i_1 = 2$, при котором $NPV_1 = 4318,555$ руб.; $i_2 = 29$, при котором

$NPV_2 = -6326,731$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 2 + 4318,555 / (4318,555 + 6326,731) * (29 - 2) = 12,95$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 12,95%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 10%, таким образом, проект следует принять. В случае если, $IRR < I$ проект нецелесообразен для реализации.

Таблица 5.11 – Техничко-экономические показатели проекта

“№”	Показатель	Значение
1	Капитальные вложения, тыс.руб.	8 141 553
2	Стоимость ОПФ, тыс.руб.	6 917 047
3	Общие инвестиции, тыс.руб.	8 141 553
4	Срок окупаемости инвестиций РР, год	2,18
5	Внутренняя норма доходности (IRR)	12,95
6	Индекс рентабельности (PI)	1,74”

Техничко-экономические показатели доказывают, об экономической целесообразности строительства сети GEPON в поселке Пригородный Калачеевского района Воронежской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была спроектирована мультисервисная сеть для поселка Пригородный Калачеевского района Воронежской области. Количество абонентов составляет 960, с дальнейшим ростом населения. Пользователи мультисервисной сети имеют доступ к всему спектру предлагаемых услуг.

Основное внимание было уделено технологии пассивной оптической сети GPON. Благодаря многофункциональности и способности обеспечивать высокие скорости передачи, GPON сможет удовлетворить запросы своих абонентов в ближайшие годы по причине качественных услуг.

В ходе выполнения технического задания:

- исследована методика проектирования оптических сетей;
- произведен расчет оптических потерь сети;
- произведен расчет капитальных затрат;
- разработана схема сети доступа на основе GPON.

Общий капитал на строительство сети составляет 8 141 553р. Срок окупаемости проекта составит более двух лет.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		54

24. Локальные сети. Архитектура, алгоритмы, проектирование. Авторы: Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. М.: ЭКОМ, 2000. — 312 с.
25. Скляр О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи, аппаратура и элементы / О.К. Скляр и др. – М.: Солон-Р, 2001. – 269 с.
26. Шаров В.А. Базовые технологии мультисервисных сетей // Сети и телекоммуникации. – 2006.- №6.
27. Шахназаров А.Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования / А.Г. Шахназаров и др. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
28. Телекоммуникации и сети Автор: Галкин В.А. Издательство: МГТУ им. Баумана, 2003. – 608 с.

					11120005.11.03.02.781.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57