

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 ЖИЛОМ  
КОМПЛЕКСЕ «МЕЧТА» Г. ЕКАТЕРИНБУРГ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи  
заочной формы обучения, группы 07001307  
Толокнова Артема Игоревича

Научный руководитель  
канд. техн. наук, доцент  
кафедры  
Информационно-  
телекоммуникационных  
систем и технологий  
НИУ «БелГУ» Заливин А.Н.

Рецензент  
ведущий инженер электросвязи  
участка систем коммутации №1  
г. Белгорода Белгородского  
филиала ПАО «Ростелеком»  
Уманец С.В.

БЕЛГОРОД 2017

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

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

Утверждаю  
Зав. кафедрой

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

## **ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

\_\_\_\_\_ Толокнов Артем Игоревич \_\_\_\_\_

1. Тема ВКР «Проектирование мультисервисной сети связи в жилом комплексе «Мечта» г. Екатеринбург

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

2. Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе:

количество абонентов микрорайона - 1130

предоставляемые услуги: высокоскоростной доступ к сети Интернет, IP – телефония, IP-TV.

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

4.1 Экспликация объекта проектирования

4.2 Анализ вариантов построения сети связи

4.3 Проектирование мультисервисной сети абонентского доступа

4.4 Расчет параметров трафика проектируемой сети

4.5 Технико-экономическое обоснование принятых решений

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

5.1 Существующая схема организации связи жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург (А1, лист 1)

5.2 Проектируемая схема организации связи жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург (А1, лист 1)

5.3 Ситуационная схема трассы прокладки кабеля и линейно-кабельных сооружений микрорайона «Мечта» г. Екатеринбург (А1, лист 1)

5.4 Технико-экономические показатели проекта (А1, лист 1)

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1 – 4.4	<i>канд. техн. наук, доцент каф. ИТСиТ Заливин А.Н.</i>		
4.5	<i>канд. техн. наук, доцент. каф. ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

**Руководитель**

*канд. техн. наук, доцент кафедры Информационно-телекоммуникационных систем и технологий»*

*НИУ «БелГУ» \_\_\_\_\_ Заливин А.Н.*

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ *Толокнов А.И.*

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОПИСАНИЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА	7
1.1 Описание жилого комплекса	7
1.2 Анализ состояния существующей сети	8
2 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ	12
2.1 Выбор технологии реализации	12
2.2 Сети на базе Ethernet технологии	12
2.3 Сети на базе DSL технологий	19
2.4 Сети на базе FTTx технологий	25
2.5 Выбор варианта построения сети связи	28
3 РАССЧЕТЫ НАГРУЗКИ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ	29
3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети	29
3.2 Расчет трафика IP-телефонии	32
3.3 Расчет трафика IP-TV	34
3.4 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет	37
4 ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «МЕЧТА»	42
4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи жилого комплекса «Мечта»	42
4.2 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования	51
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	54
5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительномонтажные работы	54

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разработал	Толокнов А.И.				Проектирование мультисервисной сети связи в жилом комплексе «Мечта» г. Екатеринбург	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Проверил	Заливин А.Н.						2	74
Рецензент	Уманец С.В.					<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001307</i>		
Н. Контроль	Заливин А.Н.							
Утвердил	Жиляков Е.Г.							

5.2 Калькуляция эксплуатационных расходов	56
5.3 Калькуляция доходов	61
5.4 Определение оценочных показателей проекта	62
5.5 Выводы к разделу	67
6 МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	69
6.1 Меры по охране окружающей среды	69
6.2 Техники безопасности и охраны труда на предприятиях связи	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

					<b>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

## **ВВЕДЕНИЕ**

Существующие телекоммуникационные сети обладают целым рядом недостатков, из которых следует отметить их узкую специализацию, отсутствие гибкости и адаптации к изменению требований пользователей, а также маленькую эффективность использования сетевых ресурсов. Привлечение новых абонентов и удовлетворение потребности в услугах уже имеющихся абонентов требует создания современных сетей доступа, которые способны обеспечить возможность предоставления широкой гаммы услуг. При этом, учитывая стратегическую важность услуг связи, создание новых сетей доступа не должно исключать поддержку существующих.

Таким образом, создание высокоэффективной телекоммуникационной среды является важнейшей и актуальной национальной проблемой. Без ее решения невозможно построение информационного сообщества и внедрение новейших информационных технологий в сферы производства, бизнеса, науки, образования, медицины и т.д. Именно информация становится стратегическим ресурсом, а наибольший экономический и социальный успех сопутствует тем, кто активно использует и предлагает современные средства и услуги информационных и телекоммуникационных технологий. В настоящее время телекоммуникации - отрасль, находящаяся на подъеме.

Данная ситуация способствует превращению телекоммуникаций из индустрии, которая занята строительством и поддержанием систем связи, в индустрию, предлагающую связь лишь как часть широкого спектра услуг.

Процессы конвергенции и интеграции сетей пакетной коммутации и традиционных сетей коммутации каналов определяют тенденцию их объединения в качественно новую структуру – мультисервисные системы с интеграцией услуг (МСС). В настоящее время МСС получили особую актуальность. Они открывают возможности использования высококачественных сетевых сервисов: пакетной передачи голоса и видео, коммутируемого и высокоскоростного широкополосного доступа в Интернет,

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

передачи данных с гарантированным качеством обслуживания, организации защищенных виртуальных частных сетей (VPN). Основное отличие МСС состоит в способности передачи разнородного трафика (голос, видео, данные) в гетерогенной среде, то есть с использованием единой сетевой инфраструктуры. Они позволяют организовать эффективное управление трафиком и существенно снизить расходы на эксплуатацию сетевого оборудования. Это обстоятельство делает МСС особенно привлекательными для операторов связи и сервис-провайдеров.

Использование новейших сетевых технологий позволяет повысить эффективность бизнеса за счет предоставления широкого спектра услуг, а также снижения затрат на эксплуатацию и развитие сети оператора. Что обуславливает актуальность выбранной темы дипломного проекта. МСС обеспечивает функциональные возможности Triple-Play Services. Вот лишь несколько аргументов в пользу Triple-Play. Во-первых, для операторов фиксированной связи это редкая возможность привлечения частных клиентов, новизна, высокое качество сервисов и их глубокая персонализация. Во-вторых, в условиях постоянно «сжимающегося» рынка фиксированной связи услуги Triple-Play дают возможность операторам выйти на новые для них рынки, связанные с услугами предоставления контента. Пакеты услуг Triple-Play предоставляют практически все ведущие зарубежные операторы связи. В России предыдущие годы о концепции Triple-Play говорили больше в перспективе, но сейчас наступил период практической реализации.

Актуальность темы дипломной работы связана с повышенным спросом жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург на такие услуги как, голосовые и мультимедийные услуги на основе IP-протокола (VoIP, IP-TV и др.), и заключается в необходимости реализации мультисервисной сети связи для новых жителей данного жилого комплекса.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование современной мультисервисной сети связи и предоставление мультисервисных услуг населению жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
						5
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Для достижения установленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать проектную документацию ЖК «Мечта» г. Екатеринбург и оценить количество потенциальных абонентов.
- Проанализировать провайдеров конкурентов, осуществляющих предоставление мультисервисных услуг на территории ЖК «Мечта».
- Проанализировать существующие технологии построения мультисервисных сетей связи, сравнить и выбрать подходящий вариант.
- Составить перечень предоставляемых телекоммуникационных услуг и определить необходимые ресурсы сети для них.
- Составить проект сети абонентского доступа.
- Провести расчет необходимого трафика будущего проекта.
- Провести расчет финансовых затрат на проект и рассчитать основные экономические показатели.
- Указать требования по технике безопасности и охране труда, а также природоохранных мероприятий.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

# 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОПИСАНИЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

## 1.1 Описание жилого комплекса

«Мечта» – это новый жилой комплекс бизнес - класса, который получил свое имя абсолютно справедливо, ведь он содержит в себе все, о чем только может мечтать современный человек при выборе новой квартиры.



Рисунок 1.1 - Схема жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург

Жилой комплекс находится на пересечении улиц Куйбышева – Шейнкмана – Сакко и Ванцетти. Комплекс расположен в спокойном, тихом и элитном районе, при этом в центральной части города. В центре города находятся торговые и бизнес центры, рестораны, кафе, фитнес клубы, развлекательные площадки и многое другое.

Инфраструктура ЖК «Мечта» имеет престижный статус комплекса бизнес класса. Он представляет собой целый обособленный район, в котором предусмотрено всё для комфортного проживания всех жильцов: торговые площади, расположенные на первом этаже комплекса, и гипермаркет, чтобы жители комплекса могли покупать необходимые товары рядом с домом; большая дворовая территория с игровыми и спортивными площадками,

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

закрытая для посторонних; паркинг для автомобилей жильцов и их гостей. Для детей в жилом комплексе оборудованы площадки для игр на безопасной территории внутреннего двора, свободной от автомобилей. В непосредственной близости от комплекса находятся гимназия и школа.

## 1.2 Анализ состояния существующей сети

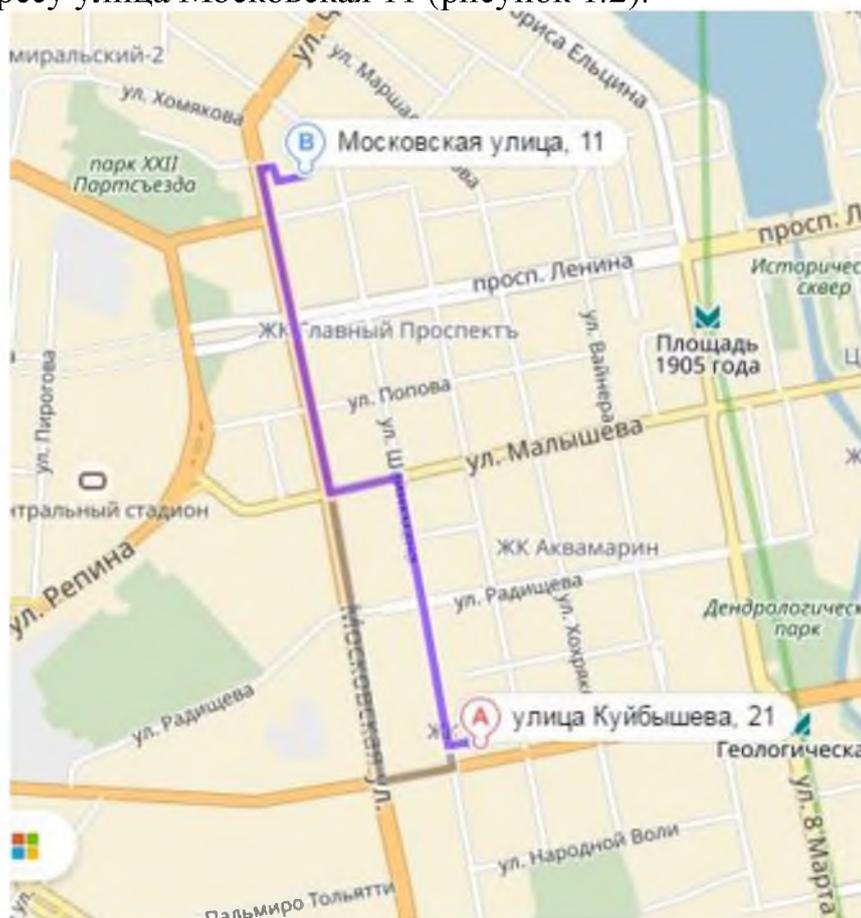
В данной работе проектируется мультисервисная сеть связи для жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург. В этом комплексе расположено 13 секций, от 4 до 6 квартир на этаже, от 60 до 126 квартир в секции. Количество жильцов составляет 1130. Так как одно подключение идет на квартиру, следует, что и абонентов будет столько же, сколько и жильцов, а именно 1130.

Для определения количества потенциальных абонентов необходимо подсчитать общее количество квартир, для этого необходимо изучить проектную документацию. В таблице 1.1 приведен перечень домов с указанием общего квартир.

**Таблица 1.1 - Исходные данные проектируемой сети**

Объект	Общее количество этажей/жилых этажей	Кол-во квартир	Кол-во нежилых помещений
Секция №1	16/15	60	1
Секция №2	18/17	68	1
Секция №3	16/15	60	1
Секция №4	18/17	102	2
Секция №5	18/17	102	2
Секция №6	18/17	102	2
Секция №7	22/21	126	2
Секция №8	18/17	102	2
Секция №9	18/17	102	2
Секция №10	16/15	60	1
Секция №11	16/15	60	1
Секция №12	22/21	126	2
Секция №13	16/15	60	1
Итого:		1130	20

На расстоянии 3 км от жилого комплекса «Мечта» находится «Альфа-Телеком» по адресу улица Московская 11 (рисунок 1.2).



**Рисунок 1.2 – Расстояние от ЖК «Мечта» до ближайшей АТС**

Согласно сведениям с форума ЖК «Мечта», жители имеют возможность подключиться к сети Интернет через таких провайдеров как РусКом, СкайНет, Акадо, Планета. Однако, некоторые из них не предоставляют услугу IP-TV. Для формирования перечня услуг и тарифных планов необходимо проанализировать сведения о конкурентах. В таблице 1.2 приведены сведения о тарифных планах провайдеров, обслуживающих ЖК «Мечта».

**Таблица 1.2 - Тарифные планы провайдеров**

Название тарифа	Трафик / количество каналов ТВ	Скорость соединения	Абонентская плата, руб.
РусКом			
РусКом Промо	Не ограничено	до 70 Мбит/с	333
РусКом TV 555	Не ограничено	до 100 Мбит/с	555
РусКом TV 1111	Не ограничено	до 200 Мбит/с	1111
IP-TV	Работа в тестовом режиме		

## Окончание таблицы 1.2

СкайНет			
Стандарт	Не ограничено	до 30 Мбит/с	490
Актив	Не ограничено	до 50 Мбит/с	590
Драйф	Не ограничено	до 100 Мбит/с	672
IP-TV	Работа в тестовом режиме		
Акадо			
«Как надо!»	Не ограничено	До 70 Мбит/с	590
«До-статочно!»	Не ограничено	До 100 Мбит/с	690
«Еще больше!»	Не ограничено	До 100 Мбит/с	890
IP-TV	40		350
Планета			
Хит 14	Не ограничено	До 100 Мбит/с	500
Онлайн 22	Не ограничено	До 100 Мбит/с	600
Хит 43	Не ограничено	До 100 Мбит/с	700
IP-TV	50		400

Из приведенных сведений о тарифах следует, что услугу Интернет необходимо предоставлять на скорости не ниже 30 Мбит/с и иметь перспективу организации доступа на скорости в 100 Мбит/с. Услуга IP-TV также пользуется популярностью, тут стоит сделать акцент на цифровые каналы, т.е. предлагать большее количество, чем у конкурентов. Таким образом, основные телекоммуникационные услуги, которые будут предоставляться абонентам это:

- Доступ к сети Интернет – минимальная скорость должна быть не менее 30 Мбит/с, а также технически должна иметься возможность увеличения скорости до 100 Мбит/с.
- IP-TV – возможность транслирования телевидения при помощи интернет-технологий. Количество HD каналов должно быть не меньше 50.
- IP телефония – цифровая телефония по протоколу IP.
- «Безопасный двор» - система видеонаблюдения за территорией ЖК.

В проекте принимается в расчет следующий процент проникновения услуг: Интернет - 100%, IP-TV - 50%, IP-телефония - 20%. Сведения о количестве абонентов, пользующихся перечисленными видами услуг, приведены в таблице 1.3

**Таблица 1.3 - Предполагаемое распределение услуг по абонентам**

<b>Объект</b>	<b>Физ. Лица</b>	<b>Интернет</b>	<b>IP-TV</b>	<b>IP-телефония</b>
Секция №1	60	60	30	12
Секция №2	68	68	34	14
Секция №3	60	60	30	12
Секция №4	102	102	51	21
Секция №5	102	102	51	21
Секция №6	102	102	51	21
Секция №7	126	126	63	26
Секция №8	102	102	51	21
Секция №9	102	102	51	21
Секция №10	60	60	30	12
Секция №11	60	60	30	12
Секция №12	126	126	63	26
Секция №13	60	60	30	12
Итого	1130	1130	565	231

Вывод к 1 главе:

Жилой квартал «Мечта» является перспективным объектом в плане получения будущей прибыли от предоставления абонентам услуг проектируемой мультисервисной сети связи. Общее количество абонентов 1130. Важным моментом при выборе технологии построения мультисервисной сети будет являться высокое качество предоставляемых услуг, а также возможность предоставления абонентам доступа на скорости до 1 Гбит/с. Предоставление качественных услуг по доступным для жителей ценам позволит провайдеру стабильную прибыль и удерживать лидирующие позиции среди конкурентов.

## **2 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

### **2.1 Выбор технологии реализации**

В России все больше растет спрос к созданию сетей доступа с возможностью предоставлением абоненту широкополосного канала связи. Причиной данного интереса служит бурный рост требований к полосе пропускания сетей связи, вызванный появлением новых широкополосных услуг. К данным услугам можно отнести услуги для бизнеса (видеоконференцсвязь, обучение на расстоянии, телемедицина) и развлекательные услуги (видео по запросу, цифровое вещание, HDTV, on-line игры и т.д.). Прилагаемые в настоящее время технологии не могут предоставить качества и экономически выгодного решения для утоления потребностей абонентов, поэтому в ход идут следующие технологии.

### **2.2 Сети на базе Ethernet технологии**

Технология Ethernet в своем быстром развитии уже давно перевалила уровень локальных сетей. Она избавилась от коллизий, получила полный дуплекс и современные гигабитные скорости. Широкий спектр выгодных экономических решений допускает смело внедрять Ethernet на магистралях.

Metro Ethernet строится по трехуровневой иерархической схеме и включает ядро, уровень агрегации и уровень доступа. Ядро сети создается на высокопроизводительных коммутаторах и обеспечивает высокоскоростную передачу трафика. Уровень агрегации также создается на коммутаторах и обеспечивает агрегацию подключений уровня доступа, реализацию различных сервисов и сбор нужной статистики.

В зависимости от размера данной сети, ядро и уровень агрегации могут быть объединены. Каналы между коммутаторами могут создаваться на основе

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>

различных высокоскоростных технологий, чаще всего Gigabit Ethernet и 10-Gigabit Ethernet. При этом надлежит учитывать требования по восстановлению сети при сбое и структуру построения ядра. В ядре и на уровне агрегации предоставляется резервирование компонентов коммутаторов, а также топологическое резервирование, что позволяет передавать предоставление услуг при одиночных сбоях каналов и узлов. Существенного сокращения времени на восстановление можно добиться за счет применения технологии канального уровня. Поддержка технологии EAPS — собственного протокола компании Extreme Networks, предназначенного для поддержки топологии, устраняющий заикливание трафика и ее перестроение в случае сбоя в кольцевых сетях Ethernet. Сети, использующие EAPS, обладают многими положительными свойствами сетей SONET/SDH и Resilient Packet Ring (RPR) включая время восстановления топологии =50ms.

Уровень доступа строится по кольцевой или звездообразной схеме на коммутаторах Metro Ethernet для подключения корпоративных клиентов, офисных зданий, а также домашних и SOHO клиентов. На уровне доступа создается полный комплекс мер безопасности, обеспечивающих идентификацию и изоляцию клиентов, а также защиту инфраструктуры оператора.

Обзор технологии Ethernet. Ethernet (эзернет, от лат. aether — эфир) — пакетная технология компьютерных сетей. Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат пакетов и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой и доступной технологией ЛВС в середине 90-х годов прошлого века, вытеснив такие технологии, как Arcnet, FDDI и Token ring.

В стандарте первых версий (Ethernet v1.0 и Ethernet v2.0) указано, что в качестве передающей среды используется коаксиальный кабель, в дальнейшем появилась возможность пользоваться как витой парой, так и оптическим

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

кабелем. Метод управления доступом — множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий (CSMA/CD, Carrier Sense Multiply Access with Collision Detection), скорость передачи данных 10 Мбит/с, размер пакета от 72 до 1526 байт, описаны методы кодирования данных. В одном сегменте, количество узлов было ограничено в 1024 рабочих станции (спецификации физического уровня могут устанавливать более жёсткие ограничения, например, к сегменту тонкого коаксиала допустимо подключаться не более 30 рабочих станций, а к сегменту толстого коаксиала — не более 100). Однако сеть, построенная на одном разделяемом сегменте, становится неэффективной задолго до достижения предельного значения количества узлов.

В 1995 году принят стандарт IEEE 802.3u Fast Ethernet со скоростью 100 Мбит/с, а позже был принят стандарт IEEE 802.3z Gigabit Ethernet со скоростью 1000 Мбит/с. Стало возможным работать в режиме полный дуплекс.

Формат кадра. Существует несколько форматов Ethernet-кадра. Первоначальный Variant I (больше не применяется). Ethernet Version 2 или Ethernet-кадр II, ещё называемый DIX (аббревиатура первых букв фирм-разработчиков DEC, Intel, Xerox) — наиболее востребована и используется по сей день. Часто используется непосредственно протоколом интернет.

Novell — внутренняя модификация IEEE 802.3 без LLC (Logical Link Control). Кадр IEEE 802.2 LLC. Кадр IEEE 802.2 LLC/SNAP. В качестве дополнения, Ethernet-кадр кадр может содержать тег IEEE 802.1Q, для идентификации VLAN к которой он адресован и IEEE 802.1p для указания приоритетности.

Некоторые сетевые карты Ethernet, производимые компанией Hewlett-Packard использовали при работе кадр формата IEEE 802.12, соответствующий стандарту 100VG-AnyLAN. Разные типы кадра имеют различный формат и значение MTU.

Разновидности Ethernet. В зависимости от скорости передачи данных и передающей среды существует несколько вариантов технологии. Независимо

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>14</i>

от способа передачи стек сетевого протокола и программы работают одинаково практически во всех нижеперечисленных вариантах.

В данном разделе кратко описаны все официально существующие разновидности. Бывает, что многие производители рекомендуют использовать иные запатентованные носители — например, для увеличения расстояния между точками сети используется оптоволоконный кабель. Большинство Ethernet-карт и других устройств имеет поддержку нескольких скоростей передачи данных, используя автоопределение скорости и дуплексности, для достижения наилучшего соединения между двумя устройствами. Если автоопределение не срабатывает, скорость подстраивается под партнёра, и включается режим полудуплексной передачи. Например, наличие в устройстве порта Ethernet 10/100 говорит о том, что через него можно работать по технологиям 10BASE-T и 100BASE-TX, а порт Ethernet 10/100/1000 — поддерживает стандарты 10BASE-T, 100BASE-TX, и 1000BASE-T.

Ранние модификации Ethernet. Xerox Ethernet — технология, скорость которой составляет 3Мбит/с, существовала в двух вариантах Version 1 и Version 2, формат кадра последней версии до сих пор используется.

10BROAD36 — широкого распространения не получил. Один из первых стандартов, позволяющий работать на больших расстояниях. Использовал технологию широкополосной модуляции, похожей на ту, что используется в кабельных модемах. В качестве среды передачи данных использовали коаксиальный кабель.

10BASE5 — также известный, как StarLAN, стал первой модификацией Ethernet-технологии, использующей витую пару. Так как работал на маленькой скорости 10 Мбит/с, то не нашёл достойного применения.

10 Мбит/с Ethernet. 10BASE5, IEEE 802.3 (называемый также «Толстый Ethernet») — первоначальная разработка технологии со скоростью передачи данных 10 Мбит/с. Используя ранний стандарт IEEE использовал коаксиальный кабель, с волновым сопротивлением 50 Ом (RG-8), с максимальной длиной сегмента 500 метров.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

10BASE2, IEEE 802.3a (называемый «Тонкий Ethernet») — используется кабель RG-58, с допустимой длиной сегмента 200 метров, компьютеры присоединялись один к другому, для подключения кабеля к сетевой карте нужен T-коннектор, а на кабеле должен быть BNC-коннектор. Требовалось наличие терминаторов на каждом конце кабеля. Многие годы этот стандарт был основным для технологии Ethernet.

StarLAN 10 — Первая разработка, использующая витую пару для передачи данных на скорости 10 Мбит/с. В дальнейшем, эволюционировал в стандарт 10BASE-T.

10BASE-T, IEEE 802.3i — для передачи данных используется 4 провода кабеля витой пары (две скрученные пары) категории-3 или категории-5. Максимальная длина сегмента 100 метров.

FOIRL — (акроним от англ. Fiber-optic inter-repeater link). Базовый стандарт для технологии Ethernet, начал использовать для передачи данных оптический кабель. Максимальное расстояние передачи данных без повторителя 1км.

10BASE-F, IEEE 802.3j — Основной термин для обозначения семейства 10 Мбит/с ethernet-стандартов, на максимальном расстоянии до 2 км, использовал оптоволоконный кабель: 10BASE-FL, 10BASE-FB и 10BASE-FP. Из перечисленного только 10BASE-FL получил широкое распространение.

10BASE-FL (Fiber Link) — Улучшенная версия стандарта FOIRL. Улучшение коснулось лишь только увеличения длины сегмента до 2 км.

10BASE-FB (Fiber Backbone) — Стандарт использовался для объединения повторителей в магистраль.

10BASE-FP (Fiber Passive)- Топология «пассивная звезда», в которой не нужны повторители — никогда не применялся.

Быстрый Ethernet (100 Мбит/с) (Fast Ethernet). 100BASE-T — Общий термин для обозначения одного из трёх стандартов 100 Мбит/с ethernet, использующий в качестве среды передачи данных витую пару. Длина сегмента

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

маленькая до 200-250 метров. Включает в себя такие стандарты как 100BASE-TX, 100BASE-T4 и 100BASE-T2.

100BASE-TX, IEEE 802.3u — Развитие технологии 10BASE-T, используется топология звезда, задействован кабель витая пара категории-5, в котором фактически используются 2 пары проводников, максимальная скорость передачи данных используется до 100 Мбит/с.

100BASE-T4 — 100 Мбит/с ethernet по кабелю категории-3. Задействованы все 4 пары.

100BASE-T2 — Не используется. 100 Мбит/с ethernet через кабель категории-3. Используется только 2 пары. Поддерживается полнодуплексный режим передачи, когда сигналы распространяются в противоположных направлениях по каждой паре. Скорость передачи в одном направлении — 50 Мбит/с.

100BASE-FX — 100 Мбит/с ethernet с помощью оптоволоконного кабеля. Максимальная длина сегмента 400 метров в полудуплексном режиме (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2 километра в полнодуплексном режиме по многомодовому оптическому волокну и до 32 километров по одномодовому.

Гигабит Ethernet. 1000BASE-T, IEEE 802.3ab — Стандарт Ethernet 1 Гбит/с. Используется витая пара категории 5е или категории 6. В передаче данных участвуют все 4 пары. Скорость передачи данных — 250 Мбит/с по одной паре.

1000BASE-TX, — Стандарт Ethernet 1 Гбит/с, использующий только витую пару категории 6. Практически не используется.

1000Base-X — общий термин для обозначения технологии Гигабит Ethernet, использующей в качестве среды передачи данных оптоволоконный кабель, включает в себя 1000BASE-SX, 1000BASE-LX и 1000BASE-CX.

1000BASE-SX, IEEE 802.3z — 1 Гбит/с Ethernet технология, использует многомодовое волокно дальность прохождения сигнала без повторителя до 550 метров.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>17</i>

1000BASE-LX, IEEE 802.3z — 1 Гбит/с Ethernet технология, использует многомодовое волокно дальность прохождения сигнала без повторителя до 550 метров. Оптимизирована для дальних расстояний, при использовании одномодового волокна (до 10 километров).

1000BASE-CX — Технология Гигабит Ethernet для коротких расстояний (до 25 метров), используется специальный медный кабель (Экранированная витая пара (STP)) с волновым сопротивлением 150 Ом. Заменён стандартом 1000BASE-T, и сейчас не используется.

1000BASE-LH (Long Haul) — 1 Гбит/с Ethernet технология, использует одномодовый оптический кабель, дальность прохождения сигнала без повторителя до 100 километров.

10 Гигабит Ethernet. Новый стандарт 10 Гигабит Ethernet включает в себя семь стандартов физической среды для LAN, MAN и WAN. В настоящее время он описывается поправкой IEEE 802.3ae и должен войти в следующую ревизию стандарта IEEE 802.3.

10GBASE-CX4 — Технология 10 Гигабит Ethernet для коротких расстояний (до 15 метров), используется медный кабель CX4 и коннекторы InfiniBand.

10GBASE-SR — Технология 10 Гигабит Ethernet для коротких расстояний (до 26 или 82 метров, в зависимости от типа кабеля), используется многомодовое оптоволокно. Он также поддерживает расстояния до 300 метров с использованием нового многомодового оптоволокна (2000 МГц/км).

10GBASE-LX4 — использует уплотнение по длине волны для поддержки расстояний от 240 до 300 метров по многомодовому оптоволокну. Также поддерживает расстояния до 10 километров при использовании одномодового оптоволокна.

10GBASE-LR и 10GBASE-ER — эти стандарты поддерживают расстояния до 10 и 40 километров соответственно.

10GBASE-SW, 10GBASE-LW и 10GBASE-EW — Эти стандарты используют физический интерфейс, совместимый по скорости и формату

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

данных с интерфейсом OC-192 / STM-64 SONET/SDH. Они подобны стандартам 10GBASE-SR, 10GBASE-LR и 10GBASE-ER соответственно, так как используют те же самые типы кабелей и расстояния передачи.

10GBASE-T, IEEE 802.3an-2006 — принят в июне 2006 года после 4 лет разработки. Использует экранированную витую пару. Расстояния — до 100 метров.

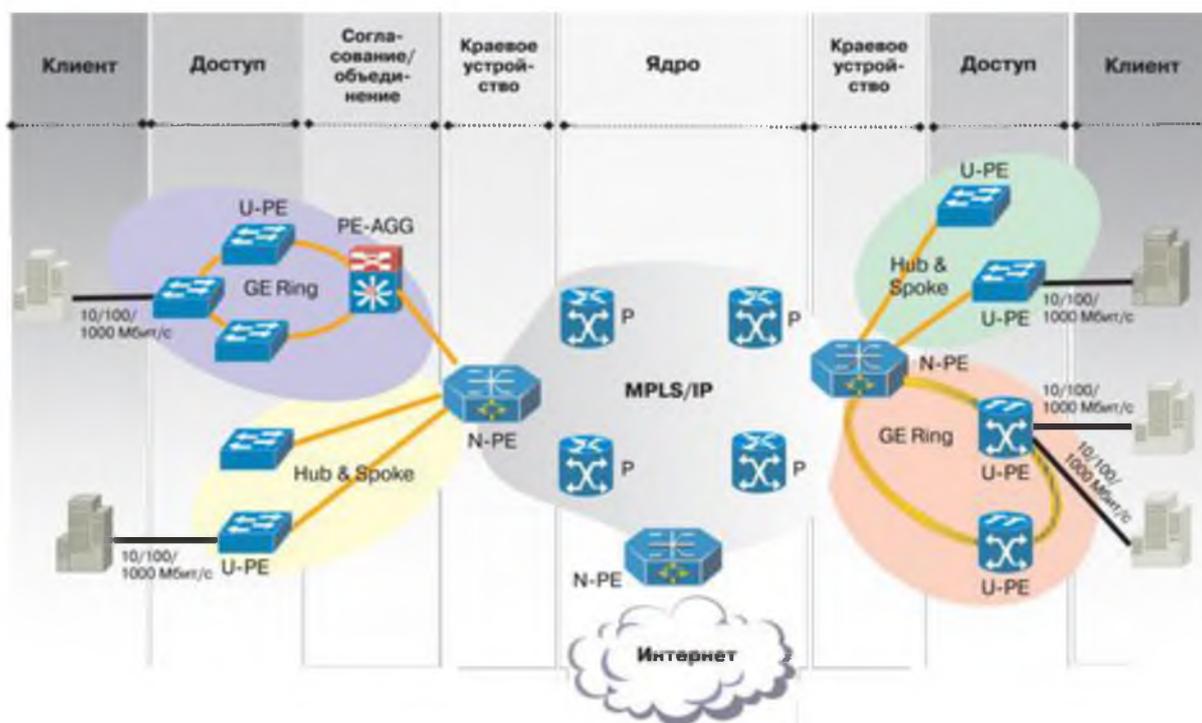


Рисунок 2.1 – Организация сети связи на базе технологии Ethernet

### 2.3 Сети на базе DSL технологий

Сокращение DSL расшифровывается как Digital Subscriber Line (цифровая абонентская линия). DSL является достаточно новой технологией, позволяющей значительно расширить полосу пропускания старых медных телефонных линий, соединяющих телефонные станции с индивидуальными абонентами. Любой абонент, пользующийся обычной телефонной связью, имеет возможность с помощью технологии DSL порядочно увеличить скорость соединения с сетью Интернет. Следует помнить, что для организации линии DSL используются только существующие телефонные линии; данная технология хороша тем, что не требует дополнительного внедрения

телефонных кабелей.

В результате получается круглосуточный доступ в сеть Интернет с сохранением стандартной работы обычной телефонной связи. Благодаря многообразию технологий DSL абонент может выбрать подходящую именно ему скорость передачи данных — от 32 Кбит/с до 50 Мбит/с и выше. Данные технологии позволяют пользоваться обычной телефонной линией для таких широкополосных систем, как видео по запросу, обучение на расстоянии и другие. Современные технологии DSL дают возможность организации высокоскоростного доступа в Интернет в определенный дом или на каждое предприятие среднего и малого бизнеса, используя обычные телефонные кабели, как высокоскоростные цифровые каналы. Причем скорость передачи данных зависит как от качества, так и протяженности линии, соединяющих абонента и провайдера. Провайдеры обычно сами дают возможность пользователю выбрать нужную скорость передачи, наиболее соответствующую его индивидуальным запросам.

Как работает DSL. Телефонный аппарат, установленный у в дома или в офисе, соединяется с оборудованием телефонной станции с помощью витой пары медных проводов. Обычная телефонная связь предназначена для простых телефонных разговоров с другими абонентами телефонной сети. При этом по данной сети передаются аналоговые сигналы. Телефонный аппарат воспринимает акустические колебания (являющиеся естественным аналоговым сигналом) и преобразует их в электрический сигнал, у которого постоянно меняется амплитуда и частота. Так как вся работа телефонной сети построена на передаче аналоговых сигналов, проще всего, конечно же, использовать для передачи информации между абонентами или абонентом и провайдером именно такой метод. Именно поэтому приходится докупать в дополнение к компьютеру еще и модем, который демодулирует аналоговый сигнал и превращает его в последовательность нулей и единиц цифровой информации.

При передаче аналоговых сигналов используется только малая часть полосы пропускания, витой пары медных телефонных проводов; при этом

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

максимальная скорость передачи, которая может быть достигнута с помощью обычного модема, составляет всего 56 Кбит/с. DSL представляет собой технологию, которая исключает необходимость преобразования сигнала из аналоговой в цифровую форму и наоборот. Цифровые данные передаются на компьютер именно в виде цифровой формы, что позволяет использовать более широкую полосу частот данной телефонной линии. При этом можно одновременно использовать аналоговую телефонную связь и цифровую высокоскоростную передачу данных по одинаковой линии, разделяя спектры этих сигналов.

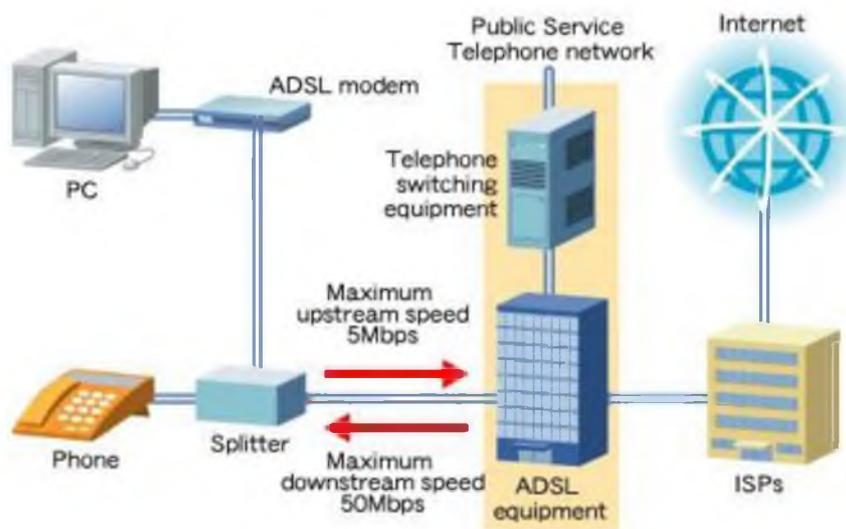
Различные типы технологий DSL и описание работы. DSL включает в себя набор различных технологий, создающих цифровую абонентскую линию. Для того, чтобы изучить данные технологии и понять области их практического применения, следует понять, чем эти технологии отличаются. Прежде всего, надо знать соотношение между расстоянием, на которое передается сигнал, и скоростью передачи данных, а также разницу в скоростях передачи «нисходящего» (от сети к пользователю) и «восходящего» (от пользователя в сеть) потока данных.

DSL объединяет под своей крышей следующие технологии.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия). Данная технология является асимметричной, то есть скорость передачи данных от сети к абоненту выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такая асимметрия, в сочетании с состоянием «постоянно установленного соединения» (когда исключается необходимость каждый раз набирать телефонный номер и ждать установки соединения), делает технологию ADSL лучшей для доступа в сеть Интернет, доступа к локальным сетям (ЛВС) и т.п. При организации таких соединений абоненты получают намного больший объем информации, чем передают. Технология ADSL обеспечивает скорость «нисходящего» потока данных от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных от 640 Кбит/с до 1,5 Мбит/с. ADSL позволяет передавать данные со скоростью 1,54 Мбит/с на расстояние до

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

5,5 км по одной витой паре проводов. Скорость передачи порядка 6 — 8 Мбит/с может быть достигнута при передаче данных на расстояние не более 3,5 км по проводам диаметром 0,5 мм.



**Рисунок 2.2 - Организация сети связи на базе технологии ADSL**

R-ADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения). Технология R-ADSL обеспечивает такую же скорость передачи данных, что и технология ADSL, но при этом позволяет адаптировать скорость передачи к протяженности и состоянию используемой витой пары проводов. При использовании технологии R-ADSL соединение на разных телефонных линиях так же будет иметь и разную скорость передачи данных. Скорость передачи данных может выбираться при синхронизации линии, во время соединения или по сигналу, поступающему от станции.

G. Lite (ADSL.Lite) представляет собой более дешёвый и простой в установке вариант технологии ADSL, обеспечивающий скорость «нисходящего» потока данных до 1,5 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных до 512 Кбит/с или по 256 Кбит/с в обоих направлениях.

IDSL (ISDN Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия ISDN). Технология IDSL состоит из дуплексной передачи данных на скорости до 144 Кбит/с. В отличие от ADSL возможности IDSL повторяются лишь передачей данных. Несмотря на то, что IDSL, также, как и ISDN, использует

модуляцию 2B1Q, у них существуют различия. В отличие от ISDN линия IDSL является некоммутируемой линией, не приводящей к увеличению нагрузки на коммутационное оборудование провайдера. Также линия IDSL является «постоянно включенной» (как и любая линия, организованная с использованием технологии DSL), в то время как ISDN требует установки соединения.

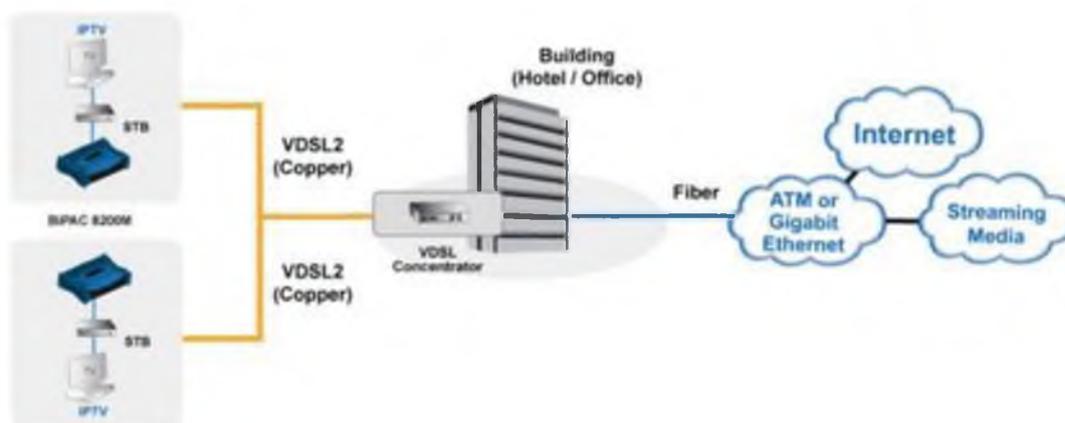
HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line — высокоскоростная цифровая абонентская линия). Технология HDSL предусматривает организацию симметричной линии передачи данных, то есть скорости передачи данных от пользователя в сеть и из сети к пользователю равны. Благодаря скорости передачи (1,544 Мбит/с по двум парам проводов и 2,048 Мбит/с по трем парам проводов) телекоммуникационные компании используют технологию HDSL в качестве альтернативы линиям T1/E1. (Линии T1 используются в Северной Америке и обеспечивают скорость передачи данных 1,544 Мбит/с, а линии E1 используются в Европе и обеспечивают скорость передачи данных 2,048 Мбит/с.) Хотя расстояние, на которое система HDSL передает данные (а это порядка 3,5 — 4,5 км), меньше, чем при использовании технологии ADSL, для недорогого, но эффективного, увеличения длины линии HDSL телефонные компании могут установить специальные повторители. Использование для организации линии HDSL двух или трех витых пар телефонных проводов делает эту систему идеальным решением для соединения УАТС, серверов Интернет, локальных сетей и т.п. Технология HDSL2 является результатом развития технологии HDSL. Данная технология обеспечивает характеристики, аналогичные технологии HDSL, но при этом можно использовать лишь одну пару проводов.

SDSL (Single Line Digital Subscriber Line — однолинейная цифровая абонентская линия). Также, как и технология HDSL, технология SDSL обеспечивает симметричную передачу данных со скоростями, соответствующими скоростям линии T1/E1, но при этом технология SDSL имеет два важных отличия. Во-первых, используется только одна витая пара

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

проводов, а во-вторых, максимальное расстояние передачи достигает 3 км. В пределах этого расстояния технология SDSL обеспечивает, работу системы организации видеоконференций, когда требуется поддерживать одинаковые потоки передачи данных в оба направления. В определенном смысле технология SDSL является предшественником технологии HDSL2.

VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line — сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия). Технология VDSL является наиболее «быстрой» технологией xDSL. Она обеспечивает скорость передачи данных «нисходящего» потока в пределах от 13 до 52 Мбит/с, а скорость передачи данных «восходящего» потока в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с, и это по одной витой паре телефонных проводов. В симметричном режиме поддерживаются скорости до 26 Мбит/с. Технология VDSL может рассматриваться как экономически эффективная альтернатива прокладыванию волоконно-оптического кабеля до последнего абонента. Однако, максимальное расстояние передачи данных для этой технологии мало и достигает от 300 метров до 1300 метров. То есть, либо длина абонентской линии не должна превышать данного значения, либо оптико-волоконный кабель должен быть подведен поближе к пользователю (например, заведен в здание, в котором находится много потенциальных пользователей). Технология VDSL, как и ADLS может использоваться с теми же целями; также, она может использоваться для передачи сигналов телевидения высокой четкости (HDTV), видео по запросу и т.п.



**Рисунок 2.3 – Организация сети связи на базе технологии VDSL**

					<i>Лист</i>
					24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>

## 2.4 Сети на базе FTTx технологий

FTTx (Fiber To The ... - «волокно до ...») - технология организации сетей доступа с доведением оптического волокна до определенной точки. Несмотря на то, что FTTx - технология не новая, однако широкое распространение она получает именно сейчас.

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).

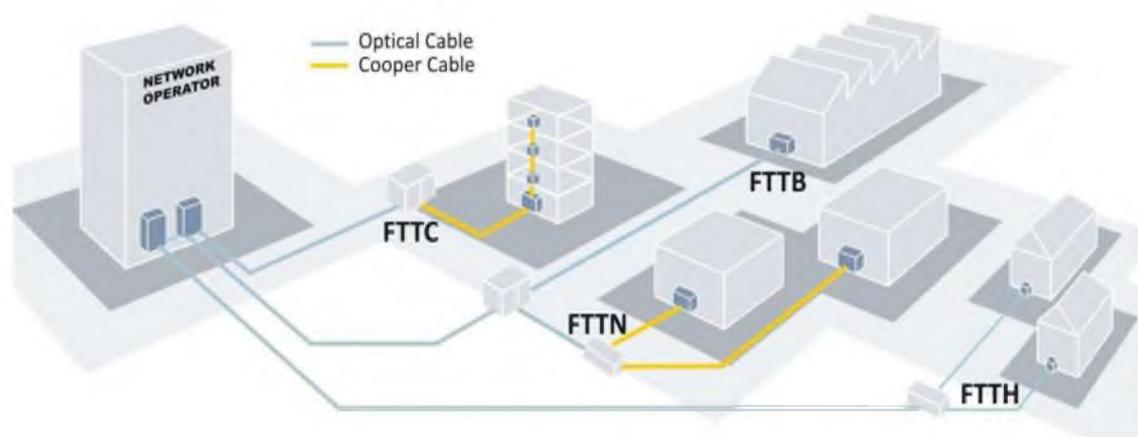


Рисунок 2.4 – Различная архитектур технологии FTTx

Технология FTTN используется в основном как бюджетное и быстро внедряемое решение там, где существует распределительная "медная" инфраструктура и прокладка оптики нерентабельна. Существуют так же связанные с этим решением трудности: невысокое качество предоставляемых услуг, обусловленное специфическими проблемами лежащих в канализации медных кабелей, значительное ограничение по скорости и малое количество подключений в одном кабеле.

Технология FTTC – это улучшенный вариант FTTN, но без недостатков предыдущей архитектуры. Архитектура FTTC в первую очередь предназначена для операторов, уже использующих технологии xDSL или PON, и абонентов

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

кабельного телевидения. Реализация архитектуры FTTC позволяет с меньшими затратами увеличить и число обслуживаемых пользователей, а также выделяет всем по отдельной полосе пропускания. В России этот тип подключения часто применяется малыми операторами Ethernet-сетей. Связано это с малой стоимостью медных решений и с тем, что монтаж оптического кабеля требует высокой квалификации работника.

Технология FTTB предполагает доведение волокна до здания, и получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе Ethernet – это, зачастую, единственная технически возможная схема построения сети. Кроме того, в структуре затрат на создание Ethernet-сети разница между вариантами архитектур FTTC и FTTB небольшая. Также главным достоинством является низкие операционные расходы и высокая пропускная способность.

Технологию FTTB выгодно применять в случае развертывания сети в многоквартирных домах и бизнес-центрах. Российские операторы связи разворачивают сети FTTB пока только в крупных городах, но в будущем будут использовать данную технологию повсеместно. В FTTB нет необходимости прокладывать дорогостоящий оптический кабель с большим количеством волокон на большие расстояния, как при использовании FTTH.

В случае FTTB оптическое волокно заводится в дом, как правило, на цокольный этаж или на чердак и подключается к устройству ONU (Optical Network Unit). На стороне оператора связи устанавливается терминал оптической линии OLT (Optical Line Terminal). OLT является primary устройством и определяет параметры обмена трафика (например, интервалы времени приема/передачи сигнала) с абонентскими устройствами ONU (или ONT, в случае FTTH). Потом идет распределение сети по дому по «витой паре».

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26



**Рисунок 2.5 – Типовая схема реализации технологии FTTH**

Технология FTTH является самой дорогой, но в то же время и наиболее перспективной, среди всех типов доступа FTTx. FTTH прокладывает оптическое волокно до квартиры или частного дома пользователя. В этом случае оптическое волокно заводится в дом, как правило, на цокольный этаж или на чердак (что более экономически целесообразно) и подключается к устройству ONU (Optical Network Unit). На стороне оператора связи устанавливается терминал оптической линии OLT (Optical Line Terminal). OLT является primary устройством и определяет параметры обмена трафика (например, интервалы времени приема/передачи сигнала) с абонентскими устройствами ONU (или ONT, в случае FTTH). Потом распределение сети происходит, как и в FTTB по «витой паре».



**Рисунок 2.6 – Типовая схема реализации архитектуры FTTH**

## **2.5 Выбор варианта построения сети связи**

Рассмотрев различные варианты технологии реализации, для проектирования мультисервисной сети связи в жилом комплексе «Мечта» г. Екатеринбург, было сделано следующее решение:

- Выбрать в качестве технологии построения сети FTTH на базе Fast/Gigabit Ethernet.
- В качестве оборудования будут выбраны коммутаторы с combo портами 100 и 1000 Мбит/с для того, чтобы обеспечить перспективу дальнейшей модернизации сети и развития предоставляемого спектра услуг и сервисов.
- Архитектура построения сети будет определена на основании рассчитанного объема оборудования уровня доступа и агрегации.

## 3 РАССЧЕТЫ НАГРУЗКИ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

### 3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети

Так как одно подключение идет на квартиру, следует, что и абонентов будет столько же, сколько и жильцов. В главе 1 был определен уровень проникновения услуг, которые будут предлагаться пользователям: Интернет - 100%, IP-TV – 50%, IP-телефония -20%. Основные параметры значений для расчета приведены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1 - Значения параметров**

1	2	3
Параметр	Обозначение	Значение
1. Количество сетевых узлов (СУ) для подключения абонентов Triple Play	FN	33
2. Число абонентов сети:	NS	1130
3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке	OHD	10%
4. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке	OHU	15%
5. Процент абонентов Triple Play: - находящихся в сети в ЧНН; - одновременно принимающих или передающих данные; - одновременно пользующихся услугами IP-TV	DAAF	80%
	DPAF	70%
	IPVS AF	60%
6. Услуга передачи данных: 6.1 Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту: - средняя пропускная способность; - пиковая пропускная способность; 6.2 Пропускная способность сети для передачи данных от абонента: - средняя пропускная способность; - пиковая пропускная способность	ADBS PDBS	30 Мбит/с 100 Мбит/с
	AUBS PUBS	10 Мбит/с 30 Мбит/с

### Окончание таблицы 3.1

1	2	3
7. Услуга IP-TV/IP-TV HD: -проникновение услуги; -количество сессий на абонента; -использование режима Unicast; -использование режима Multicast; -использование потоков Multicast; -количество доступных каналов; -скорость видеопотока; -запас на вариацию битовой скорости	IPVS MP IPVS SH  IPVS UU  IPVS MUM  IPVS MU  IPVS MA  VSB SVBR	55% 1,3  30%  70%  70%  60  6 Мбит/с 0,2

В качестве сетевого узла будем считать коммутатор доступа на 48 абонентов. Это сделано для того, чтобы вычислить нагрузку с одного сетевого элемента и при модернизации или расширении сети легко варьировать требуемым объемом оборудования. В случае использования коммутаторов меньшей емкости, например, 24 порта, полученные значения достаточно будет разделить на 2.

Требуемое количество коммутаторов доступа рассчитаем по следующему соотношению:

$$N_{\text{ком}} = [N_{\text{аб}} / N_{\text{портов}}] \quad (3.1)$$

где [] – округление в большую сторону до целого числа.

Дом №1:  $N_{\text{ком}} = [60 / 48] = 1 + 1$  на 24 порта

Дом №2:  $N_{\text{ком}} = [68 / 48] = 1 + 1$  на 24 порта

Дом №3:  $N_{\text{ком}} = [60 / 48] = 1 + 1$  на 24 порта

Дом №4:  $N_{\text{ком}} = [102 / 48] = 2 + 1$  на 24 порта

Дом №5:  $N_{\text{ком}} = [102 / 48] = 2 + 1$  на 24 порта

Дом №6:  $N_{\text{ком}} = [102 / 48] = 2 + 1$  на 24 порта

Дом №7:  $N_{ком} = [126/48] = 3$

Дом №8:  $N_{ком} = [102/48] = 2 + 1$  на 24 порта

Дом №9:  $N_{ком} = [102/48] = 2 + 1$  на 24 порта

Дом №10:  $N_{ком} = [60/48] = 1 + 1$  на 24 порта

Дом №11:  $N_{ком} = [60/48] = 1 + 1$  на 24 порта

Дом №12:  $N_{ком} = [126/48] = 3$

Дом №13:  $N_{ком} = [60/48] = 1 + 1$  на 24 порта

Результаты расчетов приведены в таблице 3.2.

**Таблица 3.2 - Количество коммутаторов доступа, размещенных в домах**

Объект	Тип коммутатора	Всего портов	Свободные порты
Секция №1	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	12
Секция №2	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	4
Секция №3	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	12
Секция №4	Zyxel GS2210-48 - 2шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	120	12
Секция №5	Zyxel GS2210-48 - 2шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	120	12
Секция №6	Zyxel GS2210-48 - 2шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	120	12
Секция №7	Zyxel GS2210-48 - 3шт.	144	18
Секция №8	Zyxel GS2210-48 - 2шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	120	12
Секция №9	Zyxel GS2210-48 - 2шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	120	12
Секция №10	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	12
Секция №11	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	12
Секция №12	Zyxel GS2210-48 - 3шт.	144	18
Секция №13	Zyxel GS2210-48 - 1шт. Zyxel GS2200-24 - 1шт.	72	12
Итого	33	1320	160

Для подключения всех абонентов к сети потребуется закупить 33 коммутатора. Свободные порты будут задействованы под видеонаблюдение и резервирование.

### 3.2 Расчет трафика IP-телефонии

Уровень спроса на услугу IP-телефонии предполагается на уровне 20%, будем полагать, что распределение по всем коммутаторам равно:

$$N_{\text{СИР}} = [48 * 0,2] = 10, \text{ абонентов} \quad (3.2)$$

Кодек G.729A будет использоваться для передачи голосовых данных:

$$Y_{\text{полезн}} = \frac{t_{\text{зв. голоса}} \cdot v_{\text{кодирования}}}{8 \text{ бит/байт}}, \text{ байт}, \quad (3.3)$$

где  $t_{\text{зв. голоса}}$  - время звучания голоса, мс,

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

Уровень сжатия потока аудиоданных, кодек G.729A устанавливает до скорости в 8 кбит/с, время звучания 20 мс.

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

Длина пакета определяется по формуле (3.4):

$$V_{\text{пакета}} = L_{\text{EthL1}} + L_{\text{EthL2}} + L_{\text{IP}} + L_{\text{UDP}} + L_{\text{RTP}} + Y_{\text{полезн}}, \text{ байт}, \quad (3.4)$$

где  $L_{\text{EthL1}}, L_{\text{EthL2}}, L_{\text{IP}}, L_{\text{UDP}}, L_{\text{RTP}}$  - длина заголовка Ethernet L1, Ethernet L2, IP, UDP, RTP протоколов соответственно, байт,

$Y_{\text{полезн}}$  - полезная нагрузка голосового пакета, байт.

$$V_{\text{пакета}} = 20 + 18 + 20 + 8 + 12 = 78, \text{ байт}.$$

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Кодек G.729А может за 1 секунду передать через шлюз до 50 пакетов, в результате чего получим общую полосу пропускания:

$$ППр_1 = V_{пакета} \cdot 8 \frac{\text{бит}}{\text{байт}} \cdot 50_{pps}, \text{Кбит/с}, \quad (3.5)$$

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

$$ППр_1 = 78 \cdot 8 \cdot 50 = 31,2 \text{Кбит/с}.$$

Пропускная способность для передачи голоса по IP протоколу на одном СУ равна:

$$ППр_{WAN} = ППр_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{Мбит/с}, \quad (3.6)$$

где  $ППр_1$  – полоса пропускания для одного вызова, Кбит/с,

$N_{SIP}$  – количество абонентов с услугой IP-телефонии,

VAD (Voice Activity Detection) – коэффициент механизма идентификации пауз (0,7).

$$ППр_{WAN} = 31,2 \cdot 10 \cdot 0,7 = 218,4 \text{кбит/с}.$$

Если использовать другие кодеки, то можно получить уменьшение затрат на полосу пропускания за счет использования более эффективных алгоритмов сжатия голосовых данных.

### 3.3 Расчет трафика IP-TV

Определим количество абонентов, пользующихся услугой на одном СУ одновременно:

$$IPVS\ Users = AVS * IPVS\ AF * IPVSSH, \text{абонентов} \quad (3.7)$$

где AVS – количество абонентов на СУ, подключенных к услуге,  
IPVS AF – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV  
одновременно в ЧНН,

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

$$IPVS\ Users = [48 * 0,5] * 0.6 * 1.3 = 19, \text{абонентов}$$

Трансляция может проводиться в двух режимах: multicast и unicast.  
Например, услуга видео по запросу это всего лишь один видеопоток, значит,  
количество индивидуальных потоков будет равняться количеству абонентов,  
принимающих эти потоки.

$$IPVS\ US = IPVS\ Users * IPVS\ UU * UUS, \text{потоков} \quad (3.8)$$

где IPVS UU – коэффициент проникновения услуги индивидуального  
видео,

UUS = 1 – количество абонентов на один видеопоток.

$$IPVS\ US = 19 * 0.3 * 1 = 6, \text{потоков}$$

Multicast поток может принимать несколько устройств одновременно,  
следовательно, количество потоков равно:

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>34</i>

$$IPVSM S = IPV S Users * IPV S MU, \text{ потоков} \quad (3.9)$$

где  $IPV S MU$  – количество абонентов, принимающих групповые видеопотоки.

$$IPVSM S = 19 * 0.7 = 14, \text{ потоков}$$

Количество доступных multicast потоков зависит от количества предоставляемых ТВ программ. В IP-TV внутри определенного сегмента сети одновременно могут транслироваться не все потоки.

Максимальное количество видеопотоков из числа доступных и используемых абонентами по multicast вещанию:

$$IPVSM SM = IPV S MA * IPV S MUM, \text{ видеопотоков} \quad (3.10)$$

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

$$IPVSM SM = 60 * 0.7 = 42, \text{ видеопотоков}$$

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Для передачи ТВ контента с высоким качеством установим скорость передачи одного видеопотока на уровне 6 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на изменение битовой скорости скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит:

$$IPVSB = VSB * (1 + SVBR) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.11)$$

где  $VSB$  – скорость трансляции потока в формате MPEG-2, Мбит/с,

*SVBR* – запас на вариацию битовой скорости,  
*OHD* - отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке

$$IPVSB = 6 * (1 + 0.2) * (1 + 0.1) = 7.92 \text{ Мбит/с}$$

Пропускная способность, требуемая для передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 по IP сети в режимах multicast и unicast, рассчитывается как:

$$IPVSMNB = IPVSM * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.12)$$

$$IPVSUNB = IPVUS * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.13)$$

где *IPVSM* – количество транслируемых потоков в режиме multicast,  
*IPVUS* – количество транслируемых потоков в режиме unicast,  
*IPVSB* – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVSMNB = 14 * 7.92 = 110,88 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVSUNB = 6 * 7.92 = 47,52 \text{ Мбит/с}.$$

Multicast потоки передаются от головной станции к множеству абонентских устройств. Вычислим общую скорость для передачи наибольшего числа multicast потоков в ЧНН:

$$IPVSMNB_{\max} = IPVMSM * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.14)$$

где *IPVMSM* – число используемых видеопотоков среди доступных,  
*IPVSB* – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVSMNB_{\max} = 42 * 7.92 = 332,64 \text{ Мбит/с}$$

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

В результате получим общую пропускную способность для одного сетевого узла при предоставлении услуги IP-TV:

$$AB = IPVSMNB + IPV SUNB, \text{ Мбит/с} \quad (3.15)$$

где  $IPVSMNB$  – пропускная способность для передачи группового видеопотока,

$IPV SUNB$  – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 110,88 + 47,52 = 158,4 \text{ Мбит/с.}$$

### 3.4 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет

Рассчитывая скорость канала передачи данных для доступа в сеть Интернет, надо учитывать, что количество активных абонентов в ЧНН может различаться. Максимальное число активных абонентов за данный промежуток времени вычисляется параметром Data Average Activity Factor (DAAF):

$$AS = TS * DAAF, \text{ абонентов} \quad (3.16)$$

где  $TS$  – число абонентов на одном сетевом узле, аб,

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

$$AS = 48 * 0.8 = 39, \text{ абонентов}$$

Каждый абонент имеет два канала: для приема данных - downstream и передачи данных – upstream. Канал upstream меньше downstream. Чтобы определить среднюю пропускную способность сети, необходимую для

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

нормальной работы пользователей, воспользоваться следующим соотношением:

$$BDDA = (AS * ADBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.17)$$

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

$$BDDA = (39 * 30) * (1 + 0.1) = 1287 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных:

$$BUDA = (AS * AUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с} \quad (3.18)$$

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

$$BUDA = (39 * 10) * (1 + 0.15) = 448,5 \text{ Мбит/с.}$$

Пропускная способность сети, когда абонент может передавать и принимать данные на максимальной скорости в ЧНН определяется с помощью коэффициента Data Peak Activity Factor (DPAF):

$$PS = AS * DPAF, \text{ абонентов} \quad (3.19)$$

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

$$PS = 39 * 0.7 = 28, \text{ абонентов}$$

Максимальная пропускная способность, требуемая для приема данных в час наибольшей нагрузки:

$$BDDP = (PS * PDBS) * (1 + OHD), \text{ Мбит/с} \quad (3.20)$$

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

$$BDDP = (28 * 100) * (1 + 0.1) = 3080 \text{ Мбит/с.}$$

Максимальная пропускная способность для передачи данных в ЧНН:

$$BUDP = (PS * PUBS) * (1 + OHU), \text{ Мбит/с} \quad (3.21)$$

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

$$BUDP = (28 * 30) * (1 + 0.15) = 966 \text{ Мбит/с.}$$

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

$$BDD = \text{Max} [BDDA; BDDP], \text{ Мбит/с} \quad (3.22)$$

$$BDU = \text{Max} [BUDA; BUDP], \text{ Мбит/с} \quad (3.23)$$

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

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

$$BDD = \text{Max}[1287; 3080] = 3080 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max}[448,5; 966] = 966 \text{ Мбит/с}.$$

Общая пропускная способность одного сетевого узла, которую необходимо организовать для приема и передачи данных составит:

$$BD = BDD + BDU, \text{ Мбит/с} \quad (3.24)$$

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

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

$$BD = 966 + 3080 = 4046 \text{ Мбит/с}.$$

Для предоставления абонентам всех перечисленных услуг, на каждом сетевом узле должна быть обеспечена пропускная способность:

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = \text{ПП}_{\text{pWAN}} + AB + BD \quad (3.25)$$

где  $\text{ПП}_{\text{pWAN}}$  – пропускная способность для трафика IP телефонии, Мбит/с,

$AB$  – пропускная способность для видеопотоков, Мбит/с,

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

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = 2,184 + 158,4 + 4046 = 4206,584 \text{ Мбит/с}.$$

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что для организации такой пропускной способности необходимо использовать на уровне агрегации оборудование 10 Gb Ethernet, а на уровне ядра должно быть оборудования с высокой коммутирующей способностью.

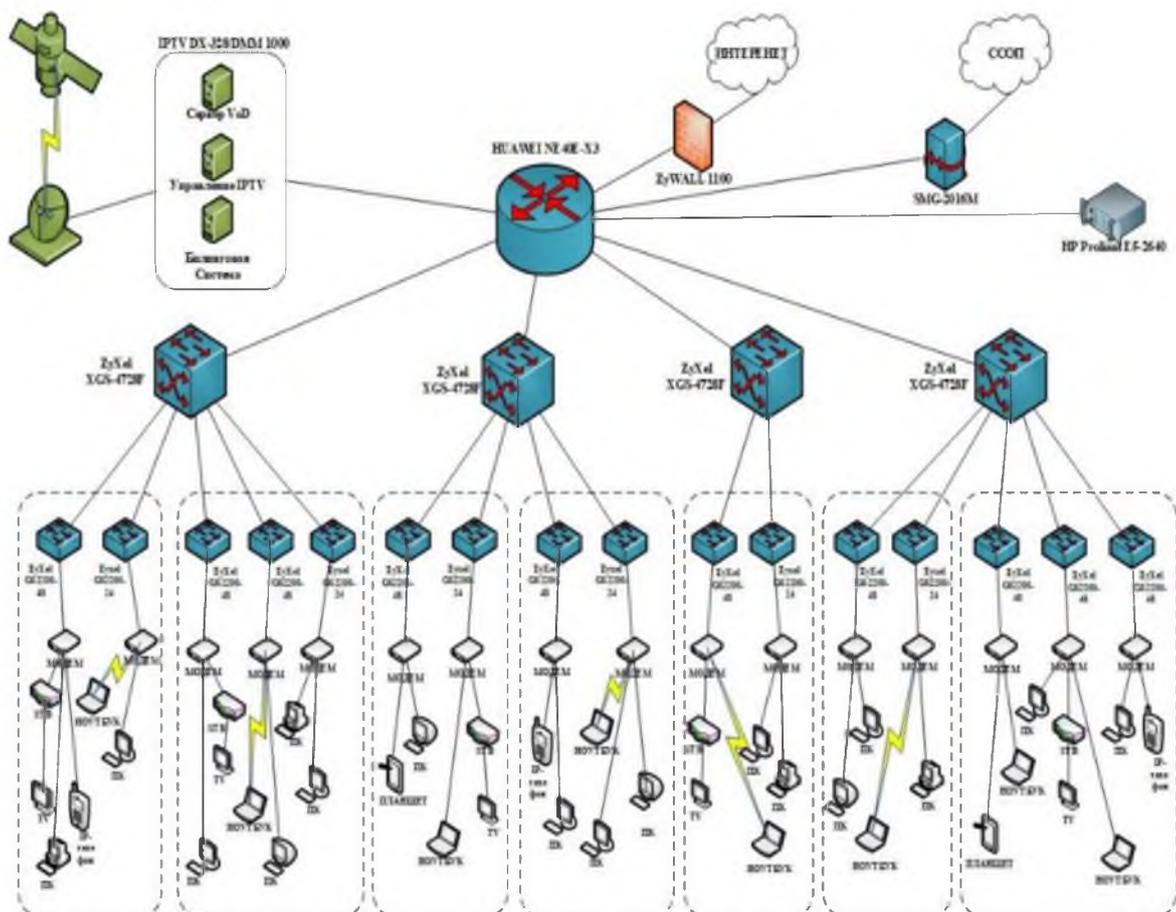


Рисунок 3.1 - Схема проектируемой мультисервисной сети связи

## 4 ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «МЕЧТА»

### 4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи жилого комплекса «Мечта»

Мультисервисная сеть связи в ЖК «Мечта» будет построена по архитектуре FTTB на базе Fast Ethernet. Расчет нагрузки показали, что подключение коммутаторов доступа к агрегаторам следует осуществлять по трем 1 Гбит/с каналам. Скорость доступа абонентов в сеть Интернет будет установлена до 100 Мбит/с. Для перспективы повышения скорости стоит выбрать коммутаторы доступа с комбо портами.

Уровень агрегации будет оснащен 10Gb Ethernet коммутатором, что обеспечит нужную пропускную способность в сети, а также будет выделен резерв при возможном дальнейшем расширении сети.

Главным параметром при выборе оборудование является соотношение цена/качество. При этом целесообразно строить фрагменты сети на базе оборудования одной фирмы для избегания проблем с совместимостью.

При выборе оборудования есть следующие требования:

- Наличие необходимых сертификатов качества,
- соответствие международным и российским стандартам,
- наличие разрешения эксплуатации на территории РФ,
- соответствие техническим требованиям, которые предъявляются к сети.

В настоящее время существует множество компаний, которые создают и выпускают оборудование, так что проблем с выбором не должно. Есть такие компании как:

- Cisco,
- D-link,
- HP,
- Huawei,

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

- NETGEAR,
- TP-Link,
- ZyXel

Из выше перечисленных компаний, подходящим оборудованием является ZyXel. Так как имеет невысокую стоимость и в тот же момент высокое качество и множество положительных отзывов.

На уровень доступа были выбраны коммутаторы на 24 и 48 портов соответственно, серии GS2200. Серия гигабитных управляемых коммутаторов предназначена для создания сетевой инфраструктуры многоэтажных домов, а также, малых и средних предприятий. Широкий набор функций защиты пользовательского трафика, приоритезация голоса и видео, управление по защищенным протоколам SSH, SSL с поддержкой IPv6 позволяет использовать эту линейку коммутаторов для различных задач передачи трафика, включая подключение серверов, настольных компьютеров, видеокамер или Wi-Fi. Серия GS2200 предназначена для установки в стойку, его высота составляет 1U. Он имеет RJ-45 порты для скорости 100/1000 Мбит/с и 4 совмещенных SFP-слота для оптических интерфейсов, обеспечивает неблокируемую коммутацию со скоростью до 100 Гбит/с и 56 Гбит/с и скоростью передачи 74,4 миллионов пакетов в секунду, что соответствует параметрам высокоэффективной сети.

**Таблица 4.1. Характеристики коммутатора серии GS2200**

Характеристика	Описание	
	GS2200-48	GS2200-24
Тип коммутатора	Управляемый, уровень 2	Управляемый, уровень 2
Порт 10/100/1000Base-T	44	24
Совмещенные комбо-порты RJ45 1000Base-T/SFP (dual rate) 100/1000 слот	4	4
Слот для SFP трансивера dual rate - Fast Ethernet \ Gigabit Ethernet	2	2
Матрица коммутации, Гбит/сек	100	56

#### Окончание таблицы 4.1

Размер таблицы MAC адресов	16к	16к
Протоколы IEEE 802.1D STP/802.1w RSTP/802.1s MSTP	MSTP/RSTP/STP	MSTP/RSTP/STP
Поддержка функции управления по console, telnet	да	да
Количество статических 802.1Q VLAN /количество динамических VLAN	1К / 4К	1К / 4К
Поддержка протокола 802.3ah OAM (Link Discoverly, Loopback)	да	да
Поддержка протокола SNMP v1, v2c, v3	да	да
Габариты устройства - ширина*длина*высота, мм:	441 * 200 * 44	440 * 173 * 44
Потребляемая мощность, Вт	40	31

Уровень агрегации будет реализован на базе коммутаторов ZyXel серии XGS-4728F. XGS-4728F обеспечивает агрегацию трафика и построение ядра корпоративной или операторской сети на скоростях 10G Ethernet. XGS-4728F – это коммутатор L3+ с 24 гигабитными интерфейсами Dual Personality (RJ-45/SFP-слот Gigabit Ethernet), 2 встроенными магистральными интерфейсами 12 Гбит/с и слотом для установки модуля на 2 XFP-трансивера 10G Ethernet.

**Таблица 4.2. Характеристики коммутатора серии XGS-4728F**

Характеристика	Описание
	XGS-4728F
Тип коммутатора	Управляемый, уровень 3
Совмещенные комбо-порты RJ45 1000Base-T/SFP 1000 слот	24
Дополнительный слот для 10G Ethernet	1
Порт 12G с разъемом CX4	2
Матрица коммутации, Гбит/сек	144
Размер таблицы MAC адресов	16К
Протоколы IEEE 802.1D STP/802.1w RSTP/802.1s MSTP	MSTP/RSTP/STP
Протокол объединения каналов IEEE 802.3ad LACP (Количество групп / Количество каналов в группе)	12 / 8
Количество статических 802.1Q VLAN /количество динамических VLAN	1К / 4К
Поддержка протокола SSH v1/v2	Да
Поддержка протокола SNMP v1, v2c, v3	Да

## Окончание таблицы 4.2

Поддержка функции управления по console, telnet	Да
Габариты устройства - ширина*длина*высота, мм:	438 * 310 * 44
Потребляемая мощность, Вт	85

Уровень ядра будет реализован на базе маршрутизатора HUAWEI NE40E-X3. Данный маршрутизатор представляет собой шасси с 22-мя слотами под карты расширения. Из этих слотов 16 отводятся под платы линейных интерфейсов (LPU), 4 слота под фабрики коммутации (SFU), и 2 слота под платы управления (MPU). Маршрутизатор NE40E-X3 обеспечивает коммутирующую способность 240 Гбит/с и неблокируемую коммутацию для портов общей емкостью до 120 Гбит/с.

**Таблица 4.3 - Характеристики маршрутизатора NE40E-X3**

Характеристика	Описание
Пропускная способность Емкость портов Производительность	Шина 1.35 Тбит/с 240 Гбит/с 120 Гбит/с 150 Mpps
Поддерживаемые интерфейсы	OC-192c/STM-64c POS OC-48c/STM-16c POS OC-12c/STM-4c POS OC-3c/STM-1c POS OC-12c/STM-4c ATM OC-3c/STM-1c ATM OC-192c/STM-64c RPR OC-48c/STM-16c RPR GE RPR Channelized OC-3/STM-1 10GE-WAN/LAN GE/FE E3/T3 E1/T1 CE1/CT1
IPv4	Протоколы маршрутизации Static routing, RIP, OSPF, ISIS, BGPv4
IPv6	Двойной стек IPv4 & IPv6, IPv6 static route, BGP4+, RIPng, OSPFv3, IS-ISv6, IPv6 neighbor discovery (ND), Path MTU (PMTU) discovery, TCP6, ping IPv6, tracer IPv6, socket IPv6, static IPv6 DNS and specified IPv6 DNS servers, TFTP IPv6 client, IPv6 policy routes, IPv6 over IPv4 tunnel: manual configured tunnel, automatic tunnel, 6to4 tunnel, GRE tunnel, ISATAP tunnel IPv4 over IPv6 tunnel, 6PE



#### Окончание таблицы 4.4

Голосовые стандарты	VAD (детектор активности речи) CNG (генерация комфортного шума) АЕС (эхо компенсация, рекомендация G.168)
Качество обслуживания (QoS)	Назначение Diffserv и приоритетов 802.1p для SIP и RTP Динамический и статический джиттер-буфер
DTMF	Внеполосно (RFC 2833, SIP INFO) Внутриполосно (INBAND)
Биллинг	RADIUS Accounting Поддержка различных биллинговых систем: Hydra Billing, LANBilling, PortaBilling, NetUP, BGBilling (возможна интеграция с другими системами)
TDM протоколы	ОКС7 PRI (Q.931)
Протоколы VoIP	SIP, SIP-T/SIP-I
Емкость и производительность	до 64 каналов VoIP до 2 потоков E1 (RJ-48) Максимальная интенсивность нагрузки - 40 cps
Управление и мониторинг	Мониторинг каналов потоков E1 и VoIP в web-интерфейсе Информирование об авариях по SNMP
Безопасность	Список разрешенных IP-адресов для доступа к управлению устройством Разграничение прав доступа admin / user Контроль IP-адреса источника встречного RTP-потока
Интерфейсы	1 порт 10/100/1000Base-T (RJ-45) 1 порт E1 (RJ-48) 1 дополнительный порт E1 (RJ-48) 1 порт Console (RJ-45) 1 порт USB 2.0
Физические характеристики	Питание: 220В AC Рабочий диапазон: +50С до +400С Относительная влажность: до 80% Компактный пластиковый корпус Габариты: 187x124x31 мм, настольное исполнение

Для организации услуги IPTV будет закуплено оборудование компании DVB-C + IPTV станции на основе DMM-1000 и DX-328 от компании DVBC.

											Лист
											47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.881.ПЗВКР						

Система предоставляет 160 цифровых каналов и 32 каналов в HD качестве, что является достаточным для формирования широкого спектра ТВ пакетов.

DX328 модульный IP-QAM модулятор. Каждый модуль DX328 имеет независимый мультиплексор, скремблер и модуль QAM модулятора. DX328 IP QAM последнего поколения, со встроенным модулем мультиплексора и QAM модулятора в одном устройстве. Каждая из трех карт IP-QAM DX328 сочетает в себе 8 модулей мультиплексирования, 8 модулей скремблирования и 8 модулей QAM (DVB-C) модуляторов, что обеспечивает работу каждой карты автономно. IP-QAM модулятор DX328 поддерживает прием до 256 IP MPTS / SPTS потоков на каждую карту IP-QAM модулятора через порт GBE и вывод кодированных/мультиплексированных потоков в QAM на 8 смежных частот в диапазоне 30~860MHz, выводится через два выходных ВЧ интерфейса. DX328 IP-QAM модулятор, мультиплексор, скремблер имеет модульную структуру, позволяет вставить в одно шасси до 3 карт DX328 одновременно, выполнен в корпусе 1RU с двумя блоками питания. Высокая производительность и низкая стоимость делают его одним из лучших решений для систем кабельного телевидения нового поколения.

**Таблица 4.5 – Характеристика DMM-1000 и DX328**

Характеристики		Описание
Вход	Интерфейс	1GE вход, интерфейс RJ45 или SFP
	Транспортный протокол	TS более UDP / RTP, unicast / multicast, IGMP v2/v3
	Макс битрейт	Макс 840Mbps для всех входных потоков
MUX (Каждая карта)	Входной канал	256
	Выходной канал	8
	Макс PID	180 на канал
	Функции	ПИД переназначение PCR точная регулировка PSI/SI автоматическая генерации таблиц

**Окончание таблицы 4.5**

Модуляция Параметры	QAM каналов	8
	Модуляции Стандарт	DVB-C (EN300 429), MCЭ-T J.83A/B/C
	Скорость передачи	5.0 ~ 9.0Mpsps, 1ksps шаг
	QAM	16, 32, 64, 128, 256QAM
	FEC	RS (204, 188)
Выходная	Интерфейс	2 F ВЧ выходных порта, 8 смежных QAM частот, 75Ω
	Диапазон ВЧ	30 ~ 860MHz, 1 кГц шаг
	Уровень	-16dBm ~ 0 дБм (за QAM несущей), 0,5 дБ шаг
	MER	≥ 40 дБ
	ACLR	-55dBc
Система	Программное обеспечение для управления (NMS / SNMP)	
Общий	Размер (ШxВxD)	630мм × 440мм × 44,5 мм
	Вес	9 кг
	Температура	0 ~ 45 °С (эксплуатация), -20 ~ 80 °С (хранение)
	Электропитание	АС 100V ± 10%, 50/60Гц или 220В ± 10%, 50/60Hz
	Потребление	15,4 Вт

Межсетевой экран Zyxel ZyWALL 1100. Межсетевой экран ZyWALL 1100 предназначен для решения широкого спектра задач по организации географически распределенных корпоративных сетей любой сложности и эффективной комплексной защиты сетевой инфраструктуры от угроз из Интернета. Отвечая тенденциям к глобализации и мобильности бизнес-процессов, ZyWALL 1100 имеет богатый арсенал функций для создания высокоскоростных защищенных каналов VPN для связи с удаленными подразделениями, партнерами и выездными сотрудниками.

**Таблица 4.6 – Технические характеристики Zyxel ZyWALL 1100**

Характеристики	Описание
Тип оборудования	Межсетевой экран: Ethernet / 3G
Поддерживаемые стандарты	— 802.3 — 802.3u — 802.3ab — 802.1q
Поддерживаемые протоколы	IPSec, L2TP, PPTP
Режимы	клиент

#### Окончание страницы 4.6

Сетевые возможности	<ul style="list-style-type: none"> <li>— DHCP-сервер</li> <li>— DNS-сервер</li> </ul>
Безопасность	<ul style="list-style-type: none"> <li>— NAT</li> <li>— Поточковый антивирус SafeStream II лаборатории Касперского для сканирования протоколов</li> <li>— HTTP/SMTP/POP3/IMAP4/FTP</li> <li>— Защита от вторжений для блокирования сетевых атак DoS/DDoS, эксплойтов, троянов, бэкдоров</li> <li>— Защита от спама</li> <li>— МСЭ с контролем состояния сессий (SPI Firewall)</li> <li>— 8</li> </ul>
Порты	<p>Краткое описание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Восемь разъемов RJ-45 / Два разъема USB / Один разъем RS-232 (COM) / Один слот расширения CF CARD</li> </ul> <p>Подробное описание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Восемь портов WAN/LAN1/LAN2/WLAN/DMZ RJ-45 10/100/1000 Мбит/сек</li> <li>— Два порта USB 2.0 для подключения 3G/4G модема</li> <li>— Консольный порт RS-232 (DB9F)</li> <li>— Слот расширения CF CARD</li> <li>— Интерфейс подключения: RJ-45, RS-232 (COM)</li> </ul>
Управление	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Веб-интерфейс</li> <li>— SNMP v2, v3 с поддержкой MIB-II</li> </ul>
Производительность	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Пропускная способность VPN IPSec (AES) 500 Мбит/с</li> <li>— Максимальное количество пользовательских сессий: 500 000 (8000 сессий в секунду)</li> </ul>
Физические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Индикаторы: питание, система</li> <li>— Встроенный адаптер питания от сети</li> <li>— Возможность установки в стойку 19" (1U) и крепления к стене</li> <li>— Размеры устройства: 430 x 250 x 44 мм</li> <li>— Вес устройства: 3.3 кг</li> </ul>
Дополнительно	<p>Объем памяти: 2048 Мбайт системная память, 512 Мбайт флэш-память</p> <p>Встроенный контроллер беспроводных сетей Wi-Fi</p> <p>Поддержка IGMP v1/v2</p> <p>Поддержка IPSec VPN для протоколов IPv4 и IPv6</p> <p>Поддержка DES, 3DES и AES</p>
Скорость передачи данных (Ethernet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— до 1000 Мбит/с</li> </ul>
Размеры упаковки	150 x 380 x 520 мм

Данная сеть связи будет построена по топологии звезда, т.е. каждый агрегатор подключается к маршрутизатору через 10 Гбит/с индивидуальный интерфейс.

					<i>Лист</i>
					<i>50</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>

На такую реализацию потребуются дополнительные затраты на прокладку кабеля. Камеры для видеонаблюдения подключены к коммутаторам доступа.

#### 4.2 Выбор типа линии связи и план размещения оборудования

Построение данной сети связи потребует прокладку 1000 метров оптического кабеля по территории квартала и еще 3000 метров до ближайшей АТС. Выбранный оптический кабель должен соответствовать всем необходимым требованиям, в частности подходить для прокладки в кабельной канализации и грунте. В качестве основного оптического кабеля был выбран ДПЛ-П-08А-2,7кН.

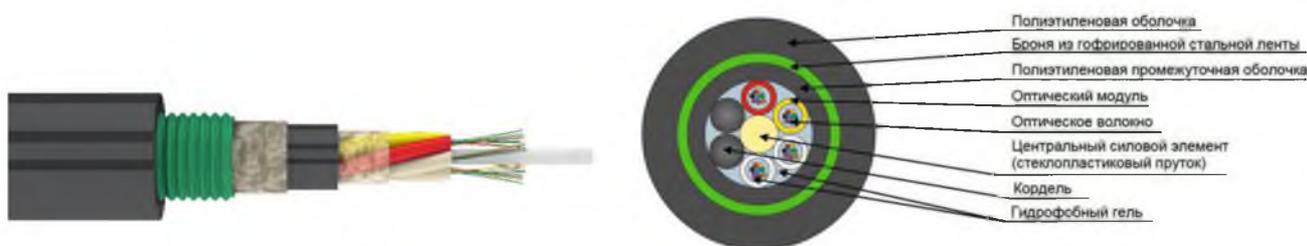


Рисунок 4.1 – Оптический кабель связи

Кабель подходит для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах, тоннелях и коллекторах при опасности повреждения грызунами, по мостам и эстакадам, а также в грунты 1-3 групп. Кабель состоит из 8 оптических жил, которые защищены от внешних воздействий и грызунов.

Таблица 4.7 Параметры эксплуатации

Рабочая температура	-50°С...+70°С
Температура монтажа	-30°С...+50°С
Температура транспортировки и хранения	-60°С...+70°С
Минимальный радиус изгиба	не менее 15 диаметров кабеля
Срок службы	25 лет

**Таблица 4.8 Технические параметры кабеля**

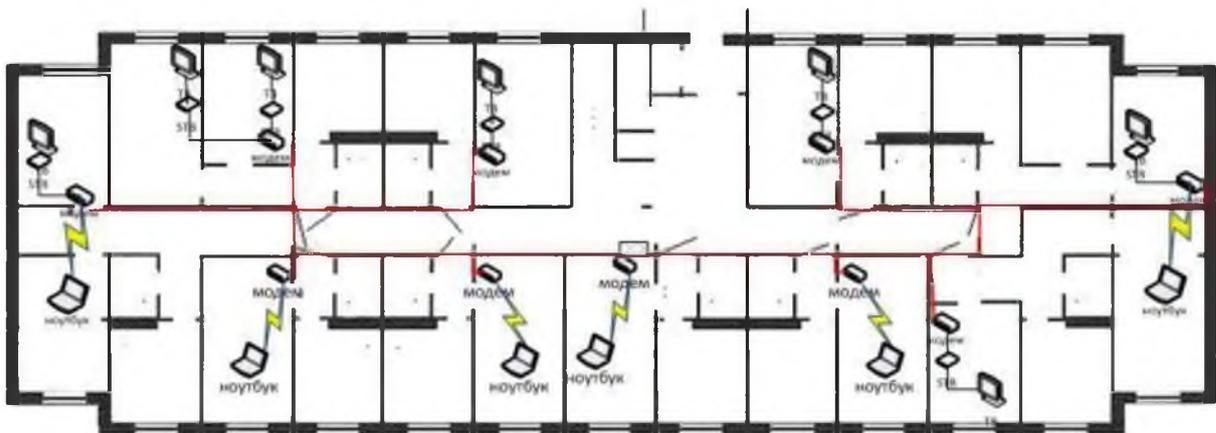
Вид воздействия	Нормируемое значение	Критерии оценки
Растягивающее усилие (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод E1)	2,7 кН	- $\Delta\alpha^* \leq 0,05$ дБ - отсутствие повреждений
Раздавливающее усилие (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод E3)	0,3 кН/см	
Динамические изгибы (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод E6)	20 циклов на угол $\pm 90^\circ$	
Осевые закручивания (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод E7)	- 10 циклов - на угол $\pm 360$ на длине 4 м	
Удар (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод E4)	Энергия удара 10 Дж	
Водонепроницаемость (IEC 60794-1-2 п.25 метод F5B)	Длина образца: 3 м Время: 24 часа	Отсутствие воды на конце отрезка
Климатические воздействия** Стойкость к повышенной и пониженной температуре (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод F1)	диапазон температур от минус 50 до 70 0С - 2 цикла - время цикла $\geq 16$ часов	$\Delta\alpha \leq 0,05$ дБ/км
Климатические воздействия - атмосферные осадки (ГОСТ 20.57.406, метод 218-1) - соляной туман (ГОСТ 20.57.406, метод 215-1) - роса, иней (ГОСТ 20.57.406, метод 206-1) - солнечное излучение (ГОСТ 20.57.406, метод 211-1)	- 2 часа - 2 суток - 2 часа - 5 суток	Отсутствуют трещины и иные повреждения
Каплепадение гидрофобного компаунда (IEC 60794-1-2 метод E14)	при 70 0С	Отсутствие каплепадения
Испытание напряжением (ГОСТ 2990-78)	Переменное напряжение 10 кВ частотой 50 Гц	Отсутствие пробоя
Электрическое сопротивление цепи «броня-земля (вода)» (ГОСТ 3345-76)	2000 МОм·км	Больше нормируемого
Импульсный ток растекания (К.25 МСЭ-Т)	- время 60 мкс - 105 кА	- $\Delta\alpha \leq 0,05$ дБ - отсутствие повреждений

На рисунке 4.2 изображен план прокладки волоконно-оптического кабеля в грунте по территории жилого комплекса «Мечта».



**Рисунок 4.2 – Схема прокладки оптоволокну в ЖК «Мечта»**

На рисунке 4.3 показан пример подключения абонентских устройств на этаже.



**Рисунок 4.3 – Подключение абонентского оборудования**

На рисунке 4.3 UTP кабель обозначен красной линией. Он монтируется так, чтоб не задевать и не мешать другим кабельным системам.

## 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Раздел содержит расчеты технико-экономических показателей проекта: капитальные вложения в проект, уровень доходов, рентабельность, срок окупаемости. Все расчеты выполнены на основании сметы затрат на приобретение необходимого оборудования.

Все затраты на оборудование, кабельную продукцию и проведение строительно-монтажных работ по установке оборудования и прокладке линий связи взяты с электронных ресурсов компаний, ссылки на которые приведены ниже в п.5.1.

### 5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительно-монтажные работы

В расчет капитальных вложений включено все необходимое оборудование, комплектующие для его монтажа и установки, специализированное программное обеспечение и т.д. Общая смета затрат приведена в таблице 5.1. Данные из таблицы взяты с официальных электронных ресурсов магазинов: <https://zyxel.ru/gs2210-48/>, <https://market.yandex.ru/product--zyxel-gs2200-24p/7778019>, <https://zyxel.ru/xgs-4728f/>,

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

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ руб} \quad (5.1)$$

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

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

**Таблица 5.1 – Капитальные вложения в оборудование и материалы**

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
			за единицу	всего
1	Коммутатор доступа Zyxel GS2200-48	22	60220	1324840
2	Коммутатор доступа Zyxel GS2200-24	11	42550	468050
3	Коммутатор агрегации Zyxel XGS-4728f	4	133000	532000
4	Маршрутизатор HUAWEI NE40EX3	1	1050000	1050000
5	Гибридная платформа SMG-2016 M	1	130000	130000
6	Биллинг Carbon Billing	1	130000	130000
7	Система авторизации Carbon Campus Server	1	120000	120000
8	Межсетевой экран Zyxel ZyWALL 1100	1	185000	185000
9	DMM-1000 и DX-328	1	745000	745000
10	Сервер HP Proliant DL160 Gen9	1	173000	173000
11	Коннекторы RJ-45	1256	7	8792
12	Антивандалные шкафы	10	6800	68000
13	ИБП UPS 400VA FSP	30	2100	63000
14	Сетевой фильтр	30	1000	30000
15	ПО Mail-сервера	1	63000	63000
16	ПО DNS-сервера	1	59000	59000
17	ПО FTP и HTTP серверов	1	125000	125000
18	Вандалостойкая IP-камера ActiveCam AC-D8101IR2 серии Eco с ИК-подсветкой	10	3850	38500
19	Кабель оптический ДПЛ-П-08А-2,7кН	4000	42	168000
20	Кабель UTP cat5	2600	7	18200
21	Муфта МТОК-В3/216-1КТ3645-К	8	4050	32400
<b>Итого:</b>				<b>5 531 782</b>

При приобретении оборудования обычно предусматриваются следующие расходы:  $K_{пр}$  – Затраты на приобретение оборудования;  $K_{тр}$  – транспортные

расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от  $K_{пр}$ );  $K_{смп}$  – строительно-монтажные расходы (20% от  $K_{пр}$ );  $K_{т/у}$  – расходы на тару и упаковку (0,5% от  $K_{пр}$ );  $K_{зср}$  – заготовительно-складские расходы (1,2% от  $K_{пр}$ );  $K_{ппр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{пр}$ ).

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

Общие затраты на прокладку кабеля составят:

$$K_{каб} = L * Y \quad (5.2)$$

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

$$K_{каб} = L * Y = 4000 * 250 = 1000000$$

Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{мп} + K_{смп} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{ппр})K_{об} + K_{каб}, \text{ руб} \quad (5.3)$$

$$KB = 5531782 + 5531782 * (0.04 + 0.2 + 0.03 + 0.012 + 0.005) + 1000000 = 8119403.434, \text{ руб}$$

## 5.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Эксплуатационными расходами называются текущие расходы предприятия на производство или предоставление услуг. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети. Эти расходы имеют текущий характер. Эксплуатационные расходы по

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Для определения эксплуатационных расходов по проекту используются следующие статьи:

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

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Для обслуживания сети необходимо ввести персонал по обслуживанию станционного оборудования, а также сотрудников, которые будут подключать абонентов. Сумма оклада работника зависит от региона, где он работает. Рекомендуемый состав персонала приведен в таблице 5.2.

**Таблица 5.2 – Состав персонала**

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	40000	1	40000
Инженер 1 кат.	30000	2	60000
Инженер-программист.	25000	2	50000
Монтажник	20000	3	60000
Итого:		8	210000

Годовой фонд оплаты труда для персонала рассчитывается как:

$$\Phi OT = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб} \quad (5.4)$$

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  $T=1$ ).

$$\text{ФОТ} = 210000 * 12 = 2520000$$

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 (2017 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).

$$CB = \text{ФОТ} * 0,3, \text{ руб} \quad (5.5)$$

$$CB = 2520000 * 0.3 = 756000$$

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

$$AO = T / F, \text{ руб} \quad (5.6)$$

где  $T$  – стоимость оборудования,

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

F – срок службы этого оборудования.

$$AO = 5531782/10 = 553178.2$$

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

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

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

$$Z_{эн} = T * 24 * 365 * P \quad (5.7)$$

где T – тариф на электроэнергию (руб./кВт. час), P – мощность установок (кВт).

$$Z_{эн} = 3.54 * 24 * 365 * 4.5 = 139546.8 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{мз} = KB * 0,035 \quad (5.8)$$

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

где КВ – капитальные вложения, затраты на оборудование.

$$Z_{мз} = 8119403.434 * 0,035 = 284179.12 \text{руб.}$$

Общие материальные затраты равны:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз} \quad (5.9)$$

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

$$Z_{общ} = 139546.8 + 284179.12 = 423725.92 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{пр} = ФОТ * 0,15 \quad (5.10)$$

$$Z_{эк} = ФОТ * 0,25 \quad (5.11)$$

где ФОТ – годовой фонд оплаты труда.

$$Z_{пр} = 2520000 * 0,15 = 378000, \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = 2520000 * 0,25 = 630000, \text{ руб.}$$

$$Z_{пр} = 378000 + 630000 = 1008000, \text{ руб.}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в таблицу 5.3

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

**Таблица 5.3 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
1. ФОТ	2 520 000	48
2. Страховые взносы	756 000	14
3. Амортизационные отчисления	553 178,2	11
4. Материальные затраты	423 725,92	8
5. Прочие расходы	1 008 000	19
<b>ИТОГО</b>	<b>5 260 904,12</b>	<b>100</b>

### 5.3 Калькуляция доходов

**Таблица 5.4 – Количество подключаемых абонентов в определенный период времени (год)**

Год	Номер секции	Интернет		IP-TV		IP-телефония		Общее кол-во абонентов, подключаемых в год
		Физ. лица	Юр. лица	Физ. лица	Юр. лица	Физ. лица	Юр. лица	
1	Секция №1	60	0	30	0	12	0	188
	Секция №2	68	0	34	0	14	0	
	Секция №3	60	0	30	0	12	0	
2	Секция №4	102	0	51	0	21	0	204
	Секция №5	102	0	51	0	21	0	
3	Секция №6	102	0	51	0	21	0	228
4	Секция №8	102	0	51	0	21	0	264
	Секция №9	102	0	51	0	21	0	
	Секция №10	60	0	30	0	12	0	
5	Секция №11	60	0	30	0	12	0	246
	Секция №12	126	0	63	0	26	0	
	Секция №13	60	0	30	0	12	0	
Итого		1130	0	565	0	231	0	1130

В таблице 5.5 приведены тарифы для юридических и физических лиц, т.е. плата за подключение и пользование различными услугами.

**Таблица 5.5 – Тарифы для абонентов**

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
Абонентская плата за подключение:	1000
Юридические лица	300
Физические лица	

### Окончание таблицы 5.5

Доступ к сети Интернет	1500
Юридические лица	400
Физические лица	
IP- TV	1000
Юридические лица	250
Физические лица	
IP-телефония	800
Юридические лица	150
Физические лица	

Не каждый абонент будет иметь желание подключаться ко всем услугам, поэтому предположим, что среди физических лиц 75% дополнительно (кроме доступа к сети интернет) подключили себе IP-TV, а среди юридических лиц 60%.

**Таблица 5.6 – Доходы от подключения абонентов и предоставления услуг по годам.**

Год	Количество абонентов		Доход, руб.		
	Физ. лица	Юр. лица	От подключения	От абонентской платы	Суммарный за год
1	188	0	56 400	104 400	1 309 200
2	204	0	61 200	113 400	1 422 000
3	228	0	68 400	126 750	1 589 400
4	264	0	79 200	146 700	1 839 600
5	246	0	73 800	136 650	1 713 600

### 5.4. Определение оценочных показателей проекта

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

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

величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами, этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (5.12):

$$NPV = PV - IC \quad (5.12)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.13); IC – отток денежных средств в начале n-го периода, рассчитываемый по формуле (5.14):

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.13)$$

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

$$IC = \sum_{n=0}^m \frac{I_n}{(1+i)^n} \quad (5.14)$$

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

**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 не ликвидности данного инвестирования).

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

Используемая ставка дисконта должна обязательно соответствовать выбранному виду денежного потока. Ставка дисконта может быть рассчитана различными способами, наиболее простым является кумулятивный, при котором в качестве нее выбирается средняя ставка по долгосрочным валютным депозитам пяти крупнейших российских банков, включая Сбербанк РФ. Она составляет приблизительно 8.5% и формируется в основном под воздействием внутренних рыночных факторов (на период расчета дипломного проекта ставку следует уточнять на примере Сбербанка РФ или другого крупного банка).

$$P_i = P_{подкл}(i) + P_{аб}(i) + \sum_{i=2}^T P_{подкл}(i-1) - P_{аб}(i-1) \quad (5.15)$$

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

**Таблица 5.7 Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	13380308,00	13380308,00	-13380308,00
1	1309200,00	1206635,94	5260904,00	18229067,45	-17022431,50
2	2731200,00	3526668,22	5260904,00	22697970,16	-19171301,94
3	5629800,00	7934284,24	5260904,00	26816774,51	-18882490,27
4	11509800,00	16239459,93	5260904,00	30612907,55	-14373447,61
5	22893600,00	31464743,84	5260904,00	34111647,68	-2646903,84
6	22893600,00	45497263,56	5260904,00	37336292,95	8160970,61
7	22893600,00	58430461,47	5260904,00	40308316,25	18122145,21
8	22893600,00	70350459,53	5260904,00	43047508,23	27302951,30
9	22893600,00	81336632,87	5260904,00	45572109,14	35764523,73

Как видно из приведенных в таблице 5.7 рассчитанных значений, проект окупиться на 6 году эксплуатации, так как в конце 6 года мы имеем положительный NPV.

Срок окупаемости (PP) – показатель, наиболее часто принимаемый в аналитике, под которым понимается период времени от момента начала реализации проекта до того момента эксплуатации объекта, в который доходы

от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

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

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.16)$$

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.

$$PP = 6 + 2646903,84 / (2646903,84 + 8160970,61) = 6,31 \text{ года}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 6,31 года.

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

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.17)$$

$$PI = 45497263,56 / 37336292,95 = 1,22$$

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

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

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

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

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

$$IRR > i \quad (5.18)$$

где  $i$  – ставка дисконтирования

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

Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.19)$$

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  $NPV_1 = 8160970,61$  руб.;  $i_2 = 20$  при котором  $NPV_2 = -2096127,48$  руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 8,5 + 8160970,61 / (8160970,61 + 2096127,48) * (20 - 8,5) = 17,65$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 17,65 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 8,5%, таким образом, проект следует принять. В случае если,  $IRR < I$  проект нецелесообразен для реализации.

## 5.5 Выводы к разделу

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 задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 5.8.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

**Таблица 5.8 - Основные технико-экономические показатели проекта**

<b>Показатели</b>	<b>Численные значения</b>
Количество абонентов, чел	1130
Капитальные затраты, руб	8 119 403,43
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб, в том числе:	5 260 904,12
Фонд оплаты труда	2 520 000
Страховые взносы	756 000
Амортизационные отчисления	553 178,2
Общие производственные расходы	1 008 000
Внутренняя норма доходности (IRR)	17,65
Индекс рентабельности (PI)	22
Срок окупаемости, год	6,27

Анализ технико-экономических показателей проекта свидетельствует о достаточной степени эффективности принятых проектных решений и подтверждает их экономическую обоснованность. Индекс рентабельности обладает достаточно приемлемым показателем (22%). Исходя из показателей ежегодных эксплуатационных расходов, страховых взносов, амортизационных отчислений, а также внутренней нормы доходности, индекса рентабельности, капитальных затрат на данный жилой комплекс, срок его окупаемости показывает достаточно приемлемый показатель. Срок окупаемости жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург составляет 6,27 лет, что говорит о том, что расходы очень быстро себя оправдают.

## **6 МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Соблюдение мер по охране труда, технике безопасности и охране окружающей среды являются достаточно важными аспектами. За нарушение правил, в особенности, если он повлекли за собой причинение вреда здоровью работника или окружающей среде, предусмотрены наказания как по административному законодательству (штрафы), так и уголовная ответственность в случае серьезных нарушений. По этой причине на предприятиях существуют ответственные, следящие за исполнением работниками введенных правил. Все нормы и правила основаны на существующем законодательстве РФ.

### **6.1 Меры по охране окружающей среды**

Основные требования подробно описаны в ФЗ «Об охране окружающей среды», в котором подробно разъяснены правила работы предприятий и иных объектов, их негативное влияние на окружающую среду.

Нарушение установленных требований в области охраны окружающей среды может повлечь за собой приостановление эксплуатации предприятий по предписаниям органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление в области охраны окружающей среды. Также может быть осуществлена работа предприятия полностью на основании решения суда общей юрисдикции и (или) арбитражного суда. Эта мера используется только в крайних случаях.

Что касается отрасли связи, к основным работам, связанным с окружающей средой, относятся земляные работы. Они проводятся при построении кабельной инфраструктуры. При проведении работ на земле, где имеется плодородная почва, необходимо обеспечить мероприятия по ее

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

сохранению: аккуратное снятие пласта плодородной почвы и дальнейшая его защита до момента окончания работ.

При работе с передвижными источниками электроэнергии (дизельные генераторы) следует исключить попадание вредных веществ в почву, водоемы и так далее.

## **6.2 Техника безопасности и охрана труда на предприятиях связи**

В законодательных актах РФ существуют документы, в которых подробно описаны правила по охране труда на предприятии при организации и проведении работ. Основными документами являются «Положение об организации работы по охране труда на предприятиях, в учреждениях и организациях, подведомственных Министерству связи Российской Федерации», утвержденное Приказом Минсвязи России от 24.01.94 N 18, и «Рекомендации по организации работы службы охраны труда на предприятиях, в учреждениях и организациях от 27.02.95 N 34-у», «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)». Оборудование обязано соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003, требованиям ТУ на оборудование, требованиям ОСТ и стандартов предприятия на отдельные группы и виды оборудования.

В этих документах описывается порядок допуска работника к выполнению конкретных видов работ. Указывается необходимость проведения инструктажей различных уровней перед началом проведения работ. Указываются перечень необходимых мероприятий, которые должны быть реализованы с целью обеспечения безопасности сотрудника и окружающих при проведении работ (предупреждающие таблички, сигналы, наличие защитной одежды и т.д.).

Указаны правила по проведению работ, а именно порядок согласования с руководством и сторонними организациями, порядок проведения самих работ и уборка места по их завершении.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

В документах зафиксирована ответственность руководства за нарушение норм техники безопасности, в частности, если нанесен вред здоровью человека. Помимо этого, указана ответственность работника за несоблюдение норм техники безопасности, которые предусмотрены положением по охране труда на предприятии.

Сотрудники обязаны проходить инструктаж по технике безопасности при трудоустройстве, а также периодически подтверждать свои знания на специальных экзаменах.

Работник обязан знать правила оказания первой медицинской помощи, а также уметь ее оказывать. Это необходимо, чтобы минимизировать причиненный вред здоровью при возникновении травм и т.д.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения проекта были разработаны рекомендации по построению мультисервисной сети связи на территории жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург. Проект мультисервисной сети связи включает в себя описание инфраструктуры квартала с расчетом количества потенциальных абонентов, анализ конкурентов, составлен перечень предоставляемых услуг. Техническая часть проекта включает в себя расчет нагрузки, генерируемой абонентами, расчет количества необходимого оборудования, схему организации связи, план размещения оборудования в домах, схему прокладки кабеля по территории квартала и до АТС.

Сеть построена по архитектуре FTTB на базе технологии Fast Ethernet. Общее количество абонентов в ЖК «Мечта» 1130, для них были определены основные мультисервисные услуги - IP-телефония, IPTV, доступ к сети Интернет, видеонаблюдение за территорией.

В качестве оборудования выбраны устройства фирмы ZyXel, оборудование которой соответствует предъявленным требованиям: соотношение цена/качество, наличие сертификатов соответствия, качество работы и т.д.

Для оценки целесообразности инвестирования в проект была составлена смета затрат на построение сети и рассчитаны такие экономические показатели как рентабельность, срок окупаемости и др. На реализацию проекта потребуется 8119403,43 рублей, годовые затраты по эксплуатации 5260904,12 рублей, проект будет приносить прибыль на 6 году эксплуатации, рентабельность 22 %.

В пояснительной записке отмечены мероприятия, связанные со строительством кабельных линий связи, по технике безопасности и охране труда при эксплуатации оборудования и организации монтажных работ.

Все сформулированные задачи выполнены в полном объеме.

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коробкина Е.С. Актуальность мультисервисной сети связи [Электронный ресурс] / Коробкина Е.С. // Современные проблемы науки и образования: электрон. науч. журн. – 2013. - №6. – Режим доступа: <http://online.rae.ru/1359> .
2. Описание жилого комплекса [Электронный ресурс] // Официальный сайт жилого комплекса «Мечта» г. Екатеринбург / Режим доступа - <http://mechta-ekb.com/> (Дата обращения 28.04.17)
3. Описание технологии Ethernet [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://www.insotel.ru/article.php?id=240> (Дата обращения 29.04.17)
4. Описание технологии DSL [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://www.netstroy.net/articles/xdsl.php> (Дата обращения 3.05.17)
5. Описание технологии FTTx [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://siblec.ru/index.php?dn=html&way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC84c2VtLzA5NC8xNC02LTEuaHRt> (Дата обращения 3.05.17)
6. Технические характеристики коммутатора доступа ZyXel GS2200 [Электронный ресурс] / Режим доступа - [http://www.nix.ru/autocatalog/networking\\_zyxel/ZyXEL-GS2200-24P-Upravlyaemyj-kommutator-24UTP-10-100-1000Mbps-PoE-plus-4Combo-1000BASE-T-SFP\\_165866.html](http://www.nix.ru/autocatalog/networking_zyxel/ZyXEL-GS2200-24P-Upravlyaemyj-kommutator-24UTP-10-100-1000Mbps-PoE-plus-4Combo-1000BASE-T-SFP_165866.html) (Дата обращения 7.05.17)
7. Технические характеристики коммутатора агрегации ZyXel XGS-4728F [Электронный ресурс] / Режим доступа - <https://store.softline.ru/catalog-hardware/networking/switch/zyxel/xgs-4728f-0006063/> (Дата обращения 7.05.17)
8. Технические характеристики маршрутизатора HUAWEI NE40E-X3 [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://e.huawei.com/ru/products/enterprise-networking/routers/ne/ne40e> (Дата обращения 7.05.17)

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>73</i>

9. Технические характеристики Голосового Шлюза SMG-2016 [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://www.oc.ru/katalog/softswitch/smg2016/> (Дата обращения 12.05.17)

10. Технические характеристики биллинговой системы Carbon Billing 5 и Carbon Campus Server [Электронный ресурс] / Режим доступа - [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Carbon\\_Billing](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Carbon_Billing) (Дата обращения 13.05.17)

11. Технические характеристики IP-TV на основе DMM-1000 и DX-328A [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://satpro.ru/articles/show/PBI-DMM-1000> (Дата обращения 14.05.17)

12. Технические характеристики Zyxel ZyWALL 1100 [Электронный ресурс] / Режим доступа - <http://www.oldi.ru/catalog/element/0265639/> (Дата обращения 14.05.17)

13. Технические характеристики кабеля ДПЛ-П-08А-2,7кН [Электронный ресурс] / Режим доступа - <https://www.ssd.ru/kabel-dpl-p-08u-1kh8-2-7kn> (Дата обращения 15.05.17)

14. Руководство по строительству линейных сооружений сетей связи [Текст] / Минсвязи России - АООТ «ССКТБ-ТОМАСС» - М. 1996г. – 736 с.

15. Правила по охране труда при работе на линейных сооружениях кабельных линий передачи [Электронный ресурс] / Режим доступа - [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/42/42359/](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/42/42359/) (Дата обращения 3.06.17)

					<i>11070006.11.03.02.881.ПЗВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74