

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 МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ  
ОКРУГЕ Г. КУРСКА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Выпускная квалификационная работа студента**

**очной формы обучения**

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

**4 курса группы 07001208**

**Петрива Андрея Владимировича**

Научный руководитель  
канд. техн. наук,  
ст. преподаватель кафедры  
Информационно-  
телекоммуникационных  
систем и технологий  
НИУ «БелГУ» Олейник И.И.

Рецензент  
канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ООО «НПП «Сигнал» БелГУ»  
Соловьёв В.И.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ.....	7
1.1 Общие сведения об объекте .....	7
1.2 Экспликация объекта .....	8
1.3 Предмет исследования .....	11
2 ВЫБОР ВАРИАНТА РЕАЛИЗАЦИИ СЕТИ .....	15
2.1 Выбор технологии реализации .....	15
2.2 Технологии FTTx .....	15
2.3 Технология пассивных оптических сетей PON .....	17
2.4 Оценка требуемой полосы пропускания канала .....	20
3 РАСЧЕТ НАГРУЗОК МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ .....	22
3.1 Расчет трафика передачи данных .....	22
3.2 Расчет трафика телефонии .....	25
3.3 Расчет трафика видеопотоков .....	27
3.4 Определение телетрафика МСС .....	31
4 ВЫБОР ТИПА ЛИНИИ СВЯЗИ .....	32
4.1 Линия связи на уровне ядра и уровне агрегации .....	32
4.2 Линия связи на уровне абонентского доступа .....	35
5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	36
5.1 Выбор оборудования уровня ядра .....	36
5.2 Выбор оборудования уровня агрегации .....	38
5.3 Выбор оборудования уровня доступа .....	40
5.4 Выбор межсетевое экрана (Брандмауэра).....	45

					<b>11070006.11.03.02.120.ПЗВКР</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разработал		<i>Петрив А.В.</i>			Лит.	Лист	Листов
Проверил		<i>Олейник И.И.</i>				2	74
Рецензент		<i>Соловьёв В.И.</i>			НИУ «БелГУ» гр. 07001208		
Н. Контр.		<i>Олейник И.И.</i>					
Утвердил		<i>Жуляков Е.Г.</i>					
					Проектирование мультисервисной сети связи в Железнодорожном округе г. Курска Курской области		

5.5	Выбор шлюза VoIP .....	46
5.6	Выбор серверов .....	47
5.7	Выбор оборудования IP TV.....	48
6	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ СЕТИ .....	51
7	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА .....	54
7.1	Расчет капиталовложений .....	54
7.2	Калькуляция эксплуатационных расходов.....	57
7.3	Калькуляция доходов .....	61
7.4	Определение оценочных показателей проекта .....	64
7.5	Результаты технико-экономического анализа .....	68
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	70
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	71

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

## ВВЕДЕНИЕ

Растущие потребности абонентов в информационных потоках подталкивают к развитию телекоммуникационных и информационных ресурсов для удовлетворения конечных потребителей (пользователей). Оборудование и стандарты ШПД (широкополосная передача данных) позволили стереть границы между телекоммуникационными и информационными каналами, происходит их конвергенция, увеличению количества предоставляемых услуг сопутствует расширение полосы пропускания в каналах передачи данных, использование эффективного кодирования и правильное распределение всего диапазона частот. Мультисервисная сеть с использованием оптических транспортных каналов позволяет решить проблему недостатка количества и качества предоставляемых услуг. Далее в выпускной квалификационной работе будут рассмотрены различные топологии и варианты подключения абонента к сети и аргументирован выбор одного из вариантов.

Актуальность работы обусловлена существующей потребностью в услугах ШПД в Железнодорожном округе г. Курска в связи с наличием плохо развитой телекоммуникационной инфраструктуры в частном секторе. Подробное описание существующей сети связи будет описано в разделе 1.2. Сложность подключения в исследуемом районе большого количества абонентов с малыми затратами стала причиной полного отсутствия таких услуг, как IPTV (цифровое телевидение), VoiceIP (IP-телефония) и наличия низкоскоростного Интернета по технологии ADSL. Строительство сети передачи данных в частном секторе связано с многочисленными затратами, которые окупаются в большие сроки, чем многоэтажные застройки. Мультисервисность сети означает одновременное присутствие разнородного трафика в одной среде, например, должно быть наличие как голосовых данных, видеотрафика, так и трафика передачи данных в одних каналах связи.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основополагающим требованием будет присутствие доступа к Интернет, IPTV, VoiceIP.

**Целью выпускной работы** является получение прибыли с подключения и обслуживания частных абонентов частного сектора в Железнодорожном округе г. Курска Курской области, пользующихся предоставляемыми услугами Internet, IPTV, VoiceIP.

Результатом корректировки топологии должна быть схема соединения устройств в сети.

Проектируемая сеть должна быть с заданным уровнем надежности, удобной в эксплуатации и обеспечивать бесперебойный доступ в Интернет, непрерывное IPTV, отсюда следует расчет необходимой пропускной способности на каждое конечное устройство (абонента).

**Выделяют некоторые задачи при построении мультисервисной сети связи (МСС):**

- Передача различного трафика. Мультисервисная сеть должна обеспечивать передачу одновременно разнородного трафика (голоса, данных, видео).
- Экономичность. В проектируемой сети должны быть учтены экономические показатели и выбрано оптимальное решение для оборудования цена/качество. При этом производительность оборудования не должна от этого страдать, в ЧНН исключены блокировки.
- Масштабируемость. Потребности абонентов растут из года в год, при проектировании необходимо закладывать некоторую избыточность в решения, чтобы была возможность наращивать мощности с наименьшими затратами в будущем.
- Высокая доступность. Непрерывность работы системы должна быть максимальной, выход из строя устройства не должен влиять на работоспособность системы, которую оно не затрагивает. Замена в таком случае должна быть осуществлена в минимально возможные сроки.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

- Информационная безопасность. Сеть должна удовлетворять политикам безопасности компании, а также обеспечивать безопасный доступ для абонентов к услугам ШПД, настроена защита от внутренних и внешних атак.

- Простота. Используемые решения должны быть не нагружены излишней информацией. Персонал, эксплуатирующий сеть, должен понимать устройство системы, для этого она должна быть простой насколько это возможно, при этом учитывая все факторы, которые могут повлиять на это, например, перспектива расширения. Избегаются избыточные и необоснованные расходы средств компании.

Для решения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1 Анализ состояния существующей сети связи в Железнодорожном округе г. Курска Курской области;

2 Анализ вариантов построения широкополосной сети абонентского доступа;

3 Выбор технологии реализации мультисервисной сети связи;

4 Выбор оптического кабеля и оборудования;

5 Расчёт нагрузок и объёма оборудования;

6 Проектирование мультисервисной системы связи в Железнодорожном округе г. Курска Курской области;

7 Обоснования рентабельности проекта.

По итогам разработки рекомендаций необходимо сделать выводы по каждой из обозначенных задач работы.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ

## 1.1 Общие сведения об объекте

Рассматриваемый объект представлен Железнодорожным округом города Курска Курской области.

Железнодорожный округ — административная единица города Курска (ранее назывался Кировский район).

Площадь территории округа равна 38 км<sup>2</sup>, округ состоит из 126 улиц, 14 проездов, 80 переулков, 2 площадей, 8 парков и скверов. Граничит с Центральным округом в районе реки Тускарь до улицы Малиновой, с Сеймским – по реке Тускарь по улице Малиновой вниз по течению до впадения ее в реку Сейм.

Численность населения округа около 70 000 человек. На территории округа расположены важные транспортные объекты: железнодорожный вокзал станции Курск и железнодорожная магистраль Центр — Юг, автомобильная трасса на Воронеж, аэропорт, линии пассажирского электротранспорта.

В Железнодорожном округе находятся 11 детских дошкольных учреждений на 175 мест, 14 муниципальных общеобразовательных учреждений, в том числе: школа-интернат № 4, православная гимназия во имя преподобного Феодосия Печерского, в которых обучаются около 13 тысяч детей и работают свыше 900 педагогов, 2 высших и 3 средних специальных учебных заведения, 5 учреждений дополнительного образования детей, Дом культуры железнодорожников, Центр досуга «Мир», 2 детские и 2 взрослые библиотеки, 3 спортивных комплекса, аквапарк «Чудо остров» и фитнес-клуб «Три океана».

Медицинское обслуживание жителей округа осуществляет сеть лечебных подразделений в структуре ТМО «Городская больница № 6».

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Здесь также размещён ряд крупных предприятий различных отраслей промышленности: электро- и радиотехнической, оборонной, машиностроительной и металлообрабатывающей, фармацевтической, медицинской, легкой, пищевой; функционирует свыше 623 предприятий торговли, общественного питания и сферы услуг, в том числе 2 торговых центра также имеются розничные магазины и точки общественного питания. [4]

## 1.2 Экспликация объекта

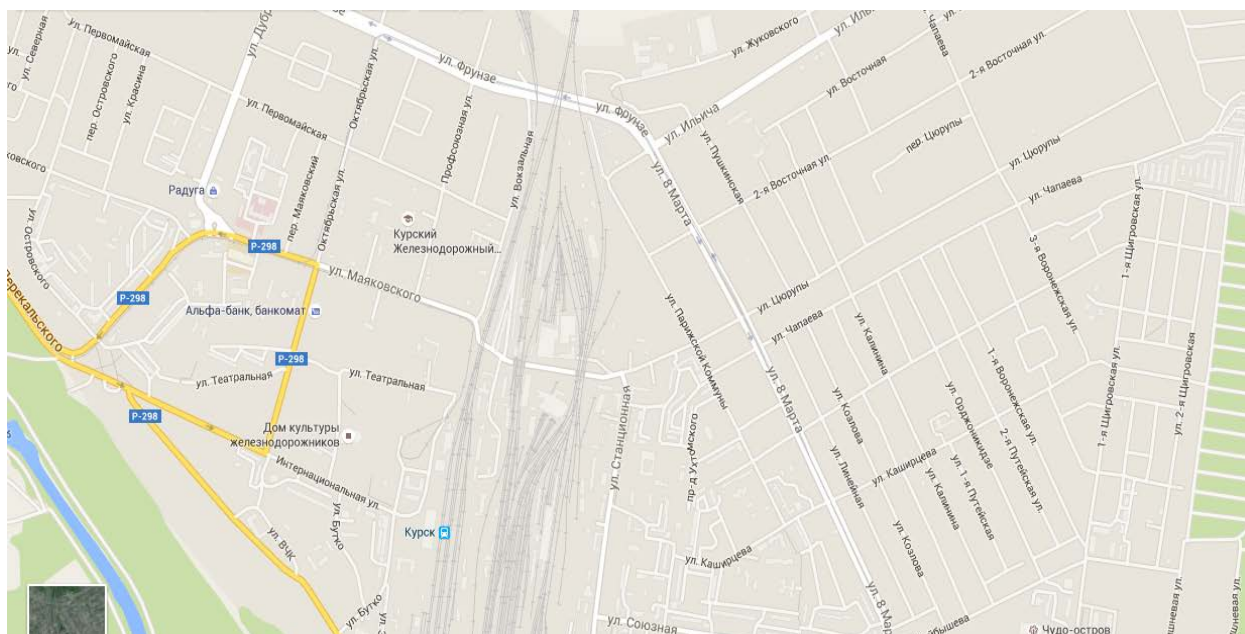
Многоэтажные застройки Железнодорожного округа имеют доступ к ШПД, поэтому в работе будет рассмотрена часть территории округа, а именно частный сектор, улицы которого представлены на рисунке 1.1.

Предполагаемое количество жителей района 12000 человек, а количество абонентов 3602. Необходимо учитывать при расчете нагрузок эти данные. Выбранный район имеет 3569 частных домов, 4 административных здания, 27 магазинов, 2 кафе. Так как реальные показатели подключения имеют всего 70% от общего количества возможных абонентов, поэтому в проекте необходимо рассчитать сеть связи ШПД на 2500 абонентов.

Проектируемая мультисервисная сеть будет иметь доступ к ССОП города Курска. Ближайшая городская АТС-4 расположена по адресу 2-я Рабочая, 6-а, где и будет осуществлено подключение. На этом же объекте будет осуществлен «*InterConnect*» (подключение) к магистральным каналам федерального провайдера Ростелеком с WAN (Wide Area Network). На ул. Каширцева 40 будет организован резервный канал WAN на площадке провайдера Мегафон.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





**Рисунок 1.1 – Карта района с указанными улицами**

В районе работает один оператор фиксированной связи, предоставляющий услуги проводного Интернета, ПАО «Ростелеком», который применяет xDSL технологии, что сказывается на качестве предоставляемых услуг. В своей инфраструктуре используются старые телефонные двухпроводные кабели, пропускная способность которых не превышает 8 Мбит/с.

Полное отсутствие таких услуг как IPTV, VoiceIP. Доступ в Интернет ограничен максимальными скоростями в 8 Мбит/с. Поэтому строительство мультисервисной сети связи необходимо на рассматриваемом участке.

Округ попадает в зону присутствия сотовых операторов МТС, Мегафон, Билайн, Tele2, Yota. Предоставляется доступ к Интернет по беспроводных технологиям UMTS, LTE+ Advanced. Однако даже такие высокоскоростные технологии не могут сравниться по качеству и скоростям с выделенной линией до абонента, также при большом количестве абонентов, радиоканал имеет особенность заполняться, сокращая при этом для пользователей пропускную способность. Именно ограниченная полоса пропускания радиоканала и нестабильность канала при ухудшении погодных условий дают возможность

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

для развития мультисервисной сети связи в округе и подтверждают актуальность проекта.

В округе работает спутниковое телевидение от провайдеров НТВ+, Триколор, Радуга, которое позволяет абонентам получить доступ к цифровому ТВ, но дороговизна подключения и ежемесячные расходы для пользователей превышают IPTV.

В таблицу 1.1 сведены улицы, которые входят в проект строительства сети передачи данных, также указана их протяженность и общая длина кабельных линий.

**Таблица 1.1 – Улицы района и их длины**

№ п/п	Улицы	Длина, м
1	2	3
1	Ул. Ильича	2500
2	Ул. Фрунзе	1700
3	Ул. 8 Марта	1800
4	Ул. Дубровинского	540
5	Ул. Жуковского	1600
6	Ул. 3-я Щигровская	780
7	Ул. Чапаева	1400
8	Ул. Цюрупы	1400
9	Ул. 2-я Восточная	1300
10	Ул. Восточная	1100
11	Ул. Пушкинская	500
12	Ул. Локомотивная	300
13	Пер. Чапаева	500
14	Ул. Козлова	890
15	Ул. Линейная	840
16	Ул. Железнодорожная	900
17	Ул. Калинина	1400
18	Ул. Орджоникидзе	900
19	Ул. 2-я путевая	860
20	Ул. 1-я Воронежская	860
21	Ул. 3-я Воронежская	860
22	Ул. 2-я Щигровская	960
23	Ул. 1-я Вишневая	430
24	Ул. 2-я Вишневая	420
25	Ул. Куйбышева	590
26	Пер. 3-й Щигровский	380
27	Пер. 5-й Щигровский	210
28	Пер. 4-й Щигровский	200
29	Ул. Путевая	240

### Окончание таблицы 1.1

1	2	3
30	Ул. Коммунальная	1100
31	Пер. 7-й Щигровский	215
32	Пер. 8-й Щигровский	200
33	Пер. 9-й Щигровский	210
34	Пер. 10-й Щигровский	200
35	Пер. 11-й Щигровский	200
36	Пер. 12-й Щигровский	190
37	Ул. 5-я Восточная	430
38	Ул. 4-я Восточная	450
39	Ул. 3-я Восточная	430
40	Ул. Каширцева	1400
41	Ул. Парижской Коммуны	1100
42	Ул. Первомайская	1700
43	Ул. Профсоюзная	600
44	Ул. Октябрьская	460
45	Ул. Новая Восточная	790
46	Ул. 2-я Первомайская	340
47	Ул. 3-я Первомайская	300
48	Ул. Вокзальная	620
49	Ул. Красина	380
50	Пер. Островского	310
51	Ул. Островского	890
52	Ул. Маяковского	2100
	Всего по району	40975

Из таблицы 1.1 становится понятен объем работ для прокладки оптических трактов. Более 41 км кабеля потребуется для реализации проекта мультисервисной сети связи, из них около 20 км оптического тракта. В работе будут оценены разные возможные варианты прокладки трассы: кабельная канализация; по столбам освещения. В соответствии с возможностями прокладки будет выбрано оптимальное решение по способу организации оптических сетей.

### 1.3 Предмет исследования

Предметом исследования является мультисервисная сеть, которая

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

представлена многоцелевой средой, предназначенной для передачи голоса, данных и видео с использованием технологии коммутации пакетов, что отличает ее от сетей предыдущих поколений, где основой была технология коммутации каналов, которая неравномерно распределяет объем нагрузки и пропускной способности. МСС имеет высокую степень надежности, аналог телефонных сетей в этом показателе, а также низкую стоимость единицы объема трафика.

Мультисервисность вошла в жизнь как правило или закон ввиду ее актуальности, которая обусловлена тем, что передача данных имеет более высокий приоритет над телефонными сетями.

Введены следующие понятия при рассмотрении МСС: QoS (Quality Of Service) и SLA (Service Level Agreement), это качество обслуживания и соглашение об уровне предоставления услуг связи. Качество предоставления услуг гарантируется не только стандартами, но и технологией операторской сети, а также договором между абонентом и провайдером (который меняет приоритеты для разных типов данных или изменяет пропускную способность канала и т. д.).

Структура архитектуры такой сети имеет несколько уровней: уровень ядра (магистральные соединения), уровень распределения (агрегирование каналов), уровень доступа (каналы до абонентов).

Проектируемая сеть будет построена по трехуровневой топологии:

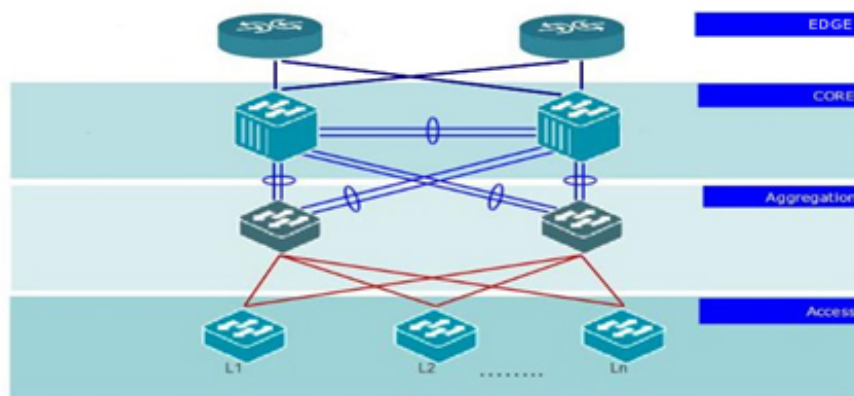
Уровень доступа – оборудование Ethernet (коммутаторы доступа L2), в которое непосредственно и подключены абоненты.

Уровень агрегации, является промежуточным уровнем и создан для маршрутизации абонентского трафика, а также объединения нескольких физических каналов в один логический.

Ядро – обеспечивает обмен между уровнем агрегации и ресурсами сети, такими как серверы, включены также границы провайдера тут работают устройства (маршрутизатор), обеспечивающие возможность контакта с

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

внешним миром WAN. Ядро представлено маршрутизаторами, которые имеют выход на телефонные сети, спутниковое оборудование, *InterConnect*. Схема структуры мультисервисных сетей по 4-х уровневой структуре, изображена на рисунке 1.2.



**Рисунок 1.2 - Схема структуры мультисервисных сетей**

При трехуровневой структуре функции уровня CORE и EDGE объединены и выполняются одними устройствами. На уровне агрегации соответственно используется оборудование третьего уровня (multilayer switch).

На уровне ядра работают высокопроизводительные платформы для быстрой коммутации трафика, которые обмениваются пакетами посредством использования динамической маршрутизации, на этом уровне организовано подключение к серверам и внешним сетям.

Магистральный уровень, как правило, имеет высокопроизводительную платформу от одного производителя.

Уровень распределения состоит из узлового оборудования, а уровень агрегирования выполняет задачи агрегации трафика (объединения каналов) с уровня доступа и подключения к магистральной (транспортной) сети.

Уровень доступа – это организация «последней мили». Уровень доступа представлен коммутатором, непосредственно из порта которого идет подключение абонента, соответственно, в этот уровень включен и канал связи до абонента и до узла агрегации.

В сравнении с существующей сетью связи частного сектора Железнодорожного округа г. Курска (ADSL-интернет, проводной телефон, спутниковое телевидение), мультисервисная сеть предоставляет лучшие и качественные услуги связи, такие как ШПД, IP-телефония и IPTV.

Преимущества IP-телефонии очевидны: в обычной телефонии с коммутацией каналов для установления соединения между абонентами используется подключение с целью разговора, сторонние сервисы не поддерживаются, в IP - телефонии голосовые данные инкапсулируются в пакеты и проходят как и пакеты данных по маршрутизации Интернет с адресом получателя, однако имеют наивысший приоритет QoS. На приемной стороне получатель имеет перегруппированные и декодированные голосовые сигналы оригинала.

Также можно выделить дешевизну VoIP, которая превосходит обычную телефонию. В обычной телефонии используется технология коммутации каналов, используя при этом полную емкость телефонных линий. Избыточность данного решения очевидна. Выделенное подключение телефонной станции также имеет много избыточной производительности или времени простоя в течение речевого сеанса.

IP-телефония основывается на существующих линиях передачи данных, не требуя дополнительного расширения или усложнения системы. Себестоимость минуты разговора через VoIP значительно дешевле обычной телефонии. Это вызвано необходимостью наличия большого количества телефонных станций, имеющих разветвленную сеть, в том числе международную. Главным преимуществом является использование технологии сжатия речевых каналов, что позволяет использовать одни линии для многочисленных запросов одновременно (голосовых, передача данных, видео).

Кабельной телевидение не подвержено влиянию погоды, дешевле в установке и эксплуатации, а также существует возможность увеличения количества каналов от провайдера в отличии от спутникового.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ВЫБОР ВАРИАНТА РЕАЛИЗАЦИИ СЕТИ

### 2.1. Выбор технологии реализации

Для предоставления услуг абонентам сети широкополосного передачи данных важно выбрать оптимальный вариант реализации. Необходимость правильного выбора обусловлена затратами на проектирование, строительство и эксплуатацию сети, перечнем предоставляемых услуг, возможностью перспективы развития и масштабируемости.

Базовые сетевые технологии можно использовать для построения сетей как магистральных транспортных (и подключения к ним сетей доступа и различных пользователей), так и интегрированных мультисервисных. Основное различие между ними заключается в стоимости и сложности реализации.

### 2.2 Технологии FTTx

Использование волоконно-оптических линий связи для предоставления услуг стало применяться относительно недавно, однако идеи реализации были давно.

Одним из решений было применение технологии FTTx (Fiber to the x -- "волоконно до ...") как базы. Данная технология получила огромный спрос среди провайдеров крупных городов с многоэтажной застройкой. Однако в частном секторе реже встречается волоконно-оптическая линия связи. Доведение оптики до каждого абонента довольно дорогое исполнение.

На текущий момент чаще встречается вариант применения смешанного медно-оптического уровня доступа. Концепция FTTx— все дело в последней букве, которая определяет конечное место. FTTx — целое семейство оптико-

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

волоконных технологий, призванных для обеспечения оптической связью. FTTx позволяет предоставлять услуги широкополосной передачи данных. С помощью FTTx существует возможность проведения телефонной связи, кабельного телевидения. «X» — точка, определяющая до какого места доходит оптика. FTTx может довести оптику до сетевого узла, до здания, FTTx — до района или FTTx — до дома. Ниже перечислены варианты концепции FTTx (рисунок 2.1):

В семейство FTTx входят различные виды архитектур:

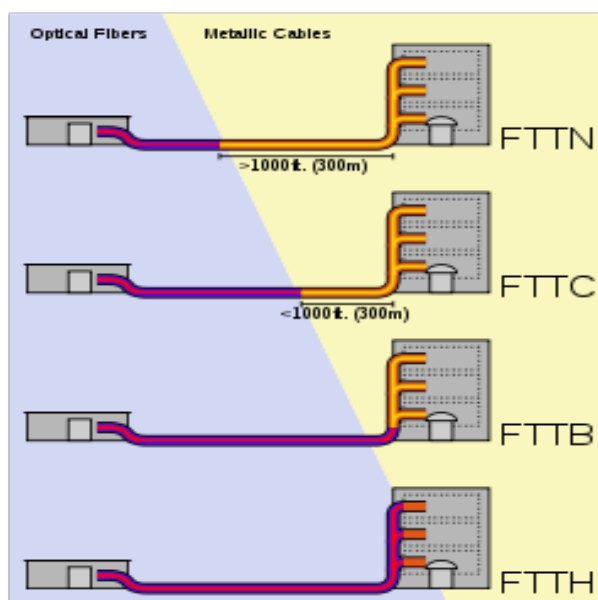
FTTN (Fiber to the Node) — волокно до сетевого узла;

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 абонентскому терминалу подходит оптический кабель.



**Рисунок 2.1 - Варианты построения сетей FTTx**



В рамках проектируемой сети связи выгоднее всего использовать технологию FTTB. FTTB — Fiber-To-The-Building, дословный перевод гласит: «оптика до здания». То есть к FTTB относится технология, с помощью которой связь достигает строения. FTTB позволяет без лишних усилий масштабировать сеть. Огромным достоинством FTTB является ее простота и легкость построения дополнительных сетей. FTTB имеет высокую степень надежности, что доказано годами эксплуатации. В рамках рассматриваемой территории данная технология применима ввиду наличия активного оборудования в топологии сети, которое необходимо при существовании абонентов, удаленных более 10 км.

На FTTB легко накладываются новые технологии. В FTTB к одному устройству подсоединяется минимальное количество абонентов, что позволяет значительно снизить уровень помех и исключить перегрузки на узлах. В проектируемой топологии учтено, что отказ одного устройства доступа приводит к отсутствию сервиса только у подключенных к нему абонентов.

### 2.3 Технология пассивных оптических сетей PON

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

Распределительная сеть доступа PON берет основу на древовидной архитектуре с пассивным оборудованием на трассе (разветвители на узлах).

Технология имеет большую перспективу за высокий уровень избыточности и в возможности удовлетворения растущих потребностей абонентов в ШПД из-за наличия оптики на всех уровнях.

При этом PON трудоемко при масштабировании, для каждого нового пользовательского терминала необходимо волокно, значит при проектировании надо учитывать 100% проникновение, что вносит

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дополнительные расходы, которые возможно не окупятся, и проект окажется нерентабельным.

#### Принцип действия PON.

Основная идея архитектуры PON — использование всего одного приёмопередающего модуля в OLT (англ. optical line terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (optical network terminal в терминологии ITU-T), также называемых ONU (optical network unit) в терминологии IEEE и приёма информации от них.

Количество абонентских терминалов, подключенных к одному модулю OLT ограничивается мощностью и максимальной скоростью оборудования.

Для разделения каналов приема-передачи в PON выделяют разные рабочие длины волн.

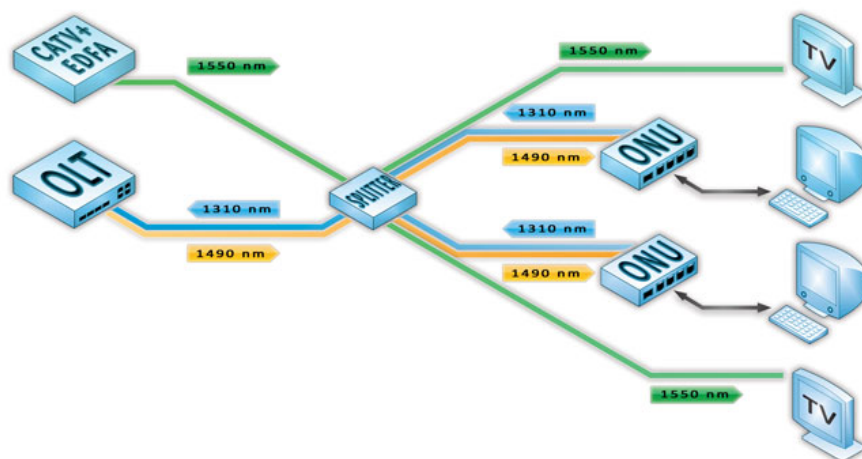
Для передачи потока данных от приемопередающей аппаратуры до оптического терминала downlink используется длина волны 1490 нм. Обратный поток uplink от узлов передается на длине волны 1310 нм. Сигнал телевизионного вещания передается на длине волны 1550 нм.

Для разделения потоков по длинам волн в OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM.

Технология GPON подразумевает услугу «оптики до квартиры», что тоже сказывается на планировании прокладке кабеля в домах абонентов. Оптические кабели не терпят резких изгибов. Так же к недостаткам технологии можно отнести дороговизну конечного оборудования абонента, который должен иметь оптический маршрутизатор, так как в GPON исключено применение медных кабелей. Главным минусом технологии является необходимость сразу рассчитывать всю сеть.

Подключений «по возможности» PON не предусматривает – придётся строить сеть с прицелом на 100% использование возможностей.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



**Рисунок 2.2 – Схематичное изображение подключения PON**

С точки зрения экономической эффективности FTTB технология наиболее привлекательна для операторов, строящих сети, во-первых, из-за меньших по сравнению с GPON материальных затрат, во-вторых, из-за гарантированно высоких скоростей, сопоставимых со скоростями GPON. С точки зрения резервирования технология FTTB имеет преимущества в виде связи нескольких ветвей дерева в кольцо, тем самым при обрывах канала не оставляя абонентов без услуг связи.

Архитектура FTTB получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе Ethernet (ETTx) часто это единственная технически возможная схема. Хотелось бы подчеркнуть, что при всех перспективах развития GPON, при всех технологических преимуществах данной технологии, она по-прежнему остается дорогостоящей как в строительстве (оборудование, прокладка), так и в эксплуатации, поэтому выбор сделан в пользу FTTB технологии, которая использует активное оборудование в своей схеме. Каждому абоненту будет представлено отдельно волокно из кабеля, то также присутствует необходимость в многочисленных сварках оптических кабелей до абонентов, что приводит к удорожанию работ. Технология PON предусматривает присутствие у абонента оборудования доступа, стоимость которого превышает цену на аналогичное при

## 2.4 Оценка требуемой полосы пропускания канала

В таблицах 2.1 и 2.2 представлены категории абонентов и распределение необходимых услуг по категориям абонентов.

В пределах работы проектируется мультисервисная сеть для предоставления услуг передачи данных и телефонии для частных лиц, расчеты произведены исходя из максимальной нагрузки. То есть каждый абонент будет использовать все предоставляемые услуги: IPTV, Internet, VoIP, чего добиться в реальных условиях затруднительно. Однако одним из главных условий отказоустойчивости сети является ее избыточность, которая при таких расчетах имеет место. При этом немаловажным является масштабируемость сети, для которой необходимо закладывать пропускную способность, превышающую текущие требования абонентов.

**Таблица 2.1 – Количество абонентов по категориям**

Количество абонентов по категориям			
Частные лица	SOHO	SME	LME
2500	-	-	-

Из таблицы 2.1 следует, что услуги необходимо предоставить только частным лицам.

**Таблица 2.2 – Распределение услуг по категориям абонентов**

Категория абонентов	Тип услуг	Количество абонентов
Частные лица	Телефония	1750
	Доступ в сеть Интернет	2500
	Цифровое телевидение	1750

Для оценки требуемой полосы пропускания произведем расчет.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для категории частных лиц:

- телефония  $1750 \cdot 8$  кбит/с = 14 Мбит/с;

- доступ к сети Интернет  $2500 \cdot 20$  Мбит/с = 50 Гбит/с;

- Цифровое телевидение  $1750 \cdot 2$  Мбит/с = 3,5 Гбит/с;

Итого суммарный трафик абонентов данной категории – 67,5 Гбит/с;

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 3 РАСЧЕТ НАГРУЗОК МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

### 3.1 Расчет трафика передачи данных

Мультисервисные сети выделяются тем, что предназначаются для совместного доступа пользователей к различным приложениям, трафик которых имеет особенную структуру и уникален в своем роде. Трафик приложений формирует пакеты данных, которые отличаются от трафика телефонных сетей или кабельного телевидения. Такие данные характеризуются неравномерной интенсивностью поступления пакетов 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.

В час наибольшей нагрузки (ЧНН) в сети передачу будут осуществлять лишь часть абонентов. Количество активных абонентов в пределах ЧНН может изменяться, поэтому для их подсчета используется пятиминутный временной интервал внутри ЧНН, и максимальное число активных абонентов за этот период времени определяется параметром Data Average Activity Factor (DAAF), в соответствии с этим количество активных абонентов составит

$$AS = TS \cdot DAAF, \text{ аб}, \quad (3.1)$$

где  $TS$  – число абонентов, аб,

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

$$AS = 2500 \cdot 0.8 = 2000, \text{ аб}.$$

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Отмечается закономерность, что объем передаваемых от абонента данных значительно меньше объема принимаемых им данных. Но это не отменяет условие предоставления заявленной пропускной способности. Ниже определяется средняя пропускная способность для комфортной работы пользователей в Интернет.

Средняя пропускная способность для приема данных составит

$$BDDA = (AS \cdot ADBS) \cdot (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.2)$$

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.

$$BDDA = (2000 \cdot 15) \cdot (1+0,1) = 33000 \text{ Мбит/с} = 33\ 000, \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

$$BUDA = (AS \cdot AUBS) \cdot (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.3)$$

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.

$$BUDA = (2000 \cdot 10) \cdot (1+0.15) = 23000 \text{ Мбит/с} = 23\ 000, \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая пропускная способность определяется количеством абонентов одновременно принимающих и передающих данные в течение короткого промежутка времени.

Количество таких абонентов в час наибольшей нагрузки определяется коэффициентом Data Peak Activity Factor (DPAF)

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$PS = AS \cdot DPAF, \text{ аб}, \quad (3.4)$$

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

$$PS = 2500 \cdot 0.7 = 1750, \text{ аб}.$$

За промежуток времени для измерения пропускной способности принято использовать 1 секунду. Это означает, что за 1 секунду надо рассчитать пиковую пропускную способность при одновременной работе нескольких пользователей.

Пиковая пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки

$$BDDP = (PS \cdot PDBS) \cdot (1 + OHD), \text{ Мбит/с}, \quad (3.5)$$

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

$$BDDP = (1750 \cdot 20) \cdot (1+0.1) = 38\,500, \text{ Мбит/с}.$$

Пиковая пропускная способность для передачи данных в ЧНН

$$BUDP = (PS \cdot PUBS) \cdot (1 + OHU), \text{ Мбит/с}, \quad (3.6)$$

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

$$BUDP = (1750 \cdot 15) \cdot (1+0,15) = 30\,187, \text{ Мбит/с}.$$

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

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.7)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с}, \quad (3.8)$$

где BDD – пропускная способность для приема данных, Мбит/с,

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



BDU – пропускная способность для передачи данных, Мбит/с.

$$BDD = \text{Max} [33\ 000; 38\ 500] = 38\ 500, \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max} [23\ 000; 30\ 187] = 23\ 000, \text{ Мбит/с}.$$

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

$$BD = BDD + BDU, \text{ Гбит/с}, \quad (3.9)$$

где BDD – максимальная пропускная способность для приема данных, Мбит/с,

BDU – максимальная пропускная способность для передачи данных, Мбит/с.

$$BD = 38\ 500 + 23\ 000 = 61\ 500, \text{ Мбит/с}.$$

Итак, для передачи данных абонентами сети маршрутизатор должен иметь пропускную способность 61.5 Гбит/с.

### 3.2 Расчет трафика телефонии

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

1. количество источников нагрузки – абоненты N=2500 абонентов;
2. тип кодека в планируемом к внедрению оборудовании, G.729A;
3. длина заголовка IP пакета, 58 байт.

Транспортный ресурс, необходимый для передачи в пакетной сети телефонного трафика, поступающего на узловую аппаратуру, при условии использования кодека G.729A определяется по формулам ниже.

Полезная нагрузка голосового пакета G.729 CODEC составит

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{звуч.голоса}} \times v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит} / \text{байт}}, \text{байт}, \quad (3.10)$$

где  $t_{\text{звуч.голоса}}$  - продолжительность звучания голоса, мс,

$v_{\text{кодирования}}$  - скорость кодирования речевого сигнала Кбит/с.

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

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{20 \times 8}{8} = 20, \text{байт}$$

Каждый пакет имеет заголовок длиной в 58 байт.

Общий размер голосового пакета составит:

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{Eth}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{байт}, \quad (3.11)$$

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:

$$ППр_1 = V_{\text{пакета}} \times 8 \text{ бит} / \text{байт} \times 50_{\text{pps}}, \text{Кбит/с}, \quad (3.12)$$

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

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

В проекте мультисервисной сети учитывается точка присутствия, в которой имеются 1554 голосовых портов. Средствами подавления пауз можно

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

добиться сжатия голосового сигнала на 30-50 процентов. Таким образом, полоса пропускания для точки присутствия определяется:

$$\text{ППр}_{\text{WAN}} = \text{ППр}_1 \times N_{\text{SIP}} \times \text{VAD}, \text{Мбит/с}, \quad (3.13)$$

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).

$$\text{ППр}_{\text{WAN}} = 30 \times 1554 \times 0.7 = 32.63, \text{Мбит/с}.$$

Результаты рассчитаны исключительно под проектируемую схему сети. На конечный результат влияет как наличие/отсутствие средств кодирования/декодирования, средняя продолжительность вызова, так и тип приложения, использующего канал связи. Примером, когда невозможно использование средств подавления пауз, является передача музыки вызывающему абоненту, который ждет ответа оператора.

### 3.3 Расчет трафика видеопотоков

Видеопотоки делятся на группы согласно своим характеристикам, например, передача видео может быть в режиме реального времени или записи, а также могут быть переданы группам пользователей одновременно multicast или индивидуально каждому (unicast).

Режим multicast применяется для трансляции видео в режиме реального времени программ, принимаемых со спутника или с сервера по заранее составленному расписанию, передача идет от одного источника (сервер) ко множеству пользовательских терминалов.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$IPVS\ Users = AVS \times IPVS\ MP \times IPVS\ AF \times IPVS\ SH, \quad (3.14)$$

Где  $IPVS\ Users$  – количество абонентов;

$IPVS\ MP$  – коэффициент проникновения услуги IPTV

$IPVS\ AF$  – процент абонентов, пользующихся услугами IPTV одновременно в ЧНН

$IPVS\ SH$  – коэффициент показывает, сколько различных программ одновременно принимается в одном доме.

$$IPVS\ Users = 2500 \times 0.7 \times 0.3 \times 1.5 = 788, \text{ абонентов.}$$

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

$$IPVS\ US = IPVS\ Users \cdot IPVS\ UU \cdot UUS, \text{ потоков,} \quad (3.15)$$

где  $IPVS\ UU$  – коэффициент проникновения услуги индивидуального видео,

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

$$IPVS\ US = 788 \cdot 0.2 \cdot 1 = 157, \text{ потоков.}$$

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

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users \cdot IPVS\ MU, \text{ потоков,} \quad (3.16)$$

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

$$IPVS\ MS = 788 \cdot 0.8 = 631, \text{ поток.}$$

Количество доступных групповых видеопотоков зависит от количества программ, которые предоставляет провайдер. Видеопотоки в IPTV

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

транслируются не постоянно, как в классической вещательной системе, а по запросам, таким запросом является запуск приложения IPTV.

В проектируемой сети будет предоставляться 60 программ, то есть доступно 60 групповых видеопотоков.

Произведен расчет, максимального количества видеопотоков среди доступных, которое будет использоваться абонентами, пользующимися услугами группового вещания:

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков,} \quad (3.17)$$

где IPVS MA – количество доступных групповых видеопотоков,

IPVS MUM – процент максимального использования видеопотоков.

$$IPVS\ MSM = 60 \cdot 0.7 = 42, \text{ видеопотока.}$$

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-4 составит:

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.18)$$

где VSB – скорость трансляции потока в формате MPEG-4, [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-4 по IP сети в режимах группового и индивидуального вещания необходима пропускная способность соответственно

$$IPVS\ MNB = IPVS\ MS \cdot IPVSB, \text{ Мбит/с,} \quad (3.19)$$

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$IPVS UNB = IPVS US \cdot IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.20)$$

где  $IPVS MS$  – количество транслируемых потоков в режиме multicast,

$IPVS$  – количество транслируемых потоков в режиме unicast,

$IPVSB$  – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS MNB = 631 \cdot 5.28 = 3331 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS UNB = 157 \cdot 5.28 = 829 \text{ Мбит/с}.$$

Общая скорость для передачи максимального числа групповых видеопотоков в ЧНН составляет:

$$IPVS MNBM = IPVS MSM \cdot IPVSB, \text{ Мбит/с}, \quad (3.21)$$

где  $IPVS MSM$  – число используемых видеопотоков среди доступных,

$IPVSB$  – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS MNBM = 42 \cdot 5.28 = 222, \text{ Мбит/с}.$$

Общая пропускная способность для IP сети с предоставлением интерактивного телевидения на одном сетевом узле определяется суммой пропускных способностей для передачи видео в multicast и unicast режимах.

$$AB = IPVS MNB + IPVS UNB, \text{ Мбит/с} \quad (3.22)$$

где  $IPVS MNB$  – пропускная способность для передачи группового видеопотока,

$IPVS UNB$  – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 3331 + 829 = 4160, \text{ Мбит/с}.$$

Итак, для предоставления услуги IP TV необходима полоса пропускания 4160 Мбит/с.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.5 Определение телетрафика МСС

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

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = \text{ППр}_{\text{WAN}} + \text{AB} + \text{BD} + \text{BWData}, \text{ Мбит/с}, \quad (3.23)$$

где  $\text{ППр}_{\text{WAN}}$  – пропускная способность для трафика IP телефонии, Мбит/с;

AB – пропускная способность для видеопотоков, Мбит/с;

BD – пропускная способность для трафика данных, Мбит/с.

$$\text{ППр}_{\text{Triply play}} = 32.63 + 4160 + 61\,500 = 65, \text{ Гбит/с}.$$

В сети абонентского доступа принято решение использовать FastEthernet, для транспортной сети принято решение использовать GigabitEthernet и 10 GigabitEthernet.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 ВЫБОР ТИПА ЛИНИИ СВЯЗИ

### 4.1 Линия связи на уровне ядра и уровне агрегации

С учетом того, что большая часть затрат приходится именно на строительные-монтажные работы, а уровень волоконно-оптических линий связи по качеству, надежности, скорости передачи много выше, чем у медного кабеля, а также с учетом перспективы развития проектируемой сети связи, целесообразно выбрать волоконно-оптическую линию связи на этом участке.

Так как в рассматриваемом районе отсутствует телефонная канализация, то вариант прокладки по ней исключается ввиду высокой стоимости строительства и трудоемкости введения в эксплуатацию, согласований. Путем исключения выбран проект подвески кабеля на опорах городского энергохозяйства. Данный тип прокладки не запрещен нормативными документами в г. Курске.

Длина линии связи и скорость передачи являются основными критериями при выборе ВОК. В зависимости от длины линии связи разделяют на:

- магистральные (600 ÷ 2500 км);
- зональные (100 ÷ 600 км);
- внутриобъектовые (городские) (10 ÷ 100 км)
- локальные (0,2 ÷ 5 км ).

Исходя из данных выше, был выбран зональный кабель ОКЛЖ.

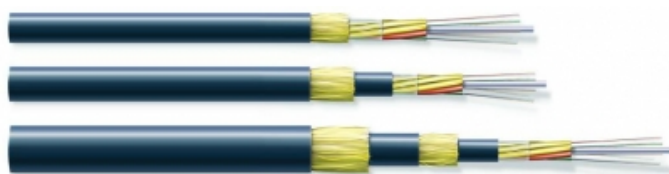
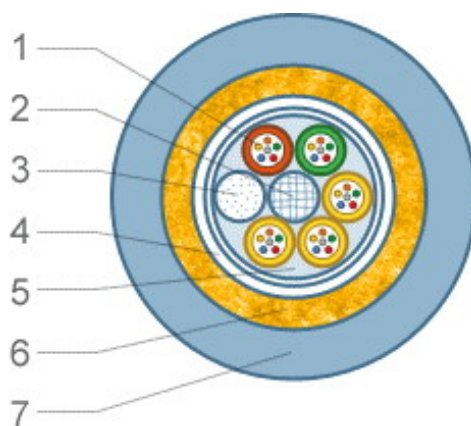


Рисунок 4.1 - Кабель ОКЛЖ [5]

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32





**Рисунок 4.2 – Кабель ОКЛЖ в разрезе [5]**

### **Конструкция**

1. Оптические волокна свободно уложены в полимерных трубках (оптические модули), заполненных тиксотропным гелем по всей длине.
2. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) – стеклопластиковый пруток, вокруг которого скручены оптические модули.
3. Кордели – сплошные ПЭ стержни – для устойчивости конструкции.
4. Поясная изоляция – лавсановая лента, наложенная поверх скрутки.
5. Водоблокирующие материалы – по всей длине кабеля.
6. Силовые элементы – слой арамидных нитей.
7. Наружная оболочка – композиция светостабилизированного ПЭ.

Назначение ОКЛЖ:

Кабели предназначены для воздушной прокладки ВОЛС-ВЛ при повышенных требованиях к механическим параметрам, подвески по столбам городского энергохозяйства, по опорам контактной сети ж/д, воздушных линий связи, воздушной прокладки по опорам городского энергохозяйства, прокладки

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

по лоткам и эстакадам (дизайн с тремя ПЭ оболочками, двумя слоями силовых элементов).[5]

**Таблица 4.1 - Характеристика кабеля: МГц/км**

Погонное затухание, дБ/км:	-(0,22);
Рабочая длина волны, мкм:	-(1,55);
Хроматическая дисперсия, пс/нм-мкм, не более:	-(18);
Коэффициент широкополосности, мгц/км:	-5000;
Длина участка регенерации, км:	-(100);
Число волокон	-2...96;
Тип волокна	-одномодовое, SMF 28CPC 6ф
Производитель	КОРНИНГ;
Диаметр, мм:	-14-22;
Масса, кг/км:	-120...410;
Прочность на разрыв, Н:	-1500...3500;
Строительная длина, км:	-2;4;10;
Срок службы, лет	-25.

Для подвески на опорах по столбам городского энергохозяйства, контактной сети ж.д. и опорах ЛЭП напряжением до 110кВ, применяется самонесущий кабель ОКЛЖ. В проектируемой сети связи будет использоваться кабель, состоящий из 32 одномодовых волокон. Следовательно, к проектированию принимается кабель типа ОКЛЖ-01-6-32-10/125-0,36-3,5-18,2 оптический кабель линейный, без брони, самонесущий в полиэтилоновой изоляции для подвески на опорах контактной сети железных дорог, модификация 01, с 6 элементами в повиве сердечника. Кабель имеет 32 оптических волокна, с диаметром поля 10 мкм, а оболочки 125 мкм и затуханием 0.36 дБ/км. Хроматическая дисперсия составляет не более 3,5 пс/нм-км. Внешний диаметр кабеля 18,2 мм. В проектируемой сети кабель будет прокладываться по столбам освещения, как единственный доступный способ охватить всю территорию участка.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4.2 Линия связи на уровне абонентского доступа

Организация «последней мили» оптикой применяется в технологии PON, для технологии FTTH для подключения абонента используется медный кабель UTP 5e. Использование оптических кабелей нецелесообразно, так как объемы трафика не превышают 100 Мб/с на каждое устройство. При этом прокладка оптического кабеля предусматривает дополнительную сложность с заведением оптики в дом: оптические кабели не терпят острых углов, изгибов, поэтому монтаж такой линии внесет дополнительные расходы. Медный кабель UTP 5e менее прихотлив в эксплуатации, при обрывах легко восстановим, отвечает всем требованиям пропускной способности, имеет низкую стоимость.

Коммутаторы доступа располагаются в антивандальных ящиках коммутации, смонтированных на столбах опоры на участках оптического тракта, а также в помещениях абонентов при их согласии о безвозмездном размещении. Средняя длина медного кабеля UTP 5e для подключения абонентов к коммутатору равна 25 м, из этого следует, что требуется кабель общей длиной 62 км.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор оборудования одна из главных статей расходов на строительство мультисервисной сети связи. Поэтому при выборе телекоммуникационных устройств необходимо руководствоваться несколькими характеристиками. Выделяют следующие критерии выбора производителя оборудования: 1. Надежность продукта, 2. Наилучшее отношение цена/качество, 3. Финансовая стабильность, 4. Передовая технология, 4. Продукт уже используется на сетях, 5. До - и послегарантийная поддержка, 6. Репутация производителя, 7. Минимальная цена. В работе необходимо подробнее рассмотреть каждый пункт. Выбор оборудования обусловлен не только возможностями «железа», но и финансовой составляющей закупок, обслуживания, совместимости с уже существующими сетями. Желательно, чтобы проект содержал устройства одного производителя, который зарекомендовал себя как поставщика надежного оборудования.

### 5.1 Выбор оборудования уровня ядра

Уровень ядра имеет наименьшее кол-во оборудование, но его цена зачастую составляет 20% от всех затрат на строительство. Так как важна производительность маршрутизатора, а также долговременная перспектива с масштабированием сети, то выбор пал производителя Cisco, который считается мировым лидером в производстве сетевого оборудования. Для решения поставленных задач наиболее подходит оборудование серии Cisco 7600, которая при всех характеристиках имеет наилучшее отношение цена/качество. Серия маршрутизаторов Cisco 7600 – единственная в отрасли серия маршрутизаторов для граничных сегментов сетей, обеспечивающих широкий

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

набор функций IP/MPLS для граничных сегментов операторских сетей и корпоративных городских и распределенных сетей.

Маршрутизаторы Cisco серии 7600 – первые в отрасли маршрутизаторы границы сетей операторского класса, позволяющие создать интегрированную систему коммутации Ethernet с высокой плотностью, систему маршрутизации IP/MPLS операторского класса, а также использовать интерфейсы с пропускной способностью 10 Гбит/с. Это дает ряд преимуществ предприятиям, а также позволяет провайдерам услуг предоставлять услуги как частным, так и корпоративным клиентам по одной конвергентной сети Carrier Ethernet.

Важные особенности и преимущества:

Широчайший набор интерфейсов и поддержка новой технологией позволяют оборудованию обеспечивать интегрированные сервисы Ethernet, частных каналов и агрегации абонентского трафика.

Устройство, оснащенное 4 слотами и занимающее 5 RU, является одним из самых малогабаритных резервированных маршрутизаторов, обеспечивающих производительность на уровне  $n \times 10$  Gigabit Ethernet с дополнительными сервисами.

Серия Cisco 7604 является естественным выбором для модернизации оборудования существующих пользователей серии Cisco 7500, предоставляя одинаковые возможности Cisco IOS, а также обеспечивая поддержку FlexWAN для существующих адаптеров портов Cisco серий 7200/7500

Клиенты получают дополнительную гибкость благодаря двум вариантам настройки системы – в виде одного управляющего модуля (supervisor engine) и до трех линейных карт, либо в виде двух управляющих модулей и до двух линейных карт, что обеспечивает высокую доступность и резервирование. [6]

Маршрутизатор Cisco 7604 способен ускорять WAN-соединения сети от уровня 64 Кбит/с до 2,5 Гбит/с, а LAN-каналы – от 10 до 10 000 Мбит/с. В качестве еще одной важной доработки серии 7600 следует отметить поддержку технологии Ethernet поверх многопротокольной коммутации MPLS. Встроенная

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

система контроля качества QoS и технология MPLS VPN гарантируют уникальную масштабируемость и производительность сети.

Поддержка адаптеров портов коллективного использования (SPA) и интерфейсных процессоров SPA (SIP) с возможностью их замены на различных платформах маршрутизации операторского класса от Cisco позволяет значительно повысить экономическую эффективность каждого слота в рамках компактного форм-фактора.

## 5.2 Выбор оборудования уровня агрегации

Уровень агрегации предполагает использование коммутаторов 3-го уровня. Коммутаторы, которые позволяют агрегировать (объединение нескольких физических в один логический) каналы, а также иметь некоторые функции маршрутизатора. Для уровня агрегации выбрана линейка cisco 3750. Предполагается установить Cisco Catalyst 3750X -24S-S. Catalyst 3750 - серия стекируемых многоуровневых коммутаторов нового поколения.

Коммутаторы семейства Cisco Catalyst 3750, включающие в себя множество инновационных возможностей, предназначены для средних предприятий и отделений крупных корпораций. Они отличаются простотой использования и самой высокой отказоустойчивостью среди стекируемых коммутаторов. Повышенная эффективность локальной сети при использовании стекирования достигается с использованием технологии Cisco StackWise.

Технология Cisco StackWise — новый стандарт отказоустойчивости для стекируемых устройств

Применение новаторской технологии Cisco StackWise увеличивает отказоустойчивость, упрощает эксплуатацию и повышает эффективность работы стекируемых коммутаторов. Технология Cisco StackWise позволяет

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

объединять до 9 коммутаторов серии Cisco Catalyst 3750 в составе единого коммутационного блока с пропускной способностью 32 Гбит/с.

Это семейство открывает новое поколение коммутаторов уровня доступа крупных локальных сетей предприятий и организаций; также Cisco 3750 Series Switches могут применяться в локальных сетях удаленных офисов и небольших компаний, как в составе стека, так и в качестве отдельных устройств. Довольно большое количество моделей устройств, представленных в данном семействе, позволяют использовать эти коммутаторы на различных участках локальных сетей, начиная от уровня доступа и узлов агрегирования трафика, и заканчивая магистральными соединениями сетей компаний среднего масштаба.[7]

#### Основные особенности:

Новые возможности построения стека: благодаря технологии Cisco StackWise можно объединить до 9 коммутаторов Catalyst 3750, которые будут функционировать как один логический коммутатор. При этом можно получить до 468 портов 10/100TX или до 252 портов 10/100/1000T, добавляя новые коммутаторы в стек по мере необходимости. Для подключения стека к магистрали сети можно использовать порты 10 Gigabit Ethernet. Пропускная способность шины стека составляет 32 Гбит/с.

Высокая доступность: стек функционирует под управлением динамически избираемого ведущего коммутатора и допускает «горячее» подключение новых коммутаторов. Любой коммутатор стека может работать как ведущий, что обеспечивает высокую доступность всей системы по схеме 1:N. Поддерживаются резервные системы питания Cisco RPS 675, протоколы 802.1w, PVRST+, HSRP, технологии Cisco CrossStack UplinkFast (CSUF), UDLD, Aggressive UDLD.

Высокоскоростная маршрутизация трафика: благодаря технологии Cisco Express Forwarding (CEF) серия Catalyst 3750 обеспечивает высокопроизводительную маршрутизацию трафика IP, а также имеет аппаратную поддержку маршрутизации IPv6. Поддерживается большинство

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

протоколов маршрутизации - RIPv1, RIPv2 (в версии ПО SMI и EMI), OSPF, IGRP, EIGRP, BGPv4 (только EMI), а также PBR и протоколы маршрутизации multicast-трафика (только EMI) - PIM-SM, PIM-DM, PIM sparse-dense mode, туннелирование DVMRP

Высокая безопасность: поддержка протокола 802.1x, функциональность Identity-Based Networking Services (IBNS), списки доступа для трафика, коммутируемого на втором уровне (VLAN ACL), на третьем и четвертом уровнях (Router ACL), а также Port-based ACLs (PACL). Для обеспечения безопасности при администрировании поддерживаются протоколы SSH и SNMPv3, а также централизованная аутентификация на TACACS+ и RADIUS серверах

Поддержка качества обслуживания (QoS) в пределах стека: классификация трафика по полям DSCP или 802.1p (CoS), а также по исходным и конечным MAC, IP адресам или портам TCP/UDP, приоритетная очередность и очередность SRR, WTD, ограничение полосы пропускания, CIR, функция AutoQoS.

Отличная управляемость: ПО Cisco CMS, поддержка CiscoWorks, поддержка SNMP версий 1, 2, 3, Telnet, RMON, SPAN, RSPAN, NTP, TFTP.

### **5.3 Выбор оборудования уровня доступа**

Оборудование на уровне доступа может быть предельно простым и независимым от производителя. При выборе устройств опоры делают на цену и надежность, так как зачастую коммутаторы доступа располагаются в антивандальных шкафах на столбах освещения.

При выборе коммутаторов для проектируемого участка были рассмотрены несколько вариантов от D-Link и Cisco. Однако выбор пал на

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



серию управляемых коммутаторов TP-LINK TL-SL3452. L2 управляемый коммутатор с 48 портами 10/100 Мбит/с и 4 гигабитными портами.

Управляемый коммутатор Gigabit-Uplink с 48 портами 10/100 Мбит/с и 4 гигабитными портами

Поддержка стандартов : IEEE 802.1d, 802.1x, 802.1Q, 802.1p, функции отслеживания сетевого трафика IGMP Snooping, SNMP и пр.

Управление: web-интерфейс, SNMP, Telnet, консоль управления

TL-SL3452 спроектирован специально для использования в малых и средних компаниях и поддерживает такие основные функции управления layer 2, как 802.1Q VLAN, 802.1P QoS, ACL (Список контроля доступа). Коммутатор, оснащенный 48 портами 10/100 Мбит/с и двумя портами 10/100/1000 Мбит/с, обеспечивает высокую продуктивность и максимальную скорость передачи в вашей корпоративной сети. Помимо этого, TL-SL3452 оснащен двумя гигабитными разъемами SFP, что повышает гибкость и функциональность вашей сети. Данная модель использует комплексные функции управления и защиты, такие как аутентификация портов 802.1x, защита от сетевых штормов (Storm Control), защита портов (Port security), качество сервиса (QoS), STP/RSTP/MSTP и функция отслеживания сетевого трафика IGMP Snooping, что обеспечивает надежность вашей сети и расширенные возможности управления. Легкий в использовании web-интерфейс вместе с CLI, SNMP и RMON позволяет ускорить процесс установки и настройки.

Защита сетевых приложений.

Коммутатор TL-SL3452 поддерживает функцию 802.1x аутентификации через RADIUS-сервер для проверки подлинности перед тем, как разрешить доступ к сети. Помимо этого, такие функции, как Port Security и Storm Control, защищают вашу сеть от сетевых штормов broadcast/ multicast, атак ARP и других. TL-SL3452 использует надежные стратегии безопасности, обеспечивая стабильность и продуктивность работы вашей сети.

Качество сервиса (QoS).

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

TL-SL3452 использует функцию QoS (Качество сервиса), обеспечивающую бесперебойную работу приложений, связанных с передачей голоса, видео и данных в рамках одной сети. Таким образом, администратор может настроить приоритетность предоставления ресурсов сети, чтобы обеспечить надежную работу голосовых и видео приложений без сбоев и остановок.

Широкие возможности управления на корпоративном уровне.

Коммутатор поддерживает различные удобные для пользователя способы управления, которые включают в себя интуитивный графический web-интерфейс (GUI) и стандартный интерфейс командной строки (CLI). Кроме того, поддержка SNMP (v1/2c/3) и RMON позволяет коммутатору выполнять сбор информации и отправлять предупреждающие сигналы в случае отклонений от нормального режима работы. Поддержка управления в реальном времени позволяет сэкономить время и деньги. Поддержка агрегации каналов, spanning tree protocol (STP/RSTP/MSTP) и IGMP Snooping позволяют создать стабильную, бесперебойную и гибкую сеть для корпоративных пользователей.

Широкий набор функций Layer 2

Коммутатор TL-SL3452 поддерживает полный набор функций layer 2, включающий в себя 802.1Q Tag VLAN, зеркалирование порта, STP/RSTP/MSTP, протокол агрегации каналов (LACP) и функцию контроля потока 802.3x Flow Control. Коммутатор также имеет расширенные функции сетевого управления, такие как обнаружение петель (Loop Back Detection), диагностика кабельных соединений (Cable Diagnostics) и функция отслеживания сетевого трафика IGMP snooping. Последняя обеспечивает оптимизированную передачу сложных пакетов исключительно к конечным получателям, в то время как функция IGMP throttling & filtering контролирует каждого пользователя на уровне порта для предотвращения несанкционированного доступа к данным. [8]

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Таблица 5.1 - Аппаратные характеристики**

Стандарты и протоколы	IEEE 802.3i, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3z, IEEE 802.1d, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s, IEEE 802.1p 802.3ad, IEEE 802.1w, IEEE 802.1q, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, IEEE 802.1q, IEEE 802.1p
Интерфейс	48 10/100 Мбит/с портов RJ45 (автосогласование/авто MDI/MDIX), 2 10/100/1000 Мбит/с RJ45 порта (Автосогласование/Авто MDI/MDIX), 2 гигабитных SFP-слота, 1 Консольный порт
Среда передачи данных	10BASE-T: UTP кабель категории 3, 4, 5 (макс. 100 м) EIA/TIA-568 100 Ом STP (макс. 100 м) 100BASE-TX/1000Base-T: UTP кабель категории 5, 5e (макс. 100 м) EIA/TIA-568 100 Ом STP (макс. 100 м) 1000BASE-X: MMF, SMF
Количество вентиляторов	Без вентилятора
Источник питания	100 - 240 В (перем. ток), 50/60 Гц
Размеры (ШхДхВ)	440 x 260 x 44 мм
Энергопотребление	Максимум: 20,3 Вт (220В/50Гц)

**Таблица 5.2 – Производительность**

Полоса пропускания / кросс-шина	17,6 Гбит/с
Скорость передачи пакетов	13,1 миллионов пакетов в секунду
Таблица MAC адресов	8000 записей
Буфер памяти пакетов	10240 байт
Кадры Jumbo	10240 Bytes

**Таблица 5.3 - Характеристики программного обеспечения**

QoS (приоритезация данных) Поддержка приоритетности	802.1p CoS/DSCP Поддержка 4 приоритетных очередей Расписание очередей: SP, WRR, SP+WRR Ограничение скорости передачи данных по порту/потoku Голосовой VLAN
Функции 2 уровня	Отслеживание сетевого трафика: IGMP Snooping V1/V2/V3 802.3ad LACP (до 8 агрегированных каналов, с 8 портами на группу) STP/RSTP/MSTP Изолирование портов Фильтрация/защита BPDU TC/Root protect

### Окончание таблицы 5.3

Виртуальные сети	Поддержка IEEE802.1Q с 4 тыс. групп VLAN и 4 тыс. VID VLAN на базе порта/MAC-адреса/протокола GARP/GVRP Управление конфигурацией VLAN
Списки доступа (ACL)	Фильтрация пакетов L2 - L4 по MAC-адресу, IP-адресу, TCP/UDP-портам, 802.1p, DSCP, протоколу и VLAN ID источника и назначения; Настройка списка контроля доступа по расписанию
Безопасность	Привязка IP-MAC-Порт-VID IEEE 802.1X аутентификация на по порту/MAC-адресу, через Radius-сервер, гостевая VLAN Защита от DoS-атак Динамическая проверка ARP (DAI) SSH v1/v2 SSL v2/v3/TLSv1 Защита портов Защита от широковещательных/лавинных мультикаст (Multicast)/неизвестных юникаст (Unknown-unicast) штормов
Функции коммутации 2 уровня	IGMP Snooping V1/V2/V3 802.3ad LACP (Up to 8 aggregation groups, containing 8 ports per group) Spanning Tree STP/RSTP/MSTP Port isolation BPDU filtering/guard TC/Root protect Loop back detection 802.3x Flow Control
Управление	Графический Web-интерфейс и командная строка SNMP v1/v2c/v3, совместимость с открытыми MIB и закрытыми MIB TP-LINK RMON (1, 2, 3, 9 групп) DHCP/BOOTP клиент, DHCP Snooping, DHCP Option82 Мониторинг CPU Настройка времени: SNTP Поддержка протоколов NDP/NTDP Обновление встроенного ПО: TFTP и Web Диагностика системы: VCT SYSLOG и открытые MIB

Полные характеристики коммутатора позволяют определить его преимущества и однозначно сказать о том, что устройство удовлетворяет всем требованиям абонента. Основное важно выделить, что имеется поддержка multicast и unicast потоков, следовательно, поддержка IP телевидения, а также возможна работа с протоколом 802.1q, который позволяет использовать голосовой vlan для IP телефонии. Стоит отметить, что коммутатор имеет высокие требования к приоритезации трафика по протоколу 802.1p (QoS) и уровню защиты данных.

#### **5.4 Выбор межсетевого экрана (Брандмауэра)**

В качестве firewall использовано оборудование ASA 5585-X with FirePOWER SSP-60.

Программно-аппаратный межсетевой экран (МСЭ) CiscoPxFirewall – лидер мирового рынка – обеспечивает многоуровневую защиту, используя широкий набор интегрированных защитных возможностей, включая контроль состояния с помощью алгоритма адаптивной защиты AdaptiveSecurityAlgorithm и глубокий анализ сетевых и прикладных протоколов с помощью механизма DeepPacketInspection. Широкий спектр моделей Cisco ASA firewall, ориентированных на защиту различных категорий заказчиков, начиная от домашних пользователей и предприятий малого/среднего бизнеса и заканчивая крупными корпорациями и операторами связи, обеспечивает безопасность, производительность и надежность сетей любого масштаба.

В таблице 5.4 представлены технические характеристики файервола ASA 5585-X with FirePOWER SSP-60

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Таблица 5.4 - Основные характеристики ASA 5585-X with FirePOWER SSP-60**

Габариты	2 RU
Объем Flash памяти, Гб	8
Объем оперативной памяти, Гб	48
Пропускная способность, Гбит/с	15
Максимальное количество одновременных сеансов	4 000 000
Количество одновременно поддерживаемых сессий	1 600 00
Физические интерфейсы	Up to 20 Gbps FW Up to 10 Gbps IPS 6 x 10/100/1000 + 4 x 10 GE
Интерфейсы мониторинга и управления	2 Ethernet 10/100/1000 портов

Характеристики межсетевого экрана являются максимальными из предложенных для аналогов.

## 5.5 Выбор шлюза VoIP

В качестве голосового шлюза был выбран Cisco MGX 8260 Media Gateway.

Самый выгодный с точки зрения затрат способ коммутации трафика TDM и VoIP для самых различных интерфейсов и магистральных сетей.

Cisco MGX 8260 представляет собой шлюз операторского класса с высокой плотностью портов, способный интеллектуальным образом коммутировать трафик TDM и VoIP через пакетные сети. С его помощью провайдеры услуг получают в свое распоряжение шлюз OKC№7-PRI, осуществляющий перенаправление трафика в наиболее подходящие пакетные сети, освобождая при этом дорогостоящие ресурсы TDM для голосовых вызовов. Объединяя шлюзы Cisco MGX 8260 с существующими коммутаторами каналов и перенаправляя все вызовы передачи данных на серверы сетевого доступа (NAS), провайдеры сразу же получают значительную экономию. С помощью Cisco MGX 8260 можно построить шлюз TDM-VoIP с

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

самой высокой плотностью каналов, в общей сложности до 170 000 каналов DS0 на стойку, который при этом будет обладать высокой доступностью (на уровне 99,999%), так необходимой операторам. Шлюз Cisco MGX 8260 поддерживает прямые интерфейсы T1/E1, структурированные интерфейсы T3 и интерфейсы Fast Ethernet (100Base-T). [9]

## 5.7 Выбор серверного оборудования

В качестве серверного оборудования было выбрано надежное оборудование серии ProLiant DL60 Gen9 производителя HP.

HP ProLiant DL60 Gen9 - двухпроцессорные серверы экономичной серии в формате 1U, обеспечивающие достаточный уровень плотности, производительности и управляемости для использования их в качестве файлового сервера, сервера печати, почты либо платформы других многопользовательских нагрузок, а также в облачных средах. Отлично подойдут для развертывания и хостинга виртуальных машин.

Некоторые характеристики серверов:

- Для установки в стойку (1U), габариты (В/Ш/Г) 4.3 / 43.5 / 60.7 см, выдвижные рельсы в комплекте;
- Один или два процессора семейства Intel Xeon E5-2600 v3, до 12 физических ядер на процессор;
- До 8 модулей памяти RDIMM или LRDIMM DDR4-2133, максимальный объем ОЗУ 256GB;
- Интегрированный контроллер PCIe 3.0 (2GB/s на линию), 40 линий, 3 слота PCI Express 3.0;
- До 4 накопителей 3.5" SATA/SAS 12Gb/s с возможностью горячей замены либо фиксированных;

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- 2 встроенных порта gbe, модуль ввода/вывода (опция), порты USB 3.0, оптический накопитель;
- Блок питания 550W, система охлаждения с горячей заменой, возможно резервирование;
- Удаленное управление и мониторинг, стандартная (1 год) или расширенная гарантия HP.

Новые возможности:

- Семейство процессоров Intel® Xeon® E5-2600 v4 обеспечивает непревзойденную гибкость при выполнении различных задач
- Модули HPE DDR4 SmartMemory с частотой 2400 МГц для повышения производительности при выполнении ресурсоемких задач
- Технология HPE Trusted Platform Module (TPM) 2.0 предотвращает несанкционированный доступ к серверам и позволяет безопасно хранить объекты, используемые для проверки подлинности серверных платформ
- Блоки питания 900 Вт переменного тока / 240 В постоянного тока для повышения доступности [10]

## 5.6 Выбор оборудования IP TV

Архитектура IP TV представлена тремя основными частями: сигналообразующего комплекса, комплекса управления услугами и клиентского оборудования. Все эти компоненты, за исключением систем приема первичного телесигнала, функционируют в IP-среде и строятся поверх существующей сети передачи данных.

В качестве оборудования центральной станции IP TV выбрано:

Спутниковый потоковый приемник Scorpus IRD 2900. Профессиональный интегрированный приёмник – ресивер SCOPUS IRD-2900. Это декодер, дескриптор и преобразователь телевизионных интерфейсов, поддерживающий

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



современные технологии DVB-S2 и IP.

Цифровые ресиверы Scopus серии IRD-2900 обеспечивают наземное вещание телепрограмм через аналоговые аудио и видео выходы для подачи на входы модуляторов VHF/UHF. Наличие выхода цифрового транспортного потока ASI позволяет подавать принимаемый поток на модулятор CODFM и/или передатчик DVB-T.

IRD2990 - это двухдекодерный приёмник (активно два декодера), декодер семейства 4:2:0, включает 2 композит-видео интерфейса (1 broadcast, 1 monitoring).

Цифровые ресиверы Scopus IRD2990 имеют расширенные функциональные возможности для работы с IP, включая настраиваемые буферы подавления сетевого джиттера, обеспечивая компромисс между временем запаздывания пакетов и устойчивостью сети при пиковых нагрузках. Pro-MPEG FEC обеспечивает превосходное восстановление потерянных пакетов; два входа Ethernet обеспечивают резервирование канала, что позволяет защититься от сбоев сетевых коммутаторов, два источника транспортного потока в сети IP обеспечивают логическое резервирование, позволяя добиться максимальной надёжности канала связи.

#### Scopus IVG 7400

Высокопроизводительный шлюз производит демультимплексирование, фильтрацию и последовательную инкапсуляцию выбранных сервисов по отдельным IP адресам. Шлюз имеет возможность уменьшать скорость программ, не теряя в качестве сигнала, реализовано это в составе функции трансрейтинга.

#### Система управления Scopus NMS-4000

Scopus NMS-4000 – система управления головной вещательной станцией.

Позволяет комплексно управлять и контролировать системы обработки цифрового видео, которое расположено на одной головной станции,

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

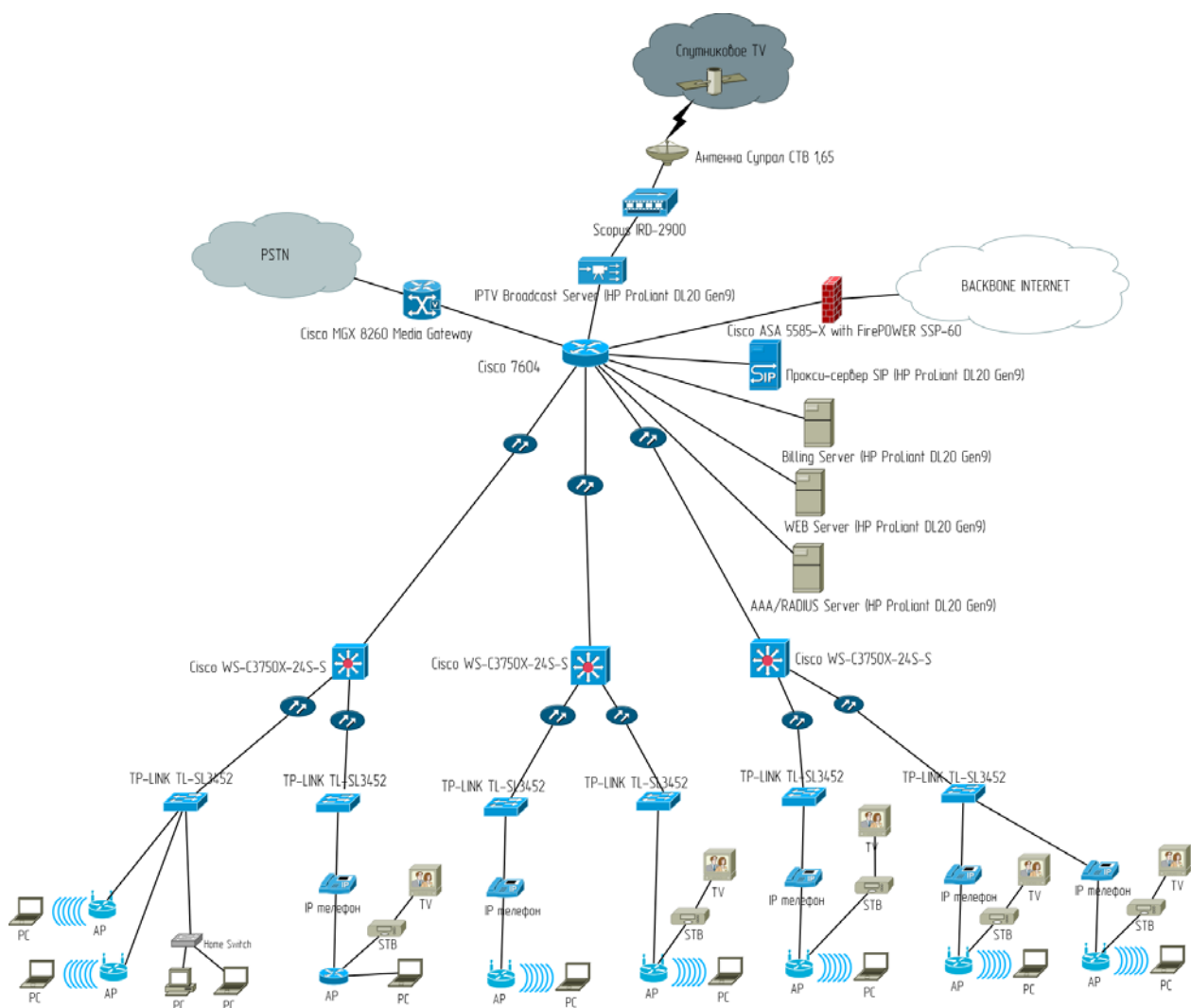
построенной на оборудовании Scopus, также может эксплуатироваться с устройствами других производителей.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ СЕТИ

Основным графическим материалом проекта является проектируемая схема организации связи сети, без которой невозможна как закупка оборудования, так и переход к этапу строительства.

На рисунке 6.1 представлена схема подключения сетевых устройств. На изображении показан общий принцип подключения абонентских терминалов.



**Рисунок 6.1 – Проектируемая схема организации связи**

Из рисунка 6.1 становится понятно, что на уровне ядра к маршрутизатору напрямую подключаются серверы, голосовой шлюз, фаерволл, которые располагаются на площадке серверной, следовательно, обмен данными между

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

устройствами идет по медным кабелям UTP. Однако многоуровневые коммутаторы имеют подключение посредством оптического кабеля. На уровне доступа абонент занимает один физический порт на L2-коммутаторе, откуда далее располагает свое конечное оборудование (IP-телефон, точку доступа, ПК и т.д.).

IP-адреса раздаются с использованием DHCP, который активирован на маршрутизаторе Cisco 7604. На всех устройствах настроены списки доступа. Доступ к сетевому оборудованию контролируется сервером безопасности AAA/RADIUS. Billing сервер выполняет функции биллинга и аутентификации пользователей. WEB сервер содержит информацию провайдера, а также личные данные (лицевой счет, ФИО владельца и пр.), доступные абонентам, в том числе при закрытом доступе в Интернет.



**Рисунок 6.2 – Проектируемая схема трассы прокладки кабеля**

Из рисунка 6.2 видно, что устройства уровня ядра располагаются в серверной на ул. 8 Марта. Для подключения устройств используется оптический кабель, который проложен по опорам городского электрохозяйства, коммутаторы смонтированы в антивандальных ящиках на опорах. Для подключения к WAN арендованы 2 канала. Первый канал идет на площадку

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

федерального провайдера ПАО «Мегафон», а второй – на площадку ПАО «Ростелеком», где расположена АТС-4, на которой организована коммутация телефонных каналов связи.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## **7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА**

Все средства вложенные в проектирование и строительство сети ШПД делятся на 2 части: капитальные и операционные затраты. Все вложения, которые были осуществлены на первоначальном этапе, такие как закупка оборудования, комплектующих и оплата работ до запуска сети ШПД относятся к капитальным. CAPEX (сокр. от англ. capital expenditure) – капитальные затраты, расходы на приобретение или обновление необоротных активов. Все дальнейшие расходы компании, относящиеся к эксплуатации оборудования, оплате электроэнергии, профессиональных работ по перенастройке, закупке дополнительных комплектующих при увеличении сети относятся к операционным. Операционные затраты или операционные расходы (англ. OPEX, сокр. от operating expense, operating expenditure) — повседневные затраты компании для ведения бизнеса, производства товаров и услуг.

Инвестиции в оборудование и на ввод оборудования в эксплуатацию складываются из следующих составляющих:

1. стоимость оборудования;
2. монтаж и настройка оборудования;
3. стоимость кабеля;
4. работы по прокладке кабельных линий;
5. прочие непредвиденные расходы.

Полный расчет капитальных и операционных вложений представлен в следующих разделах.

### **7.1 Расчет капиталовложений**

Общая стоимость оборудования рассчитывается исходя из потребностей

					<b>11070006.11.03.02.120.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

абонентов и перспективы масштабирования. При этом важно отметить, что при увеличении единиц оборудования удельная стоимость уменьшается. В дипломном проекте используется импортное оборудование, но расчет произведен в рублях, так как в рамках проекта рассмотрены отечественные поставщики, предоставляющие цены в рублях.

Выделяют капитальные и операционные вложения. В капитальные вложения входит смета затрат на телекоммуникационное оборудование (router, switch, firewall и т. д.), в стоимость которых входит лицензионное ПО и гарантийное обслуживание, на телекоммуникационные стойки (серверный шкаф, антивандальный шкаф), на линии связи (в проекте кабель ОКЛЖ) и прочие расходы.

По формуле ниже рассчитывают общие капитальные вложения:

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ руб} \quad (7.1)$$

где  $K_{об}$  - суммарный объем затрат на приобретение оборудования, руб;

$K_i$  – общая стоимость одной позиции (типа оборудования);

$N$  – количество позиций.

При составлении сметы информация была сведена в таблицу 7.1.

**Таблица 7.1 - Затраты на приобретение оборудования**

Наименование	Кол-во единиц	Стоимость (руб.)	
		за единицу	Всего
1	2	3	4
Cisco 7604 [11]	1	1 429 100	1 429 100
Cisco WS-C3750X-24S-S [12]	3	825 000	2 475 000
Cisco ASA 5585-X with FirePOWER SSP-60[13]	1	820 000	820 000
TP-LINK TL-SL3452 [14]	70	13 800	966 000
Голосовой шлюз Cisco MGX 8260 Media Gateway [15]	1	830 900	830 900
Сервер HP ProLiant DL20 Gen9 [16]	5	70 100	350 500
Оптический SFP модуль TP-LINK TL-SM311LS [17]	150	1 080	162 000

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### Окончание таблицы 7.1

1	2	3	4
Оптический модуль Cisco SFP-10G-LR-S [18]	20	14 300	286 000
Scopus IRD-2900	10	39 900	399 000
Scopus IVG 7400	1	43 000	43 000
Scopus NMS-4000	1	27 300	27 300
Антенна Супрал СТВ 2,0	5	10 200	60 000
Шкаф серверный 19` SYSMATRIX TR 6618.712 [19]	2	19 800	39 600
Система электропитания Eltek Flatpack2, 2U [20]	1	260 000	260 000
Аккумулятор PowerSafe VX 4VX105 - 12VX105F" [21]	8	11 000	88 000
ИБП APC BX650CI-RS Back-UPS RS 650VA/390W [22]	3	6 600	19 800
<b>Итого</b>			<b>7 847 300</b>

**Таблица 7.2 - Общие капитальные вложения на линейные сооружения**

Наименование	Кол-во единиц	Стоимость (руб.)	
		за единицу	Всего
ОКЛЖ-01-6-32-10/125-0,36-3,5-18,2, м [23]	20 300	40	812 000
Кабель SF/UTP cat 5e, м [24]	62 000	15	930 000
Шкаф антивандальный AESP RECW-126AV SignaPro [25]	70	11 800	826 000
Муфта GJS-6007 [26]	75	950	71 100
Кросс оптический 19 1U 8 портов [27]	70	550	38 500
<b>Итого</b>			<b>2 677 600</b>

Приобретение оборудования, как правило, обусловлено следующими статьями затрат:  $K_{пр}$  – Затраты на приобретение оборудования;  $K_{тр}$  – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от  $K_{пр}$ );  $K_{смп}$  – строительно-монтажные расходы (20% от  $K_{пр}$ );  $K_{ту}$  – расходы на тару и упаковку (0,5% от  $K_{пр}$ );  $K_{зср}$  – заготовительно-складские расходы (1,2% от  $K_{пр}$ );  $K_{пнр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{пр}$ ).

Отдельные расчеты производят для строительства линейных сооружений. Подвеска волоконно-оптического кабеля по столбам энергохозяйства в рассматриваемом районе стоит 250 рублей за метр, при расчетах именно это цифра оперирует в формулах.[28]

Таким образом, общие затраты на прокладку кабеля в Железнодорожном округе г. Курска составят:

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$K_{каб} = L * Y \quad (7.2)$$

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

$$K_{каб} = 20300 \cdot 250 = 5\,075\,000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения рассчитываются по формуле:

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{тр} + K_{смп} + K_{м/у} + K_{зсп} + K_{нпр})K_{об} + K_{каб}, \text{ руб} \quad (7.3)$$

$$KB = 10\,524\,900 + 10\,524\,900 \cdot (0.04 + 0.2 + 0.03 + 0.012 + 0.005) + 5\,075\,000 = 18\,620\,546, \text{ руб.}$$

Таким образом, капитальные вложения в проект составляют 18 620 546 рублей.

## 7.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы – это издержки компании, связанные с поддержанием работоспособности производства, в данном случае сети, и для предоставления услуг ШПД. Такой категории расходы выражают себестоимость услуг связи в денежном эквиваленте. Расходы имеют текущий характер, но присутствуют на всех стадиях срока службы оборудования.

Для определения эксплуатационных расходов по проекту используются следующие статьи:

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

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

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В рамках работы разработан проект создания новой сети в Железнодорожном округе г. Курска, поэтому спланировано оптимальное количество персонала, которое позволяет эффективно выполнять задачи по организации сети и эксплуатации оборудования. Состав работников с соответствующей заработной платой сведен в таблицу 7.3.

**Таблица 7.3 – Состав персонала по обслуживанию оборудования**

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	35 000	1	35 000
Инженер 1 кат.	25 000	2	50 000
Инженер-программист	50 000	1	50 000
Монтажник	20 000	4	80 000
Итого:		8	215 000

Годовой фонд оплаты труда для персонала рассчитывается как:

$$\Phi OT = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб} \quad (7.4)$$

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  $T=1$ ).

$$\Phi OT = 525\,000 + 750\,000 + 750\,000 + 1\,200\,000 = 3\,225\,000, \text{ руб}$$

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).

$$CB = ФОТ * 0,3, \text{ руб,} \quad (7.5)$$

$$CB = 3\,225\,000 * 0,3 = 967\,500, \text{ руб.}$$

Амортизация является процессом постепенного переноса стоимости основных средств на производимую продукцию (работы, услуги). Смысл амортизационных отчислений в накоплении средств для модернизации инфраструктуры в перспективе.

Начисление амортизации осуществляется в течение всего срока полезного использования основного средства.

Сроком полезного использования является период, в течение которого использование объекта основных средств приносит экономические выгоды (доход) организации. Срок полезного использования организация устанавливает самостоятельно при принятии объекта основных средств к учету. Таким образом, сумма амортизационных отчислений определяется по формуле:

$$AO = T / F, \text{ руб,} \quad (7.6)$$

где T – стоимость оборудования;

F – срок службы этого оборудования.

$$AO = 7\,847\,300 / 30 = 261\,576, \text{ руб.}$$

Материальные затраты составляют значительную статью эксплуатационных расходов. В них включена оплата потребляемой электроэнергии при эксплуатации сети, затраты на материалы и запасные части (ЗИП) и другое.

Эти составляющие материальных затрат определяются следующим образом:

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**а)** затраты на оплату электроэнергии определяются в расчете, что все коммуникационные узлы вместе потребляют около 4 кВт/ч, а цена 1 кВт/ч в Курске на май 2016 года равна 3.43 рубля [29]:

$$Z_{эн} = T * 24 * 365 * P, \text{руб}, \quad (7.7)$$

где  $T$  – тариф на электроэнергию (руб./кВт · час);

$P$  – мощность установок (кВт).

$$Z_{эн} = 3.43 * 24 * 365 * 4 = 120\ 187, \text{руб.}$$

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

$$Z_{мз} = KB * 0,035, \text{руб}, \quad (7.8)$$

где  $KB$  – капитальные вложения, затраты на оборудование.

$$Z_{мз} = 18\ 499\ 439,6 * 0,035 = 647\ 480, \text{руб.}$$

Общие материальные затраты определяются суммой двух статей:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз}, \text{руб}, \quad (7.9)$$

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

$$Z_{общ} = 120\ 187 + 647\ 480,386 = 767\ 667, \text{руб.}$$

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

$$Z_{пр} = ФОТ * 0,15, \text{руб}, \quad (7.10)$$

$$Z_{эк} = ФОТ * 0,25, \text{руб}, \quad (7.11)$$

где  $ФОТ$  – годовой фонд оплаты труда.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_{np} = 3\,225\,000 * 0,15 = 483\,750, \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = 3\,225\,000 * 0,25 = 806\,250, \text{ руб.}$$

Следовательно, прочие расходы равны:

$$Z_{прочие} = 483\,750 + 806\,250 = 1\,290\,000, \text{ руб.}$$

Произведен расчет годовых эксплуатационных расходов, полученные данные внесены в таблицу 7.4.

**Таблица 7.4 – Годовые эксплуатационные расходы**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1. ФОТ	3 225 000	44
2. Страховые взносы	967 500	13
3. Амортизационные отчисления	261 600	3
4. Материальные затраты	767 667	11
5. Расходы на аренду	330 000	5
6. Аренда канала Интернет	500 000	7
7. Прочие расходы	1 290 000	17
<b>ИТОГО</b>	<b>7 274 107</b>	<b>100</b>

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы равны 7 274 107 рублей.

### 7.3 Калькуляция доходов

При выборе тарифов на подключение и абонентскую ежемесячную плату был проведен анализ тарифных планов конкурентов (Ростелеком), который предоставляет услуги Интернет по технологии ADSL 2+ по цене 450 рублей за 5 Мб/с, 600 рублей за 8 Мбит/с, полное отсутствие кабельного телевидения. В районе используют спутниковое телевидение (Триколор ТВ), цена которого составляет 1200 рублей в год за 150 каналов.

Основным фактором получения прибыли является количество абонентов, которое подключается к сети, но при проектировании было учтено, что за первый год доля подключений не может составлять 100%. Более подробные данные о процентном соотношении подключений внесены в таблицу 7.5.

Всего абонентов в проектируемой сети 2500 (2500 физических лиц).

**Таблица 7.5 – Количество подключаемых абонентов в год**

Год	Абоненты - Физические лица	Общее количество подключаемых абонентов
1	700	700 (28% от общего - 2500)
2	550	550 (32% от оставшихся 1700)
3	450	450 (39% от оставшихся 1150)
4	200	200 (29% от оставшихся 700)
5	150	150 (30% от оставшихся 500)
6	100	100 (29% от оставшихся 350)
7	150	100 (60% от оставшихся 250)
8	50	50 (50% от оставшихся 100)
9	50	50 (100% от оставшихся 50)

В таблице 7.6 приведены тарифы для физических лиц, т.е. плата за подключение и пользование различными услугами.

**Таблица 7.6 – Тарифы для абонентов**

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
<b>Абонентская плата за подключение:</b> Физические лица	5000
<b>Доступ к сети Интернет</b> Физические лица	400
<b>IP-TV</b> Физические лица	200
<b>VoIP</b> Физические лица	100

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

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

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.

$$D_{\text{год}} = 5000 \cdot 2500 = 12\,500\,000.$$

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

$$D_{\text{год}} = \sum_{i=1}^J N_i * B_i * 12, \quad (7.12)$$

где  $N$  – размер абонентской платы за конкретный вид услуги в месяц;

$B$  – количество абонентов, пользующихся конкретной услугой.

Неравномерное подключение абонентов к различным услугам отражено в таблице 7.7. Услугой по умолчанию является доступ в Интернет и имеет цену 400 рублей за 20 Мб/с, а услуги IPTV и VoIP требуют дополнительной платы за 200 руб. и 100 руб. соответственно.

**Таблица 7.7 – Доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам**

Год	Количество абонентов Физические лица	Доход, руб.		
		От подклю- чения	От абонент- ской платы	Суммарный за год
1	700 (300 по 400 р., 200 по 600 р., 200 по 500 р.)	3 500 000	4 080 000	7 580 000
2	550 (500 по 600 р., 50 по 500 р.)	2 750 000	3 900 000	5 690 000
3	450 (400 по 600 р., 50 по 700 р.)	2 250 000	3 300 000	6 650 000
4	200 (200 по 400 р.)	1 000 000	960 000	1 960 000
5	150 (150 по 600 р.)	750 000	1 080 000	1 830 000
6	100 (100 по 400 р.)	500 000	480 000	980 000
7	150 (150 по 400 р.)	750 000	720 000	1 470 000
8	50 (50 по 700 р.)	250 000	420 000	670 000
9	50 (50 по 700 р.)	250 000	420 000	670 000

## 7.4 Определение оценочных показателей проекта

Основным экономическим показателем проекта выделяется срок окупаемости, временной период, когда реализованное решение начинает приносить доходы, превосходящие текущие расходы в году. В проекте: доход от абонентской платы и подключения новых абонентов должен превосходить над годовыми эксплуатационными затратами (ФОТ, материальные затраты, амортизационные отчисления и пр.).

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 (7.13):

$$NPV = PV - IC, \quad (7.13)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (7.14);

IC – отток денежных средств в начале  $n$ -го периода, рассчитываемый по формуле (7.15).

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}, \quad (7.14)$$

где  $P_n$  – доход, полученный в  $n$ -ом году;

$i$  – норма дисконта;

$T$  – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=0}^m \frac{I_n}{(1+i)^n}, \quad (7.15)$$

где  $I_n$  – инвестиции в  $n$ -ом году,

$i$  – норма дисконта,

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



$m$  – количество лет, в которых производятся выплаты.

В формулах (7.14) и (7.15)  $n=0$ , 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).

Средняя ставка дисконта по долгосрочным валютным депозитам в Сбербанке РФ на 2016 год составляет 8,5%. Именно такое значение нормы дисконта использовалось при расчетах.

Параметр  $P$  показывает доход, полученный за текущий год. Рассчитывается следующим образом:

$$P_i = P_{подкл(i)} + P_{аб(i)} + \sum_{i=2}^T P_{подкл(i-1)} - P_{аб(i-1)}, \quad (7.16)$$

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

$T$  – расчетный период.

**Таблица 7.8 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	$P$	$PV$	$I$	$IC$	$NPV$
1	2	3	4	5	6
0		0	18620546	18620546	-18620546
1	7580000	6986175	7274107	25324792	-18338617
2	10730000	16100830	7274107	31503821	-15402990
3	13530000	26693577	7274107	37198778	-10505201
4	13240000	36247220	7274107	42447587	-6200366

### Окончание таблицы 7.3

1	2	3	4	5	6
5	14070000	45604410	7274107	47285198	-1680789
6	14300000	54369524	7274107	51743826	2625698
7	15270000	62995950	7274107	55853161	7142789
8	15190000	70904919	7274107	59640566	11264352
9	15610000	78395840	7274107	63131262	15264578

Положительный денежный доход NPV на 6 году говорит об окупаемости проекта.

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:

$$PP = T + \left| NPV_{n-1} \right| / (|NPV_{n-1}| + NPV_n), \text{год} \quad (7.17)$$

где T – значение периода, когда чистый денежный доход меняет знак с «-» на «+»;

$NPV_n$  – положительный чистый денежный доход в n году;

$NPV_{n-1}$  – отрицательный чистый денежный доход по модулю в n-1 году.

$$PP = 6 + 1680788 / (1680788 + 2625698) = 6.39, \text{года.}$$

Следовательно, срок окупаемости проекта равен 6.39 года, если точкой отсчета считать начало операционных расходов, то есть год ввода в эксплуатацию, нулевой.

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

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

$$PI = 62995950 / 55853161 = 1.13.$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является прибыльным, соответственно, можно принимать на следующий этап.

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

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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:

$i_1 = 8.5$ , при котором  $NPV_1 = 2625698$  руб.;  $i_2 = 27$  при котором  $NPV_2 = -6311$  руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 8.5 + 2625698 / (2625698 + 6311) \cdot (27 - 8.5) = 26.95.$$

Исходя из вычислений, внутренняя норма доходности проекта составляет 26.95%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 8.5%, таким образом, проект следует принять. В случае если,  $IRR < I$  проект нецелесообразен для реализации.

## 7.5 Результаты технико-экономического анализа

Таким образом, в данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен общий дохода от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 7.9.

**Таблица 7.9 – Основные технико-экономические показатели проекта**

Показатели	Численные значения
Количество абонентов, чел	2500
Капитальные затраты, руб	18 620 546
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	7 274 107
Расходы на оплату производственной электроэнергии	120 187
Фонд оплаты труда	3 225 000
Страховые взносы	967 500
Амортизационные отчисления	261 600
Общие производственные расходы	483 750
Доходы (NPV), руб	22 136 954
Внутренняя норма доходности (IRR)	26.95%
Индекс рентабельности (PI)	13%
Срок окупаемости, год	6 лет 5 месяцев

Разработанный проект мультисервисной сети связи имеет высокие экономические показатели рентабельности. При капитальных вложениях в 18 620 546 рублей, проект окупается через 6 лет 5 месяцев. При операционных расходах (IC) в 7 274 107 рублей, ежегодные доходы (NPV) составляют 22 136 954 рублей.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была реализована поставленная цель, а именно: разработан проект мультисервисной сети связи в Железнодорожном округе г. Курска Курской области. Изучены современные технологии предоставления услуг связи, в результате чего выбрана оптимальная, с точки зрения количества предоставляемых услуг и соотношения цена-качество, на основе которой и была спланирована сеть.

Спроектированная сеть реализована на базе технологии FTTB и предоставляет абонентам следующие услуги: доступ в Интернет, IPTV, VoIP. Сеть позволяет увеличивать свои масштабы ввиду заложенной в нее избыточности, а также сеть не имеет перегрузок и отключений в ЧНН.

Для реализации потребностей абонентов проектируемой мультисервисной сети было выбрано следующее оборудование на уровне ядра маршрутизатор Cisco 7604, на уровне агрегации коммутаторы Cisco Catalyst 3560, на уровне доступа коммутаторы TP-LINK TL-SL3452. Для предоставления услуг было принято решение прокладывать оптический кабель марки ОКЛЖ-01-6-32-10/125-0,36-3,5-18,2 и медный экранированный кабель в оплетке SF/UTP cat. 5е.

При проектировании были рассчитаны капитальные затраты на реализацию проекта, которые складывались из затрат на приобретение оборудования и строительство кабельных сооружений. Разработанный проект мультисервисной сети связи имеет высокие экономические показатели рентабельности. При капитальных вложениях в 18 620 546 рублей, проект окупается через 6 лет 5 месяцев. При операционных расходах (IC) в 7 274 107 рублей, ежегодные доходы (NPV) составляют 22 136 954 рублей.

Учитывая экономическую статью проекта, можно сделать вывод о том, что проект можно принять, даже учитывая наличие конкурента в рассматриваемом районе.

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Девицына, С.Н. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Цифровые сети связи» для студентов специальности 210406.65 «Сети связи и системы коммутации» / С.Н. Девицына. – Белгород, 2012

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

3. Гольдштейн, Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов/ Б. С. Гольдштейн. СПб.:БХВ-Петербург, 2010. – 400с.

4. Город Курск [Электронный ресурс]/ <http://ru.wikipedia.org> - Википедия – свободная энциклопедия/ URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Курск> (дата обращения 04.04.2016)

5. Кабель ОКЛЖ [Электронный ресурс]/ [ruscable.ru](http://ruscable.ru) - Первое отраслевое электронное СМИ/ URL: <http://www.ruscable.ru/doc/analytic/statuya-091.htm> (дата обращения 18.04.2016)

6. Маршрутизатор Cisco 7604 [Электронный ресурс]/ <http://www.cisco.com> – официальный сайт компании Cisco Systems/ URL: <http://www.cisco.com/web/ru/products/ps6316/index.html> (дата обращения 10.04.2016)

7. Коммутаторы Cisco Catalyst серии 3750 [Электронный ресурс]/ <http://www.cisco.com> - официальный сайт компании Cisco Systems/ URL: <http://www.cisco.com/web/RU/products/hw/switches/ps5023/index.html> (дата обращения 10.04.2016)

8. L2 управляемый коммутатор с 48 портами 10/100 Мбит/с и 4 гигабитными портами [Электронный ресурс]/ <http://www.tp-link.com> - официальный сайт компании TP-LINK/ URL: <http://www.tp-link.com>

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

[link.com/kz/products/details/cat-39\\_TL-SL3452.html](http://link.com/kz/products/details/cat-39_TL-SL3452.html) (дата обращения 10.04.2016)

9. Медиашлюз Cisco MGX 8260 Media Gateway [Электронный ресурс]/ <http://www.cisco.com> - официальный сайт компании Cisco Systems/ URL: <http://www.cisco.com/web/RU/products/hw/switches/ps1925/ps1934/index.html> (дата обращения 12.04.2016)

10. Сервер HP ProLiant dl60 gen9 [Электронный ресурс]/ <http://www.stss.ru> - серверные системы STSS/ URL: [http://www.stss.ru/products/proliant\\_DL/HP\\_ProLiant\\_DL60\\_Gen9.html](http://www.stss.ru/products/proliant_DL/HP_ProLiant_DL60_Gen9.html) (дата обращения 10.04.2016)

11. Маршрутизатор Cisco - 7604-RSP7XL-10G-P [Электронный ресурс]/ <http://all-sfp.ru> – официальный сайт компании All-SFP/ URL: <http://all-sfp.ru/model.php?id=6904> (дата обращения 02.05.2016)

12. Коммутатор Cisco Catalyst 3750-X WS-C3750X-24S-S [Электронный ресурс]/ <http://cisco.msk.ru> – интернет-магазин компании Cisco.Msk.Ru/ URL: <http://cisco.msk.ru/aktivnoe-oborudovanie/setevye-kommutatory/WS-C3750X-24S-S> (дата обращения 02.05.2016)

13. Межсетевой экран Cisco ASA 5585-X with FirePOWER SSP-60 [Электронный ресурс]/ <https://apps.cisco.com> – официальный сайт компании Cisco Systems/ URL: [https://apps.cisco.com/ccw/cpc/guest/content/ucsProductDetails/prod\\_ASA5585-S20F60-K9](https://apps.cisco.com/ccw/cpc/guest/content/ucsProductDetails/prod_ASA5585-S20F60-K9) (дата обращения 02.05.2016)

14. Коммутатор TP-LINK TL-SL3452 [Электронный ресурс]/ <http://market.yandex.ru/> — Яндекс. Маркет — сервис сравнения характеристик товаров и их цен/ URL: <https://market.yandex.ru/product/1578209> (дата обращения 03.05.2016)

15. Медиашлюз MGX 8880 Media Gateway [Электронный ресурс]/ <http://www.atmcom.ru> — сайт продажи сетевого оборудования по всей России. Профессиональное телекоммуникационное оборудование от компании АТМ/

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



URL: [http://www.atmcom.ru/cgi-bin/catalog/viewpos.cgi?in\\_id=97289](http://www.atmcom.ru/cgi-bin/catalog/viewpos.cgi?in_id=97289) (дата обращения 03.05.2016)

16. Сервер HP ProLiant DL20 Gen9 [Электронный ресурс]/ <http://www.computermarket.ru> — компьютер-маркет – интернет магазин продажи телекоммуникационного оборудования/ URL: <http://www.computermarket.ru/main/catalog/catid/1385178.aspx> (дата обращения 03.05.2016)

17. Модуль SFP TP-LINK TL-SM311LS [Электронный ресурс]/ <http://www.nix.ru> — интернет-магазин компании НИКС - Компьютерный Супермаркет/ URL: [http://www.nix.ru/autocatalog/networking\\_tp\\_link/TP-LINK-TL-SM311LS-Modul-SFP-1000Base-LX-SM\\_150113.html](http://www.nix.ru/autocatalog/networking_tp_link/TP-LINK-TL-SM311LS-Modul-SFP-1000Base-LX-SM_150113.html) (дата обращения 03.05.2016)

18. Модуль оптический SFP+ Cisco SFP-10G-LR [Электронный ресурс]/ <http://shop.nag.ru> — интернет-магазин компании НАГ — высокотехнологичного системного интегратора/ URL: <http://shop.nag.ru/catalog/01889.SFP-GBIC-XFP-SFP-X2-XENPAK-QSFP-CFP-moduli/02086.Moduli-SFP/10611.SFP-10G-LR> (дата обращения 03.05.2016)

19. Шкаф серверный 19` SYSMATRIX TR 6618.712 [Электронный ресурс]/ <http://lanbi.ru> — интернет-магазин сетевого оборудования Lanbi.ru/ URL: <http://lanbi.ru/catalog/id1198> (дата обращения 03.05.2016)

20. Электропитающие установки (ЭПУ) постоянного тока Eltek для систем передачи данных [Электронный ресурс]/ <http://selp.tiu.ru> — интернет-магазин ООО «Системы электропитания»/ URL: <http://selp.tiu.ru/p4313790-elektropitayuschie-ustanovki-epu.html> (дата обращения 03.05.2016)

21. Аккумулятор герметизированный PowerSafe VX 4VX105 - 12VX105F [Электронный ресурс]/ <http://ua.bizorg.su> — портал товаров и услуг - сайт BizOrg.su/ URL: <http://ua.bizorg.su/akkumulyatory-svintsovye-statsionarnyye-r/p4979216-akkumulyator-germetizirovannyy-powersafe-vx-4vx105-12vx105f> (дата обращения 03.05.2016)

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

22. ИБП APC BX650CI-RS Back-UPS RS 650VA/390W [Электронный ресурс]/ <http://www.nix.ru> — интернет-магазин компании НИКС - Компьютерный Супермаркет/ URL: [http://kursk.nix.ru/autocatalog/apc/UPS-650VA-Back-RS-APC-BX650CI-RS\\_125812.html](http://kursk.nix.ru/autocatalog/apc/UPS-650VA-Back-RS-APC-BX650CI-RS_125812.html) (дата обращения 03.05.2016)

23. Оптический кабель ОКЛЖ [Электронный ресурс]/ <http://cable.ru> — интернет-магазин Кабель.РФ/ URL: <http://cable.ru/cable/marka-oklzh.php> (дата обращения 03.05.2016)

24. Витая пара UTP [Электронный ресурс]/ <http://www.etm.ru> — интернет-магазин электрики ЭТМ/ URL: <http://www.etm.ru/cat/nn/545503/> (дата обращения 03.05.2016)

25. Шкаф антивандальный AESP RECW-126AV SignaPro [Электронный ресурс]/ <http://www.xcom-shop.ru> — интернет-магазин электрики xcom-shop.ru/ URL: [http://www.xcom-shop.ru/aesp\\_recw-126av\\_343563.html](http://www.xcom-shop.ru/aesp_recw-126av_343563.html) (дата обращения 03.05.2016)

26. Муфта оптическая GJS-6007 [Электронный ресурс]/ <http://регионкабель.рф> — официальный сайт компании ООО «Регион Кабель»/ URL: <http://регионкабель.рф/m-GJS-6007> (дата обращения 03.05.2016)

27. Кросс оптический 19 1U 8 портов [Электронный ресурс]/ <http://svarka-optiki.ru> — официальный сайт компании ООО "Оптические технологии"/ URL: [http://svarka-optiki.ru/shop/image/KRS\\_8\\_kross\\_opticheskij\\_19\\_1U\\_8\\_portov.html](http://svarka-optiki.ru/shop/image/KRS_8_kross_opticheskij_19_1U_8_portov.html) (дата обращения: 03.05.2016)

28. Прайс на оказание услуг строительство и монтаж ВОЛС [Электронный ресурс]/ <http://vols.su/> — строительство и монтаж сетей связи/ URL: [http://vols.su/?page\\_id=6](http://vols.su/?page_id=6) (дата обращения 03.05.2016)

29. Тарифы на электроэнергию [Электронный ресурс]/ <http://www.kurskadmin.ru> – официальный сайт администрации города Курска/ URL: <http://www.kurskadmin.ru/node/1078> (дата обращения 28.05.2016)

					11070006.11.03.02.120.ПЗВКР	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		