

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 СВЯЗИ РАЙОНА ТРИУМФАЛЬНОЙ АРКИ Г. КУРСК

Выпускная квалификационная работа студента

очной формы обучения

направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

4 курса группы 07001208

Кравченко Данила Николаевича

Научный руководитель
канд. техн. наук,
доцент кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ»
Прохоренко Е.И.

Рецензент
Инженер электросвязи
Участка систем коммутации №1
г. Белгорода, Галактионов И.В.

БЕЛГОРОД 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ РАЙОНА ТРИУМФАЛЬНОЙ АРКИ Г. КУРСК.....	7
1.1 Анализ объекта.....	7
1.2 Анализ существующей сети	9
2. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ.....	12
2.1 Описание выбранной технологии	13
2.3 Реализация мультисервисной сети связи района Триумфальной Арки г. Курск	19
3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК.....	23
3.1 Расчет трафика телефонии.....	23
3.2 Расчет трафика видеопотоков	25
3.3 Расчет трафика передачи данных	28
3.4 Расчет трафика предоставления услуг доступа сети Internet	31
3.5 Определение телетрафика мсс.....	33
4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	34
4.1 Оборудование IP – телефонии	34
4.2 Оборудование уровня ядра сети	35
4.3 Оборудование уровня агрегации	36
4.4 Оборудование уровня доступа	37
5. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ	38
5.1 Описание кабельной инфраструктуры	38
5.2 Расчет количества оборудования	39

					<i>11070006.11.03.02.112.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование сети связи района Триумфальной Арки г. Курск	Лит.	Лист	Листов
Разработал		Кравченко Д.Н.					2	68
Проверил		Прохоренко Е.И.				<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001208</i>		
Рецензент		Галактионов И.В.						
Н. Контроль		Прохоренко Е.И.						
Утвердил		Жиляков Е.Г.						

6. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ	41
6.1 Капитальные вложения	41
6.2 Калькуляция эксплуатационных расходов	44
6.3 Расчет тарифных доходов	48
6.4 Определение оценочных показателей проекта	50
7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА.....	54
7.1 Анализ травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии	54
7.2 Требования к рабочему	58
7.3 Экологическая безопасность на предприятиях связи	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	66

						Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир не представляется без услуг передачи данных, телефонии и телевидения. Возрастающая конкуренция среди операторов связи на фоне роста российского рынка широкополосного доступа в Интернет, востребованность качественных интерактивных сервисов и разнообразного мультимедийного контента привели к масштабному внедрению мультисервисных сетей нового поколения для конвергенции услуг передачи данных, голоса и видео, реализуя концепцию "Triple Play".

С бурным развитием телекоммуникаций в современном мире общество идет к усложнению взаимосвязи между различными звеньями производства, увеличение информационных потоков в технической, научной, политической, культурной, бытовой и других сферах общественной деятельности. Сегодня невозможно представить ни один процесс в жизни современного общества без обмена информацией, для своевременной передачи которой используются различные средства и системы связи.

В последнее время среди абонентов наиболее востребованными являются пакеты из трех услуг: телефония, телевидение и широкополосный доступ в Интернет (ШПД). Основным при выборе провайдера при этом является соотношение цены и качества услуг, то есть скорости ШПД и количества ТВ каналов в пакете. Современная эпоха характеризуется стремительным процессом информатизации общества. В настоящее время увеличивается потребность населения в расширении перечня услуг электросвязи.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сейчас уже нельзя сказать, что вопросам мультисервисного доступа уделяется мало внимания. Скорее наоборот, сети доступа стали одним из направлений, наиболее активно развиваемых операторами связи, и можно смело утверждать, что будущее оператора во многом зависит от того, какие решения выбраны для его сети доступа. Большинство нынешних сетей доступа, эксплуатируемых операторами до настоящего времени, обладают высокой стоимостью и низкой эффективностью. Столкнувшись с необходимостью предоставления абоненту полного спектра инфокоммуникационных услуг, операторы пришли к понятию мультисервисного доступа.

Таким образом, мультисервисные сети предоставляют пользователям весь спектр телекоммуникационных услуг от передачи компьютерных данных, телеметрической информации, объединения частных локальных сетей до передачи мультимедийного контента: голосового трафика IP-телефонии, аудиовизуальных потоков видеоконференцсвязи, интерактивного и вещательного телевидения.

Целью, данной выпускной квалификационной работы, является проектирование мультисервисной сети в районе «Триумфальная Арка» г.Курск, на базе технологии FTТх. Необходимо достичь максимально надёжной, долговечной, эксплуатации и экономически выгодной сети.

Проект является актуальным, так как в районе «Триумфальная Арка» имеется небольшое количество операторов связи, предоставляющих комплексные услуги Triple Play. Разработка мультисервисной сети района должна обеспечить сосуществование и взаимодействие разнородных коммуникационных подсистем в единой транспортной среде, используя единую инфраструктуру для передачи как обычных данных (обычный трафик), так и для голосовых и видео-сообщений (трафик реального времени).

Задачи Выпускной квалификационной работы:

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

- Исследование процесса построения мультисервисных сетей связи;
- Анализ инфраструктуры района Триумфальной Арки г. Курск;
- Анализ существующих сетей передачи данных, их достоинств и недостатков при выполнении отдельных этапов проектирования;
- Проектирование мультисервисной сети связи с использованием телекоммуникационного оборудования различных производителей;
- Разработка комплекса методов и средств оптимизации различных параметров проектных решений, таких как экономические затраты, производительность сети и других параметров.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ РАЙОНА ТРИУМФАЛЬНОЙ АРКИ Г. КУРСК

1.1 Анализ объекта

«Триумфальная Арка» — жилой район в городе Курск.

Район Триумфальная Арка расположен в центральном административном округе.

Данный район находится к северу от городского центра и является одним из новых, а также самым престижным районом города Курск, охватывая приблизительно 2,20 квадратных километра, протяженностью 4 км. Включает несколько микрорайонов: «Долина нищих», «Проспект Победы» и коттеджный поселок «Тропинка».

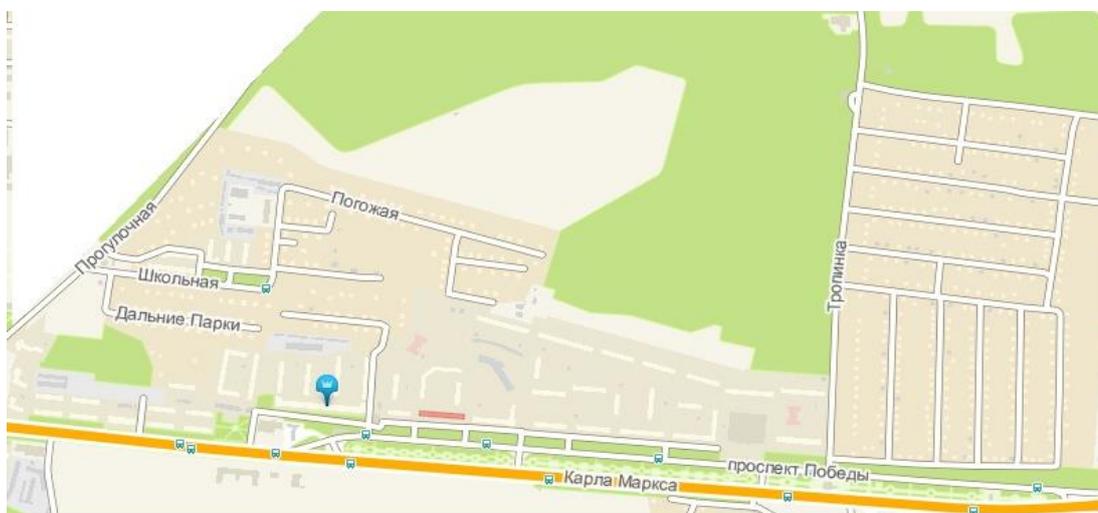


Рисунок 1 - Карта жилого комплекса

Климат района умеренно-континентальный, средняя температура днём в летние месяцы около $+26+28^{\circ}$ (максимальная $+39^{\circ}$), средняя минимальная температура в зимние месяцы около $-5...-9^{\circ}$ (минимальная -36°).

						Лист
					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Район находится в лесостепной зоне. Зима в среднем прохладная, хотя бывают и оттепели. Сильные морозы в городе бывают редко. Лето неустойчивое: сильная жара и ясная погода сменяются прохладной погодой. Бывают грозы. [1]

Главная достопримечательность данного района- это аллея славы, мемориал и арка. Район все еще активно строится. Здесь расположено 49 высотных домов, состоящих из 5,9,10 и 17 этажей (14700 абонентов), а также частных (501 дом).

Имеется много административных зданий, ресторанов, торговые центры, магазинов различного вида и ассортимента, мебельные центры, автомобильные станции тех. обслуживания, частные медицинские клиники, салоны красоты и многое другое. С каждым годом район «Триумфальная Арка» активно развивается. Появляются новые постройки, растут и частные сектора, соответственно так как район новый его облагораживают. Следует отметить, что «Триумфальная Арка» самый чистый район города Курск.

Район «Триумфальная Арка» разбит на несколько микрорайонов, которым будут присвоены номера 1,2 и 3.

Микрорайон под номером 1, наиболее крупный микрорайон. Здесь собран основной массив многоэтажных домов различных типов, административных зданий, различных магазинов, а также многообразных сервисов обслуживания.

Подробная характеристика:

- 6 девятиэтажных домов;
- 11 пятиэтажных домов;
- 9 десятиэтажных домов;
- 19 семнадцатипятиэтажных домов;
- 2 детских сада;
- 2 торговых центра.

Данная территория является густонаселенной в районе. Приблизительное количество населения составляет 47250.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Микрорайон под номером 2, в основном состоит из частных домов, но есть и многоэтажные строения, а именно:

- 152 частных дома;
- 4 пятиэтажных дома;
- 1 храм;
- 1 административное здание (Отдел водных ресурсов).

Приблизительное количество населения составляет 4656.

Микрорайон под номером 3, состоит исключительно из частных построек:

- 349 частных домов.

Приблизительное количество населения составляет 1047.

1.2 Анализ существующей сети

В районе «Триумфальная Арка» существуют четыре проводных Интернет-провайдера: «KurskOnline»; «Интерком»; «Дом.ru»; «NETBYNET».

Каждый из них предоставляет различные виды услуг, а именно:

- Широкополосный доступ в сеть интернет;
- Единая локальная сеть пользователей;
- Местная телефонная связь;
- IP-TV.

Данные провайдеры предоставляют услуги по определенным тарифам, которые представлены в таблицах ниже.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Таблица 1.1 - Тарифы проводных сетей доступа

Операторы	Дом.ru			NETBYNET					
	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Тарифы									
Скорость: МБит/с; день/ночь	50	70	100	55	70	100	30	40	50
				100	100				
Телевидение, Каналы	100	117	136	-	-	-	116	116	116
Телефония	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Цена: руб/мес.	790	940	1040	450	550	750	330	430	530

Продолжение таблицы 1.1

Операторы	KurskOnline						Интерком		
	1	2	3	4	5	6	1	2	3
Тарифы									
Скорость: МБит/с; день/ночь	3	25	30	30	50	80	30	50	70
	3	100	100	100	100	100			
Телевидение, ка- налы	68	134	69	127	139	154	-	-	-
Телефония	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Цена: руб/мес.	200	340	500	750	1050	740	403	837	1085

А также имеются операторы сотовой связи «Билайн», «Теле2», «МТС» и «Мегафон». Которые предоставляют сотовую связь и доступ в интернет. Услуги, предоставляемые операторами представлены в таблице.

Таблица 1.2 Тарифы беспроводных сетей доступа

Операторы	МТС			Мегафон			Билайн			Теле2
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Тарифы										
Трафик: Гб день/ночь	6	15	30	10	15	30	8	15	30	30
	6	15	Без- лим.	10	15	Без- лим.	8	15	Безлим.	
Цена руб/мес.	300	500	600	390	490	590	350	450	600	380

Беспроводные технологии сети связи (мобильные операторы), предоставляют беспроводной доступ в интернет, а также мобильную телефонную связь, но ограничивается тарифными рамками, своей стоимостью, а также ограниченным пакетом трафика.

Основной приоритет, сотовые операторы отдают мобильной телефонии, поэтому с интернетом возможны проблемы, конечно в последнее время идет развитие технологии 3G и LTE(4G), но существенный недостаток такой связи, это недостаточное покрытие зоны связи, а в некоторых местах и вовсе отсутствие ее. Поэтому доступ в интернет становится трудно осуществимым.

Проводные технологии, предоставляют доступ в интернет без каких-либо проблем. Преимущества проводных технологий, это предоставление качественной мультисервисной сети на больших скоростях, что уже является большим плюсом. Также особо важным преимуществом является предоставление больших скоростей интернета, за малую ценовую стоимость. Оплата как правило производится за скорость, а не за трафик. Трафик у таких операторов, предоставляющих услуги интернета безлимитный, что играет большую роль в выборе между проводными технологиями и беспроводными (мобильными операторами).

Поэтому в данной работе было решено выбрать проводную технологию мультисервисной сети.

						Лист
					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

Выбор технологии реализации мультисервисной сети, является важнейшим этапом проектировки сети связи. Так как от рационального выбора технологии будет зависеть производительность данной сети, надежность и соответственно стоимость. Также немало важным критерием для проектируемой сети, является беспрепятственное расширение ее в плане масштабирования и соответственно увеличение емкости абонентов без существенных затрат в дальнейшем.

В настоящее время наиболее подходящие для реализации мультисервисной сети связи района Триумфальной Арки, являются оптоволоконные сети доступа. Данный выбор основан на том, что сети связи, реализованные на оптическом волокне, являются широкополосными, в следствии чего имеют высокую пропускную способность и способны подключить большое количество абонентов без существенной потери скорости соединения, а также имеют хорошую долговечность.

На сегодняшний день оптоволоконные сети доступа реализуются несколькими различными технологиями, главным их отличием является стоимость и способ реализации. Это технологии FTТх (Fiber To The x) и PON. Выбор данных технологий, является наиболее перспективным с точки зрения цена и качество, а также возможностью масштабирования без существенных вложений.

В данной выпускной квалификационной работе было принято решение реализовывать оптоволоконную сеть доступа на базе технологии FTТН (оптоволокну до дома) на базе протокола Ethernet, для проектирования мультисервисной сети связи района Триумфальной Арки г. Курск.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1 Описание выбранной технологии

FTTx (Fiber To The... — «волокно до...») — технология организации сетей доступа с доведением оптического волокна до определенной точки. FTTx-технология не является новой, однако широкое распространение получает именно сейчас.

Есть несколько вариантов реализации FTTx, из них можно выделить:

FTTH - Fiber To The Home (доведение волокна до квартиры)

FTTB - Fiber To The Building (доведение волокна до здания)

FTTC (Fiber to the Curb) (доведение волокна до микрорайона, квартала или нескольких домов)

FTTN (Fiber to the Node) (доведение волокна до сетевого узла)

Рассмотрим более подробно варианты технологии FTTx. [8]



Рисунок 2.1 - Технологии оптического доступа FTTx.

Технология FTTN - используется в основном как бюджетное и быстро внедряемое решение там, где существует распределительная "медная" инфраструктура и прокладка оптики нерентабельна. Всем известны связанные с этим решением трудности: невысокое качество предоставляемых услуг, обусловленное специфическими проблемами лежащих в канализации

медных кабелей, существенное ограничение по скорости и количеству подключений в одном кабеле.

Технология FTTC – это улучшенный вариант FTTN, лишенный части его недостатков. Архитектура FTTC в первую очередь предназначена для операторов, уже использующих технологии xDSL или PON, и операторов кабельного телевидения. Реализация архитектуры FTTC позволит им с меньшими затратами увеличить и число обслуживаемых пользователей, а также выделяемую каждому из них полосу пропускания. В России этот тип подключения часто применяется небольшими операторами Ethernet-сетей. Связано это с более низкой стоимостью медных решений и с тем, что монтаж оптического кабеля требует высокой квалификации исполнителя.

Технология FTTB

При использовании варианта FTTB оптическое волокно заводится в дом, как правило, на цокольный этаж или на чердак (что более экономически эффективно) и подключается к устройству ONU (Optical Network Unit) (рис.2.2). На стороне оператора связи устанавливается терминал оптической линии OLT (Optical Line Terminal). OLT является первичным устройством и определяет параметры обмена трафика (например, интервалы времени приема/передачи сигнала) с абонентскими устройствами ONU (или ONT, в случае FTTN). Дальнейшее распределение сети по дому происходит по «витой паре».



Рисунок 2.2 - Технология FTTH.

Этот подход целесообразно применять в случае развертывания сети в многоквартирных домах и бизнес-центрах среднего класса. Российские операторы связи разворачивают сети FTTH пока только в крупных городах, но в перспективе использование данной технологии повсеместно. В FTTH нет необходимости прокладывать дорогостоящий оптический кабель с большим количеством волокон, как при использовании FTTH. [15,19]

Технология FTTH.

FTTH подразумевает доведение оптического волокна до квартиры или частного дома пользователя (рис.2.3). Существует два типа организации FTTH сетей: на базе Ethernet и на базе PON.



Рисунок 2.3 - Технология FTTH.

Решение на базе Ethernet

В решении Ethernet FTTH для коммутации линий подразумевается использование коммутаторов с оптическими портами или оптическими трансиверами. Коммутаторы объединяются либо в «кольцо» Ethernet (GE или 10GE), либо по топологии «звезда» и располагаются на цокольном или чердачном этаже (в зависимости от способа заведения магистрального волокна в дом).

Структура «кольцо», обеспечивает прекрасную устойчивость к различного рода повреждениям кабеля и весьма рентабельна, но к ее недостаткам можно отнести разделение полосы пропускания внутри каждого кольца доступа (1 Гбит/с), что дает в перспективе сравнительно небольшую пропускную способность, а также вызывает трудности масштабирования архитектуры.

Структура Ethernet типа «звезда» (рис.2.4), предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий от каждого оконечного устройства к точке присутствия (point of presence, POP), где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых домах, квартирах или многоквартирных домах, на цокольных или чердачных этажах которых располагаются коммутаторы, доводящие линии по всем квартирам с помощью соответствующей технологии передачи.

Такой подход обеспечивает высокий уровень надежности за счет возможности резервирования оптических каналов, и обеспечивает преимущество с существующей «медной» инфраструктурой. [4]

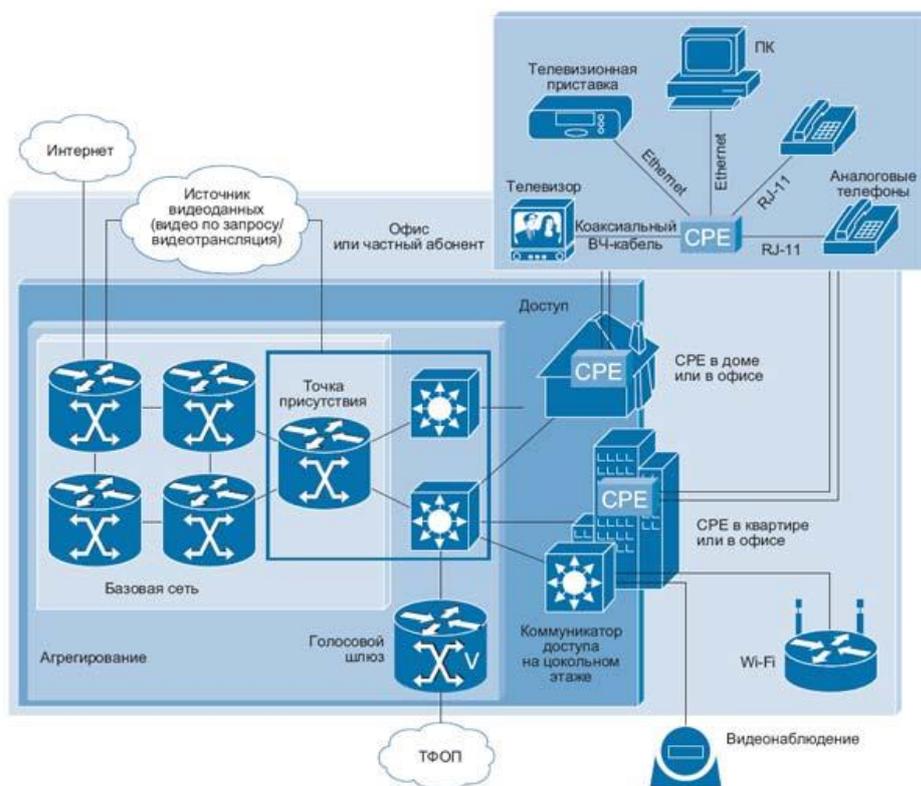


Рисунок 2.4 - Структура Ethernet FTTH с топологией «Звезда».

Решение на базе PON

При использовании решения на базе PON - пассивной оптической сети - для развертывания сети FTTH оптоволоконная линия распределяется по абонентам с помощью пассивных оптических разветвителей (сплиттеров) с коэффициентом деления от 1:64 до 1:128.

В стандартной оптической сети PON (рис.2.5) на стороне провайдера связи используются OLT (Optical Line Terminal), а в качестве абонентских устройств применяются ONT (Optical Network Terminal) или устройства оптической сети (optical network unit, ONU). ONT предназначены для использования отдельным конечным пользователем. Устройства ONU обычно располагаются на цокольных этажах или в подвальных помещениях и совместно используются группой пользователей.

ONT представляет из себя более сложное устройство, чем CPE, используемый в Ethernet решении. Кроме функций предоставления широкополосного доступа и поддержки сервисов, ONT должен дополнительно поддерживать:

- протокол управления доступом к PON
- лазеры пакетного режима (burst-mode lasers), обеспечивающие передачу данных ONT только в определенные терминалом OLT отрезки времени
- повышенная мощность сигнала (требуется учитывать потери на делителях и пр.)
- шифрование
- высокая производительность

Эти дополнительные функции обуславливают значительно более высокую стоимость устройства ONT для архитектуры PON, чем устройства Ethernet FTTH CPE. [4,12]

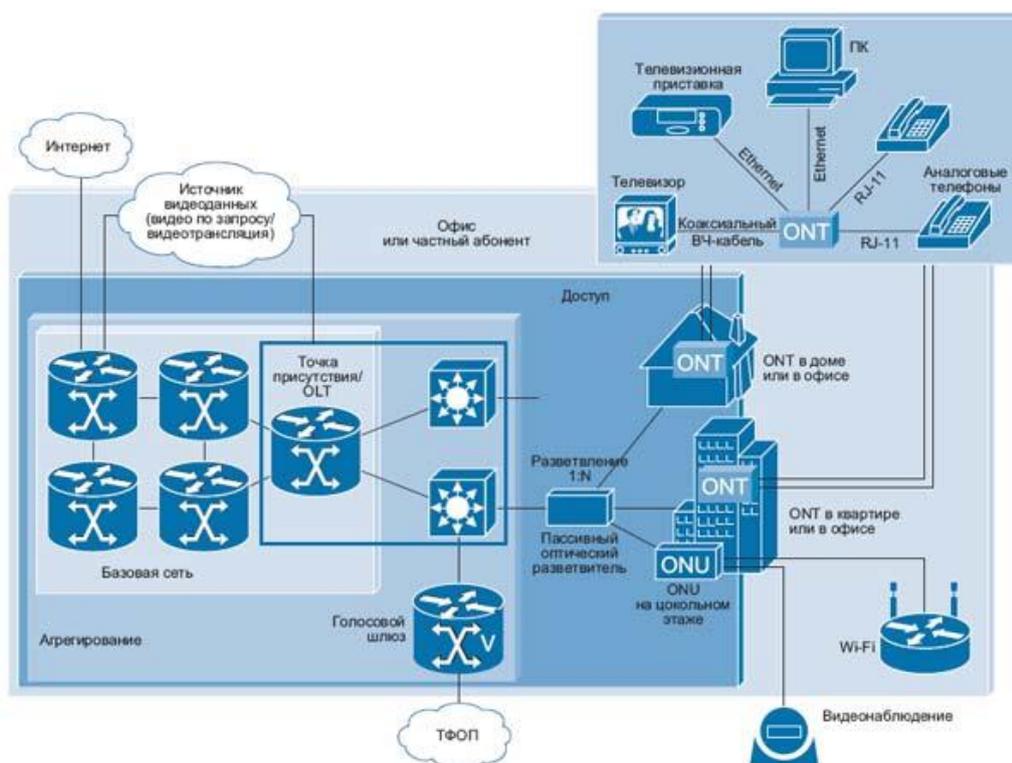


Рисунок 2.5 - Структура FTTH на базе пассивной оптической сети (PON).

2.3 Реализация мультисервисной сети связи района Триумфальной Арки г. Курск

В соответствии с требованиями технологии FTTH на базе Ethernet, была спроектирована мультисервисная сеть доступа для района Триумфальной Арки (рис. 2.6).

Данная сеть состоит из трех основных уровней:

1. Уровень ядра;
2. Уровень агрегации;
3. Уровень доступа

Уровень ядра, на этом уровне расположены 2 управляемых коммутатора (ядро) третьего уровня. Данные коммутаторы обеспечивают прием и передачу данных между уровнем агрегации и интернет провайдером, а также провайдерами IP-телевидения и IP-телефонии. Уровень агрегации состоит из коммутаторов агрегации второго уровня, он выполняет прием и передачу данных между уровнем ядра и уровнем доступа. Уровень доступа состоит из коммутаторов доступа, которые располагаются в подъезде здания и обеспечивают прием/передачу данных между уровнем агрегации и абонентом. Подключение между уровнями осуществляется с помощью оптоволоконного кабеля, что позволяет осуществить пропускную способность для предоставления всех заявленных услуг без потери качества.

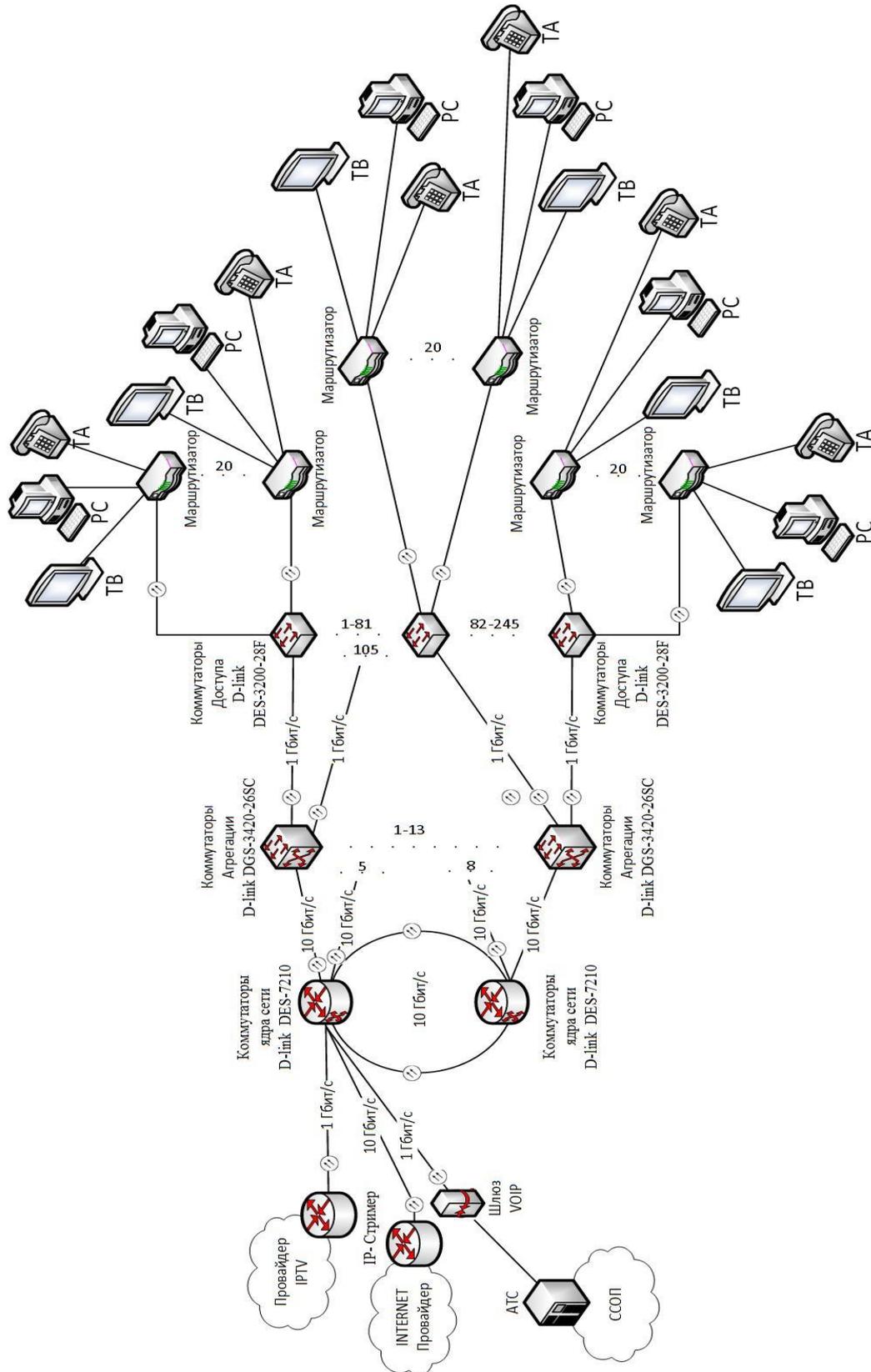


Рисунок 2.6 – Схема организации сети

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

11070006.11.03.02.112.ПЗВКР

На уровне ядра присутствуют два коммутатора третьего уровня D-link DES-7210, в один из которых подключены устройства предоставляющие доступ к мультисервисным сервисам, а именно включаются следующие устройства: IP-стример от провайдера предоставляющего услуги IP-телевидения, маршрутизатор провайдера, который предоставляет услуги доступа в интернет и VoIP шлюз, предоставляющий услуги телефонии.

Маршрутизатор провайдера, который предоставляет выход в интернет, подключается в порт коммутатора посредством оптического кабеля и обеспечивает скорость передачи данных между ними 10 Гбит/с.

VoIP шлюз соединяется с портом коммутатора уровня ядро, также с помощью оптического кабеля и SFP модулей. Скорость данного соединения 1 Гбит/с.

IP-стример, предоставляющий услуги телевидения, включается в порт коммутатора третьего уровня посредством оптического кабеля и модулями SFP со стороны ядра и стримера.

Уровень ядра сети связи соединен с коммутаторами второго уровня (уровень агрегации) также с помощью оптического волокна и имеет пропускную способность 10 Гбит/с.

Уровень агрегации состоит из тринадцати коммутаторов второго уровня D-link DGS-3420-26SC с двадцатью четырьмя SFP портами. Данный коммутатор имеет 26 портов, все они имеют возможность подключить оптическое волокно с помощью SFP модуля, поэтому соединение с уровнями ядра и доступа осуществляется с помощью оптического кабеля. Что позволит передать данные со скоростью 1 Гбит/с на уровень доступа. Уровень ядра также соединяется с коммутаторами второго уровня, посредством оптического интерфейса, так как коммутаторы третьего уровня (уровень ядра) тоже имеет порты с оптическим интерфейсом SFP, подключение обеспечивается со скоростью 10 Гбит/с.

Уровень доступа, в соответствии со структурной схемой организации связи, включает в себя коммутаторы доступа D-link DES-3200-28F располагающиеся в подъездах, которые соединены с коммутаторами уровня агрегации D-link DGS-3420-26SC с помощью оптического кабеля. Скорость подобных соединений составляет 1 Гбит/с. Абоненты также соединяются с коммутаторами доступа посредством оптического кабеля. Скорость на этом участке составляет 100 Мбит/с.

Было принято решение на участке от уровня доступа до абонента использовать оптическое волокно, а не витую пару. Поскольку, витая пара накладывает ограничения на длину используемого кабеля. Длина сегмента выполненным на витой паре не должна превышать 100 метров, что является ограничением на радиус обслуживания одного коммутатора доступа. С оптическим кабелем таких ограничений нет, что дает возможность существенно увеличить расстояние прокладки кабеля до абонента.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

3 РАСЧЕТ НАГРУЗОК

В проектируемой сети связи основную полосу пропускания занимают услуги IP – телефонии, передачи данных внутри сети, IPTV и доступа к глобальной сети Internet (услуги Triply Play). Для предоставления остальных услуги требуется полоса пропускания существенно меньшая. Исходя из этого рассчитаем требуемую полосу пропускания для услуг Triply Play и учтем необходимый запас для предоставления оставшихся услуг. [11]

Для правильной оценки характеристик и расчета требуемой пропускной способности для предоставления комплексной услуги Triply Play используем параметры, основанные на статистических данных, адаптированные к российскому рынку услуг связи. 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.

3.1 Расчет трафика телефонии

Для организации услуг IP телефонии необходимо рассчитать требуемую полосу пропускания. Исходными данными для расчета являются:

1. количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского концентратора, $N_{SIP}=14700$ абонентов;
2. тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
3. длина заголовка IP пакета, 58 байт.

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети телефонного трафика, поступающего на концентратор, при условии использования кодека определяется следующим образом:

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч. голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит} / \text{байт}}, \text{ байт}, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{звуч. голоса}}$ - время звучания голоса [мс], $v_{\text{кодирования}}$ - скорость кодирования речевого сигнала [Кбит/с].

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

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

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит:

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт}, \quad (3.2)$$

где L_{Eth} , L_{IP} , L_{UDP} , L_{RTP} – длина заголовка Ethernet, IP, UDP, RTP протоколов соответственно [байт], $Y_{\text{полезн}}$ – полезная нагрузка голосового пакета, [байт].

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

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

$$ППр_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \text{ бит} / \text{байт} \cdot 50_{\text{pps}}, \text{ Кбит} / \text{с}, \quad (3.3)$$

где $V_{\text{пакета}}$ – размер голосового пакета, [байт].

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

В проектируемой МСС устанавливается точка присутствия, в которой имеется 14700 голосовых портов. С помощью средств подавления пауз обычный голосовой вызов можно сжать примерно на 50 процентов (по самым консервативным оценкам – 30%). Исходя из этого, необходимая полоса пропускания WAN для нашей точки присутствия составит

$$ППр_{\text{WAN}} = ППр_1 \cdot N_{\text{SIP}} \cdot VAD, \text{ Мбит} / \text{с}, \quad (3.4)$$

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

$$ППр_{WAN} = 30 \cdot 14700 \cdot 0,7 = 309 \text{ Мбит/с.}$$

Результаты могли быть другими, если бы использовались другие средства кодирования/декодирования (CODEC), изменилась средняя продолжительность вызова. Кроме того, на конечный результат может повлиять тип используемого приложения. Так, например, передача музыки вызывающему абоненту, который ждет ответа оператора, не позволяет использовать средства подавления пауз.

3.2 Расчет трафика видеопотоков

Для определения среднего количества абонентов, приходящихся на один сетевой узел, используем формулу:

$$AVS = NS/FN, \text{ аб,} \quad (3.5)$$

где NS – общее число абонентов, [аб], FN – количество оптических сетевых узлов, [шт].

$$AVS = 14700/13 = 1131 \text{ аб.}$$

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

$$IPVS \text{ Users} = AVS \cdot IPVS \text{ MP} \cdot IPVS \text{ AF} \cdot IPVS \text{ SH}, \text{ аб,} \quad (3.6)$$

где $IPVS \text{ MP}$ – коэффициент проникновения услуги IP TV, $IPVS \text{ AF}$ – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV одновременно в ЧНН, $IPVS \text{ SH}$ – коэффициент, показывающий, сколько различных программ одновременно принимается в одном доме.

$$IPVS \text{ Users} = 1131 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 425 \text{ аб.}$$

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

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

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{ потоков,} \quad (3.7)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео, UUS=1 – количество абонентов, приходящихся на один видеопоток.

$$IPVS\ US = 425 * 0,3 * 1 = 128 \text{ потоков}$$

Один групповой поток принимается одновременно несколькими абонентами, следовательно, количество индивидуальных потоков

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users * IPVS\ MU, \text{ потоков,} \quad (3.8)$$

где IPVS MU – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$IPVS\ MS = 425 * 0,7 = 298 \text{ потоков}$$

Количество доступных групповых видеопотоков зависит от количества программ, предоставляемых провайдером. В отличие, от классической вещательной системы, где каналы транслируются всегда, даже при отсутствии использования, характерной особенностью трансляции в сети с услугой IPTV является то, что не все потоки одновременно транслируются внутри некоторого сегмента обслуживания. На нашей сети будет предоставляться 60 программ, то есть доступно 60 групповых видеопотоков.

Рассчитаем, максимальное количество видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков,} \quad (3.9)$$

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

$$IPVS\ MSM = 60 * 0,7 = 42, \text{ видеопотока.}$$

Получаем, что в сегменте с 25 активными абонентами необходимо транслировать 42 групповых видеопотока, т.е. из 60 доступных каналов используется только часть. Результат будет другим при изменении числа активных абонентов в сети, например, если в сети есть только один активный абонент, он будет смотреть один канал, и в сети будет транслироваться только один видеопоток. Если в некоторый период в сети 10 абонентов, то некоторые из них будут смотреть одинаковые каналы, и тогда необходимо транслировать не 10, а, возможно, 6 видеопотоков. И, наконец, если в сети 1000 абонентов, то большинство из них будут смотреть около 10 самых популярных каналов, а остальные абоненты будут принимать другие каналы.

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого со спутника, составляет 5 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит:

$$IPVSB = VSB*(1+SVBR)*(1+OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.10)$$

где VSB – скорость трансляции потока в формате MPEG-2, Мбит/с, SVBR – запас на вариацию битовой скорости.

$$IPVSB = 5*(1+0,2)*(1+0,1) = 5,28, \text{ Мбит/с}$$

Для передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 по IP сети в режимах группового и индивидуального вещания необходима пропускная способность соответственно:

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.11)$$

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.12)$$

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

$$IPVS\ MNB = 128*5,28 = 675,84 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 298*5,28 = 1573,44 \text{ Мбит/с}$$

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

$$IPVS\ MNB\ M = IPVS\ MSM * IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.13)$$

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

$$IPVS\ MNB\ M = 42 * 5,28 = 221,76 \text{ Мбит/с.}$$

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

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.14)$$

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

$$AB = 675,84 + 1573,44 = 2249,28 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для предоставления услуги IP TV на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 2249,28 Мбит/с.

3.3 Расчет трафика передачи данных

Компьютерные сети изначально предназначены для совместного доступа пользователя к ресурсам компьютеров: приложениям, файлам, принтерам и т.п. а так же для передачи мультимедийного трафика. Трафик, создаваемый этими традиционными службами компьютерных сетей, имеет свои особенности и существенно отличается от трафика сообщений в телефонных сетях или, например, в сетях кабельного телевидения. Трафик компьютерных данных характеризуется крайне неравномерной интенсивностью поступления сообщений в сеть. Так, коэффициент пульсации трафика отдельного пользователя сети, равный отношению средней интенсивности обмена данными к максимально возможной, может

достигать 1:50 и даже 1:100. Но если число абонентов, обслуживаемых коммутаторами, достаточно велико, то пульсации отдельных абонентов в соответствии с законом больших чисел распределяются во времени так, что их пики не совпадают и коэффициент пульсации на магистральных каналах значительно снижается.

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

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (3.15)$$

где TS – число абонентов на одном сетевом узле, [аб], DAAF – процент абонентов, находящихся в сети в ЧНН.

$$AS = (14700/13) * 0,8 = 905 \text{ аб}.$$

В час наибольшей нагрузки в сети находится 905 человек с одного сетевого узла, охватывающего 1200 абонента.

Абоненты время от времени передают и принимают данные и, как правило, объем передаваемых данных значительно меньше объема принимаемых данных. Каждому абоненту необходимо обеспечить заявленную пропускную способность. Далее определим среднюю пропускную способность сети, требуемой для обеспечения нормальной работы пользователей.

Средняя пропускная способность для приема данных составит:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.16)$$

где AS - количество активных абонентов, [аб], ADBS – средняя скорость приема данных, [Мбит/с], OHD – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке.

$$BDDA = (905 * 2) * (1 + 0,1) = 1991 \text{ Мбит/с}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.17)$$

где AS - количество активных абонентов, [аб], $AUBS$ – средняя скорость передачи данных, [Мбит/с], OHU – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке.

$$BUDA = (905 * 0,5) * (1 + 0,15) = 520,4 \text{ Мбит/с}$$

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

$$PS = AS * DPAF, \text{ аб}, \quad (3.18)$$

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

$$PS = 905 * 0,7 = 634 \text{ аб.}$$

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

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.19)$$

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

$$BDDP = (634 * 3) * (1 + 0,1) = 2092,2 \text{ Мбит/с}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.20)$$

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

$$BUDP = (634 * 1,5) * (1 + 0,15) = 1093,65 \text{ Мбит/с}$$

Из расчета видно, что пиковая пропускная способность для передачи данных выше средней пропускной способности.

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

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.21)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.22)$$

где BDD – пропускная способность для приема данных, [Мбит/с], BDU – пропускная способность для передачи данных, [Мбит/с].

$$BDD = \text{Max} [1991; 2092,2] = 2093,2 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max} [520,4; 1093,65] = 1093,65 \text{ Мбит/с}$$

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

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с}, \quad (3.23)$$

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

$$BD = 2093,2 + 1093,65 = 3186,85 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для передачи данных между абонентами сети на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 3186,85 Мбит/с.

3.4 Расчет трафика предоставления услуг доступа сети Internet

Все расчеты параметров проектируемой сети приводятся, принимая во внимание следующие исходные данные:

Только 10% из числа пользователей могут находиться в сети одновременно. Из них 20% в час наибольшей нагрузке (ЧНН). Из этих 20% только 25% загружают данные.

Определим число активных пользователей, работающих на средней скорости по формуле:

$$N_{act\ subser} = HNP * DP * DAAF, \text{ аб}, \quad (3.24)$$

где ННР – общее число абонентов проектируемой сети; DP – характеристика проникновения трафика данных; DAAF – фактор активности.

$$N_{act\ subser} = 14700 * 0,1 * 0,2 = 294, \text{ аб}$$

Далее рассчитаем количество абонентов одновременно принимающих и передающих данные по формуле:

$$Peak_{subser} = HNP * DP * DPeakAF, \text{ аб} \quad (3.25)$$

$$Peak_{subser} = 14700 * 0,1 * 0,1 = 147, \text{ аб}$$

Для определения требуемой полосы пропускания для среднего и пикового трафика необходимо рассчитать среднюю и пиковую полосу пропускания в ЧНН для восходящего и нисходящего трафика и выбрать из них максимальный.

$$BWDA = (N_{act\ subser} * BWA_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (3.26)$$

$$BWDPeak = (Peak_{subser} * BWP_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (3.27)$$

где $BWA_{per\ subser}$ - средняя полоса пропускания, приходящаяся на 1 абонента (1800 кбит/с); $BWP_{per\ subser}$ – пиковая полоса пропускания на 1 абонента (4000 кбит/с); OH – отношение длины заголовка к длине пакета (0,1).

$$BWDA = (294 * 1800) * (1 + 0,1) = 582,12, \text{ Мбит/с},$$

$$BWDPeak = (147 * 4000) * (1 + 0,1) = 646,8, \text{ Мбит/с}$$

Для определения требуемой полосы пропускания определим максимальное значение между пиковой и средней пропускной способностью:

$$BWData = MAX [BWDA; BWDPeak], \text{ Мбит/с} \quad (3.28)$$

$$BWData = MAX [582,12; 646,8] = 646,8 \text{ Мбит/с}$$

Таким образом для реализации услуги доступа к глобальной сети Internet полоса пропускания каждого проектируемого узла должна составлять 646,8 Мбит/с.

3.5 Определение телетрафика МСС

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

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = \text{ППр}_{\text{WAN}} + \text{AB} + \text{BD} + \text{BWData}, \text{ Мбит/с}, \quad (3.29)$$

где ППр_{WAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии, [Мбит/с]; AB – пропускная способность для видеопотоков, [Мбит/с]; BD – пропускная способность для трафика данных, [Мбит/с]; BWData – пропускная способность для предоставления услуги доступа к сети Internet, [Мбит/с].

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = 309 + 2249,28 + 3186,85 + 646,8 = 6,4 \text{ Гбит/с}$$

Из расчета можно сделать вывод, что требуемую полосу пропускания внутри сетевого узла может обеспечить технология 10 Gigabit Ethernet. Также и для организации связи между сетевыми узлами необходимо использовать технологию 10 Gigabit Ethernet.

4 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор оборудования для мультисервисной сети связи, является неотъемлемым этапом проектировки сети. Так от хорошо подобранного оборудования будет зависеть отказоустойчивость, надежность и качество разрабатываемой сети.

При выборе оборудования, учитываются соотношение цена/качество приобретаемого оборудования. Оборудование должно отвечать высоким требованиям, обеспечивать высокую надежность, отказоустойчивость, обеспечивать качественный сервис абонентам.

В настоящее время существует множество компаний занимающиеся производством сетевого оборудования, но далеко не каждая удовлетворяет требованиям, которые указаны выше.

В данной выпускной квалификационной работе использовалось оборудование компании D-link. Данная компания была основана в 1986 году и успела зарекомендовать себя как хороший разработчик и производитель сетевого и телекоммуникационного оборудования. Компания D-link имеет оптимальные ценовые решения и предоставляет качественное оборудование.

4.1 Оборудование IP – телефонии

Для связи IP-сети с сетью связи общего пользования необходимо наличие голосового шлюза, в качестве него используется оборудование производителя D-link, модель DVG-3032S.

Универсальная коммуникационная система, которая поддерживает самый популярный VoIP-протокол SIP и все современные голосовые кодеки.

D-Link DVG-3032S — это VoIP-шлюз, спроектированный специально для использования в средних и крупных организациях сетей связи. Основное предназначение данного устройства заключается в интеграции существующей системы IP-телефонии с телефонной сетью общего пользования для возможности

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

принятия и совершения внутригородских, междугородних и международных звонков прямо с IP-телефонов абонентов. [22]

Основные особенности:

Интерфейсы устройства:

- 32 порта FXO с 2 разъемами RJ-21
- Порт 10/100BASE-TX RJ-45 WAN
- Порт 10/100BASE-TX RJ-45 LAN

Типы подключений

- DHCP-клиент
- PPPoE-клиент
- PPTP

4.2 Оборудование уровня ядра сети

В качестве ядра сети используются управляемые коммутаторы третьего уровня марки D-link модель DES-7210 имеющие по 10 слотов шасси каждый.

Маршрутизирующие коммутаторы серии DES-7200 являются мультисервисными устройствами с высокой плотностью портов и поддержкой IPV6, предназначенными для установки на уровне ядра крупных корпоративных сетей, городских сетей или сетей операторов связи. Устройства обеспечивают высокую производительность обработки данных и возможность построение полностью защищенной сети. Помимо этого, коммутаторы предоставляют распределенную платформу конвергенции сервисов и широкий выбор интерфейсов LAN и WAN, позволяя удовлетворить повышенные требованиям к безопасности и производительности сети, а также предоставляемым сервисам в будущем.

Основные особенности:

Высокая плотность гигабитных/10GE портов.

Устанавливая в шасси модули расширения, пользователи могут получить до 384 гигабитных портов, до 64 10GE портов, до 192 портов SFP, или их комбинаций. Благодаря наличию до 8 слотов для установки дополнительных модулей

						Лист
					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и их широкому выбору типов портов, пользователи могут легко добавлять или заменять модули в соответствии с их требованиями.

Безопасность, производительность и доступность.

Коммутаторы серии DES-7200 обеспечивают расширенную поддержку VLAN, включая GARP/GVRP, 802.1Q VLAN для повышения производительности и безопасности. Для поддержки конвергированных приложений, включая VoIP, ERP, Интранет и видеоконференции, расширенный набор функций L2/L3/L4 QoS/CoS гарантирует доставку трафика критичных к задержкам приложений с надлежащим приоритетом. [22,20]

Максимальная плотность портов

- Порты 10/100/1000Base-T: 384
- Порты 10/100/1000Base-T с поддержкой PoE: 384
- Слоты SFP: 192
- Слоты 10 Gigabit Ethernet XFP: 32

4.3 Оборудование уровня агрегации

На уровне агрегации располагаются управляемые коммутаторы второго уровня D-link DGS-3420-26SC.

Коммутаторы нового поколения серии xStack DGS-3420 предоставляют сетям крупных предприятий и предприятий малого и среднего бизнеса (SMB) высокую производительность, гибкость, безопасность, а также многоуровневое качество обслуживания (QoS). Коммутаторы обеспечивают высокую плотность гигабитных портов для подключения рабочих мест, оснащены портами SFP и 10 Gigabit SFP+ и поддерживают расширенные функции программного обеспечения. Коммутаторы можно использовать в качестве устройств уровня доступа или агрегации с целью создания многоуровневой сетевой структуры с высокоскоростными магистралями и централизованным подключением серверов. Провайдеры услуг могут также использовать преимущества коммутаторов с высокой

плотностью портов SFP для формирования уровня агрегации оптической сети (ФТТВ/ФТТН). [22,20]

Основные особенности:

Интерфейс

- 20 портов SFP
- 4 комбо-порта 10/100/1000BASE-T/SFP
- 2 порта SFP+

Резервный источник питания

DPS-500

Порты

- Консольный порт: RJ-45
- Управляющий порт: 10/100BASE-T
- Сигнальный порт
- Слот для SD-карты

4.4 Оборудование уровня доступа

На данном уровне используются управляемые коммутаторы второго уровня D-link DES-3200-28F.

Коммутатор DES-3200 входят в линейку управляемых коммутаторов D-Link 2 уровня серии xStack, предназначенную для сетей Metro Ethernet (ETTX и FTTX) и корпоративных сетей. Коммутатор оснащен 24 портами 10/100 Мбит/с Fast Ethernet, а также 4 комбо-портами Gigabit Ethernet/SFP. Коммутаторы DES-3200-10/18 выполнены в корпусе шириной 9 дюймов и оснащены пассивной системой охлаждения, подходящей как для настольного использования, так и для установки в телекоммуникационных и распределительных шкафах. Коммутаторы DES-3200-26/28/52 высотой в 1U предназначены для установки в 19-дюймовую стойку и обеспечивают подключение по оптике (24 порта) на скорости 100Мбит/с. [22,20]

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

5 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1 Описание кабельной инфраструктуры

В данной выпускной квалификационной работе, согласно ситуационной схеме трассы прокладки кабеля (рис. 5.1), используется прокладка оптического кабеля в существующей кабельной канализации.



Рис. 5.1 – Ситуационная схема трассы прокладки кабеля

Прокладка в кабельной канализации будет осуществляться двумя типами кабеля. На магистральном участке используется кабель ОКСТМ-10-01-0,22-252, а на разводке кабеля к зданию применяется ОКСТМ-10-01-0,22-32. [16]

Описание:

Модульный оптический кабель связи, бронированный стальной гофрированной лентой, имеет 2-288 волокон.

Имеет одномодовые оптические волокна с расширенной рабочей полосой волн. Значение длительно допустимой растягивающей нагрузки составляет 2,7кН.

Коэффициент затухания на длине волны 1550 нм — 0,22. Применяется в строительстве телефонной канализации, тоннельных и коллекторных сооружениях, шахтах и других объектах.

						Лист
					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Термоустойчивость кабеля позволит работать практически при любых погодных условиях. Способен выдержать температуру монтажа до -10°C , при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$.

Устойчив к воздействию воды, соляного тумана, плесени, к повреждению грызунами.

Для прокладки оптического кабеля в здании, используется кабель КСО-Вниг-НФ(LS)-В-30Е6-0,3/0,5-0,5.

Представляет собой оптические волокна в буферном покрытии с не распространяющей горение оболочкой.

Кабель состоит из 30 оптических волокон стандарта G657 (производство США, Corning). Значение длительно допустимой растягивающей нагрузки равно 0,5 кН, коэффициент затухания на длине волны 1550 нм — 0,3.

Применяется в организации локальных сетей и для коммутации.

Термоустойчивость кабеля позволит вам работать практически при любых погодных условиях: он способен выдержать температуру монтажа до -10°C , транспортировки и хранения — от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$, при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$. [16]

5.2 Расчет количества оборудования

На основании расчетов, произведенных выше, структурной схемы сети связи и ситуационной схемы трассы прокладки кабеля, необходимо вычислить объем оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи.

Исходя из количества абонентов 14700, необходимо рассчитать количество коммутаторов уровня доступа D-link DES-3200-28F. Данный коммутатор имеет 28 портов, но для меньшей нагрузки на него, необходимо использовать 20 портов $14700/20=735$ шт. Так как количество зданий составляет 49, в каждом здании по 5 подъездов и количество абонентов на 1 дом составляет 300, то можно высчитать количество абонентов на подъезд $300/5=60$ абонентов. Для того чтобы

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

обеспечить мультисервисной связью 1 подъезд, необходимо 3 коммутатора доступа, эти коммутаторы объединяются в стек и составляют 1 сетевой узел уровня доступа.

Для расчета уровня агрегации, необходимо посчитать количество сетевых узлов доступа приходящиеся на 49 зданий, $49 \cdot 5 = 245$ сетевых узлов уровня доступа. На уровне агрегации используются коммутаторы D-link DGS-3420-26SC, имеющие 26 портов, но используются 20. Можно высчитать количество коммутаторов агрегации $245/20 = 13$ шт.

Таблица 5.1 Объем оборудования

	Наименование	Количество/длина
1	Коммутатор - D-link DES-7210	2 шт.
2	Коммутатор - D-link DGS-3420-26SC	13 шт.
3	Коммутатор - D-link DES-3200-28F	735 шт.
4	VoIP шлюз D-Link DVG-3032S	1 шт.
5	Антивандальный шкаф (ОПШ)	245 шт.
6	Стойка для сетевого оборудования	4 шт.
7	Оптическая муфта	11 шт.
8	Кабель ОКСТМ-10-01-0,22-252	3 км.
9	Кабель ОКСТМ-10-01-0,22-32	3 км.
10	Кабель КСО-ВнАнг-LS-ДШ-1Е6-0,3/0,5-0,7	44 км.
11	Кабель КСО-Вннг-HF(LS)-В-30Е6-0,3/0,5-0,5	9км.
12	Оптический кросс	11 шт.
13	Оптический SFP модуль 1 Гбит/с	490 шт.
14	Оптический SFP модуль 10 Гбит/с	28 шт.
15	Аренда IPTV каналов	60 шт.
16	Лицензия на телематический услуги	1 шт.

В таблице объема оборудования, представлены данные по оборудованию и кабелям связи, необходимые для организации мультисервисной сети связи.

6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Расчет экономической части, является очень важным этапом в реализации мультисервисной сети связи. Так, от правильности подсчета оборудования, расчета капитальных вложений и расчета предполагаемых доходов, будет зависеть сроки рентабельности данного проекта.

Целью технико-экономического обоснования проекта является анализ его эффективности инвестиционных вложений. А также оценить проект по технико-экономическим показателям по следующим задачам: расчет капитальных вложений и расчет предполагаемых доходов.

6.1 Капитальные вложения

Капитальные вложения представляют собой смету затрат на реализацию проекта и включают в себя все необходимое коммуникационное оборудование (коммутаторы, маршрутизаторы, модемы, абонентские платы), линию связи (кабель, либо стоимость аренды виртуального канала, стоимость аренды частотного ресурса), стоимость лицензионного программного обеспечения.

Расчет капитальных вложений в оборудование и материалы представлен в таблице 6.1. Данная таблица включает в себя все оборудование, необходимое для реализации мультисервисной сети связи. Вклад инвестиций в оборудование по проекту и на ввод его в эксплуатацию составляется из следующих критерий:

- 1) Стоимость, установка и монтаж оборудования;
- 2) Стоимость, прокладка и монтаж кабеля;
- 3) Транспортные расходы (таможенные расходы, тара и упаковка);
- 4) Прочие форс-мажорные расходы.

Таблица 6.1-Капитальные вложения в оборудования и материалы

	Наименование	Кол-во	Стоимость единицы (руб.)	Всего затрат (руб.)
1	Коммутатор - D-link DES-7210	2 шт.	384 844	769 688
2	Коммутатор - D-link DGS-3420-26SC	13 шт.	91 845	1 193 985
3	Коммутатор - D-link DES-3200-28F	735 шт.	25 304	18 598 440
4	VoIP шлюз D-Link DVG-3032S	1 шт.	93 060	93 060
5	Антивандалный шкаф (ОПШ)	245 шт.	3 080	754 600
6	Стойка для сетевого оборудования	4 шт.	11 000	44 000
7	Оптическая муфта	11 шт.	1 266	13 926
8	Кабель ОКСТМ-10-01-0,22-252	3 км.	348 580	1 045 740
9	Кабель ОКСТМ-10-01-0,22-32	3 км.	55 750	167 250
10	Кабель КСО-ВнАнг-LS-ДШ-1Е6-0,3/0,5-0,7	44 км.	8 590	377 960
11	Кабель КСО-Вннг-НF(LS)-В-30Е6-0,3/0,5-0,5	9км.	105 390	948 510
12	Оптический кросс	11 шт.	3 415	37 565
13	Оптический SFP модуль 1 Гбит/с	490 шт.	468	229 320
14	Оптический SFP модуль 10 Гбит/с	28 шт.	4 073	114 044
ИТОГО				24 388 088

Смета затрат составлена согласно следующим источникам [5,23,22,20,16].

Необходимо осуществить расчет необходимых затрат на строительство линейно-кабельных сооружений. Стоимость прокладки 1 км волоконно-оптического кабеля связи составляет 169 тыс. рублей.

Общие затраты на прокладку кабеля составят:

$$K_{каб} = L * Y \quad (6.1)$$

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

Отсюда следует:

$$K_{\text{каб}}(\text{магистральный}) = 6\text{км} * 169\,000\text{р.} = 1\,014\,000\text{ руб.}$$

$$K_{\text{каб}}(\text{внутридомовой}) = 53\text{км} * 52\,000\text{р.} = 2\,756\,000\text{ руб.}$$

$$K_{\text{прок}}(\text{общее}) = K_{\text{каб}}(\text{магистральный}) + K_{\text{каб}}(\text{внутридомовой}) = 1\,014\,000 + 2\,756\,000 = 3\,770\,000\text{ руб.}$$

Стоимость прокладки кабеля вычислена исходя из данных представленных в [23].

С покупкой оборудования предусматриваются следующие расходы:

- 1) Затраты на приобретение оборудования ($K_{\text{пр}}$);
- 2) Транспортные расходы и таможенные расходы ($K_{\text{тр}}$) (составляет $4\% = 0,04$ от затрат приобретения оборудования ($K_{\text{пр}}$));
- 3) Строительно-монтажные расходы ($K_{\text{смп}}$) ($20\% = 0,2$ от $K_{\text{пр}}$);
- 4) Расходы на тару и упаковку ($K_{\text{т/у}}$) ($0,5\% = 0,005$ от $K_{\text{пр}}$);
- 5) Заготовительно-складские расходы ($K_{\text{зср}}$) ($1,2\% = 0,012$ от $K_{\text{пр}}$);
- 6) Прочие непредвиденные расходы ($K_{\text{ппр}}$) ($3\% = 0,03$ от $K_{\text{пр}}$).

Таким образом, транспортные расходы и таможенные расходы от общей суммы:

$$K_{\text{тр}} = 24\,388\,088 * 0,04 = 975\,523,52\text{ руб.}$$

Строительно-монтажные расходы составят:

$$K_{\text{смп}} = 24\,388\,088 * 0,2 = 4\,877\,617,6\text{ руб.}$$

Расходы на тару и упаковку, $0,5\%$ от общей стоимости оборудования:

$$K_{\text{т/у}} = 24\,388\,088 * 0,005 = 121\,940,44\text{ руб.}$$

Заготовительно - складские расходы, $1,2\% = 0,012$ от общей стоимости оборудования:

$$K_{\text{зср}} = 24\,388\,088 * 0,012 = 292\,657,056\text{ руб.}$$

Прочие непредвиденные расходы, $3\% = 0,03$ от общей стоимости оборудования:

$$K_{\text{ппр}} = 24\,388\,088 * 0,03 = 731\,642,64\text{ руб.}$$

Общи капитальные затраты рассчитываются по формуле:

$$KB = K_{\text{об}} + (K_{\text{тр}} + K_{\text{смп}} + K_{\text{т/у}} + K_{\text{зср}} + K_{\text{ппр}})K_{\text{об}} + K_{\text{каб}}, \text{ руб} \quad (6.2)$$

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Следовательно, общие капитальные затраты составят:

$$KB=24\,388\,088+24\,388\,088*(0,04+0,2+0,005+0,012+0,03)+3\,770\,000=$$
$$=35\,157\,469\text{ руб.}$$

6.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Эксплуатационными расходами называются текущие расходы предприятия на производство или предоставление услуг. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети. Эти расходы имеют текущий характер. Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Для определения эксплуатационных расходов по проекту используются следующие статьи:

1. затраты на оплату труда;
2. страховые взносы;
3. амортизация основных фондов;
4. материальные затраты;
5. прочие производственные расходы.

Для подсчета годового фонда заработной платы как правило определяют численность штата производственного персонала. Данные результаты приведены в таблицах 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2-Состав персонала по обслуживанию стационарного оборудования

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	30 000	1	30 000
Инженер-настройщик сети связи.	20 000	3	60 000
Электромонтер	20 000	2	40 000
Итого:		6	130 000

Таблица 6.3-Состав персонала по обслуживанию линейного тракта

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Инженер-спайщик	20 000	2	40 000
Инженер-настройщик сети связи.	15 000	2	30 000
Итого:		4	70 000

Годовой фонд оплаты труда для персонала рассчитывается как:

$$\Phi OT = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб.} \quad (6.3)$$

где: I_i – количество работников каждой категории; P_i – заработная плата работника каждой категории, руб; 12 – количество месяцев; T – коэффициент премии (если премии не предусмотрены, то $T=1$).

Следовательно, годовой фонд составит:

- 1) Для персонала по обслуживанию стационарного оборудования

$$\Phi OT = 130\,000 * 12 * 1,25 = 1\,950\,000 \text{ руб.}$$

- 2) Для персонала по обслуживанию линейного тракта

$$\Phi OT = 70\,000 * 12 * 1,25 = 1\,050\,000 \text{ руб.}$$

Где: 1,25 – размер премии (25%);

Общий годовой фонд оплаты труда составит:

$$\Phi OT_{\text{год}} = 1\,950\,000 + 1\,050\,000 = 3\,000\,000 \text{ руб.}$$

Страховые взносы

Каждое предприятие обязано выплачивать налоги на каждого своего сотрудника, ранее этот налог назывался Единый социальный налог, но с 1 января 2010 года единый социальный налог (ЕСН) был заменён **страховыми взносами**, а его ставка повышена. На сегодняшний день (2016 год) этот показатель составляет порядка 30% от заработной платы.

Страховые взносы рассчитываются по следующей формуле:

$$CB = \Phi OT * 0,3, \text{ руб} \quad (6.4)$$

Исходя из данной формулы страховые взносы:

$$CB = 3\,000\,000 * 0,3 = 900\,000 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления

Под амортизацией понимается процесс постепенного возмещения стоимости основных фондов, в целях накопления средств для реконструкции и приобретения основных средств. Самым распространенным способом оценки амортизации является учет амортизации, составленный исходя из общего срока службы основных фондов, в этом случае:

$$AO = T / F, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

где T – стоимость оборудования,

F – срок службы этого оборудования.

$$AO = 24\,388\,088 / 25 = 975\,523 \text{ руб.}$$

Материальные затраты

Выполняя расчет материальных затрат необходимо знать, что величина материальных затрат складывается из оплаты за электроэнергию для производственных нужд, оплата материалов, запасных частей и др. Данные составляющие материальные затраты можно вычислить следующим образом:

а) затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности станционного оборудования:

$$Z_{\text{эп}} = T * 24 * 365 * P \quad (6.6)$$

где T – тариф на электроэнергию (3,56 руб./кВт · час), P = 38,45 – мощность установок (кВт).

$$Z_{\text{эп}} = 3,56 * 24 * 365 * 38,45 = 1\,199\,086 \text{ руб.}$$

б) затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от основных производственных фондов и определяются по формуле:

$$Z_{\text{мз}} = KB * 0,035 \quad (6.7)$$

где KB – капитальные вложения, затраты на оборудование.

Затраты на материалы и запасные части составят:

$$Z_{мз}=35\ 157\ 469 *0,035= 1\ 230\ 511 \text{ руб.}$$

Общие материальные затраты равны:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз} \quad (6.8)$$

где $Z_{эн}$ – затраты на оплату электроэнергии; $Z_{мз}$ – материальные затраты.

Таким образом, общие материальные затраты составят:

$$Z_{общ}=1\ 199\ 086 +1\ 230\ 511 =2\ 429\ 597 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{пр} = ФОТ * 0,15 \quad (6.9)$$

$$Z_{эк} = ФОТ * 0,25 \quad (6.10)$$

где ФОТ – годовой фонд оплаты труда.

Прочие расходы составят:

$$Z_{пр}= 3\ 000\ 000*0,15=450\ 000 \text{ руб.}$$

$$Z_{эк}= 3\ 000\ 000*0,25=750\ 000 \text{ руб.}$$

Таблица 6.4 – Годовые эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1. ФОТ	3 000 000
2. Страховые взносы	900 000
3. Амортизационные отчисления	975 523
4. Материальные затраты	2 429 597
5. Прочие расходы	1 200 000
6. Аренда каналов Internet	2 400 000
7. Аренда ТВ каналов IPTV	2 520 000
ИТОГО	13 425 120

6.3 Расчет тарифных доходов

Тарифные доходы бывают двух типов: Разовые (подключение абонентов) и текущие (абонентская плата). Предполагается, что в каждой квартире подключат какую-либо услугу, поэтому доходы от подключения вычисляются для всего количества абонентов.

Таблица 6.5 – Количество подключаемых абонентов в определенный период времени (год).

Год	Абоненты	Общее количество подключаемых абонентов
1	3675	3675 (25% от общего - 14700)
2	3671	3671 (33,3% от оставшихся 11025)
3	2758	2758 (37,5% от оставшихся 7354)
4	1103	1103 (24% от оставшихся 4596)
5	919	919 (26,32% от оставшихся 3493)
6	1104	1104 (42,9% от оставшихся 2574)
7	735	735 (50% от оставшихся 1470)
8	551	551 (75% от оставшихся 735)
9	184	184 (100% от оставшихся 184)

В таблице 6.6 представлена стоимость услуг на основании анализа цен других операторов региона, а также цен провайдера-заказчика в соседних регионах.

Таблица 6.6 – Стоимость предоставляемых услуг

Название услуги	Стоимость предоставления
абонентская плата за подключение	90
IP-Телевидение, абонентская плата	200
IP-Телефония, абонентская плата	100
Доступ в Интернет, абонентская плата	200

Необходимо вычислить разовую абонентскую плату за подключение к сети, она вычисляется как: $D_{\text{год}} = N_{\text{физл}} * B_{\text{физл}}$

где $N_{\text{физл}}$ – размер платы за подключение абонентов к сети;

B – количество абонентов, пользующихся конкретной услугой.

Годовой доход за предоставление абонентам доступа к различным услугам рассчитывается как:

$$D_{\text{год}} = \sum_{i=1}^J N_i * B_i * 12 \quad (6.11)$$

где N – размер абонентской платы за конкретный вид услуги в месяц; B – количество абонентов, пользующихся конкретной услугой.

Не каждый абонент будет иметь желание подключаться ко всем услугам, поэтому предположим, что среди абонентов 70% дополнительно подключат себе IP-TV, и 20% IP-Телефонию (кроме доступа к сети интернет).

Таблица 6.6 – Доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам.

Год	Количество абонентов	Доход, руб.		
		От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	3675	330750	1322900	16205550
2	3671	330390	1321400	16187190
3	2758	248220	992700	12160620
4	1103	99270	397000	4863270
5	919	82710	330700	4051110
6	1104	99360	397200	4865760
7	735	66150	264500	3240150
8	551	49590	198200	2427990
9	184	16560	66000	808560

6.3 Определение оценочных показателей проекта

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец i -го периода времени. 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 (6.12):

$$NPV = PV - IC \quad (6.12)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (6.13); IC – отток денежных средств в начале n -го периода, рассчитываемый по формуле (6.14).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (6.13)$$

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

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6.14)$$

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

В таблице 6.7 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями: ставка дисконта 11 % (2016).

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

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

Таблица 6.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	48582589	48582589	-48582589
1	16205550	14599594,6	13425120	60677292	-46077697,11
2	32061990	40621824,9	13425120	71573420	-30951595,33
3	43892220	72715437,9	13425120	81389752	-8674314,397
4	48507270	104668679	13425120	90233295	14435384,45
5	52459110	135800608	13425120	98200450	37600157,65
6	57242160	166404604	13425120	105378067	61026536,55
7	60382950	195488560	13425120	111844389	83644170,33
8	62744790	222715187	13425120	117669905	105045281,9
9	63503760	247540379	13425120	122918117	124622262,8

Из таблицы оценки экономических показателей проекта с учетом дисконта, видно, что окупаемость проекта наступит на 4 году эксплуатации, т.к. мы имеем положительный NPV.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (6.15)$$

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.

$$PP = 4,37 \text{ года}$$

Срок окупаемости от начала проекта, составит 4 года и 4 месяца.

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле (6.16):

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (6.16)$$

$$PI = 104668679 / 90233295 = 1,16$$

Если $PI > 1$, то проект следует принимать; если $PI < 1$, то проект следует отвергнуть; если $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Экономический смысл показателя IRR заключается в том, что предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i$$

где i – ставка дисконтирования

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

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (6.17)$$

где i_1 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV > 0$; i_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV < 0$. Для описанного выше примера будем иметь: $i_1 = 11\%$, при котором $NPV_1 = 14435384,45$ руб.; $i_2 = 42\%$ при котором $NPV_2 = -45863,7$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 11 + \frac{14435384}{14435384 - (-45863,7)} (42 - 11) = 41,69\%$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 41.69%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 11%, таким образом, проект следует принять. В случае если, $IRR < i$ проект нецелесообразен для реализации.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

В данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен общий доход от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 6.8.

Таблица 6.8 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	14 700
Капитальные затраты, руб	35 157 469
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	13 425 120
Расходы на оплату производственной электроэнергии	1 199 086
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	1 230 511
Фонд оплаты труда	3 000 000
Страховые взносы	900 000
Амортизационные отчисления	975 523
Доходы (NPV), руб	14 435 384,45
Внутренняя норма доходности (IRR), %	41,69
Индекс рентабельности (PI),%	16
Срок окупаемости, год	4 года и 4 месяца

Из расчетов произведенных выше видно, что данный проект окупится через 4 года и 4 месяца. Данные показатели обусловлены тем, что на данной территории находится большое количество абонентов и их высокой плотностью.

7 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА

7.1 Анализ травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии

Анализ травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии производится на основе аттестации по условиям труда.

Результаты аттестации используются в целях:

- паспортизации организации на соответствие требованиям по охране труда;
- установления коэффициента класса профессионального риска для определения страхового тарифа страхователя (работодателя) при страховании от несчастного случая и профессионального заболевания;
- обоснования предоставления льгот и компенсаций работникам, занятым на работах с вредными и опасными условиями труда, в предусмотренном законодательном порядке для включения их в коллективный договор;
- решения вопроса о связи заболевания с профессией при подозрении на профессиональное заболевание, усыновление диагноза профзаболевания, в том числе при решении споров, разногласий в судебном порядке;
- рассмотрение вопроса о необходимости приостановления эксплуатации производственного объекта, изменении технологий, представляющих непосредственную угрозу жизни и здоровью работников;
- планирование и проведение мероприятий по охране и условиям труда в организациях в соответствии с действующими нормативными правовыми документами;
- составления отчетности о состоянии условий труда, льготах и компенсациях, предоставляемых за работу с вредными и опасными условиями труда;

– ознакомления работников при приёме на работы) с условиями труда, их влиянием на здоровье и необходимыми средствами индивидуальной защиты.

Сроки проведения аттестации устанавливаются организацией, исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 3 года с момента проведения последних измерений.

Внеочередной аттестации подлежат производственные объекты после замены производственного оборудования, изменения технологического процесса, реконструкции средств коллективной защиты и другое, а также по требованию органов Государственного надзора и контроля за охраной труда при выявлении нарушений проведения аттестации.

Измерения параметров опасных и вредных производственных факторов проводятся лабораториями, получившими на это разрешение от региональных органов охраны и условий труда.

Для организации и проведения аттестации издаётся приказ, в соответствии с которым создаётся постоянно действующая аттестационная комиссия в составе председателя, членов и ответственного за составление, ведение, хранение документации по аттестации.

В состав аттестационной комиссии организации рекомендуется включать специалистов служб охраны труда, отдела труда и заработной платы, руководителей производственных объектов, медицинских работников, уполномоченных лиц по охране труда профессиональных союзов или трудового коллектива.

Аттестационная комиссия:

- осуществляет методическое руководство и контроль за проведением работы на всех её этапах;
- формирует необходимую нормативно-справочную базу для проведения аттестации и организует её изучение;
- выявляет на основе анализа причин производственного травматизма наиболее травмоопасные участки, работы и оборудование;

– составляет и готовит к утверждению перечень производственных объектов организации, имеющих опасные и вредные факторы производственной среды, исходя из характеристик технологического процесса, состава и технического состояния оборудования применяемого сырья и материалов, данных ранее проводившихся замеров опасных и вредных производственных факторов, жалоб работников на условия труда;

– составляет и утверждает график проведения аттестации на производственных объектах организации;

– присваивает коды производственным объектам для проведения автоматизированной обработки результатов аттестации;

– разрабатывает предложения по улучшению и оздоровлению объектов к их сертификации на соответствие требованиям по безопасности труда.

Замеры уровней производственных факторов проводятся по методикам, утвержденным в установленном порядке. Измерения физических, химических факторов должны выполняться в процессе работы в соответствии с технологическим регламентом, при исправных средствах коллективной и индивидуальной защиты и оформляться протоколами в соответствии с Альбомом форм медицинской документации.

Величина отклонения показателя фактического уровня исследуемого производственного фактора над допустимым (ПДК, ПДУ) в сторону превышения свидетельствует о наличии вредного производственного фактора в рабочей зоне.

Каждое наименование вредного производственного фактора соответствует одному классу профессионального риска. Суммарная величина не может быть выше всех имеющихся вредных факторов и является показателем класса профессионального риска производственного объекта.

Оценка травмобезопасности производственных объектов проводится организациями самостоятельно.

Травмобезопасность оценивается исходя из класса профессионального риска в зависимости от уровня травматизма и профессиональных заболеваний и

класса профессионального риска в зависимости от технического состояния безопасности оборудования, машин, механизмов.

Класс профессионального риска в зависимости от уровня травматизма определяется на основании среднего показателя (Коэффициента риска - K_p), рассчитанного по динамике производственного травматизма на производственном объекте за последние три года, предшествующие аттестации.

Класс профессионального риска в зависимости от технического состояния оборудования, машин, механизмов определяется исходя из уровня сертификации обследуемых технических средств на производственном объекте.

Наличие сертификатов на каждое производственное оборудование, машины, механизмы, правильность ведения и соблюдения требований нормативных документов характеризует степень обеспечения безопасности труда в этом случае класс профессионального риска считается минимальным.

Для оборудования, машин, механизмов, не имеющих сертификат установленного образца, оценка травмобезопасности может быть осуществлена на основании разработанных и согласованных с местными органами стандартизации и метрологии мероприятий по подготовке к сертификации.

При отсутствии указанных мероприятий органы государственного контроля и надзора рассматривают вопрос о необходимости приостановления эксплуатации оборудования, машин, механизмов производственного объекта, представляющего непосредственную угрозу жизни и здоровью работников.

При полном отсутствии сертификатов на все виды оборудования, машин, механизмов класс профессионального риска в зависимости от технического состояния оборудования, машин, механизмов производственного объекта оценивается по максимальной шкале.

Оценка травмобезопасности при наличии двух разных показателей классов профессионального риска по травмобезопасности устанавливается по наиболее высокому классу. [18]

7.2 Требования к рабочему месту

При организации рабочего места должны учитываться следующие требования:

- достаточное рабочее пространство, позволяющее человеку осуществлять необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании;
- оптимальное размещение оборудования;
- необходимое естественное и искусственное освещение;
- наличие необходимых средств защиты работающего персонала от действия вредных и опасных производственных факторов.

Многие производственные процессы сопровождаются значительным шумом. Чрезмерный шум на производстве и в быту, уровень которого не соответствует существующим санитарным нормам, оказывает вредное влияние на организм человека: развивает тугоухость и глухоту, расшатывает центральную нервную систему, вызывает головные боли и бессонницу, учащается пульс и дыхание, изменяется кровяное давление.

Шум является причиной более быстрого, чем в нормальных условиях, утомления и снижения работоспособности человека.

Работа человека в условиях чрезмерного шума ослабляет внимание, что может прослужить причиной производственного травматизма.

Шум приводит к быстрой утомляемости человека, что в свою очередь ведет к производственным ошибкам.

Необходимо, чтобы уровень шума в помещениях не превышал допустимых пределов звукового давления на рабочих местах. Снижение шума достигается следующими методами:

- уменьшение шума в источнике;
- акустическая обработка помещений;
- уменьшение шума на пути его распространения;
- рациональная планировка помещения.

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей.

Микроклимат производственных помещений оказывает значительное влияние на работоспособность человека и его самочувствие, определяет теплообмен организма человека с окружающей средой.

Температура воздуха оказывает существенное влияние на самочувствие и результаты труда человека. Низкая температура вызывает охлаждение организма и может способствовать возникновению простудных заболеваний. При высокой температуре возникает перегрев организма, что ведет к повышенному потовыделению и снижению работоспособности. Работник теряет внимание, что может стать причиной несчастного случая.

Повышенная влажность воздуха затрудняет испарение влаги с поверхности кожи и легких, что ведет к нарушению терморегуляции организма и, как следствие, к ухудшению состояния человека и снижению работоспособности. При пониженной относительной влажности (менее 20%) у человека появляется ощущение сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Температура воздуха в помещении должна составлять 20-25 градусов Цельсия (в зависимости от времени года).

На организм человека и работу аппаратуры большое влияние оказывает влажность воздуха. В соответствии с нормами ее значения должно быть 55-60%. При относительной влажности воздуха 70-80% снижается сопротивление, изоляции, изменяются рабочие характеристики элементов. Помимо перечисленных параметров также имеют значение скорость движения воздуха (0.2м/с) и запыленность воздушной среды.

К системам освещения предъявляются следующие требования:

1. Обеспечение равномерного распределения яркости;
2. Обеспечение равномерного распределения яркости;

3. Устранение прямой и отраженной блеклости;
4. Обеспечение постоянства освещенности и отсутствия всяческих колебаний;

Правильное освещение рабочих мест обеспечивает безопасные и здоровые условия труда.

Освещение, соответствующее санитарным нормам, является главнейшим условием гигиены труда и культуры производства. При хорошем освещении устраняется напряжение зрения, ускоряется темп работы. При недостаточном освещении глаза сильно напрягаются, темп работы снижается, утомляемость работников увеличивается, качество работы снижается. Недостаточное освещение рабочих мест отрицательно влияет на хрусталик глаза, что может привести к близорукости. Чрезмерно яркое освещение раздражает сетчатую оболочку глаза, вызывает ослепленность. Глаза работников сильно устают, зрительное восприятие ухудшается, растет производственный травматизм, производительность труда падает. При хорошо организованном, рациональном освещении, соответствующем санитарным нормам, эти недостатки устраняются.

На автоматизированном рабочем месте оператора-связиста (диспетчерская) в общем случае используются:

- средства отображения информации индивидуального пользования (блоки отображения дисплея, устройство сигнализации и т.д.);
- средства управления и ввода информации (пульт дисплея, клавиатура управления, отдельные органы управления и т.д.);
- устройства связи и передачи информации (модемы, телеграфные и телефонные аппараты);
- устройства документирования и хранения информации (устройства печати, магнитной записи и т.д.)
- вспомогательное оборудование (средства оргтехники, хранилища для носителей информации, устройства местного освещения).

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На автоматизированном рабочем месте должна быть обеспечена информационная и конструктивная совместимость используемых технических средств, антропометрических и психофизиологических характеристик человека.

При организации рабочего места должны быть учтены не только факторы, отражающие опыт, уровень профессиональной подготовки, индивидуально-личные свойства операторов-связистов, но и факторы, характеризующие соответствие форм, способов представления и ввода информации психофизиологическим возможностям человека.

При оптимизации процедур взаимодействия операторов-связистов с техническими средствами в условиях автоматизации эргономические факторы выступают в качестве основных, обуславливающих вероятно-временные характеристики и напряжённость работы. Эти факторы могут оказаться весьма чувствительными к вариациям индивидуально-личностных свойств оператора.

Размещение технических средств и кресла операторов в рабочей зоне должно обеспечивать удобный доступ к основным функциональным узлам и блокам аппаратуры для проведения технической диагностики, профилактического осмотра и ремонта; возможность быстро занимать и покидать рабочую зону; исключение случайного приведения в действие средств управления и ввода информации; удобную рабочую позу и позу отдыха. Кроме того, схема размещения должна удовлетворять требованиям целостности, компактности и технико-эстетической выразительности рабочей позы. [17]

7.3 Экологическая безопасность на предприятиях связи

Технологические процессы, происходящие во время работы проектируемого оборудования, не производят промышленных отходов в окружающую среду. После выполнения строительно-монтажных работ, для предотвращения травм обслуживающего персонала остатки монтажного провода и упаковочной

тары должны утилизироваться на свалке. С учетом выше изложенного, проектные мероприятия исключают отрицательное воздействие запроектированных сооружений на окружающую среду.

Проектными решениями по видам проектируемых сооружений предусматривается и указывается на необходимость строго соблюдать нормы и правила по производственной санитарии в процессе непосредственного выполнения строительно-монтажных работ и осуществления последующей эксплуатации и технического обслуживания.

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на предприятии) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ.

Основными условиями для улучшения экологии в стране являются: рациональное использование, охрана и трата запасов природного резерва, обеспечение безопасности экологии и противорадиационные меры, повышение и формирование экологического мышления у населения, а также контроль над экологией в промышленности. Охрана окружающей среды на предприятии определила ряд мероприятий для снижения уровня загрязнений, вырабатываемого предприятиями: Выявление, оценка, постоянный контроль и ограничение выброса вредных

элементов в атмосферу, а также создание технологий и техники, охраняющих и берегающих природу и ее ресурсы. Разработка правовых законов, направленных на охранные меры окружающей среды и материальное стимулирование выполненных требований и профилактики комплекса природоохранных мероприятий. Профилактика экологической обстановки путем выделения специально отведенных территорий (зон) . Все нормы и правила экологической безопасности должны быть определены и зафиксированы в определенном документе. Экологический паспорт предприятия – это комплексная статистика данных, отображающих степень пользования данным предприятием природных ресурсов и его уровню загрязнения прилегающих территорий. Экологический паспорт предприятия разрабатывается за счет компании после согласования с соответствующим уполномоченным органом и подвергается постоянной корректировке в связи с перепрофилированием, изменениями в технологии, оборудовании, материалов и т. д. Для правильного составления паспорта предприятия и во избежание мошенничества контролирование содержания вредных веществ в окружающей предприятие природе ведет специальная служба экологического контроля. Работники службы участвуют в заполнении и оформлении всех граф экологического паспорта, учитывая суммарное воздействие вредных выбросов в окружающую среду. При этом учитываются допустимые концентрационные уровни вредных веществ на прилегающих к предприятию территориях, воздухе, поверхностных слоях почвы и водоемов.

Технологические процессы, происходящие во время работы проектируемого оборудования, не производят промышленных отходов в окружающую среду. С учетом выше изложенного, проектные мероприятия исключают отрицательное воздействие запроектированных сооружений на окружающую среду.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы был разработан проект мультисервисной сети связи района Триумфальной Арки города Курск. Разработанная сеть связи способна предоставить абонентам следующие услуги:

1. Высокосортной доступ в Интернет;
2. Подключение к сети связи общего пользования (IP-телефония);
3. Кабельное телевидение (IP-телевидение).

Данный проект построен с применением технологии FTTH на базе Ethernet, что может обеспечить практически неограниченную полосу пропускания, эта технология позволяет достичь максимальной гибкости при развертывании сервиса в будущем, когда потребность в пропускной способности возрастет.

Цель проекта была достигнута, все задачи выполнены и получены следующие результаты:

- В ходе исследования построения мультисервисной сети, были рассмотрены технологии реализации данной сети связи. На основании чего, была выбрана технология FTTH на базе Ethernet. Технология позволит достичь высокую пропускную способность для развития мультисервисных сервисов в будущем.

- Анализ инфраструктуры района Триумфальной Арки г. Курск показал, что территория района недостаточно охвачена услугами широкополосного доступа. Процентное соотношение пользования услугами составило: 48% доступ в интернет; 30% IP- телевидение и 25% IP-телефония.

- Анализ существующих сетей передачи данных, их достоинств и недостатков показал, что в районе Триумфальная Арка, услуги доступа в интернет предоставляются по технологии ADSL. Данная технология, обладает малой пропускной способностью и не способна обеспечить абонентов качественными услугами сети связи.

- Выполнено проектирование мультисервисной сети связи. В качестве ядра сети были выбраны управляемые коммутаторы DES-7210, уровень агрегации был построен на коммутаторах DGS-3420-26SC, а уровень доступа был организован с помощью коммутаторов DES-3200-28F. Использовалось оборудование компании D-link. Было выбрано активное сетевое оборудование.

- Стоимость реализации проекта составила 35 157 469 млн. руб. в эту стоимость также входят затраты на технические работы такие как: монтаж, настройка оборудования и прокладка кабеля. Техничко-экономические расчеты показали, что проект окупается за 4 года и 4 месяца. Данный показатель обусловлен тем, что район проектируемой сети связи имеет высокую плотность абонентов и сниженную стоимость предоставляемых услуг. В целом поставленные задачи проекта, были решены в полном объеме.

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Город Курск [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Е.: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Курск> (Дата обращения 1.02.16)
2. Олифер, В. Г., Олифер, Н. А., Основы Сетей передачи данных [Текст]/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий. – 2003- 248 с.: ил.
3. Величко, В.В., Субботин, Е.А., Шувалов, В. П., Ярославцев, А. Ф., Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети. Учебное пособие. В 3 томах [Текст]/ В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П Шувалов, А.Ф. Шувалов- М.:Горячая линия-Телеком, 2005.-592 с.
4. Пинчук, А.В. Соколов, Н.А. Triple-Play Services: аспекты реализации / А.В. Пинчук, Н.А. Соколов // Вестник связи. – 2005. - №6.
5. Оборудование для сетей связи [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании KDDS Е.: URL: <http://www.kdds.ru/antivandalnye-shkafy/> (Дата обращения 12.05.15)
6. Девицына, С.Н. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Цифровые сети связи» для студентов специальности «Сети связи и системы коммутации» [Электронный ресурс]/ НИУ «БелГУ», Белгород 2012г/
Режимдоступа:<http://pegas.bsu.edu.ru/course/view.php?id=7095/> (дата обращения 10.05.2015)
7. Строительство и техническая эксплуатация ВОЛС [Текст] / Под ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1996. – 176 с.: ил.
8. История сетевых телекоммуникаций [Электронный ресурс] // Официальный сайт NetHistory Е.: URL: <https://nethistory.wordpress.com/2011/02/01/ftx-pon/> (Дата обращения 2.05.15)
9. Мультисервисные АТМ-сети [Текст]/ Т.Б. Денисова, Б.Я. Лихтциндер, А.Н. Назаров и др.; Под ред. Б.Я. Лихтциндера. - М.: Эко-Трендз,

2005 - 320 с.: ил.

10. Филимонов, Ю.А. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / Ю.А. Филимонов. -СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 592с.

11. Девицына, С.Н. ЭУМКД дисциплины «Проектирование и эксплуатация сетей связи» [Электронный ресурс]/ НИУ «БелГУ», Белгород 2015г/ Режим доступа:<http://pegas.bsu.edu.ru/course/view.php?id=7095/> (дата обращения 10.05.2015)

12. Преимущества Ethernet FTTH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании НТЦ Энергия Е.: URL: <http://www.ftth.ru/networks-fttx/ethernet-ftth/> (Дата обращения 2.05.15)

13. Семенов, А.Б., Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи [Текст] / А.Б. Семенов. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 302 с.: ил.

14. Гроднев, И.И., Верник, С.М., Линии связи. [Текст] /И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Радио и связь, 1988. – 542 с.

15. Мардер, Н.С., Современные телекоммуникации. [Текст] / Н.С., Мардер. – М. ИРИАС., 2006 – 384

16. Соколов, Н.А., Сети абонентского доступа. Принципы построения. [Текст] /Н.А., Соколов. - М.: ЗАО “ИГ” Энтер-профи, 1999.

17. Правила по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации). ПОТ РО – 45 – 005 – 95, Москва, 1996.

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

19. Архитектура оптических сетей доступа FTTH [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании FIBERTOOL Е.: URL: <http://fibertool.ru/content/wiki/passivnie-seti/fiber-to-the-home.html> (Дата обращения 7.05.15)

20. Сетевое оборудование продажа [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании RFTTEL Е.: URL: <http://rftel.ru/magazin/> (Дата обращения 10.05.15)

21. Бруевич, М.А., Былина, М.С., FTTx. Принципы построения, технологии и решения для монтажа [Текст] / М.А. Бруевич, М.С. Былина. – М.: Метротек, 2007-384с.

22. Характеристики оборудования фирмы D-link [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании D-link Е.: URL: <http://d-link-solutions.ru>
(Дата обращения 10.05.16)

23. Цены на прокладку ВОЛС [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ЭлектроСвязь Е.: URL: <http://video-fon.com/uslugi/stroitelstvo-vols/prokladka-vols-v-kabelnoj-kanalizacii> (Дата обращения 12.05.16)

					11070006.11.03.02.112.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68