

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 СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО МИКРОРАЙОНА  
Г.КУРСК**

**Выпускная квалификационная работа студента**

**очной формы обучения**

**направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**4 курса группы 07001208**

**Дорецкого Игоря Александровича**

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 Игорь Владимирович

**БЕЛГОРОД 2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА .....	6
1.1 Описание объекта.....	6
2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ .....	9
3 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ СЕТИ СВЯЗИ.....	18
3.1 Технология FTTx .....	19
3.2 Технология PON .....	21
3.3 GPON технология .....	24
3.4 Выбор топологии для проектируемой широкополосной сети доступа.....	26
4 РАСЧЕТ НАГРУЗКИ.....	30
4.1 Расчет трафика телефонии .....	30
4.2 Расчет трафика видеопотоков .....	32
4.3 Расчет трафика передачи данных .....	36
4.4 Расчет трафика предоставления услуг доступа сети Internet .....	40
4.5 Определение телетрафика МСС .....	41
5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ В МИКРОРАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ Г. КУРСК .....	42
5.1 Разработка структурной схемы связи микрорайоне северо-западный.....	42
5.2 Расчет коэффициента затухания PON сети .....	45
5.3 Схема прокладки кабеля в микрорайоне северо-западный .....	46
5.4 Схема разводки оптического кабеля внутридомовая .....	48
6 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ .....	51
7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА .....	55
7.1 Расчет капиталовложений .....	55
7.2 Калькуляция эксплуатационных расходов .....	58
7.3 Калькуляция доходов .....	62

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование сети связи Северо-Западного микрорайона г. Курск	Лит.	Лист	Листов
Разработал		Дорецкий И. А.						
Проверил		Прохоренко Е.И.					2	86
Рецензент		Галактионов И. В.				НИУ «БелГУ» гр. 07001208		
Н. Контроль		Прохоренко Е.И.						
Утвердил		Жиляков Е.Г.						

7.4	Определение оценочных показателей проекта .....	65
7.5	Выводы по разделу .....	70
8	ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ .....	72
8.1	Анализ травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии .	72
8.2	Требования к рабочему месту .....	76
9	ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	80
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	82
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	84

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время существует множество провайдеров услуг передачи данных, телефонии и телевидения. 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".

Мультисервисные сети предоставляют пользователям весь спектр телекоммуникационных услуг от передачи компьютерных данных до передачи мультимедийного контента: голосового трафика IP-телефонии, аудиовизуальных потоков видеоконференцсвязи, интерактивного и вещательного телевидения.

Актуальность данной работы определяется тем, что 90% абонентов микрорайона Северо-западный г. Курск не охвачена полным спектром телекоммуникационных услуг. В данном микрорайоне провайдеры предоставляют услуги с использованием ADSL технологии, которая не обеспечивает требуемую скорость передачи данных. В проекте предлагается реализация мультисервисной сети по технологии GPON, что позволяет охватить телекоммуникационными услугами широкий круг пользователей, а так же предоставить им скорость при доступе большую, чем при существующей сети связи.

Целью проекта является проектирование сети связи северо-западного района города Курск на базе технологии GPON. Необходимо достичь максимально надёжной, долговечной, удобной в эксплуатации и экономически выгодной сети. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Анализ существующей сети микрорайона.
2. Разработка стратегии реализации мультисервисной сети связи.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3. Выбор технологии мультисервисной сети связи.
4. Разработка схемы организации связи проектируемой сети.
5. Выбор оборудования с учётом экономических и качественных показателей.
6. Расчет нагрузок и объема оборудования.
7. Разработка сметы затрат на приобретение оборудования.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

# 1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА

## 1.1 Описание объекта

Северо-западный микрорайон центрального округа г. Курск является одним из самых больших микрорайонов города. Вблизи него расположен юго-западный и микрорайон казацкая слобода. Его еще называют «спальным» районом Курска. Здесь находится большое количество детских садов, школ, муниципальных учреждений здравоохранения и многоэтажных домов. С каждым годом Северо-западный микрорайон все больше и больше разрастается, в связи со строительством новых домов, магазинов и супермаркетов.

Климат 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  $-36^{\circ}$ ).

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.

## 1.2 Анализ инфраструктуры

В данной работе проектируется сеть связи северо-западного микрорайона г. Курск, который имеет площадь порядка 233 гектар. Население около 140000 человек. Средний возраст населения составляет 41 год. Это означает, что большая часть населения будет готова воспользоваться услугами мультисервисной сети.

Максимальное число потенциальных абонентов квартирного сектора 50500. Жителей каждой квартиры будем рассматривать как одного абонента. Но это не означает, что все абоненты будут пользоваться услугами мультисервисной сети.. Основные абоненты по статистике сосредотачиваются в возрасте от 20 до 35 лет). Абоненты квартирного сектора сосредоточены в домах 10-14 этажей. В среднем 12 этажные жилые дома по 5 подъездов. В каждом подъезде

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

по 5 квартир Так же этот микрорайон имеет 1 автовокзал, 2 ВУЗа, 10 детских садов, 5 крупных торговых центров, 5 школ, 7 административных зданий.

В проекте будет рассматриваться подключение к услугам связи многоквартирных домов:

- 168 домов на 5 подъездов, 12 этажа, 5 квартиры на этаж, следовательно  $5*12*5*168=50400$  аб.



Рисунок 1.1 - Карта микрорайона

						Лист
					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проектируемая сеть должна предоставлять каждому абоненту следующие виды услуг:

- высокоскоростной доступ к сети Интернет;
- Интерактивное цифровое телевидение;
- IP телефония;

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

## 2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ

В микрорайоне Северо-Западный города Курск существует несколько провайдеров предоставляющих услуги проводной связи:

Дом.ру

NETBYNET

Курск онлайн

МТС

Ростелеком

Так же на данной территории есть провайдеры предоставляющие услуги беспроводной связи:

Билайн

МТС

Теле2

Мегафон

**3G** — третье поколение, технологии мобильной связи, передавая данные со скоростью до 3,6 Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и различный контент.

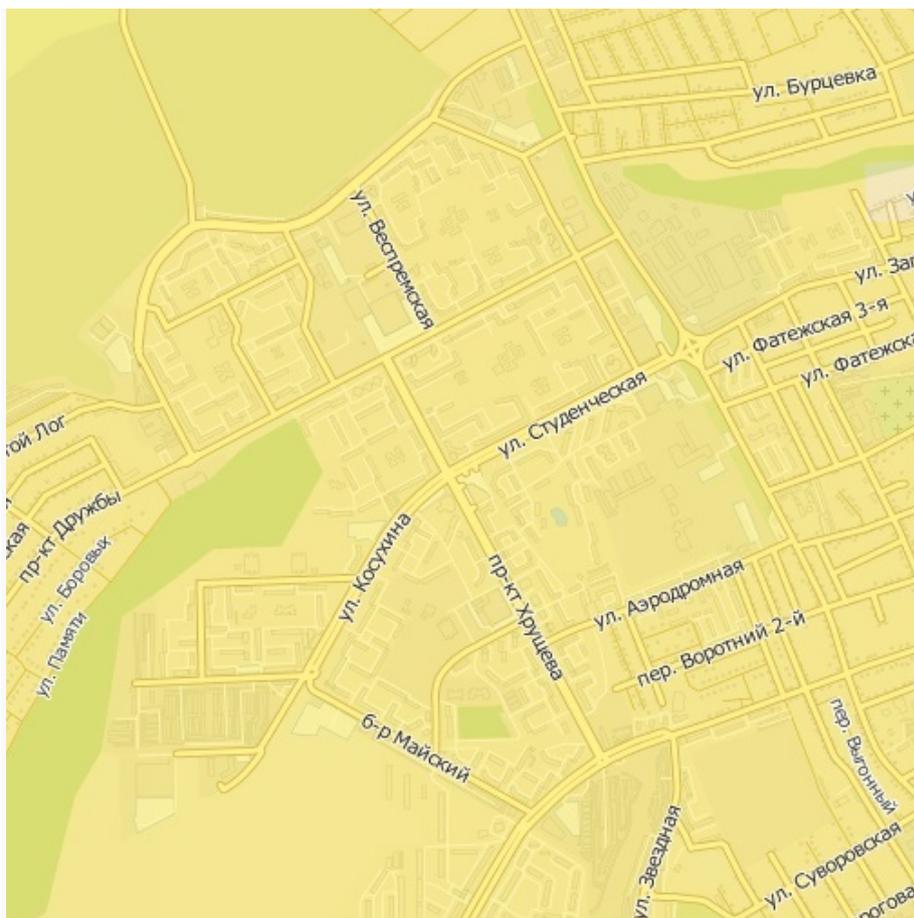
**4G** — четвёртое поколение поколение мобильной связи с повышенными требованиями. К четвёртому поколению принято относить перспективные технологии, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с - подвижным и 1 Гбит/с — стационарным абонентам.

Технологии LTE Advanced (LTE-A) и WiMAX 2 (WMAN-Advanced, IEEE 802.16m) (сим-карта не требуется) были официально признаны беспроводными стандартами связи четвёртого поколения 4G (IMT-Advanced) Международным союзом электросвязи на конференции в Женеве в 2012 году.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

**Таблица 2.1-Тарифы беспроводной сети доступа Билайн**

Провайдер		Билайн		
Тарифы		1	2	3
Трафик	день	1Мбайт	8	15
	ночь		8	15
Цена руб/мес.		2р	350	500
Условия		Тариф действует по всей России (за исключением Дальневосточного региона) по цене домашнего региона.	50% объема трафика предоставляется в период с 08:00 утра до 00:59 50% объема трафика - в период с 01:00 ночи до 7:59 утра	



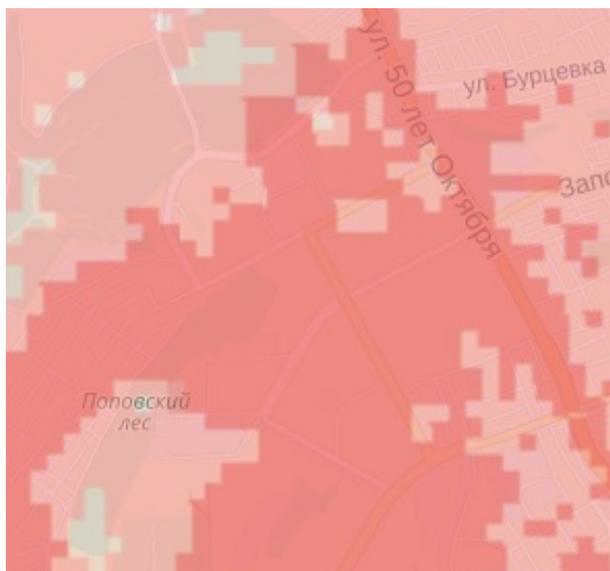
**Рисунок 2.1 –зона покрытия 3G**

Видно что весь микрорайон покрыт сетью 3G, но на данном рисунке Слои покрытия сетей 2G/3G/4G созданы при помощи компьютерного модели-

рования и учитывают только общую схему местности, без локальных особенностей рельефа, застройки и природных факторов. Карта не гарантирует 100% наличия сетей 2G/3G/4G в конкретной географической точке.

**Таблица 2.2-Тарифы беспроводной сети доступа МТС**

Провайдер		МТС		
Тарифы		1	2	3
Трафик	день	3	12	30
	ночь		12	безлимит
Цена руб/мес.		350	700	500
Условия		Обновление базовой квоты трафика осуществляется ежемесячно в 03:00 часа суток . Ночь считается (с 01:00 до 07:00). При достижении лимита дневной квоты доступ к трафику ночной квоты сохраняется и наоборот.		



- Голос и интернет GPRS/EDGE
- Интернет 3G
- Интернет 4G
- Плановое покрытие интернета 4G

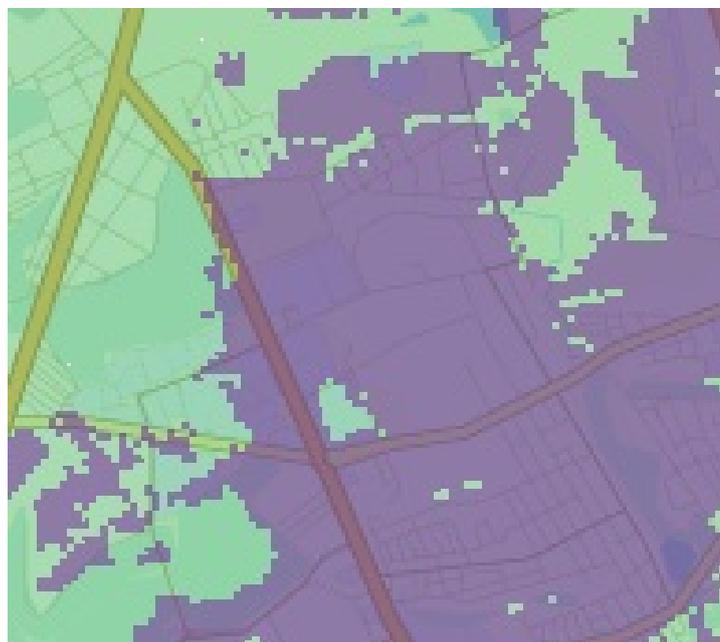
Россия, Курск

Покрытие в метрополитене

**Рисунок 2.2—зона покрытия мтс 2G, 3G, 4G.**

**Таблица 2.3-Тарифы беспроводной сети доступа Мегафон**

Провайдер		Мегафон		
Тарифы		1	2	3
Трафик	день	20	40	безлимит
	ночь			
Цена руб/мес.		390	590	670
Условия, Дополнения		Максимальная скорость- без ограничений Видеоконтент-2 фильма в месяц Телеконтент-пакет ТВ-каналов «МегаФон»	Максимальная скорость-без ограничений Видеоконтент-2 фильма в месяц Телеконтент-пакет ТВ-каналов «МегаФон»	Максимальная скорость-без ограничений Видеоконтент-4 фильма в месяц Телеконтент-пакет ТВ-каналов «МегаФон»



- |                                     |   |                     |                                     |   |                   |
|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------------------------|---|-------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | Голос и Интернет 2G | <input checked="" type="checkbox"/> |  | Интернет 3G       |
| <input checked="" type="checkbox"/> |  | 4G+ (до 100 Мб/с)   | <input type="checkbox"/>            |  | 4G+ (до 300 Мб/с) |

**Рисунок 2.3–Зона покрытия мегафон 2G, 3G, 4G**

**Таблица 2.4-Тарифы беспроводной сети доступа Теле 2**

Провайдер		Мегафон		
Тарифы		1	2	3
Трафик Гб	день	1Мб	5	30
	ночь			
Цена руб/мес.		1.8	180	380
Условия, Дополнения		После превышения пакета в 30 ГБ доступ в интернет приостанавливается	предоставляется 5 ГБ интернет-трафика без ограничения скорости сроком на 30 дней	При подключении услуги без ограничения скорости предоставляется 30 ГБ интернет-трафика сроком на 30 дней, при превышении порога 30 ГБ доступ в интернет приостанавливается.



- Голосовые вызовы и интернет 2G
- Голосовые вызовы и интернет 3G
- Интернет 4G

**Рисунок 2.4–Зона покрытия Теле 2 2G, 3G**

**Таблица 2.5-Тарифы проводной сети доступа NETBYNET**

Провайдер		NETBYNET							
Тарифы		1	2	3	4	5	6	7	8
Скорость Мбит/с	день	50	55	70	100	15	30	30	40
	ночь	100	100	100	100				
Телевидение каналы		-	-	-	-	-	50	116	116
Телефония		-	-	-	-	-	-	-	-
Цена		10 руб/сутки	450	550	750	450	350	330	430

**Таблица 2.6-Тарифы проводной сети доступа NETBYNET**

Провайдер		NETBYNET
Тарифы		9
Скорость Мбит/с	день	50
	ночь	
Телевидение каналы		116
Телефония		-
Цена		530

Ночью - с 1:00 до 9:00

Абонентская плата на тарифном плане "Всего ничего" после 90 дней с даты подключения абонента составит 14 руб/сутки.

Все цены приведены в рублях с учетом НДС.

Неизрасходованные Абонентом в текущем месяце денежные средства на лицевом счете переносятся на следующий месяц.

Локальный трафик не тарифицируется. Скорость передачи данных в локальной сети — до 100 Мбит/с.

Подключение к сети Интернет осуществляется бесплатно.

Тарифы доступны по протоколу Ethernet.

**Таблица 2.7-Тарифы проводной сети доступа МТС**

Провайдер		МТС				
Тарифы		1	2	3	4	5
Скорость Мбит/с	день	60	100	20	60	100
	ночь					
Телевидение каналы		129 (26HD)	129 (26HD)	-	-	-
Телефония		-	-	-	-	-
Цена		630	800	400	550	600

Максимальная скорость обмена данными в сети Интернет ограничена параметрами выбранного Абонентом тарифного плана. Фактическая скорость обмена данными зависит как от используемого протокола обмена данными, от состояния элементов сети передачи данных (состояние сети в квартире Абонента, сетей передачи данных прочих операторов, а также серверов и другого сетевого оборудования, загрузки сети), так и от наличия иных услуг, оказываемых с использованием данного цифрового канала связи, в связи с чем, Оператор не гарантирует неизменность скорости обмена данными на организуемом канале.

Подключение и дальнейший учет объема оказанных услуг, входящих в состав пакетного предложения, поступления и расходования денежных средств, внесенных в счет оплаты указанных услуг, осуществляется на едином лицевом счете.

В случае отказа Абонента от одной из услуг в составе пакетного предложения, тарификация оставшихся услуг осуществляется в соответствии с базовыми тарифами (с аналогичными параметрами услуги), утвержденными Оператором.

**Таблица 2.8-Тарифы проводной сети доступа Ростелеком**

Провайдер		Ростелеком							
Тарифы		1	2	3	4	5	6	7	8
Скорость Мбит/с	день	100	100	70	50	8	8	100	100
	ночь								
Телевидение каналы		115	115	55	55	117	56	119	119
Телефония		-	-	-	-	-		-	
Цена		800	660	550	500	800	500	1000	500
Дополнительно		Игровая опция World of Tanks	ТВ-приставка «Стандарт» 1 руб./мес			Игровая опция World of Tanks			

**Таблица 2.9-Тарифы проводной сети доступа ДОМ.РУ**

Провайдер		ДОМ.РУ					
Тарифы		1	2	3	4	5	6
Скорость Мбит/с	день	50	70	100	20	50	80
	ночь						
Телевидение каналы		100 (15 HD)	115 (20 HD)	136 (36 HD )	-	-	-
Телефония		-	-	-	-	-	-
Цена		550	650	800	300	450	550

**Таблица 2.10-Тарифы проводной сети доступа KurskOnline**

Провайдер		KurskOnline							
Тарифы		1	2	3	4	5	6	7	8
Скорость	день	3	25	50	80	50	35	40	50
	ночь	3	100	100	100	100	100	100	100
Телевидение каналы		63	129	149	149	142	102	118	129
Телефония		-	-	-	-	-	-	-	-
Цена р		200	340	430	740	600	500	650	750

Беспроводная технология связи пользуется спросом, где нет возможности произвести прокладку кабеля в той или иной местности. Это и является главным плюсом беспроводной связи. Но у нее есть и минусы: Дальность и качество связи ограничивается приемо-передающей антенной, у которой радиус покрытия очень не велик, для покрытия выделенной территории. Так же стоимость оборудования будет выше стоимости оборудования проводной связи. Но самое главное это качество связи. На качество связи беспроводного оборудования влияют как побочные сигналы с других станций, так и погодные условия. Следуя из этого услуги беспроводной связи получаются значительно дороже проводной.

На данный момент проводная технологии связи является оптимальным соотношением цена/качество. Качество связи и скорость передачи данных на много выше. Так же проводные технологии более помехоустойчивые. Требуют менее частой настройки и не критичны к погодным условиям. Отличается и ценовая политика в несколько раз. На основе приведенных выше критериев стоит выбирать проводную технологию передачу данных.

В настоящее время качество и объем услуг не может удовлетворить абонентов на данной территории. На данном участке используется xDSL технология. Эта технология хоть уже не справляется с растущими потребностями абонентов в качестве и скорости интернет соединения.

Следовательно можно сделать вывод, что в данном микрорайоне будет востребована технология на основе оптоволоконных линий передачи данных. Главным ее плюсом является, что пропускная способность более 10 гбит/с. Так же дополнительным плюсом является то, что по одному оптоволоконному кабелю можно одновременно передавать услуги мультисервисной сети.

### 3 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ СЕТИ СВЯЗИ

ВОЛС линии связи имеют ряд преимуществ по сравнению с медным типом кабеля, а именно:

- широкая полоса пропускания - это позволяет передавать по одному волокну поток информации до нескольких терабит в секунду;

- низкий уровень шумов - позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода;

- высокая помехозащищенность - волокно изготовлено из материала с диэлектрическими свойствами, из стекла, оно невосприимчиво к электромагнитным воздействиям;

- малый вес и объем - оптоволокно имеет меньший вес и диаметр по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность;

- высокая защищенность от несанкционированного доступа - поскольку у ВОЛС практически нет электромагнитного излучения, то передаваемую по нему информацию трудно перехватить, не нарушая целостности волокна, которое быстро диагностируется;

- взрыво и пожаробезопасность - из-за отсутствия элементов, которые могут привести к искрообразования оптическое волокно повышает безопасность сети на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенной опасности;

- длительный срок эксплуатации - со временем волокно испытывает деградацию, что приводит к увеличению затухания. Но современные технологии позволяют довести срок службы волокна до 25 лет и более

В основе это медные кабели в настоящее время еще пользуются спросом, но отходят на задний план. Используются в технологии xDSL и FTTB. И предоставляют скорость передачи данных не более 100 мб/с до абонента.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Оптоволоконные кабели в настоящее время являются новым поколением кабелей. Более дорогостоящие по сравнению с другими типами кабелей, но более надежные, и имеют высокую пропускную способность. Так же с помощью этого типа кабелей можно предоставлять услуги мультисервисной сети Triple play.

Оптоволоконные Технологии имеют свои преимущества, поэтому рассмотрим технологию PON и FTTx.

### 3.1 Технология FTTx

Fiber To The X или FTTx (оптическое волокно до точки X). FTTX — целое семейство оптико-волоконных технологий, призванных для обеспечения оптической связью. FTTX позволяет подвести в дом широкополосный интернет. С помощью FTTX можно провести в дом телефонную связь, FTTX также дает возможность наслаждаться цифровым телевидением. «X» — точка, определяющая до какого места доходит оптика. FTTX может доходить до сетевого узла, до строения, FTTX — до группы домов или FTTX — до дома.

В семейство FTTx входят различные виды архитектур:

FTTN (Fiber to the Node) — волокно до сетевого узла;

FTTC (Fiber to the Curb) — волокно до микрорайона, квартала или группы домов;

FTTB (Fiber to the Building) — волокно до здания;

FTTH (Fiber to the Home) — волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

Они отличаются главным образом тем, насколько близко к пользовательскому терминалу подходит оптический кабель.

FTTB — Fiber-To-The-Building, дословный перевод гласит: «оптика до здания». То есть к FTTB относится технология, с помощью которой связь дос-

тигает строения. FTTB предполагает сеть приблизительно из 200 абонентов, то есть многоквартирный дом. Огромным достоинством FTTB является ее простота и легкость построения дополнительных сетей. FTTB надежна, и это уже давно проверено.

На FTTB легко накладываются новые технологии. В FTTB к одному устройству подсоединяется минимальное количество абонентов, что позволяет значительно снизить уровень помех.

FTTC — Fiber-To-Carb, что значит, «оптика до группы домов». FTTC самая доступная по своей стоимости технология, именно с FTTC начиналась конструкция оптико-коаксиальных сетей.

FTTC использует коаксиальный усилитель, поэтому она всегда будет дешевле волоконной связи. Стоимость монтажа FTTC намного ниже оптической сети. Поэтому FTTC монтирует оптическую сеть до кросса на улице, а в дома FTTC ведет уже медный кабель.

FTTH — Fiber-to-the-home, «оптика до дома». FTTH — технология, которая проводит оптическую связь прямо до дома. Именно благодаря FTTH появилась возможность пользоваться широкополостным интернетом.

FTTH обладает высокой пропускной полосой и позволяет достигать хороших скоростей. FTTH дает возможность через один порт пользоваться интернетом, телефоном и телевидением. При этом, FTTH сохраняет Вашу конфиденциальность, ведь для доступа к сети необходим пароль. Взломать FTTH или прослушать невозможно. Кроме того, FTTH — надежна физически, так как оптический кабель не ржавеет.

FTTN — Fiber to the Node, «оптика до сетевого узла». FTTN одна из первых технологий связи. В настоящее время FTTN используется в качестве эконом варианта, так как не требует большого количества затрат. Если на местности развита кабельная инфраструктура, то FTTN достаточно просто подключить оптику до сетевого узла.

Сейчас FTTN используют лишь в дальних районах, там, где протягивать оптику слишком сложно. FTTN — самый недорогой вид связи, но и наиболее медленный.

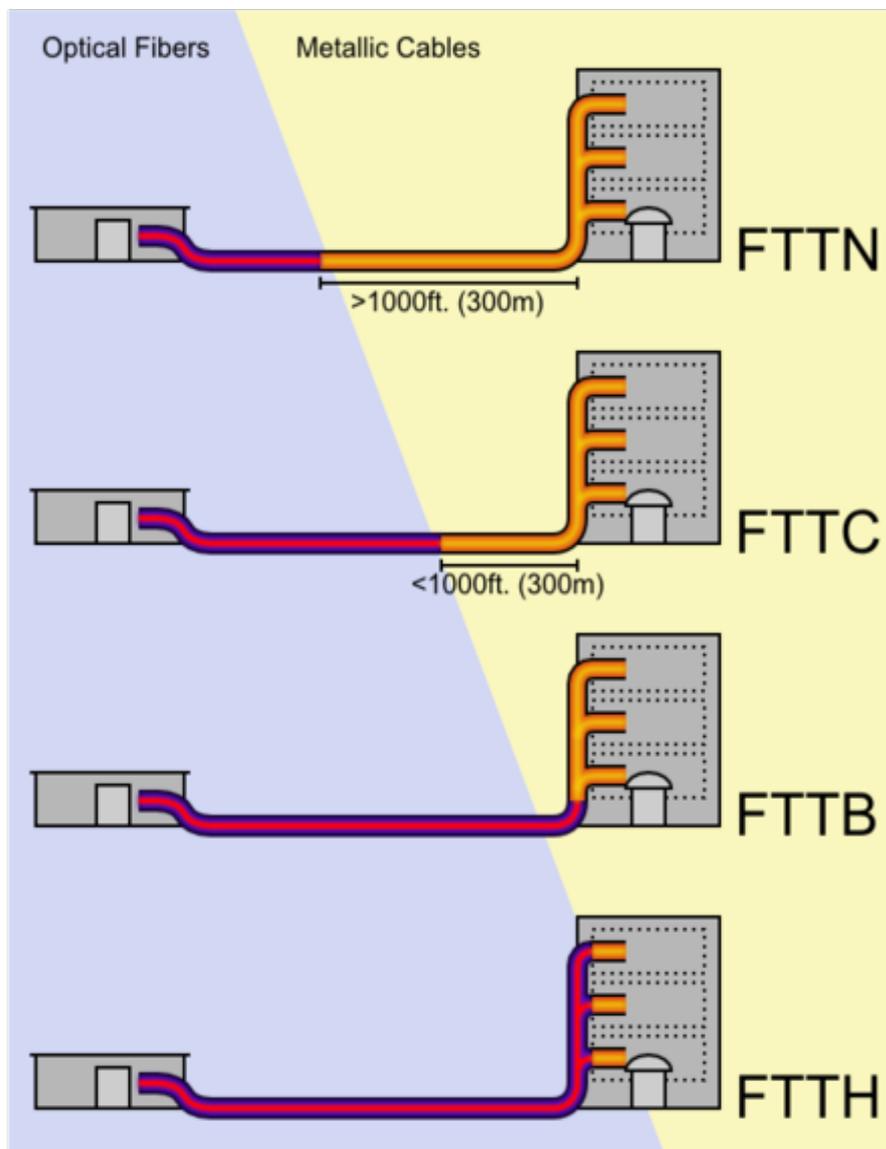


Рисунок 3.1-Технология сети FTTx

### 3.2 Техонлогия PON

PON ( Passive optical network, пассивная оптическая сеть) — технология пассивных оптических сетей.

Суть технологии PON заключается в том, что между приемопередающим модулем центрального узла OLT (Optical line terminal) и удаленными абонентскими узлами ONT (Optical network terminal) создается полностью пассивная оптическая сеть, имеющая топологию дерева. В промежуточных узлах дерева размещаются пассивные оптические разветвители (сплиттеры) – компактные устройства, не требующие питания и обслуживания. Один приемопередающий модуль OLT позволяет передавать информацию множеству абонентских устройств ONT. Число ONT, подключенных к одному OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры (это зависит от выбранной технологии xPON).

Для построения PON используется топология «точка – многоточка» и сама сеть имеет древовидную структуру. Каждый волоконно-оптический сегмент подключается к одному приемопередатчику в центральном узле (в отличие от топологии «точка - точка», что также дает значительную экономию в стоимости оборудования. Один волоконно-оптический сегмент сети PON может охватывать до 32 абонентских узлов в радиусе до 20 км для технологий EPON / BPON и до 128 узлов в радиусе до 60 км для технологии GPON. Каждый абонентский узел рассчитан на обычный жилой дом или офисное здание и в свою очередь может охватывать сотни абонентов. Все абонентские узлы являются терминальными, и отключение или выход из строя одного либо нескольких абонентских узлов никак не влияет на работу остальных.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

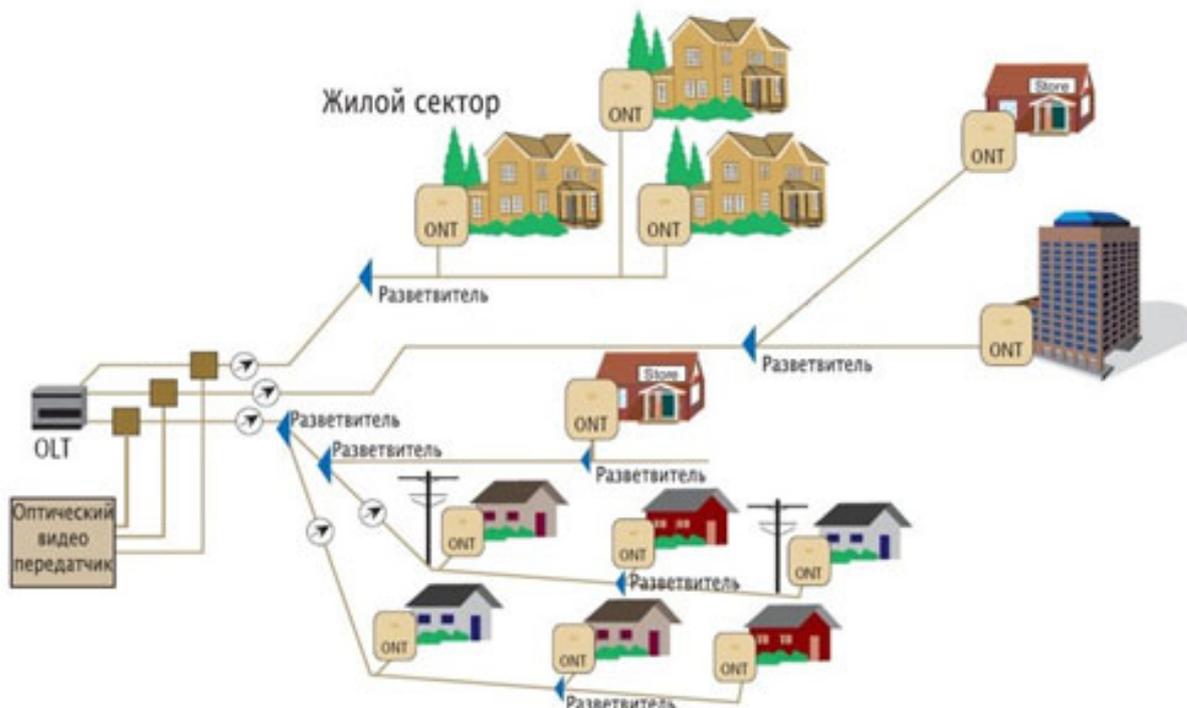


Рисунок 3.2-Технология сети PON

Таблица 3.1- Сравнение технологий APON, BPON, EPON, GPON, GPON

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации / отраслевые альянсы	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / MEF	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия альянса	Октябрь 1998	Июль 2004	Октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.981x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984x
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/155;622/156; 622/622	1000/1000	1244/155; 1244/622; 1244/1244; 1488/622; 2448/12444 2488/2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>301)	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	16	64 (1282)
Приложения	Любые	IP данные	Любые
Коррекция ошибок FEC	Предусмотрена	Нет	Необходима
Длина волны прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)

### Окончание таблицы 3.1

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Динамическое распределение полосы	Есть	Поддержка	Есть
IP-фрагментация	Есть	Нет	Есть
Защита данных	Шифрование открытыми ключами	Нет	Шифрование открытыми ключами
Резервирование	Есть	Нет	Есть

### 3.3 GPON технология

Наиболее перспективной технологией семейства пассивных оптических сетей является технология GPON. Основанная на принятых в последние годы стандартах, GPON предоставляет оператору эффективное решение высокоскоростной «последней мили», обеспечивает существенную экономию оптических волокон за счет древовидной архитектуры сети и высокую надежность – благодаря пассивности элементов ветвления. Поддержка современных технологий волнового мультиплексирования позволяет значительно увеличивать общую пропускную способность сети без модернизации кабельной инфраструктуры. При этом древовидная структура сети «точка – многоточка» дает возможность гибкого управления полосой пропускания для клиентских сервисов.

Поддержка кольцевой и древовидной топологий с возможностью полного резервирования сетевых интерфейсов и каналов связи при малом времени переключения на резервный обеспечивает высокий уровень надежности и доступности сетевых сервисов.

При достаточно высокой скорости передачи до 2,5 Гбит/с в обоих направлениях GPON обеспечивает прозрачный транспорт для любых сервисов (ATM, SDH, TDM, Ethernet). За счет полной изоляции каждого сервиса и поддержки встроенных средств шифрования контента достигается высокий уровень безопасности сети.

Таким образом, достоинства пассивных оптических сетей и ряд уникальных возможностей определяют преимущества технологии GPON перед технологиями SDH и Ethernet в решениях оптической «последней мили» и ее даль-

нейшее распространение для организации высокоскоростных оптических сетей доступа в городских мультисервисных сетях связи.

### 3.3 GEPON технология

Gigabit Ethernet Passive Optical Network (GEPON) - пассивная оптическая сеть на базе протокола Gigabit Ethernet. Технология стандартизована подкомитетом IEEE 802.3 по разработке стандартов EFM (Ethernet в первой миле).

Технология GEPON является из самых современных вариантов строительства сетей связи, обеспечивающим высокую скорость передачи информации (до 1,2 Гбит/с). Основное преимущество технологии GEPON заключается в том, что она позволяет оптимально использовать волоконно-оптический ресурс кабеля. Например, для подключения 64 абонентов в радиусе 20 км достаточно задействовать всего один волоконно-оптический сегмент.

Стандарты EFM охватывают все технические элементы широкополосной сети Ethernet, включая спецификации физического уровня передачи по меди, передачи по волокну ("точка-точка" и "точка-многоточка"), общий механизм администрирования и управления работой сети.

Сегодня технология GEPON является самой успешной PON технологией, с использованием которой в мире подключено более 20 млн. абонентов. Несмотря на удешевление GPON технологии, объемы поставок оборудования GEPON по-прежнему значительно превышают продажи GPON.

С одной стороны это обусловлено простотой внедрения, легкой масштабируемостью GEPON сетей, низкой стоимостью их эксплуатации и простой интеграцией с Metro Ethernet сетями. С другой стороны - преимуществами алгоритма DBA.

Основными преимуществами GEPON являются:

Использование стандартных механизмов 802.3ah, что позволит в перспективе значительно снизить стоимость оборудования;

Повышение скорости передачи до 1 Гбит/с в обе стороны и предоставление более широкополосных услуг;

Обеспечение QoS с помощью механизмов 802.1p/TOS. Возможно использование жестких механизмов приоритезации трафика с помощью восьми выделенных очередей для каждого типа трафика. Данные механизмы позволяют предоставлять такие услуги как VoIP или VoD с гарантией качества;

Возможность подключения 64 абонентских устройств на ветку PON и эффективное использование оптического волокна;

Полная поддержка DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) — механизма динамического перераспределения полосы пропускания в соответствии с запросами абонентов и наличием свободной полосы в дереве PON. Так абоненты, которым предоставлена гарантированная полоса пропускания для передачи данных, например, 1Мб/с могут получить реальную скорость до 1Гб/с, если полоса дерева PON остается частично неиспользованной (аналогично UBR трафику в АТМ);

Поддержка передачи потокового видео (IGMP Snooping);

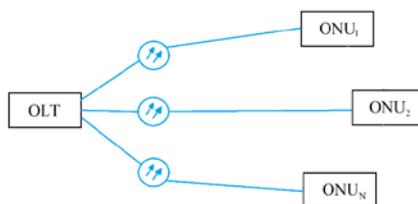
Простота установки и обслуживания.

### **3.4 Выбор топологии для проектируемой широкополосной сети доступа**

При проектировании оптоволоконной сети доступа необходимо в первую очередь определиться с топологией сети, что определит вид оборудования, его количество и затраты на прокладку инфраструктуры. На данный момент используются несколько основных топологий построения сети:

- Топология точка-точка наиболее простая архитектура. Главным минусом топологии является малая эффективность кабельных линий, то есть от оптического линейного терминала до абонентского узла необходимо подводить отдельное волокно. Эта топология реализуем в том случае, когда абонентский узел (здание, офис, предприятие), к которому прокладывается выделенная ка-

большая линия, может использовать эти линии в полном объеме. Так же прокладка индивидуального оптического кабеля требует больших затрат. Пример данной топологии представлен на рисунке 3.3;

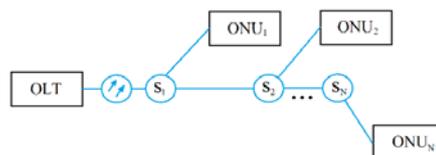


**Рисунок 3.3 – Топология «точка-точка»:**

**OLT-** оптический линейный терминал;

**ONU-** оптический сетевой модуль (абонентский модуль)

- Шинная топология может использоваться, если дома абонентов находятся на одной линии вдоль оптической магистрали. Схема достаточно экономичная, но она предполагает очень большую разность выходных мощностей оптических разветвителей (типа 1/99, 3/97 и т.п.), что достаточно сложно технологически реализовать с хорошей точностью. Она реально может применяться только при «линейном» расположении пользователей вдоль магистрали и только при небольшом количестве каскадов, иначе потери в разветвителях станут сильно ограничивать дальность передачи. Пример топологии представлен на рисунке 3.4;



**Рисунок 3.4– Топология «шина»:**

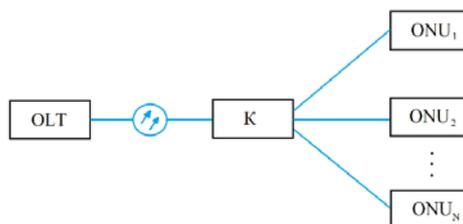
**OLT-** оптический линейный терминал;

**ONU-** оптический сетевой модуль (абонентский модуль);

**S-**сплиттер

- Топология дерево с активными узлами экономичное с точки зрения использования волокна. Данная структура сети в полной мере подходит под стандарты Ethernet. Преимущество использования данной топологии в относитель-

но недорогом строительстве и обслуживании. Основным недостатком считается наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального электропитания. Пример топологии представлен на рисунке 3.5;



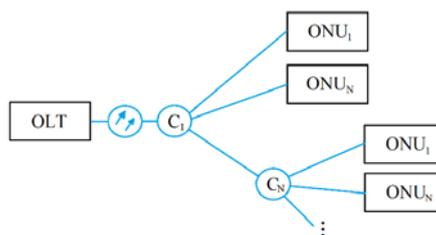
**Рисунок 3.5 – Топология «дерево с активными узлами»:**

**OLT-** оптический линейный терминал;

**ONU-** оптический сетевой модуль (абонентский модуль);

**К - коммутатор**

- Дерево с пассивным оптическим разветвлением. Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологию «один ко многим» или «точка – много точка», которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические сплитеры, не требующие питания и обслуживания. Общеизвестно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, так как на участке от центрального узла до сплитера используется всего одно волокно. При этом возникает и другой немаловажный источник экономии – сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Между тем экономия второго фактора в некоторых случаях оказывается даже более существенной. Пример данной топологии представлен на рисунке 3.6.



**Рисунок 3.6 – Топология «дерево с пассивным оптическим разветвлением»:**

**OLT-** оптический линейный терминал;

**ONU-** оптический сетевой модуль (абонентский модуль);

**С -** оптический сплитер

Преимущества древовидной архитектуры PON:

- отсутствие промежуточных активных узлов;
- экономия волокон от центрального узла до разветвителя;
- экономия оптических приемопередатчиков в центральном узле;
- легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных).

Древовидная топология позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей исходя из реального расположения абонентов, затрат на прокладку оптического кабеля и эксплуатацию кабельной сети.

К недостаткам можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева.

## 4 РАСЧЕТ НАГРУЗКИ

### 4.1 Расчет трафика телефонии

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

количество источников нагрузки – абоненты, использующие терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне мультисервисного абонентского концентратора, NSIP=50400 абонентов;

тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;

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

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

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

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

$$U_{\text{полезн}} = \frac{20 \cdot 8}{8} = 20 \text{ байт}. \quad (4.2)$$

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит:

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}} \cdot \text{байт}, \quad (4.3)$$

где  $L_{\text{Eth}}$ ,  $L_{\text{IP}}$ ,  $L_{\text{UDP}}$ ,  $L_{\text{RTP}}$  – 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:

$$\text{ППр}_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \frac{\text{бит}}{\text{байт}} \cdot 50_{\text{pps}}, \text{ Кбит/с}, \quad (4.4)$$

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

$$\text{ППр}_1 = 78 \cdot 8 \cdot 50 = 30 \text{ Кбит/с}.$$

В проектируемой МСС устанавливается точка присутствия, в которой имеется 50400 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

$$\text{ППр}_{\text{WAN}} = \text{ППр}_1 \cdot N_{\text{SIP}} \cdot \text{VAD}, \text{ Мбит/с}, \quad (4.5)$$

где  $\text{ППр}_1$  – полоса пропускания для одного вызова, [Кбит/с],  $N_{\text{SIP}}$  – количество голосовых портов в точке присутствия, [шт], VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7).

$$ППр_{WAN} = 30 \cdot 50400 \cdot 0,7 = 1058 \text{ Мбит / с.}$$

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.

#### 4.2. Расчет трафика видеопотоков

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

$$AVS = NS/FN, \text{ аб,} \quad (4.6)$$

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

$$AVS = 50500/840 = 60 \text{ аб.}$$

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

$$IPVS \text{ Users} = AVS \cdot IPVS \text{ MP} \cdot IPVS \text{ AF} \cdot IPVS \text{ SH}, \text{ аб,} \quad (4.7)$$

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

$$IPVS\ Users = 60 * 0,5 * 0,5 * 1,5 = 23\ аб.$$

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

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{ потоков}, \quad (4.8)$$

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

$$IPVS\ US = 23 * 0,3 * 1 = 7 \text{ потоков}$$

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

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users * IPVS\ MU, \text{ потоков}, \quad (4.9)$$

где  $IPVS\ MU$  – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$IPVS\ MS = 23 * 0,7 = 16 \text{ потоков}$$

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

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков,} \quad (4.10)$$

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

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

Получаем, что в сегменте с 63 активными абонентами необходимо транслировать 42 групповых видеопотоков, 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:

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с,} \quad (4.11)$$

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:

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.12)$$

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.13)$$

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

$$IPVS\ MNB = 16*5,28 = 84 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 7*5,28 = 37 \text{ Мбит/с}$$

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

$$IPVS\ MNBM = IPVS\ MSM*IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.14)$$

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

$$IPVS\ MNBM = 42*5,28 = 222 \text{ Мбит/с}.$$

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

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с}, \quad (4.15)$$

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

$$AB = 84 + 37 = 121 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для предоставления услуги IP TV на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 121 Мбит/с.

### 4.3 Расчет трафика передачи данных

Компьютерные сети изначально предназначены для совместного доступа пользователя к ресурсам компьютеров: приложениям, файлам, принтерам и т.п. а также 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 мо-

жет 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

$$AS = TS * DAAF, \text{ аб}, \quad (4.16)$$

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

$$AS = (50400/840) * 0,8 = 48 \text{ аб}.$$

В час наибольшей нагрузки в сети находится 48 человек с одного сетевого узла, охватывающего 60 абонентов.

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:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (4.17)$$

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.

$$BDDA = (48 * 2) * (1 + 0,1) = 106 \text{ Мбит/с}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (4.18)$$

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.

$$BUDA = (48*0,5)*(1+0,15) = 28 \text{ Мбит/с}$$

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)

$$PS = AS*DPAF, \text{ аб}, \quad (4.19)$$

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

$$PS = 48*0,7 = 34 \text{ аб.}$$

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:

$$BDDP = (PS*PDBS)*(1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (4.20)$$

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

$$BDDP = (34 * 3)*(1+0,1) = 112 \text{ Мбит/с}$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН

$$BUDP = (PS*PUBS)*(1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (4.21)$$

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

$$BUDP = (34 * 1,5) * (1 + 0,15) = 59 \text{ Мбит/с}$$

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:

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с}, \quad (4.22)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с}, \quad (4.23)$$

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

$$BDD = \text{Max} [106; 112] = 112 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max} [28; 59] = 59 \text{ Мбит/с}$$

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

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с}, \quad (4.24)$$

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

$$BD = 112 + 59 = 171 \text{ Мбит/с}$$

Итак, для передачи данных между абонентами сети на одном сетевом узле необходима полоса пропускания 171 Мбит/с.

#### 4.4. 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:

$$N_{act\ subser} = HNP * DP * DAAF, \text{ аб}, \quad (4.25)$$

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

$$N_{act\ subser} = 50400 * 0,1 * 0,2 = 1008 \text{ аб}$$

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

$$Peak_{subser} = HNP * DP * DPeakAF, \text{ аб} \quad (4.26)$$

$$Peak_{subser} = 50400 * 0,1 * 0,1 = 504 \text{ аб}$$

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.

$$BWDA = (N_{act\ subser} * BWA_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (4.27)$$

$$BWDPeak = (Peak_{subser} * BWP_{per\ subser}) * (1 + OH), \text{ Мбит/с}, \quad (4.28)$$

где  $BWA_{per\ subser}$  - средняя полоса пропускания, приходящаяся на 1 абонента (900 кбит/с);  $BWP_{per\ subser}$  – пиковая полоса пропускания на 1 абонента (2000 кбит/с);  $OH$  – отношение длины заголовка к длине пакета (0,1).

$$BWDA = (1008 * 900) * (1 + 0,1) = 998, \text{ Мбит/с,}$$

$$BWDPeak = (504 * 2000) * (1 + 0,1) = 1100, \text{ Мбит/с}$$

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

$$BWData = MAX [BWDA; BWDPeak], \text{ Мбит/с} \quad (4.29)$$

$$BWData = MAX [990; 1100] = 1100 \text{ Мбит/с}$$

Таким образом для реализации услуги доступа к глобальной сети Internet полоса пропускания каждого проектируемого узла должна составлять 1100 Мбит/с.

#### 4.5. Определение телетрафика МСС

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

$$ППр_{\text{Triply play}} = ППр_{\text{WAN}} + AV + BD + BWData, \text{ Мбит/с,} \quad (6.29)$$

где  $ППр_{\text{WAN}}$  – пропускная способность для трафика IP телефонии, [Мбит/с];  $AV$  – 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].

$$ППр_{\text{Triply play}} = 1058 + 121 + 171 + 1100 = 2450 \text{ Мбит/с или } 2,39 \text{ Гбит/с}$$

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

## 5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ В МИКРОРАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ Г. КУРСК

### 5.1 Разработка структурной схемы связи микрорайоне северо-западный.

Любая оптическая сеть состоит из нескольких основных элементов. В технологии xPON являются:

- стационарный терминал OLT;
- пассивный оптический сплиттер;
- абонентское устройство ONU (ONT).

На уровне ядра присутствуют OLT 7RU 4GPON, с с портами SFP+, 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 со стороны ядра и стримера.

Уровень агрегации состоит из сплиттеров SNR-PLC 1x16 (используется только 12 волокон одного сплиттера) являющейся узлом сети (каждый подъезд-

						Лист
					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

это узел сети). Скорость передачи информации на этом уровне составляет до 2.5Гбит/с.

Уровнем доступа являются сплиттеры SNR-PLC-1x8 (используется 5 волокон), которые располагаются на каждом этаже многоквартирного дома. От сплиттеров проложен кабель до абонентского оборудования ONT GPON 10/100/100 Base.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

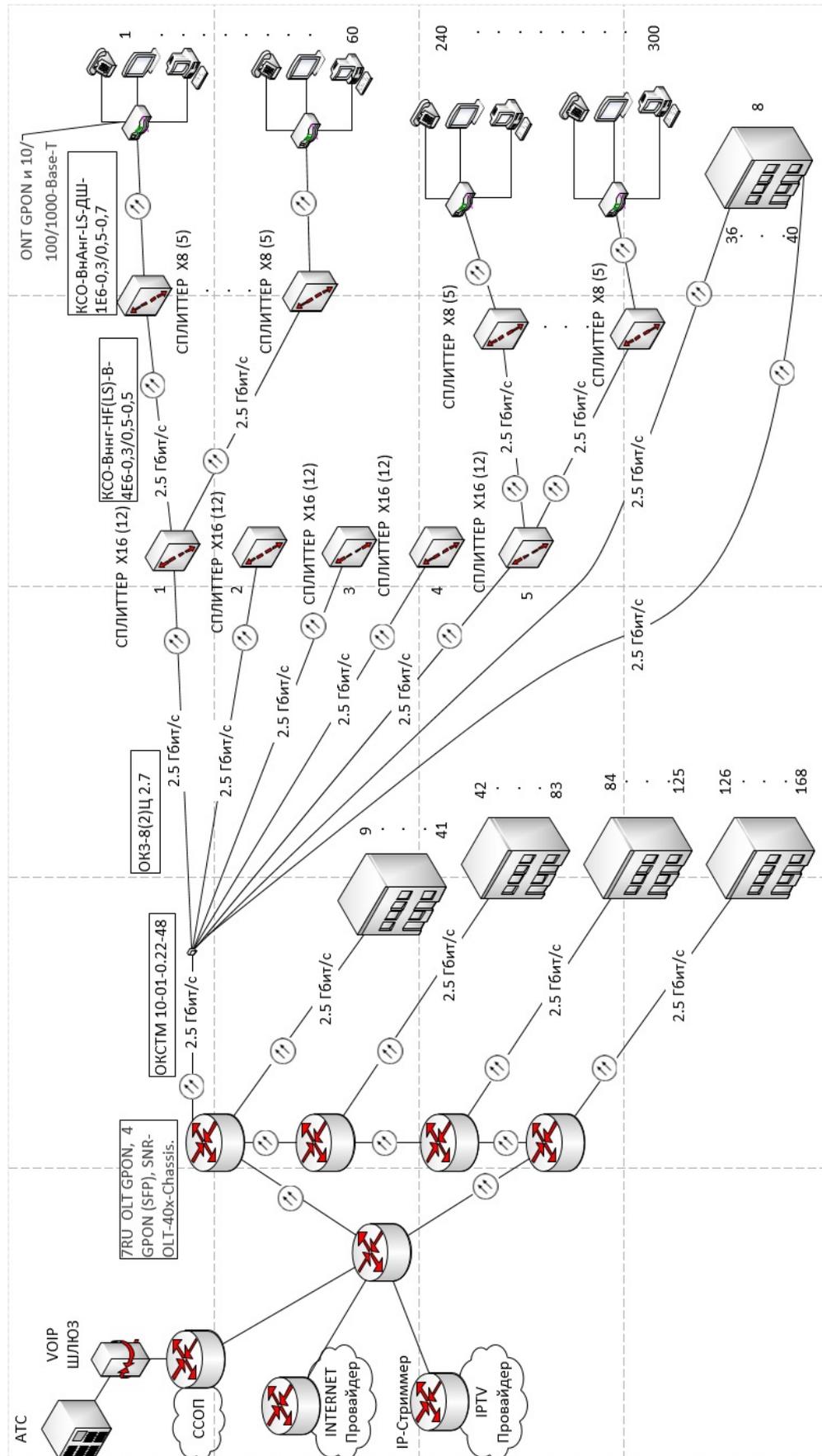


Рисунок 5.1-Топология сети GPON

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

## 5.2 Расчет коэффициента затухания PON сети

Для того что бы убедиться в правильности схемы проектируемой сети необходимо сделать расчет коэффициента затухания, в котором учитывается затухание на сплиттерах, сварке оптоволокна, коннекторах и затухание в самой линии. Необходимо исходить из того, что затухание не должно превышать 30 дБ, что определяется чувствительностью приёмного оборудования и мощностью передающего.

В схеме используется планарные сплиттеры, сварка и коннекторы, вносимое ими затухание и затухание самого волокна представлены в таблицах

Из ранее спроектированной схемы выделим несколько основных схем включения сплиттеров:

Таблица 5.1 – затухания на сплиттерах

Планарные сплиттеры	
Делитель	Затухание, дБ
1x16	10.5
1x8	13.7

Таблица 5.2 – затухания на элементах волоконной линии

Линия	0.4 дБ/км
Коннектор	0.5 дБ
Точка сварки	0.03

Схема включения «1/16, 1/8,»:

$$10,5+13,7+0,03*50+0,5*2=26,7 \text{ дБ} \quad (5.1)$$

$$(30-26,7) / 0,4=8,25 \text{ км} \quad (5.2)$$

Данное затухание меньше порогового значения, что означает возможность реализации данной схемы, так же оставшейся мощности достаточно для волоконной линии до 8,25 км километров.

### **5.3 Схема прокладки кабеля в микрорайоне северо-западный**

Правильная прокладка кабеля обеспечит экономию волокна, что существенно уменьшит затраты на саму прокладку и на закупку кабеля.

Для организации сети связи были выбраны следующие оптические кабели:

- ОКСТМ 10-01-0.22-48

- ОМЗК ОКЗ-8(2)Ц 2.7кН

-Оптический кабель ОКСТМ 10-01-0.22-48. Модульный оптический кабель связи, бронированный стальной гофрированной лентой ОКСТМ-10-01-0,22- 48-(2,7) от компании ООО СвязьТорг N1.Имеет 48 одномодовых оптических волокон 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.Термоустойчивость кабеля позволит вам работать практически при любых погодных условиях: он способен выдержать температуру монтажа до -10°С, при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от -40°С до +70°С.Устойчив к воздействию воды, соляного тумана, плесени, к повреждению грызунами.

-Оптический кабель связи ОКЗ-8(2)Ц 2,7кН с броней из гофрированной стальной ленты от компании ООО СвязьТорг N1. Имеет 8 одномодовых оптических волокон с расширенной рабочей полосой волн. Значение длительно допустимой растягивающей нагрузки составляет 2,7 кН. Применяется в строи-

						Лист
					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тельстве телефонной канализации, тоннельных и коллекторных сооружениях, шахтах и других объектах. Термоустойчивость кабеля позволит вам работать практически при любых погодных условиях: он способен выдержать температуру монтажа до  $-10^{\circ}\text{C}$ , транспортировки и хранения — от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ , при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Благодаря защитному покрытию кабель стоек к внешнему воздействию (в частности, к повреждению грызунами). Оптический кабель сертифицирован в области пожарной безопасности и имеет декларацию о соответствии, зарегистрированную в Министерстве связи России. Класс пожарной безопасности ПРГП-2(В)

Гарантия на товар составляет два года, однако при правильной эксплуатации кабель прослужит вам не менее 25 лет. Производство США (Corning) или Японии (Fujikura) дают дополнительную гарантию качества.

ОКСТМ 10-01-0.22-48 является магистральным кабелем, и прокладывается на магистральных участках в кабельной канализации (крупных улицах микрорайона).

ОМЗК ОКЗ-8(2)Ц 2.7кН является многомодульным кабелем и так же прокладывается в кабельной канализации, но в мелких улицах или во дворах кабельной канализации.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



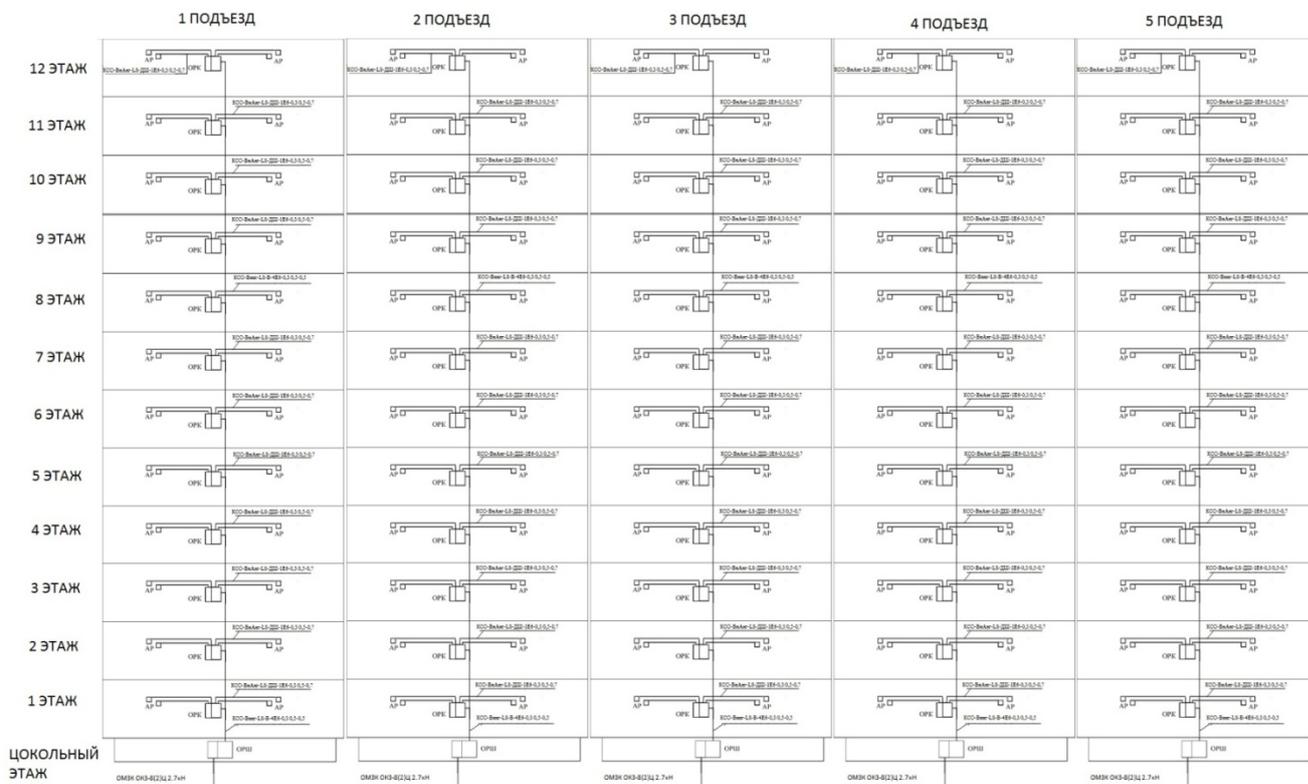
Рисунок 5.2– схема прокладки кабеля в микрорайоне Северо-Западный г. Курск

#### 5.4 Схема разводки оптического кабеля внутридомовая

Внутри домовая разводка кабеля проводится по типовым схемам.

Из ОРШ прилегающему к дому заводится кабель в подвальное помещение, монтируется внутридомовой ОРШ. Внутри него находится кросс панель и сплиттер, разветвляющий волокно по лестничным площадкам.

На лестничных площадках в свою очередь находятся оптические распределительные коробки (ОРК) со сплиттером разветвляющим волокно на количество квартир. После вывода кабель до абонентской розетки. Схема подключения многоквартирного дома представлена на рисунке 5.3



**Рисунок 5.3 - Схема подключения многоквартирного дома**

**ОРШ – оптический распределительный шкаф со сплиттером внутри**

**АР- абонентская розетка**

**ОРК – оптическая распределительная коробка**

Для внутридомовой разводки были выбраны два вида оптического кабеля:

-Модульный оптический кабель связи для внутренней вертикальной прокладки КСО-Вннг-LS-B-4Е6-0,3/0,5-0,5 от компании ООО СвязьТорг N1. Представляет собой оптические волокна в буферном покрытии с не распространяющей горение оболочкой. Кабель состоит из четырех 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  $-10^{\circ}\text{C}$ , транспортировки и хранения — от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

-Оптический кабель связи для внутренней ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ прокладки марки КСО-ВнАнг-LS-ДШ-1Е6-0,3/0,5-0,7. Представляет собой оптическое волокно в буферном покрытии с не распространяющей горение оболочкой. Кабель состоит из одного оптического волокна стандарта G657 (производство США, Corning). Значение длительно допустимой растягивающей нагрузки равно 0,5 кН, коэффициент затухания на длине волны 1550 нм — 0,3. Применяется для прокладки в абонентских сетях. Термоустойчивость кабеля позволит вам работать практически при любых погодных условиях: он способен выдержать температуру монтажа до  $-10^{\circ}\text{C}$ , транспортировки и хранения — от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , при этом эксплуатировать кабель можно при температуре от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

В среднем высота лестничного пролета равна 3 метра, значит общая длина вертикального кабеля, с учетом запаса, равна 30 метров. Необходимая длина оптического кабеля для этажной разводки от сплиттера до АР равна 5 метров на этаж, следовательно. Для вертикальной укладки нужно 30 метров умножить на 5 подъездов и умножить на 168 зданий, получим общую длину кабеля для вертикальной прокладки равную 25,2 км. Для горизонтальной прокладки в среднем нужно 15 метров кабеля на этаже умножить на 12 этажей, умножить на 5 подъездов, умножить на 168 зданий получим 151 км.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

## **6 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ**

В настоящий момент на российском рынке множество компаний поставщиков оборудования.

Выбор оборудования необходимо делать исходя из соображения оценки качества, цены и репутации компании на рынке. Так же является целесообразным подбирать оборудование одной компании, что позволит избежать проблем программной и физической совместимости техники.

В данной проекте был сделан выбор в пользу оборудования компании BDCOM.

Станционный терминал OLT GPON, 10 слотов для абонентских модулей, 2 слота под сетевые модули, 2 слота под модули управления. Подключение до 2.560 абонентских ONU. В него устанавливаются Сервисная интерфейсная карта с 4 портами GPON, Коммутационная фабрика для SNR-OLT-40x-Chassis, сетевая интерфейсная карта для SNR-OLT-40x-Chassis, и это все представляет собой один OLT с 40 GPON портами предоставляющих скорость до 2.5 гбит/с до абонента (на один порт коммутатора можно подключить до 64 абонентов). Данный вид OLT получается в 1.5 раза дешевле такого же устройства в сборе.

Основные особенности :

7U компактный дизайн;

1+1 резервирование модуля управления;

1+1 резервирование электропитания;

14 слотов: до 2 карт управления, до 12 интерфейсных карт;

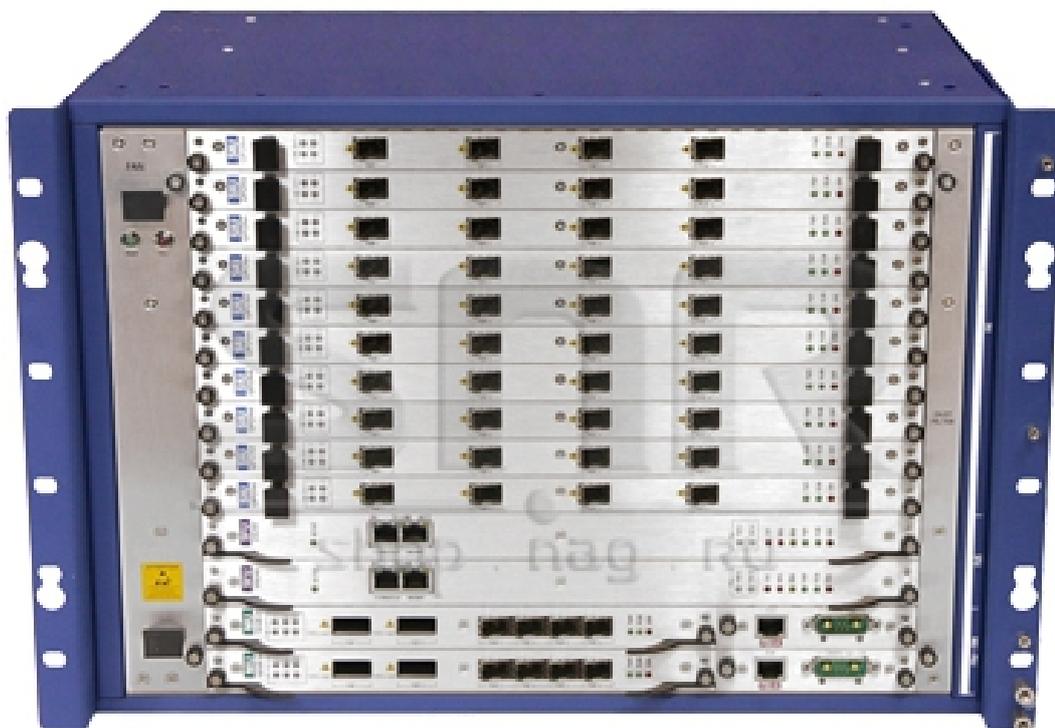
Максимальная поддержка 40 x GPON и 4x10GE (XFP) + 8x1GE (SFP);

296 Gbps общая производительность;

Поддержка IPv4/IPv6 на аппаратной платформе;

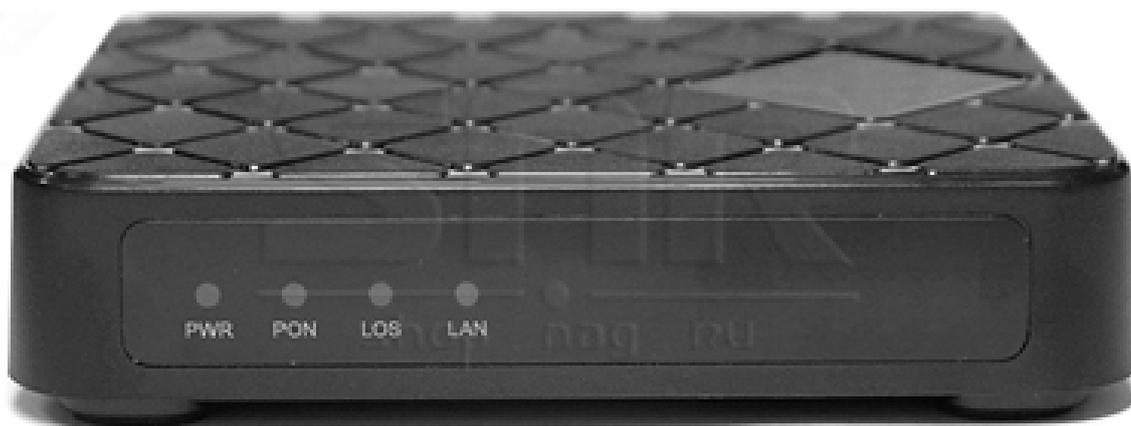
Энергопотребление менее 250W.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51



**Рисунок 6.1 - Модульный коммутатор 7RU OLT GPON 14**

Абонентский терминал ONT GPON с 1 портом 10/100/1000-Base-T устанавливается непосредственно у абонента.



**Рисунок 6.2 – Роутер PSG1282N-22**

**Таблица 6.1-Основные технические характеристики PSG1282N-22**

Основные технические характеристики	
Интерфейсы	<p>WAN порт (1): 1 G-PON uplink порт (SC/APC)                      Rx: 1490nm, Tx: 1310nm, дальность: 20км                      ITU-T G.984.2 Compliant G-PON ONU Class B+</p> <p>LAN порт (2): 1-порт 10/100/1000Base-T (RJ45)</p>
Размеры (WxDxH)	122 x 27.9 x 100мм
Индикация	PWR, PON, LOS, LAN
Оптический интерфейс	<p>2x10 SFF (SC/APC)</p> <p>Tx/Rx: 1310/1490nm, 1.25Gbps (US)/ 2.5Gbps (DS)</p> <p>Чувствительность приемника: -27dBm</p> <p>Мощность излучения лазера: +0.5...+5dBm</p> <p>Максимальная допустимая мощность на входе приемника: -9dBm</p> <p>Максимальная дальность 20км</p>
Блок питания	12V DC 1.0A
Оперативная память	128MB SDRAM
Flash память	128MB
Диапазон рабочих температур	0~50°C (32~122°F)
Влажность	0~90% (Non-Condensing)

**Таблица 6.2 - Необходимое оборудование и кабели для организации сети связи**

Наименование	Кол-во единиц	Стоимость (руб)
		за единицу
Кабель ОКСТМ 10-01-0.22-48 (прокладка в кк)	27	77480
Кабель ОКЗ-8(2)Ц 2.7кН (прокладка в кк)	15	30060
Кабель КСО-ВнАнг-LS-ДШ-1Е6-0,3/0,5-0,7 (горизонтальная прокладка)	151	8590
Кабель КСО-Вннг-НF(LS)-В-4Е6-0,3/0,5-0,5 (вертикальная прокладка)	25	22630
Huawei HTSC-101 (24 волокна (до 96)) волоконно-оптическая муфта	46	1263
7RU шасси OLT GPON, 14 слотов для установки интерфейсных модулей	21	113199
Сервисная интерфейсная карта с 4 портами GPON	210	69478
Коммутационная фабрика для SNR-OLT-40x-Chassis	42	136679
Сетевая интерфейсная карта для SNR-OLT-40x-Chassis	42	76224
Модуль SFP WDM GPON, дальность до 20км (28dB), Tx/Rx: 1490/1310нм	840	6784
Абонентский терминал ONT GPON с 1 портом 10/100/1000-Base-T	50400	4161
ШТВ E-1PON (распределительный шкаф)	168	1120
SNR-PLC-1x8	840	597
SNR-PLC-1x16	10080	1304
Стойка монтажная двухрамная 42U (2000x530x800мм) SNR-STK-S-7542	6	5259
Кросс оптический 19" (ШКОС) укомплектованный на 16 FC портов (комплект с розетками и пигтейлами)	53	1349
DVG-302S шлюз VOIP	2	77123

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

### 7.1 Расчет капиталовложений

Общая стоимость оборудования определяется в зависимости от проектируемой емкости станции и удельных затрат на одну абонентскую линию. Причем с приобретением каждой новой станции идет уменьшение удельных затрат. Если проект осуществляется на базе отечественного и импортного оборудования, то объемы капиталовложений должны быть указаны в рублях и иностранной валюте (при расчетах в иностранной валюте следует использовать курс ЦБ РФ).

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 и т.д.

Общие капитальные вложения на приобретение оборудования могут быть вычислены по формуле:

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ ру } 265\,979\,695\text{р} \quad (7.1)$$

где  $K_{об}$  - суммарный объем затрат на приобретение оборудования, руб;  
 $K_i$  – общая стоимость одной позиции (типа оборудования);  $N$  – количество позиций.

						Лист
					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Таблица 7.1 – Смета затрат на приобретение оборудования**

Наименование	Кол-во единиц	Стоимость (руб)	
		за единицу	всего
Кабель ОКСТМ 10-01-0.22-48 (прокладка в кк)	27	77480	2091960
Кабель ОКЗ-8(2)Ц 2.7кН (прокладка в кк)	15	30060	450900
Кабель КСО-ВнАнг-LS-ДШ-1Е6-0,3/0,5-0,7 (горизонтальная прокладка)	151	8590	1297090
Кабель КСО-Вннг-НF(LS)-В-4Е6-0,3/0,5-0,5 (вертикальная прокладка)	25	22630	565750
Huawei HTSC-101 (24 волокна (до 96)) волоконно-оптическая муфта	46	1263	58098
7RU шасси OLT GPON, 14 слотов для установки интерфейсных модулей	21	113199	2377179
Сервисная интерфейсная карта с 4 портами GPON	210	69478	14590464
Коммутационная фабрика для SNR-OLT-40x-Chassis	42	136679	5740518
Сетевая интерфейсная карта для SNR-OLT-40x-Chassis	42	76224	3201408
Модуль SFP WDM GPON, дальность до 20км (28dB), Tx/Rx: 1490/1310нм	840	6784	5698560
Абонентский терминал ONT GPON с 1 портом 10/100/1000-Base-T	50400	4161	209714400
ШТВ Е-1PON (распределительный шкаф)	168	1120	183680
SNR-PLC-1x8	840	597	501480
SNR-PLC-1x16	10080	1304	13144320
Стойка монтажная двухрамная 42U (2000x530x800мм) SNR-STK-S-7542	6	5259	31554
Кросс оптический 19" (ШКОС) укомплектованный на 16 FC портов (комплект с розетками и пигтейлами)	53	1349	71528
DVG-302S шлюз VOIP	77123	2	154246
Лицензия на услуги телевидения	1	480000	480000
<b>Итого:</b>			<b>265 979 695p</b>

[ <http://svztorг.ru/19-oborudovanie> ]

[ <http://shop.nag.ru/catalog/> ]

[ <http://shop.nag.ru/catalog/> ]

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы: Кпр – Затраты на приобретение оборудования; Ктр – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от Кпр); Ксмр – строительно-монтажные расходы (20% от Кпр); Кт/у – расходы на тару и упаковку (0,5% от Кпр); Кзср – заготовительно-складские расходы (1,2% от Кпр); Кпнр – прочие непредвиденные расходы (3% от Кпр).

Отдельно следует осуществить расчет необходимых затрат на строительство линейно-кабельных сооружений. В среднем, стоимость прокладки 1 км волоконно-оптического кабеля связи обходится от 250 до 350 тыс. рублей в зависимости от особенностей местности.

Общие затраты на прокладку кабеля составят:

$$K_{\text{каб}} = L * Y \quad (7.2)$$

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

[<http://svarka-optiki.ru/index.php>]

[<http://www.all-lines.ru/bystryj-raschet>]

[<http://www.nta.ru/site/service/raschet.html>],

[[http://vols.su/?page\\_id=6](http://vols.su/?page_id=6)]

$$K_{\text{каб.маг.}} = L * Y = 42 * 170000 = 7140000 \text{ магистральный} \quad (7.3)$$

$$K_{\text{каб.зд.}} = L * Y = 176 * 52000 = 9152000 \text{ в здании}$$

$$K_{\text{каб}} = 16292000 \text{ общее}$$

Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{тр} + K_{смп} + K_{м/у} + K_{зсп} + K_{нпр})K_{об} + K_{каб}, \text{ руб} \quad (7.4)$$

$$KB = 265979695 + 265979695 \cdot (0.04 + 0.2 + 0.03 + 0.012 + 0.005) + 16292000 = 358607867,$$

руб

## 7.2 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:

- затраты на оплату труда;
- страховые взносы;
- амортизация основных фондов;
- материальные затраты;
- прочие производственные расходы.

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала.

В случае если проект предполагает создание новой сети, то необходимо спланировать количество рабочих, которое позволит своевременно и эффективно выполнять задачи по развертыванию сети и подключение новых абонентов к сети. Если проект предполагает модернизацию существующей сети, то

возможны два варианта: увеличение персонала, либо его сокращение. Определенный состав персонала представляется в проекте в виде таблицы. Сумма оклада работника зависит от региона, где он работает.

**Таблица 7.2 – Состав персонала по обслуживанию оборудования**

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	25 000	4	100 000
Инженер 1 кат.	20 000	4	80 000
Инженер-программист.	15 000	4	60 000
Монтажник	20 000	8	160 000
<b>Итого:</b>		<b>20</b>	<b>400 000</b>

Годовой фонд оплаты труда для персонала рассчитывается как:

$$\Phi OT = \sum_{i=1}^k (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб } 6\,720\,000 \quad (7.5)$$

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  $T=1$ ).  $T=1.3$

В случае, если необходимо ввести в штат сотрудников, которые будут заниматься строительством и прокладкой линейно-кабельных сооружений, то для них целесообразно составить отдельную таблицу.

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. Ранее ЕСН составлял лишь 26%, затем он был резко увеличен до 34%. Взносы включают в себя отчисления в: Пенсионный фонд (ПФР) — 22 %, Фонд медицинского страхования (ФФОМС) — 5,1 %, Фонд социального страхования (ФСС) — 2,9 %.

Как видно, на сегодняшний день (2016 год) этот показатель составляет порядка 30% от заработной платы. В случае, если доход работника за 1 год превысит 796 тыс. рублей, то на него вносится дополнительный налог в 10%. При превышении базы в 718 тыс. рублей взносы в ФСС не уплачиваются).

$$CB = ФОР * 0,3, \text{ руб } 2\ 016\ 000 \quad (7.6)$$

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:

$$AO = T / F, \text{ руб } 10\ 639\ 187 \quad (7.7)$$

где T – стоимость оборудования,

F – срок службы этого оборудования.

В России пока еще действует документ (постановление совмина СССР от 22.10.90г 1072 (ред. От 06.04.2001) «о единых нормах амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР»), в котором предусмотрены все нормы по амортизации для любой из видов деятельности, в том числе и на оборудование отрасли связи. (Обратите внимание на то, что под амортизацию не попадает ПО, затраты на транспортировку и т.д., т.е. учитывается только оборудование).

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

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

$$Z_{эн} = T * 24 * 365 * P \quad 213092 \quad (7.8)$$

где Т – тариф на электроэнергию (руб./кВт . час) 3.256 , Р – мощность установок (кВт).7,471

Стоимость кВт выбирается в зависимости от конкретного региона, в котором планируется строительство сети, цены для Белгородской области можно найти на сайте «Белгородской сбытовой компании» по электронному адресу <http://www.belsbyt.ru/shareholders/subiekt/cena/>.

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

$$Z_{мз} = KB * 0,035 \quad 12\,551\,275р \quad (7.9)$$

где KB – капитальные вложения, затраты на оборудование.

Общие материальные затраты равны:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз} \quad 12\,764\,367 \quad (7.10)$$

где Z<sub>эн</sub> – затраты на оплату электроэнергии; Z<sub>м</sub> – материальные затраты.

Прочие расходы предусматривают общие производственные (Z<sub>пр</sub>) и эксплуатационно-хозяйственные затраты (Z<sub>эк</sub>):

$$Z_{пр} = ФОТ * 0,15 \quad 1\,008\,000 \quad (7.11)$$

$$Z_{эк} = ФОТ * 0,25 \quad 504\,000 \quad (7.12)$$

где ФОТ – годовой фонд оплаты труда.

Отчисления на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) составляют 1,5% от всей суммы эксплуатационных расходов (если таковые предусмотрены).

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в общую таблицу (пример, таблица 3)

**Таблица 7.3 – Годовые эксплуатационные расходы**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1. ФОТ	6 720 000
2. Страховые взносы	2 016 000
3. Амортизационные отчисления	10 639 187
4. Материальные затраты	12 764 367
5. Прочие расходы	1 512 000
1. Аренда каналов Internet	2 400 000
2. Аренда ТВ каналов IPTV	2 520 000
<b>ИТОГО</b>	<b>38 571 554</b>

### **7.3 Калькуляция доходов**

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

Важным является определение количества абонентов, которое подключается к проектируемой сети. Не следует выбирать долю абонентов, которые будут подключены в первый год, равную 100 %, подобная ситуация при наличии конкурентов просто невозможна. Целесообразно разбить рассчитывать, что в первый год будет подключено где-то 30% от всех абонентов, столько же (или менее) во второй год и т.д.

Пример: всего абонентов проектируемой сети 50400 абонентов (47032 физических лиц и 3368 юридических).

**Таблица 7.4 – Количество подключаемых абонентов в определенный период времени (год).**

Год	Абоненты - Физические лица	Абоненты - Юридические лица	Общее количество подключаемых абонентов
1	11200	1400	12600 (25% от общего - 50400)
2	10080	1260	11340 (30% от оставшихся 37800)
3	9214	708	9922 (37,5% от оставшихся 26460)
4	3954	0	3969 (24% от оставшихся 16538)
5	2356	0	3268 (26% от оставшихся 12569)
6	2270	0	2279 (24.5% от оставшихся 9301)
7	2148	0	2156 (30,7% от оставшихся 7022)
8	1455	0	1460 (30% от оставшихся 4866)
9	3995	0	3406 (100% от оставшихся 3406)

В таблице 7.5 приведены тарифы для юридических и физических лиц, т.е. плата за подключение и пользование различными услугами.

**Таблица 7.5 – Тарифы для абонентов.**

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
Абонентская плата за подключение: Юридические лица Физические лица	200 100
Доступ к сети Интернет Юридические лица Физические лица	400 300

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
IP- TV	
Юридические лица	300
Физические лица	200
IP Телефония	
Юридические лица	300
Физические лица	100

Если предусмотрена разовая абонентская плата за подключение к сети, то необходимо вычислить разовый доход за подключение абонентов:

$$D_{\text{год}} = N_{\text{физ.л}} * B_{\text{физ.л}} + N_{\text{юр.л}} * B_{\text{юр.л}}$$

где  $N_{\text{физ.л}}$  и  $N_{\text{юр.л}}$  – размер платы за подключение абонентов к сети (физических лиц и юридических);  $B$  – количество абонентов (физических лиц и юридических), пользующихся конкретной услугой.

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

$$D_{\text{год}} = \sum_{i=1}^J N_i * B_i * 12 \quad (7.13)$$

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

При расчете годового дохода обращайте внимание на то, что доход от подключения абонентов является разовым, т.е. он не переносится на следующий год.

Не каждый абонент будет иметь желание подключаться ко всем услугам, поэтому предположим, что среди физических лиц 60% дополнительно (кроме доступа к сети интернет) подключили себе IP-TV, а среди юридических лиц 40%. 50% физических лиц подключили IP телефонию, юридических 60%.

**Таблица 7.6 – Доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам.**

Год	Количество абонентов		Доход, руб.		
	Физические лица	Юридические лица	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	11200	1400	1 400 000	74 928 000	76 328 000
2	10080	1260	1 260 000	67 435 200	68 695 200
3	9214	708	1 063 000	64 548 240	65 611 240
4	3954	0	395 400	22 300 560	22 695 960
5	2356	0	235 600	13 287 840	13 523 440
6	2270	0	227 000	12 802 800	13 029 800
7	2148	0	214 800	12 114 720	12 329 520
8	1455	0	145 500	8 206 200	8 351 700
9	3995	0	399 500	22 531 800	22 931 300

#### **7.4 Определение оценочных показателей проекта**

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

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец *i*-го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (14):

$$NPV = PV - IC \quad (7.14)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (15); IC – отток денежных средств в начале *n*-го периода, рассчитываемый по формуле (16).

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (7.15)$$

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

$$IC = \sum_{n=0}^m \frac{I_n}{(1+i)^n} \quad (7.16)$$

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

В формулах (15) и (16)  $n=0$ , т.к. 0 год это год на ввод сети в эксплуатацию. В этот год доходы отсутствуют, а присутствуют только затраты на закупку оборудования и оплату годовых расходов.

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. В теории инвестиционного анализа предполагается, что ставка дисконтирования включает в себя минимально гарантированный уровень доходности (не зависящий от вида инвестиционных вложений), темпы инфляции и коэффициент, учитывающий степень риска и другие специфические особенности конкретного инвестирования (риск данного вида инвестирования, риск неадекватного управления инвестициями, риск неликвидности данного инвестирования).

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

рыночных факторов (на период расчета дипломного проекта ставку следует уточнять на примере Сбербанка РФ или другого крупного банка).

В качестве примера в таблице 8 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями:

КВ = 358607867 руб;

Ежегодные затраты 38 571 554 руб.

ставка дисконта 11 %.

Нулевым годом считается год реализации проекта.

Параметр Р показывает доход, полученный за текущий год. Не стоит забывать, что в таблице 7 приведены доходы от конкретного количества абонентов, которые были подключены за год, т.е. без учета уже имеющихся абонентов. Таким образом, чтобы вычислить доход, например за 2 год, необходимо суммировать доход от подключения абонентов на 2 году и доход от абонентской платы за год (для абонентов подключенных именно во втором году), а также прибавить доход от абонентской платы для абонентов, которые были подключены до этого года, но НЕ включать стоимость подключения. Т.е.:

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

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

**Таблица 7.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	Р	PV	I	IC	NPV
0	0	0	397 179 421	397 179 421	-397 179 421
1	76 328 000	68 763 964	38 571 554	431 928 569	-363 164 604
2	143 623 200	184 331 775	38 571 554	463 234 107	-277 902 332
3	207 974 440	337 400 893	38 571 554	491 437 294	-154 036 402
4	229 607 400	488 650 399	38 571 554	516 845 571	-28 195 173
5	242 744 440	632 707 410	38 571 554	539 735 911	92 971 497
6	255 529 640	769 323 990	38 571 554	560 357 838	208 966 149
7	267 632 160	898 231 271	38 571 554	578 936 151	319 295 117
8	275 769 060	1 017 894 773	38 571 554	595 673 350	422 221 399
9	298 554 860	1 134 607 263	38 571 554	610 751 926	523 855 314

Как видно из приведенных в таблице 5 рассчитанных значений, проект окупиться на 5 году эксплуатации, так как в начале 5 года мы имеет положительный NPV.

Срок окупаемости (PP) – показатель, наиболее часто принимаемый в аналитике, под которым понимается период времени от момента начала реализации проекта до того момента эксплуатации объекта, в который доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

Показатель срока окупаемости без учета фактора времени применяется в том случае, когда равные суммы доходов, полученные в разное время, рассматриваются равноценно. Срок окупаемости с учетом фактора времени – показатель, характеризующий продолжительность периода, в течение которого сумма чистых доходов дисконтированных на момент завершения инвестиций, равных сумме инвестиций.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (7.17)$$

где T – значение периода, когда чистый денежный доход меняет знак с «-» на «+»; NPV<sub>n</sub> – положительный чистый денежный доход в n году; NPV<sub>n-1</sub> – отрицательный чистый денежный доход по модулю в n-1 году.

$$PP = 5 + 28195173 / (28195173 + 92971497) = 5.2 \text{ года}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 5,2 года.

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

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (7.18)$$

$$PI = 632707410 / 539735911 = 1,17$$

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

Индекс  $PI$  следует рассчитывать для момента, когда проект окупается, либо на длительность временного периода расчета (общее количество лет). Если необходимо вычислить рентабельность в %, то необходимо из  $PI$  вычесть 1.

Внутренняя норма доходности ( $IRR$ ) – норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника.

Экономический смысл показателя  $IRR$  заключается в том, что предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. Чем выше  $IRR$ , тем больше возможностей у предприятия в выборе источника финансирования. Иными словами, что он показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект.  $IRR$  должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (7.19)$$

где  $i$  – ставка дисконтирования

Расчет показателя  $IRR$  осуществляется путем последовательных итераций. В этом случае выбираются такие значения нормы дисконта  $i_1$  и  $i_2$ , чтобы

в их интервале функция NPV меняла свое значение с «+» на «-», или наоборот. Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (7.20)$$

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

Для описанного выше примера будем иметь:

$i_1 = 11$ , при котором  $NPV_1 = 92\,971\,497$  руб.;  $i_2 = 49$  при котором  $NPV_2 = -393\,769$  руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 11 + (92971497 / (92971497 + 393769)) * (48,59 - 11) = 48,43$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 48,43 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 11%, таким образом, проект следует принять. В случае если,  $IRR < I$  проект нецелесообразен для реализации.

## 7.5 Выводы по разделу

Таким образом, 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 7.8.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

**Таблица 7.8 – Основные технико-экономические показатели проекта**

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	50400
Капитальные затраты, руб	358607867
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	38 571 554
Расходы на оплату производственной электроэнергии	213092
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт	12 551 275
Фонд оплаты труда	6 720 000
Страховые взносы	2 016 000
Амортизационные отчисления	10 639 187
Общие производственные расходы	12 764 367
Доходы (NPV), руб	92 971 497
Внутренняя норма доходности (IRR)	48,83%
Индекс рентабельности (PI)	1.17 или 17%
Срок окупаемости, год	5.2

## 8 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

### 8.1 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;

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

– 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 -Кр), 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.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

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

## 8.2 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.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

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 перечислен-

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

ных параметров также имеют значение скорость движения воздуха (0.2м/с) и запыленность воздушной среды.

К системам освещения предъявляют следующие требования:

Обеспечение равномерного распределения яркости;

Обеспечение равномерного распределения яркости;

Устранение прямой и отраженной блеклости;

Обеспечение постоянства освещенности и отсутствия всяческих колебаний;

Правильное освещение рабочих мест обеспечивает безопасные и здоровые условия труда.

Освещение, соответствующее санитарным нормам, является главным 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).

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-личностные 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.

## 9 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

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 форми-

						Лист
					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рование 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.

## **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:

Высокосортной доступ в Интернет (до 2.5 гб/с);

Подключение к сети связи общего пользования (IP-телефония);

Кабельное телевидение (IPTV).

Проект реализован с помощью технологии GPON, что позволяет достичь максимальной гибкости при развертывании сети в будущем, когда потребность в увеличении абонентов возрастет.

Цели работы достигнуты, все задачи выполнены, получены следующие основные результаты:

1. в данном микрорайоне население более 150000 жителей, но не все жители нуждаются в предоставлении услуг связи, поэтому на основе социологического опроса населения было выявлено, что 50400 абонентов нуждается в предоставлении мультисервисных услуг связи. А именно: 80% населения готовы воспользоваться интернет трафиком, причем как физические лица, так и юридические лица. Услугами IPTV помимо доступа к сети интернет среди физических лиц 60%, а среди юридических лиц 40%. Подобная статистика относится и к IP телефонии: 50% физических лиц, 60% юридических лиц.

2. Разработана стратегия реализации мультисервисной сети связи, в которой используется технология GPON.

3. Выбрана технология GPON, потому что на данный момент времени, по ценовой политике и по скорости предоставления услуг на одного абонента-это самый лучший вариант. Скорость предоставления услуг на одного абонента может составлять до 2.5 гбит/с. Хотя это технология и не новинка на мировом

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

рынке, но это отличный показатель даже в настоящее время по скорости предоставляемой абонентам

4. Разработана схема организации связи, которая предполагает топологию кольцо на уровне на уровне ядра. На уровне агрегации которым является каждый подъезд жилого дома, принятый за узел связи, используется древовидная топология. Такая же топология используется на уровне доступа, которым является каждый этаж жилого дома.

5. Был произведен выбор оборудования как по качеству, так и по цене в сторону фирмы SNR, которая является не ведущей фирмой на рынке оборудования телекоммуникационных услуг, но имеет неплохие показатели по оценке пользователей, можно сказать- это золотая середина в списке телекоммуникационного оборудования.

6. На основе результатов расчета нагрузок можно сделать вывод, что скорость на уровне ядра составляет 10 гбит/с, которой достаточно для проектируемой сети в целом. На уровне агрегации и уровне доступа скорость является одинаковой и составляет до 2.5 гбит/с. На уровне доступа скорость представлена максимальной, так как она зависит от загруженности сетевого узла в целом. Минимальная скорость предоставляемая абонентам при полностью загруженной сети считается 40 мбит/с. Это считается хорошим показателем на одного абонента даже для данной технологии. Но предоставляемая максимальная и минимальная предоставляемая скорость регулируется провайдером, в зависимости от тарифа.

7. Стоимость реализации проекта составила 358 607 967 руб. В эту стоимость также входят затраты на технические работы такие как: монтаж, настройка оборудования и прокладка кабеля. Экономические расчеты показали, что проект окупается за 5 лет и 2 месяца. Данный показатель обусловлен тем, что район проектируемой сети связи имеет высокую плотность абонентов (на 1 квадратный километр) и относительно небольшую стоимость предоставляемых услуг по сравнению с другими провайдерами.

					<b>11070006.11.03.02.101.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Город Курск [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Е.: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kursk> Дата обращения 1.02.16)
2. Гольшко, А. Triple Play: технология создает новую реальность / А. Гольшко // Connect!. – 2006. - Лесной.
3. Гроднев, И.И., Верник, С.М., Линии связи. [Текст] /И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Радио и связь, 1988. – 542 с.
4. Гроднев, И.И. Волоконно-оптические линии связи: Учеб. пособие для вузов/ И.И. Гроднев. – М.: Радио и связь, 1990. – 224 с.: ил.
5. 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)
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 10.05.2016)
7. История сетевых телекоммуникаций [Электронный ресурс] // Официальный сайт NetHistory Е.: URL: <https://nethistory.wordpress.com/> / (Дата обращения 2.05.15)
8. КДДС. Оборудование для сетей связи [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Искрател Е.: URL: <http://www.kdds.ru/> (Дата обращения 10.04.16)
9. Леонов, А., Конышев, В., Технология PON – эффективная сеть доступа. [Текст] / Леонов, А., Конышев, В. – М.: CONNEKT, 2007-110-114 с.: ил.
10. 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.

11. Мардер, Н.С., Современные телекоммуникации. [Текст] / Н.С., Мардер. – М.: ИРИАС., 2006 – 384 с.: ил.

12. 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.

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

14. Пинчук, А.В. Соколов, Н.А. Triple-Play Services: аспекты реализации / А.В. Пинчук, Н.А. Соколов // Вестник связи. – 2005. - №6.

15. Прокопенко, С. Triple Play: игра со многими неизвестными / С. Прокопенко // Экспресс – электроника. – 2005. - №6

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

17. Решения Искрател [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Искрател Е.: URL: <http://iskratel.com/soulution/> (Дата обращения 10.06.15)

18. Сетевое оборудование оптом [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG Е.: URL: [www.shop.nag.ru/price](http://www.shop.nag.ru/price) (Дата обращения 10.04.16)

19. Строительство и техническая эксплуатация ВОЛС [Текст] / Под ред. Б.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1996. – 176 с.: ил.

20. СВЯЗЬ ТОРГ. Кабель и оборудование[Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ИНКАБ Е.: URL: <http://svztorg.ru> (Дата обращения 10.03.16)

21. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие. В 3 томах. Том 3. Мультисервисные сети [текст] / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.В. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под ред. В.П. Шувалова. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.

22. «Уралсвязьинформ». [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Уралсвязьинформ». Е.: URL: [www.usi.ru](http://www.usi.ru) (Дата обращения 11.03.16)

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)

24. Цены на оборудование для строительства ВОЛС [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании Settr k Е.: URL: <http://settr.ru>. (Дата обращения 10.05.16)

25. Цены на оптический кабель различных категорий [Электронный ресурс]// Официальный сайт компании Связь Торг Е.: URL: <http://svztorg.ru> (Дата обращения 10.05.16)

26. 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)

27. GPON [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании NAG Е.: <http://nag.ru/articles/reviews/23115/gpon-vs-ethernet.html> (Дата обращения 10.04.16)

28. PON – пассивные оптические сети [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Связь Телеком Е.: URL: <http://www.skomplekt.com/technology/pon/> (Дата обращения 2.04.16)