

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 ДЛЯ ГРУППЫ  
ЖИЛЫХ ДОМОВ ПО УЛ. КИРПИЧНАЯ, 65 Г. БЕЛГОРОДА**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи  
заочной формы обучения, группы 07001352  
Жирного Юрия Владимировича

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

Рецензент  
Инженер электросвязи Участка  
систем коммутации №1 г.  
Белгорода Белгородского филиала  
ПАО «Ростелеком»  
Галактионов Игорь Владимирович

**БЕЛГОРОД 2018**

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 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль Сети связи и системы коммутации

Утверждаю  
Зав. кафедрой

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

## **ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Жирного Юрия Владимировича  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР «Проектирование мультисервисной сети для группы жилых домов по ул. Кирпичная, 65 г. Белгорода»

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

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

3. Исходные данные:

объект проектирования – жилые дома по ул. Кирпичная 65, г. Белгород;  
тип сети связи – проводная широкополосная телекоммуникационная сеть;  
количество абонентов – 487 физических лиц, 35 юридических лиц.

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

- 4.1. Анализ инфраструктуры объекта;
- 4.2. Современные подходы к построению телекоммуникационных сетей;
- 4.3. Расчет нагрузок и количества необходимого оборудования
- 4.4. Разработка проекта мультисервисной сети связи для домов по ул. Кирпичная 65, г. Белгород;
- 4.5. Техничко-экономическое обоснование проекта;
- 4.6. Меры по обеспечению охраны труда, техника безопасности и охрана окружающей среды

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

- 5.1. Эскиз объекта (А1, лист 1).
- 5.2. Проектируемая схема сети организации связи (А1, лист 1).
- 5.3. Схема трассы прокладки кабеля (А1, лист 1).
- 5.4. Техничко-экономические показатели.

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

| Раздел  | Консультант   | Подпись, дата |                |
|---------|---|---------------|----------------|
|         |   | Задание выдал | Задание принял |
| 4.1-4.6 | <i>канд. техн. наук<br/>доцент каф. ИТСиТ<br/>Болдышев А.В.</i> |               |                |

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

**Руководитель**

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

*А.В. Болдышев*

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 3  |
| 1. 1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА .....  | 5  |
| 2 СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ<br>ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ .....                              | 10 |
| 3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО<br>ОБОРУДОВАНИЯ.....                                   | 15 |
| 3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети.....   | 15 |
| 3.2 Расчет трафика телефонии.....   | 17 |
| 3.3 Расчет трафика IP-TV.....   | 19 |
| 3.4 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет.....                                  | 23 |
| 4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ<br>ДОМОВ ПО УЛ. КИРПИЧНАЯ 65, Г. БЕЛГОРОД..... | 30 |
| 4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи                                 | 30 |
| 4.2 Выбор типа линии связи .....  | 38 |
| 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....  | 41 |
| 5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительного-<br>монтажные работы.....           | 41 |
| 5.2 Расчет эксплуатационных расходов.....   | 43 |
| 5.3 Определение доходов от основной деятельности .....  | 46 |
| 5.4 Определение оценочных показателей проекта .....   | 47 |
| 6. МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКА<br>БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....        | 53 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 56 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....   | 57 |

|           |      |                         |         |      |  |                                 |      |        |
|-----------|------|-------------------------|---------|------|--|---------------------------------|------|--------|
|           |      |                         |         |      | <b>11070006.11.03.02.118.ПЗВКР</b>   |                                 |      |        |
| Изм.      | Лист | № докум.                | Подпись | Дата |  |                                 |      |        |
| Разраб.   |      | <i>Жирный Ю.В.</i>      |         |      | Проектирование мультисервисной сети<br>для группы жилых домов по ул.<br>Кирпичная, 65 г. Белгорода | Лит.                            | Лист | Листов |
| Провер.   |      | <i>Болдышев А.В.</i>    |         |      |  |                                 | 2    | 60     |
| Рецензент |      | <i>Галактионов И.В.</i> |         |      |  | <i>НИУ «БелГУ», гр.07001352</i> |      |        |
| Н. контр. |      | <i>Болдышев А.В.</i>    |         |      |  |                                 |      |        |
| Утв.      |      | <i>Жиляков Е.Г.</i>     |         |      |  |                                 |      |        |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Телекоммуникационные системы являются одной из важнейших составляющих в жизни современного общества. На базе них построены глобальные системы, позволяющие быстро передавать необходимую информацию на огромные расстояния, обмениваться сообщениями, совершать аудио и видео звонки, вести прямые трансляции. Все это стало возможным благодаря развитию технологий передачи, хранения и обработки данных.

С каждым годом появляются новые возможности и сервисы, которые затрагивают Интернет и существенно увеличивают объем данных, которые передаются в глобальной сети. Для того, чтобы иметь возможность осуществлять передачу и прием данных с высоким качеством, необходимо иметь высокоскоростной бесперебойный доступ к сети.

Современные технологии позволяют организовать доступ к сети на скорости 100 Мбит/с и выше в зависимости от потребностей пользователей. Пользователю не всегда интересна технология, по которой организован доступ, его интересует лишь качество предлагаемой услуги и удобство пользования.

В городах телекоммуникационные услуги предоставляются жителям не одним провайдером. Наличие конкуренции приводит к необходимости совершенствования провайдерами своих сетей, а также разработки и внедрению новых услуг и сервисов.

Дома по ул. Кирпичная 65 в городе Белгороде представляют собой три монолитных здания переменной этажности 11-17 этажей. Дома находятся на этапе строительства, но это не мешает разработке и внедрению телекоммуникационной сети. Телекоммуникационная инфраструктура еще отсутствует в домах, однако жители явно будут заинтересованы в подключении к современным услугам в частности: доступ к сети Интернет, цифровое ТВ, видеонаблюдение, цифровая телефония и т.д.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
|      |      |         |         |      |                             | 3    |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             |      |

В качестве цели ВКР можно отметить предоставление жителям домов по ул. Кирпичная 65 высокоскоростного доступа к современным мультисервисным услугам.

Для достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

1. Провести подробный анализ проектной документации объекта
2. Провести анализ состояния существующих сетей связи на территории объекта.
3. Определить требования к проектируемой мультисервисной сети.
4. Проанализировать современные технологии построения телекоммуникационных сетей связи.
5. Рассчитать требуемые ресурсы сети для предоставления выбранного спектра услуг.
6. Разработать проект сети абонентского доступа.
7. Составить смету затрат на реализацию проекта и рассчитать основные экономические показатели.
8. Привести требования по организации техники безопасности, охране труда и природоохранных мероприятий.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 4    |

# 1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

Дома по ул. Кирпичная 65 [1] представляют собой три монолитных здания переменной этажности 11-17 этажей. Застройщиком спроектированы различные планировки квартир — от одно- до трехкомнатных общей площадью от 42,26 до 98,65 кв. м. Внутренняя отделка не выполняется. Благоустройство прилегающей территории включает в себя организацию детских и спортивных площадок, зоны отдыха и озеленение. Предусмотрены открытые гостевые автомобильные стоянки и подземные паркинги. Первые этажи зданий отведены под размещение торгово-офисных помещений. В шаговой доступности находятся школа, детский сад, медицинские учреждения, магазины, торгово-развлекательный центр, спортивный комплекс и парки. Строительство объекта ведется в несколько этапов. Ввод в эксплуатацию первой очереди строительства запланирован на 4 квартал 2019 года. Дата реализации всего объекта назначена на 4 квартал 2020 года.



Рисунок 1.1 – План расположения домов по ул. Кирпичная, г. Белгород.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 5    |

Застройщик предполагает обустройство внутренней территории: парковочные места, игровые площадки и спортивные площадки. Согласно проектной документации [2] всего в ЖК 487 квартир и 35 крупных нежилых помещений. В таблице 1.1 приведены общие сведения из проектной документации.

**Таблица 1.1 - Исходные данные проектируемой сети**

| <b>Объект</b>                | <b>Общее количество этажей/жилых этажей</b> | <b>Кол-во квартир</b>  |
|------------------------------|---|--|
| Дом №1 Секция 1              | 16  | 90   |
| Дом №1 Секция 2              | 14  | 65   |
| Дом №1 Секция 3              | 12  | 44   |
| Дом №2 Секция 1              | 16  | 80   |
| Дом №2 Секция 2              | 14  | 55   |
| Дом №2 Секция 3              | 12  | 50   |
| Дом №3 Секция 1              | 11  | 52   |
| Дом №3 Секция 2              | 11  | 51   |
| Количество нежилых помещений |   | Дом 1 – 14<br>Дом 2 – 16<br>Дом 3 – 5                          |
| Паркинг                      | 2   | 487  |
| <b>Итого:</b>                |   | <b>487 квартир /<br/>35 НП / 487<br/>парковочных<br/>места</b> |

Для того, чтобы сформировать тарифные планы необходимо проанализировать предложения конкурентов. Среди наиболее популярных провайдеров на территории города можно отметить: Wifire, МТС, Ростелеком,

Русич. В таблице 1.2 приведены сведения о тарифных планах этих провайдеров [3-6].

**Таблица 1.2 - Тарифные планы провайдеров**

| Название тарифа          | Включенный трафик / количество каналов ТВ | Скорость соединения | Абонентская плата, руб. |
|--------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| <b>МТС</b>               |   |                     |                         |
| <b>Выгодный</b>          | Не ограничено                             | до 40 Мбит/с        | 290                     |
| <b>Комфорт</b>           | Не ограничено                             | до 60 Мбит/с        | 500                     |
| <b>Престиж</b>           | Не ограничено                             | до 100 Мбит/с       | 700                     |
| <b>Базовый ТВ</b>        | 136                                       | -                   | 300                     |
| <b>Эконом+ТВ</b>         | 136                                       | до 40 Мбит/с        | 600                     |
| <b>Выгодный+ТВ</b>       | 136                                       | до 60 Мбит/с        | 540                     |
| <b>Престиж+ТВ</b>        | 136                                       | до 100 Мбит/с       | 800                     |
| <b>Ростелеком</b>        |   |                     |                         |
| <b>30</b>                | Не ограничено                             | до 30 Мбит/с        | 500                     |
| <b>60</b>                | Не ограничено                             | до 60 Мбит/с        | 550                     |
| <b>100</b>               | Не ограничено                             | до 100 Мбит/с       | 660                     |
| <b>стартовый</b>         | 128                                       | -                   | 320                     |
| <b>Акция «Дабл 2017»</b> | 119                                       | до 50 Мбит/с        | 300                     |
| <b>Акция «Год кино»</b>  | 60  | до 100 Мбит/с       | 550                     |
| <b>Wifire</b>            |   |                     |                         |
| <b>Wifire 50</b>         | Не ограничено                             | 50 Мбит/с           | 400                     |
| <b>Wifire 100</b>        | Не ограничено                             | 100 Мбит/с          | 550                     |
| <b>Wifire TV70+</b>      | 76  | -                   | 169                     |
| <b>Wifire TV130+</b>     | 140                                       | -                   | 349                     |
| <b>ТВ и Интернет 1</b>   | 70  | 50 Мбит/с           | 315                     |
| <b>ТВ и Интернет 2</b>   | 130                                       | 50 Мбит/с           | 460                     |
| <b>ТВ и Интернет 3</b>   | 130                                       | 100 Мбит/с          | 565                     |
| <b>Русич</b>             |   |                     |                         |
| <b>Стрела-50</b>         | Не ограничено                             | 50 Мбит/с           | 350                     |
| <b>Стрела-70</b>         | Не ограничено                             | 70 Мбит/с           | 450                     |

| Название тарифа | Включенный трафик / количество каналов ТВ | Скорость соединения | Абонентская плата, руб. |
|-----------------|---|---------------------|-------------------------|
| Стрела-100      | Не ограничено                             | 100 Мбит/с          | 600                     |
| Стрела-200*     | Не ограничено                             | 200 Мбит/с          | 800                     |
| ТВИН-50         | Не ограничено +69 ТВ каналов              | 50 Мбит/с           | 530                     |
| ТВИН-75         | Не ограничено +69 ТВ каналов              | 70 Мбит/с           | 630                     |
| ТВИН-100        | Не ограничено +69 ТВ каналов              | 100 Мбит/с          | 800                     |

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 1 Гбит/с. Услуга IP-TV также пользуется популярностью, тут стоит сделать акцент на цифровые каналы (предлагать большее количество, чем у конкурентов) и пакетные предложения.

Мультисервисная сеть должна обязательно предоставлять такие телекоммуникационные услуги как:

1. доступ к сети Интернет;
2. IPTV с поддержкой HD каналов;
3. VoD – видео по запросу.
4. IP телефония;
5. Беспроводной доступ к сети Интернет на территории паркинга.
6. Видеонаблюдение.

В проекте принимается в расчет следующий процент проникновения услуг: Интернет -100%, IP-TV – 50%, VoD 10%, IP-телефония -15%. Сведения о количестве абонентов, пользующихся перечисленными видами услуг, приведены в таблице 1.3.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 8    |

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

| <b>Объект</b>   | <b>Интернет</b> | <b>IP-TV</b> | <b>VoD</b> | <b>IP-телефония</b> |
|-----------------|-----------------|--------------|------------|---------------------|
| Дом №1 Секция 1 | 90              | 45           | 5          | 14                  |
| Дом №1 Секция 2 | 65              | 33           | 3          | 10                  |
| Дом №1 Секция 3 | 44              | 22           | 2          | 7                   |
| Дом №2 Секция 1 | 80              | 40           | 4          | 12                  |
| Дом №2 Секция 2 | 55              | 28           | 3          | 8                   |
| Дом №2 Секция 3 | 50              | 25           | 3          | 8                   |
| Дом №3 Секция 1 | 52              | 26           | 3          | 8                   |
| Дом №3 Секция 2 | 51              | 26           | 3          | 8                   |
| <b>Итого:</b>   | <b>487</b>      | <b>244</b>   | <b>24</b>  | <b>73</b>           |

Среди основных требований к проектируемой телекоммуникационной сети можно выделить:

1. Выбор оборудования, которое позволит предоставлять современные услуги с высоким качеством, а также позволит внедрять новые услуги и сервисы.
2. Возможность осуществления быстрой замены неисправных модулей без длительного простоя.
3. Возможность удаленной настройки оборудования.
4. Поддержка современных стандартов качества, протоколов безопасности и технологий передачи данных (100, 1000 Мбит/с).

В результате анализа инфраструктуры объекта было подсчитано общее количество потенциальных абонентов, составлен перечень телекоммуникационных услуг, который основывается на анализе конкурентов. Согласно этому же анализу основным требованием к технологии организации абонентского доступа, будет возможность организации максимальной скорости передачи данных более 1 Гбит/с.

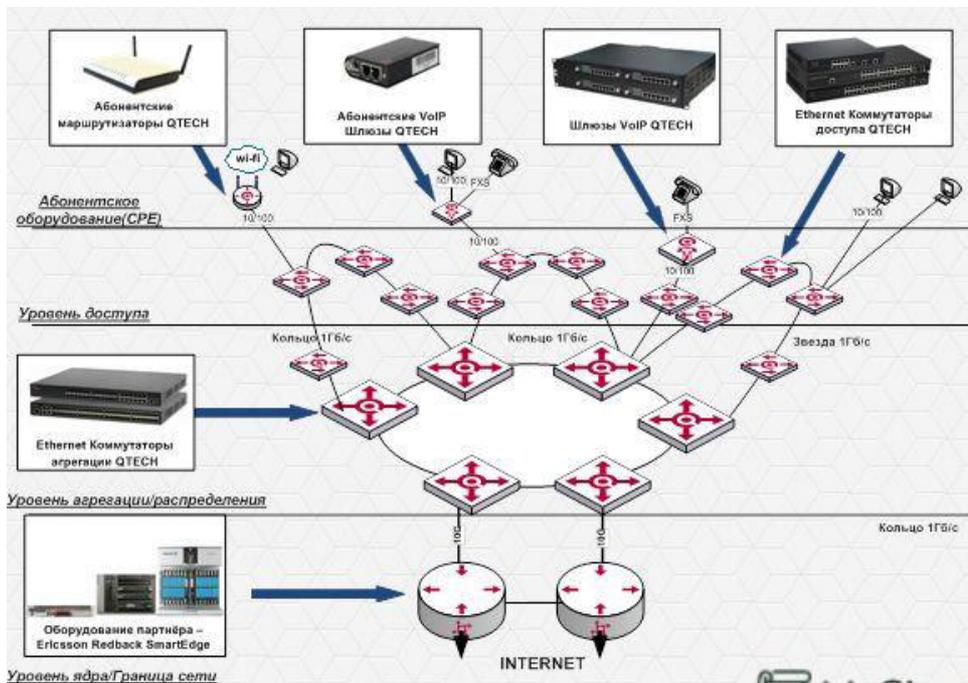
## 2 СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ [7-25]

Построение телекоммуникационной сети в настоящее время достаточно непростая задача, во-первых необходимо выбрать технологию, которая позволит предоставлять широкополосный доступ с высоким уровнем качества, во-вторых необходимо очень аккуратно подойти к выбору оборудования (сегодня на рынке присутствует большое количество производителей), в-третьих необходимо предусмотреть варианты развития сети для внедрения новых сервисов и услуг, чтобы всегда находится на конкурентном уровне.

Что касается выбора технологии, то решение определяется исходя из текущей телекоммуникационной инфраструктуры объекта, общей инфраструктуры и потребностей пользователей. В одном случае будет эффективным использовать беспроводные технологии (LTE, Wi-Max, Wi-Fi) в другом придется остановиться на проводных (FTTx, PON, xDSL, PLC).

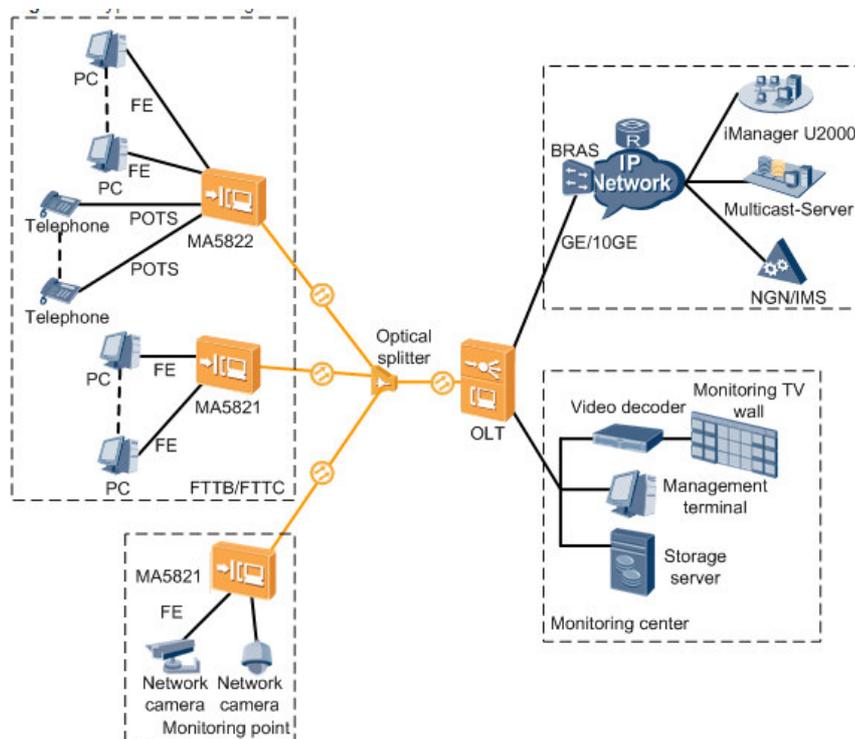
Телекоммуникационные сети перечисленных в 1 главе провайдеров построены по технологии FTTB. В качестве оборудования доступа использованы коммутаторы Fast Ethernet, которые ограничивают абонентскую скорость до 100 Мбит/с. Таким образом, не все провайдеры технически могут предоставить абоненту скорость свыше 100 Мбит/с по его запросу. В качестве примера на рисунке 1 приведено построение сети FTTB на оборудовании Qtech.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 10   |



**Рисунок 2.1 – Схема организации FTTB сети**

Т.к. ЖК является новостройкой, там отсутствуют телекоммуникационные системы и их придется прокладывать с нуля. В этом случае целесообразность применения DSL технологии отсутствует. Остается вариант применения либо PON, либо Ethernet (FTTB). В качестве примера на рисунке 2.2 приведена схема организации сети GPON.



**Рисунок 2.2 – Схема организации GPON сети**

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

11070006.11.03.02.118.ПЗВКР

Существуют различные версии стандартов PON, отличие заключается в скорости передачи и дальности передачи сигнала без существенных помех. Характеристика стандартов PON приведена в таблице 2.1

**Таблица 2.1 - Характеристика технологий из семейства PON**

| <b>Стандарты PON</b>                  |   |                                 |   |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|---|
|                                       | <b>BPON</b>   | <b>EPON</b>                     | <b>GPON</b>   |
| <b>Стандарт</b>                       | ITU-T G.983   | IEEE 802.3ah                    | ITU-T G.984   |
| <b>Пропускная способность</b>         | Нисходящий поток<br>— до 622 Мбит/с<br>Восходящий поток<br>— 155 Мбит/с | Симметричный,<br>до 1,25 Гбит/с | Нисходящий поток<br>— до 2,5 Гбит/с<br>Восходящий поток<br>— до 1,25 Гбит/с |
| <b>Количество абонентов на линии</b>  | 32  |                                 |   |
| <b>Максимальная дальность работы</b>  | 20 км   |                                 |   |
| <b>Длина волны нисходящего потока</b> | 1490 нм (цифровые данные) и 1550 нм (аналоговое КТВ)                    |                                 |   |
| <b>Длина волны восходящего потока</b> | 1310 нм   |                                 |   |
| <b>Протоколы</b>                      | ATM   | Ethernet                        | Ethernet, ATM, TDM  |

Коммутатор позволяет по одному волокну (одному порту) подключить до 64 или даже 128 абонентов. Скорость передачи данных (которая делится между абонентами) составляет 1,25 Гбит/с. Планируется уже переход на 10-гигабитные скорости и технологии GPON.

Технология Ethernet, которую используют в основе FTТВ, имеет 100/1000/10000 Мбит/с версии, правда последняя редко используется в качестве абонентского доступа. Таким образом, FTТВ также может обеспечить пользователя скоростью до 1 Гбит/с при необходимости. Современное оборудование выпускается со специальными комбо портами, которые поддерживают режим 100/1000 Мбит/с.

Главное преимущество PON перед другими технологиями, это пассивность оборудования в плане энергозатрат. Сплиттеры, которые располагаются внутри дома не потребляют электричества. При реализации FTTB требуется размещение большого количества оборудования в доме, это сопровождается дополнительными тратами. Наибольшие затраты PON связаны с прокладкой оптического кабеля. Это обусловлено его ценой и стоимостью строительно-монтажных работ, т.к. необходимо использовать специальное оборудование, а также необходимо обеспечить дополнительную защиту от механических повреждений.

Среди основных требований, которые предъявляются к современным телекоммуникационным сетям можно отметить:

**1. Обеспечение высокой пропускной способности** – при выборе технологии необходимо учитывать перспективу появления тарифных планов со скоростью свыше 100 Мбит/с. Уровень агрегации и ядра должен быть построен с использованием оборудования, которое позволит соответствовать этому требованию.

**2. Минимизация задержек при передаче данных** – необходимо реализовать сеть таким образом, чтобы исключить любые задержки и прерывания, которые могут снизить качество услуг и отток пользователей.

**3. Использование современных протоколов и настроек безопасности** для избегания несанкционированного доступа и возможности дестабилизации работы сети.

**4. Расширяемость** - возможность сравнительно легко добавить отдельные элементы сети (пользователей, компьютеров, дополнений, служб), нарастить длины сегментов сети и заменить существующую аппаратуру, более мощной.

**5. Масштабируемость** – возможность наращивать количество узлов и длину связей в очень широких пределах, при этом производительность сети не ухудшается.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 13   |

**6. Управляемость** – возможность централизованно контролировать состояние основных элементов сети, обнаруживать и решать проблемы, которые возникают при работе сети, выполнять анализ производительности и планировать развитие сети.

**7. Совместимость** – способность сети заключать в себе самое разнообразное программное обеспечение, то есть в ней могут сосуществовать разные операционные системы, которые поддерживают разные стеки коммуникационных протоколов, и работать аппаратные средства и дополнения от разных производителей.

Ввиду того, что все провайдеры в Белгороде используют FTТВ на базе Ethernet, нецелесообразно разрабатывать проект сети и использованием PON. Поэтому в качестве технологии организации мультисервисной сети связи будет использован Ethernet и архитектура FTТВ. Далее необходимо провести расчет ориентировочной нагрузки на сети, а также количество необходимого сетевого оборудования.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 14   |

### 3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### 3.1 Расчет нагрузок в мультисервисной сети

За одного абонента принимается не один человек, а одна точка включения - абонентское устройство, в случае многоквартирного жилого дома – одна квартира это один абонент. В главе 1 был определен уровень проникновения услуг, которые будут предлагаться пользователям: Интернет -100%, IP-TV – 50%, VoD 10%, IP-телефония -15%. Значения основных параметров для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Значения параметров

| Параметр   | Обозначение                                      | Значение           |
|--|--|--------------------|
| 1. Число абонентов сети:   | <i>NS</i>  | 487                |
| 2. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке; %   | <i>OHD</i>                                       | 10                 |
| 3. Отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине в исходящем потоке; %   | <i>OHU</i>                                       | 15                 |
| 4. Процент абонентов Triple Play:<br>- находящихся в сети в ЧНН; %<br>- одновременно принимающих или передающих данные; %<br>- одновременно пользующихся услугами IP-TV; % | <i>DAAF</i><br><i>DPAF</i><br><br><i>IPVS AF</i> | 80<br>60<br><br>60 |

**Окончание таблицы 3.1**

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>5. Услуга передачи данных:</p> <p>Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средняя пропускная способность; Мбит/с</li> <li>- пиковая пропускная способность; Мбит/с</li> </ul> <p>Пропускная способность сети для передачи данных от абонента:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средняя пропускная способность; Мбит/с</li> <li>- пиковая пропускная способность; Мбит/с</li> </ul> | <p><i>ADBS</i></p> <p><i>PDBS</i></p> <p><i>AUBS</i></p> <p><i>PUBS</i></p>   | <p>50</p> <p>100</p> <p>10</p> <p>30</p>   |
| <p>6. Услуга IP-TV/ IP-TV HD:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проникновение услуги; %</li> <li>- количество сессий на абонента; <ul style="list-style-type: none"> <li>- режим Unicast; %</li> <li>- режим Multicast; %</li> <li>- потоки Multicast; %</li> </ul> </li> <li>- количество доступных каналов в рамках пакета;</li> <li>- скорость видеопотока; Мбит/с</li> <li>- запас на вариацию битовой скорости</li> </ul>                          | <p><i>IPVS MP</i></p> <p><i>IPVS SH</i></p> <p><i>IPVS UU</i></p> <p><i>IPVS MUM</i></p> <p><i>IPVS MU</i></p> <p><i>IPVS MA</i></p> <p><i>VSB</i></p> <p><i>SVBR</i></p> | <p>50/25</p> <p>1,3/1,3</p> <p>30/30</p> <p>70/70</p> <p>70/70</p> <p>120/50</p> <p>6 /10</p> <p>0,2/0,2</p> |

Для расчета необходимого количества коммутаторов примем в расчет количество портов равное 24. В результате количество коммутаторов на 1 дом будет равно:

$$N_{\text{ком}} = [N_{\text{аб}} / 24] \quad (3.1)$$

где  $\lceil \cdot \rceil$  – округление в большую сторону до целого числа.

Результаты расчета приведены таблице 3.2.

**Таблица 3.2 - Количество коммутаторов в домах**

| <b>Объект</b>   | <b>Количество квартир</b> | <b>Количество коммутаторов</b> | <b>Количество Резервных портов</b> |
|-----------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Дом №1 Секция 1 | 90                        | 4                              | 6                                  |
| Дом №1 Секция 2 | 65                        | 3                              | 7                                  |
| Дом №1 Секция 3 | 44                        | 2                              | 4                                  |
| Дом №2 Секция 1 | 80                        | 4                              | 16                                 |
| Дом №2 Секция 2 | 55                        | 3                              | 17                                 |
| Дом №2 Секция 3 | 50                        | 3                              | 22                                 |
| Дом №3 Секция 1 | 52                        | 3                              | 20                                 |
| Дом №3 Секция 2 | 51                        | 3                              | 19                                 |
| <b>Итого:</b>   | <b>487</b>                | <b>25</b>                      | <b>111</b>                         |

Всего потребуется 25 коммутаторов уровня доступа. Количество коммутаторов уровня агрегации будет рассчитано после расчетов нагрузки.

### **3.2 Расчет трафика телефонии**

Уровень спроса на услугу IP-телефонии предполагается на уровне 30%, для удобства расчетов будем полагать, что пользователи равномерно распределены по всем коммутаторам:

$$N_{\text{SIP}} = \lceil 24 * 0,15 \rceil = 4, \text{ абонентов} \quad (3.2)$$

Полоса пропускания на передачу голосовых данных, зависит от типа используемого кодека, для телефонии будет использоваться кодек G.729A:

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

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

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

Кодек G.729A определяет скорость кодирования в 8кбит/с, время звучания 20 мс.

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

Длина пакета может быть вычислена следующим образом:

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

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.

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

G.729A может передавать через шлюз до 50 пакетов за секунду, в результате получим общую полосу пропускания:

$$\text{ППр}_1 = V_{\text{пакета}} \cdot 8 \text{ бит} / \text{байт} \cdot 50_{\text{pps}}, \text{ Кбит} / \text{с}, \quad (3.5)$$

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

$$\text{ППр}_1 = 78 \cdot 8 \cdot 50 = 31,2 \text{ Кбит} / \text{с}.$$

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

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 18   |

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

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).

$$ППр_{WAN} = 31,2 \cdot 4 \cdot 0,7 = 0,87 \text{ Мбит/с}.$$

### 3.3 Расчет трафика IP-TV

При расчете требуемой полосы пропускания для услуги IP-TV будет одновременно проводится расчет полосы для организации вещания программ с качеством HD. Определим количество абонентов, пользующихся услугой на одном СУ одновременно:

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

где AVS – количество абонентов на СУ, подключенных к услуге,

IPVS AF – процент абонентов, пользующихся услугами IP TV одновременно в ЧНН,

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

$$IPVS \text{ Users} = [24 * 0,5] * 0,6 * 1,3 = 10, \text{ аб}$$

$$IPVS \text{ Users}_{HD} [24 * 0,25 * 0,5] * 0,6 * 1,3 = 3, \text{ аб}$$

Трансляция может проводиться в двух режимах: multicast и unicast. Например, услуга видео по запросу это один видеопоток, таким образом, количество индивидуальных потоков равно количеству абонентов принимающих эти потоки.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 19   |

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

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

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

$$IPVS\ US = 10 * 0.3 * 1 = 3, \text{ потока}$$

$$IPVS\ US\ HD = 3 * 0.3 * 1 = 1 \text{ поток}$$

Multicast принимается несколькими абонентами одновременно, следовательно, количество потоков равно:

$$IPVS\ MS = IPVS\ Users * IPVS\ MU, \text{ потоков} \quad (3.9)$$

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

$$IPVS\ MS = 10 * 0.7 = 7, \text{ потоков}$$

$$IPVS\ MS\ HD = 3 * 0.7 = 3, \text{ потока}$$

Количество доступных multicast потоков зависит от количества предоставляемых программ. В IP TV внутри некоторого сегмента сети одновременно транслируются не все потоки.

Максимальное количество видеопотоков среди доступных и используемых абонентами по multicast вещанию:

$$IPVS\ MSM = IPVS\ MA * IPVS\ MUM, \text{ видеопотоков} \quad (3.10)$$

где  $IPVS\ MA$  – количество доступных групповых видеопотоков,

$IPVS\ MUM$  – процент максимального использования видеопотоков.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 20   |

$$IPVS\ MSM = 120 * 0.7 = 84, \text{ видеопотока}$$

$$IPVS\ MSM\ HD = 50 * 0.7 = 35, \text{ видеопотоков}$$

Транслирование видеопотоков в IP сети может происходить с переменной битовой скоростью. Средняя скорость одного видеопотока, принимаемого со спутника, определена 6 Мбит/с. С учетом добавления заголовков IP пакетов и запаса на вариацию битовой скорости скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит

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

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

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

$$IPVSB = 15 * (1 + 0.2) * (1 + 0.1) = 19.8 \text{ Мбит/с}$$

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

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

$$IPVS\ UNB = IPVS\ US * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.13)$$

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

$IPVS\ US$  – количество транслируемых потоков в режиме unicast,

$IPVS\ B$  – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS\ MNB = 7 * 7.92 = 55,44 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS\ UNB = 3 * 7.92 = 23,76 \text{ Мбит/с}.$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 21   |

$$IPVS\ MNB\ HD = 3 * 19.8 = 59,4 \text{ Мбит/с,}$$

$$IPVSUNB\ HD = 1 * 19,8 = 19,8 \text{ Мбит/с.}$$

Multicast потоки передаются от головной станции к множеству пользователей, в результате общая скорость для передачи максимального числа multicast потоков в ЧНН составит:

$$IPVS\ MNB_{max} = IPVS\ MSM * IPVSB, \text{ Мбит/с} \quad (3.14)$$

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

$$IPVS\ MNB_{max} = 84 * 7,92 = 665,28 \text{ Мбит/с.}$$

$$IPVS\ MNB_{max}\ HD = 35 * 19.8 = 693 \text{ Мбит/с}$$

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

$$AB = IPVS\ MNB + IPVS\ UNB, \text{ Мбит/с} \quad (3.15)$$

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

$IPVSUNB$  – пропускная способность для передачи индивидуального видеопотока.

$$AB = 23,76 + 55,44 = 79,2 \text{ Мбит/с.}$$

$$AB\ HD = 59,4 + 19,8 = 79,2 \text{ Мбит/с.}$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 22   |

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

При расчете пропускной полосы для доступа в сеть Интернет следует учесть, что количество активных абонентов в ЧНН может быть различным. Максимальное число активных абонентов за этот промежуток времени вычисляется параметром Data Average Activity Factor (DAAF):

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

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

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

$$AS = 24 * 0.8 = 20, \text{ аб}$$

Каждому абоненту выделено два канала: прием данных downstream и передачи данных upstream, причем обычно канал upstream меньше downstream. Чтобы определить среднюю пропускную способность сети, необходимую для нормальной работы пользователей, воспользуемся 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.

$$BDDA = (20 * 50) * (1 + 0.1) = 1100 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

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

где  $AS$  - количество активных абонентов, аб,

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 23   |

$AUBS$  – средняя скорость передачи данных, Мбит/с

$OHU$  – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во исходящем потоке.

$$BUDA = (20 * 10) * (1 + 0.15) = 230 \text{ Мбит/с.}$$

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

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

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

$$PS = 20 * 0.6 = 12$$

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.

$$BDDP = (12 * 100) * (1 + 0.1) = 1320 \text{ Мбит/с.}$$

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.

$$BUDP = (12 * 30) * (1 + 0.15) = 414 \text{ Мбит/с.}$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
|      |      |         |         |      |                             | 24   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             |      |

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

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

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

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

$$BDD = \text{Max}[1100; 1320] = 1320 \text{ Мбит/с},$$

$$BDU = \text{Max}[230; 414] = 414 \text{ Мбит/с}.$$

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.

$$BD = 1320 + 414 = 1734 \text{ Мбит/с}.$$

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

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

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

$\text{AB}$  – пропускная способность для видеопотоков, Мбит/с,

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 25   |

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

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = 1734 + 79,2 + 79,2 + 0,87 = 1893 \text{ Мбит/с.}$$

Суммарные затраты на организацию 3 услуг на 1 коммутатор доступа потребуется 1,9 Гбит/с. Имеется 100 Мбит/с канал для организации стабильной беспроводной сети на территории подземного паркинга дворовой территории. Беспроводная сеть на территории паркинга позволит пользователям получать доступ к сети Интернет.

Необходимо рассчитать количество точек доступа, которое потребуется для покрытия всей территории паркинга и двора. Для расчетов зоны радиопокрытия выбрана эмпирическая модель распространения радиоволн Okumura – Hata. Параметры для расчета основаны на устройстве фирмы Zухel модель NWA5123-AC [26].

$$L_r = 69,5 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \lg d \quad (3.26)$$

где  $f_c$  – частота в рабочем диапазоне точки, МГц;

$h_t$  – высота передающей антенны в диапазоне;

$h_r$  – высота принимающей антенны (антенны мобильного устройства) от 1 до 10 метров;

$d$  – радиус зоны покрытия от 1 до 20 км;

$A(h_r)$  – поправочный коэффициент для высоты антенны, в зависимости от местности.

Параметры для расчетов:

- $f_{c1} = 2400$  МГц;  $f_{c2} = 5000$  МГц.
- $h_t = 8$  метров;  $h_r = 4$  метра;
- $h_r = 1,5$  метра.

Поправочный коэффициент  $A(h_r)$  вычисляется по формуле:

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
|      |      |         |         |      |                             | 26   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             |      |

$$A(h_r) = (1,1\lg f_c - 0,7)h_r - (1,56\lg f_c - 0,8), \quad (3.27)$$

$$A(h_r)_1 = (1,1\lg 5000 - 0,7)1,5 - (1,56\lg 5000 - 0,8) = 0,139$$

$$A(h_r)_2 = (1,1\lg 2400 - 0,7)1,5 - (1,56\lg 2400 - 0,8) = 0,105$$

Радиус зоны покрытия определяется как отношение между выходной мощностью передатчика  $P$  (дБм), запасом по замираниям  $S$  (дБ) и требуемым уровнем сигнала на входе приемника  $Q$  (дБ):

$$P - L - S = Q \quad (3.28)$$

Параметры в выражении (3.36) задаются в соответствии с техническими характеристиками выбранного оборудования, а именно:

2,4 ГГц:  $P = 20$  дБм, Коэффициент усиления встроенной антенны 3 дБм,  $Q = -99$ .

5 ГГц:  $P = 26$  дБм, Коэффициент усиления встроенной антенны 4 дБм,  $Q = -99$ .

Определим радиус зоны покрытия:

$$26 - (69,5 + 26,16\lg 5000 - 13,82\lg 8 - 0,139 + (44,9 - 6,55\lg 8)\lg d) = -99$$

$$\lg d = \frac{26 - 69,5 - 26,16\lg 5000 + 13,82\lg 8 + 0,139 + 99}{44,9 - 6,55 * \lg 8}$$

$$d_1 = 184,м$$

$$20 + 3 - (69,5 + 26,16\lg 2400 - 13,82\lg 8 - 0,105 + (44,9 - 6,55\lg 8)\lg d) = -99$$

$$\lg d = \frac{20 - 69,5 - 26,16\lg 2400 + 13,82\lg 8 + 0,105 + 99}{44,9 - 6,55 * \lg 8}$$

$$d_2 = 211,м$$

Для высоты 4 метра:

$$26 - (69,5 + 26,16\lg 5000 - 13,82\lg 8 - 0,139 + (44,9 - 6,55\lg 8)\lg d) = -99$$

$$\lg d = \frac{26 - 69,5 - 26,16\lg 5000 + 13,82\lg 8 + 0,139 + 99}{44,9 - 6,55 * \lg 8}$$

$$d_1 = 158,м$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 27   |

$$20 + 3 - (69,5 + 26,16 \lg 2400 - 13,82 \lg 8 - 0,105 + (44,9 - 6,55 \lg 8) \lg d) = -99$$

$$\lg d = \frac{20 - 69,5 - 26,16 \lg 2400 + 13,82 \lg 8 + 0,105 + 99}{44,9 - 6,55 * \lg 8}$$

$$d_2 = 180 \text{ м}$$

Площадь покрытия одного устройства составит:

$$S_{\text{Wi-Fi2,4/8}} = \pi r^2 = 3,14 * 0,184^2 = 0,106 \text{ км}^2 \quad (3.29)$$

$$S_{\text{Wi-Fi5/8}} = \pi r^2 = 3,14 * 0,211^2 = 0,139 \text{ км}^2$$

$$S_{\text{Wi-Fi2,4*4}} = \pi r^2 = 3,14 * 0,158^2 = 0,078 \text{ км}^2$$

$$S_{\text{Wi-Fi5/4}} = \pi r^2 = 3,14 * 0,18^2 = 0,101 \text{ км}^2$$

Количество устройств, которое потребуется для покрытия всей территории составит:

$$N = [S_{\text{района}} / S_{\text{Wi-Fi}}] \quad (3.30)$$

В первую очередь определим количество точек доступа, которое потребуется для паркинга. Паркинг представляет собой прямоугольник с размерами 100 на 150 метров.

$$S = a * b \quad (3.31)$$

где a,b – размеры объекта.

$$S = 0,1 * 0,150 = 0,015 \text{ км}^2$$

Зона действия беспроводной сети представляет собой прямоугольник со сторонами 150 на 200 метров. Вычислим площадь зоны покрытия беспроводной связью:

$$S_{\text{двор}} = 0,15 * 0,2 = 0,03 \text{ км}^2$$

Для расчета количества устройств, выберем наименьшие значения рассчитанных площадей:

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 28   |

$$N_{улица} = [0,03 / 0,078] = 1$$

$$N_{паркинг} = [0,015 / 0,078] = 1$$

Полученные результаты не учитываю помехи, которые создают посторонние объекты. Поэтому при проектировании сети количество точек может быть увеличено, чтобы обеспечить пользователей качественными бесперебойным доступом. Общее количество коммутаторов доступа равно 25, каждый из них должен включаться в агрегатор либо двумя 1GE каналами, либо 1 10 GE. В таком случае количество коммутаторов уровня агрегации будет равно:

$$N_{агр} = [N_{ком} / 24] = 25 * 2 / 24 = 3$$

$$N_{агр} = [N_{ком} / 24] = 25 * 1 / 24 = 2$$

Использование 3 коммутаторов позволит получить резервные каналы для повышения надежности сети. Каждый выбранный коммутатор имеет 24 порта, следовательно, необходимо выделить 24 IP адреса для абонентов, а также 2 адреса на шлюз и широковещательный и 1 адрес сети – всего 27 адресов. Таким образом, можно выделять сеть с маской /27 (255.255.255.224). В таблице 3.3 приведены первые 5 сетей, остальные могут быть описаны аналогично.

**Таблица 3.3 – Список IP адресов**

| Номер сети | IP адрес сети/Маска | IP адрес шлюза/ Широковещательный IP адрес | Диапазон IP адресов для абонентов |
|------------|---------------------|--|-----------------------------------|
| 1          | 192.168.1.0/27      | 192.168.1.1 / 192.168.1.31                 | 192.168.1.2-192.168.1.30          |
| 2          | 192.168.1.32/27     | 192.168.1.33 / 192.168.1.63                | 192.168.1.34-192.168.1.62         |
| 3          | 192.168.1.64/27     | 192.168.1.65 / 192.168.1.95                | 192.168.1.66-192.168.1.94         |
| 4          | 192.168.1.96/27     | 192.168.1.97 / 192.168.1.127               | 192.168.1.98-192.168.1.126        |
| 5          | 192.168.1.128/27    | 192.168.1.129 / 192.168.1.159              | 192.168.1.130-192.168.1.158       |

Приведенная IP-адресация является примерной и на этапе реализации сети может быть изменена по желанию заказчика.

## 4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ ДОМОВ ПО УЛ. КИРПИЧНАЯ 65, Г. БЕЛГОРОД

### 4.1 Выбор оборудования для проектируемой мультисервисной сети связи

Ранее было отмечено, что сеть будет иметь архитектуру FTTB с технологией Ethernet. Расчеты были сделаны для коммутаторов доступа с 24 портами. Расчет нагрузок показал необходимость канала в сторону агрегатора в 2 Гбит/с, поэтому коммутаторы доступа необходимо выбирать с 2 1 Гбит/с аплинками или с 10 Гбит/с для того, чтобы иметь возможность расширения.

На рынке телекоммуникационного оборудования присутствует большое количество производителей (Cisco Systems, Huawei, Zyxel, АЛСиТЕК, QTECH, D-Link, 3COM, Eltex и др.). При выборе необходимо отдавать предпочтение тем, которые имеют все необходимые сертификаты соответствия, а также, чтобы оборудование отвечало всем предъявляемым требованиям. В качестве оборудования для реализации мультисервисной сети выбрано оборудование представленное ниже:

**Коммутатор доступа:** D-link DGS-1510 [27] с портами 10G является идеальным решением для развертывания сетей предприятий малого и среднего бизнеса. Обеспечивает надежное соединение и позволяет легко масштабировать существующую сеть. Коммутаторы оснащены 24 портами 10/100/1000 Мбит/с, а также 2 или 4 портами 10G SFP+, используемыми для стекирования или uplink-соединения.

Коммутаторы с поддержкой PoE идеально подходят для корпоративных клиентов, в сетях которых используются VoIP-сервисы, беспроводные точки доступа и сетевые видеокамеры. Коммутатор DGS-1510-28P с 24 портами PoE поддерживает стандарт 802.3at (до 30 Вт выходной мощности на порт) и обеспечивает подачу питания на различные устройства с поддержкой PoE,

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 30   |

позволяя расширить существующую сеть по мере роста предприятия, а также ввести в использование новейшие технологии без избыточных затрат.

**Уровень агрегации.** Управляемый коммутатор DXS-3400-24SC [28] является новым компактным высокопроизводительным устройством, осуществляющим коммутацию и маршрутизацию трафика с низким уровнем задержки на скорости до 10 Гбит/с. Высота в 1U и высокая плотность портов делают коммутатор DXS-3400-24SC удобным для использования на уровне агрегации в студенческих городках и на предприятиях. Коммутатор оснащен 20 портами 10G SFP+ и 4 комбо-портами 10GBase-T/SFP+, что делает его подходящим для работы в дата-центре, а также на уровнях распределения и ядра в корпоративных сетях.

Коммутатор DXS-3400-24SC имеет модульную схему вентиляторов и питания. Возможность «горячей» замены означает, что вентилятор и источник питания могут быть заменены без остановки работы коммутатора. Физическое и виртуальное стекирование позволяет управлять коммутаторами с одного IP-адреса и обеспечивать резервирование подключенным устройствам. Функция Switch Resource Management (SRM) предоставляет пользователям возможность оптимизировать распределение ресурсов коммутатора для решения различных сетевых задач.

**Мушрутизатор.** Так как сеть является достаточно маленькой, то целесообразность развертывания полномасштабной сети со всем оборудованием будет достаточно затратным мероприятием. Если же рассматривать сеть как расширение для крупного провайдера, то в таком случае он без проблем сможет использовать существующее оборудование в ядре сети. В противном случае целесообразно арендовать канал передачи данных до агрегатора. Такой вариант удобен тем, что он будет менее затратным и при этом ответственность за бесперебойную работу верхнего уровня будет отвечать провайдер.

**Оборудование для IP-TV.** Для организации услуги цифрового телевидения IP-TV в масштабе провайдера потребуются крупные затраты на лицензию и оборудование. Тут также можно воспользоваться вариантом с

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 31   |

арендой услуги у провайдера. В случае если спрос на услугу ТВ будет небольшим, то услугу можно вообще исключить из списка предложений или предложить вышестоящему провайдеру предоставлять ее через оборудование взамен некоторых скидок.

**Оборудование IP телефонии.** Предоставление услуги может быть организовано несколькими способами:

1. Закупка собственного оборудования: шлюз и сопутствующее оборудование для размещения в домах, организация кросса для подключения телефонов. Аренда линий (например, поток E1) у провайдера.

2. Закупка собственного оборудования: шлюз для телефонии для каждого абонента и аренда оборудования на стороне провайдера.

3. Подключение по схеме виртуальная АТС. Аренда каналов на общее количество абонентов и оплата вышестоящему провайдеру.

Выбор пути для предоставления услуги зависит от финансовой возможности провайдера и общего спроса на услугу у пользователей.

Для подключения организации линий абонентских(FXS) и стационарных (FXO) можно использовать оборудование D-Link DVG-2032S [] и D-Link DVG-3032S [29.30] или устройства из этой серии в зависимости от количества необходимых портов в каждом месте подключения (секции). Для управления IP телефонией можно IP АТС на базе AsteriskNOW 150, которая отлично подходит для организации небольших сетей и является недорогим решением [31].

**Wi-Fi.** На территории подземного паркинга планируется разместить точки доступа Zyxel NWA5123-AC – это рассчитанное на будущее решение WLAN, которое великолепно подходит для растущих компаний, отелей и образовательных учреждений. Благодаря дизайну «два-в-одном» (автономная/управляемая) точку доступа (AP) сначала можно развернуть как автономную, а когда требования к Wi-Fi вырастут, - преобразовать ее в управляемую. Эта точка доступа использует лучшие в индустрии технологии для обеспечения стабильной работы беспроводной сети и уменьшения нагрузки на ИТ-персонал. Встроенные антенны и мощность выходного сигнала

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 32   |

специально настроены так, чтобы упростить планирование беспроводной сети и обеспечить максимальную силу. Кроме того, точка доступа NWA5120 Series поддерживает обеспечивающие великолепную работу Wi-Fi функции динамического выбора канала, балансировки нагрузки и предварительной аутентификации.

На рисунке 4.1 приведена схема организации связи для предоставления мультисервисных услуг жителям домов по ул. Кирпичная 65 г.Белгород.

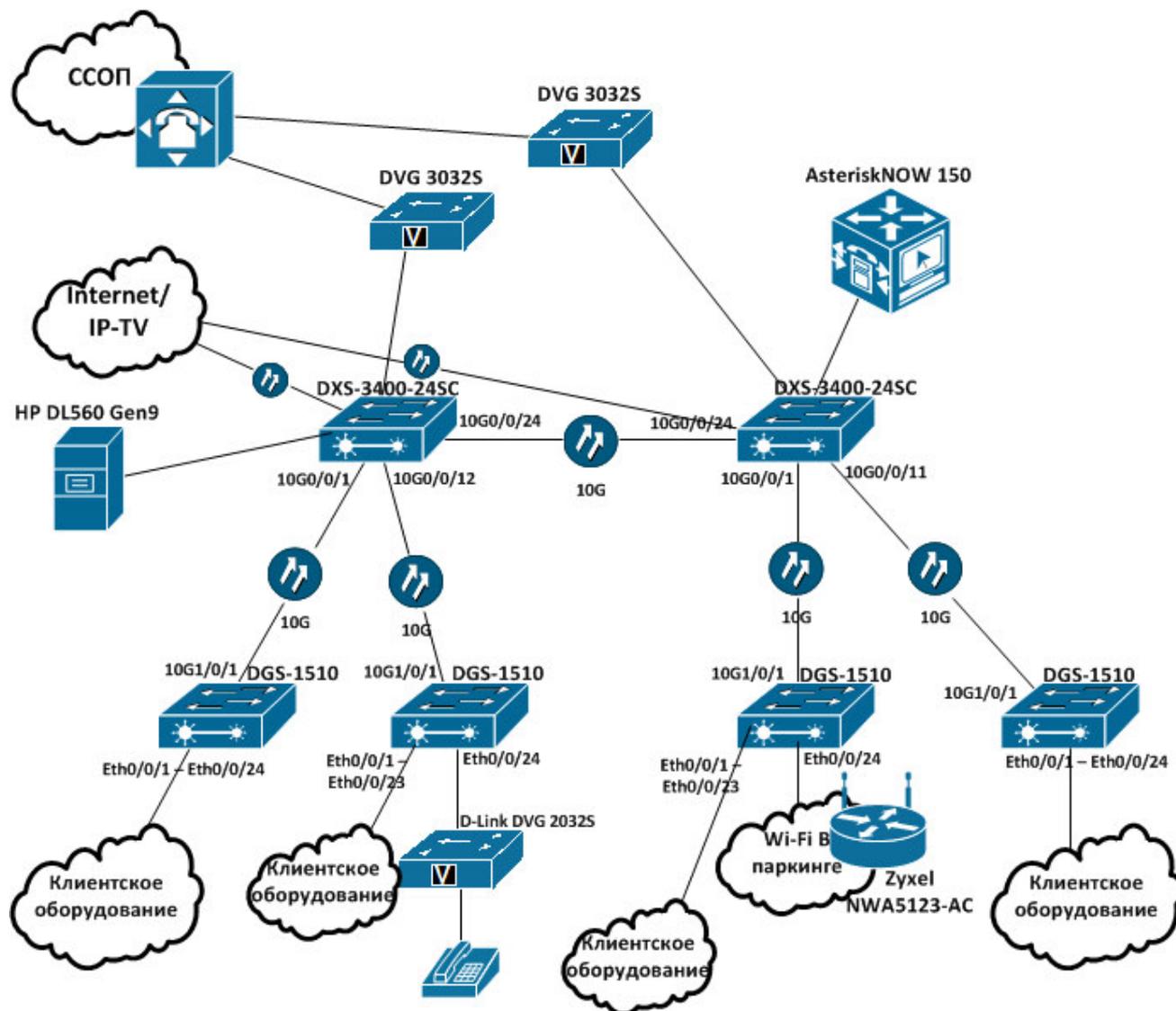


Рисунок 4.1 – Проект телекоммуникационной сети в домах по ул. Кирпичная 65 г. Белгород

Коммутаторы доступа подключаются к агрегаторам через 10 G интерфейсы, также предусмотрена возможность резервирования каналов и

использования на ранних стадиях 1G интерфейсов. В сети имеется 2 агрегатора, которые обслуживают все 25 коммутаторов доступа, а также серверное оборудование и оборудование IPTV и телефонии.

К коммутаторам доступа подключается клиентское оборудование, беспроводные точки доступа в паркинге и оборудование для телефонии (голосовые шлюзы).

Схема включения абонентского оборудования приведена ниже (рисунок 4.2).

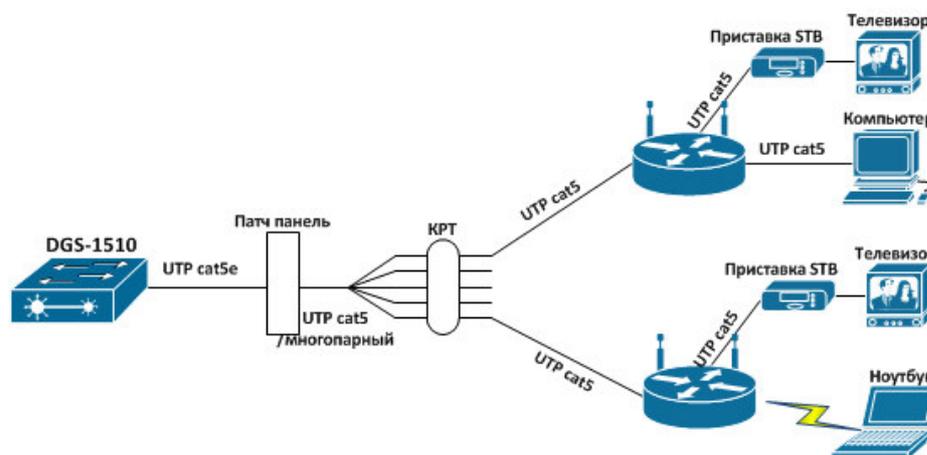


Рисунок 4.2 – Подключение абонентского оборудования к коммутатору доступа

На рисунке 4.3 приведена схема организации абонентской сети доступа.

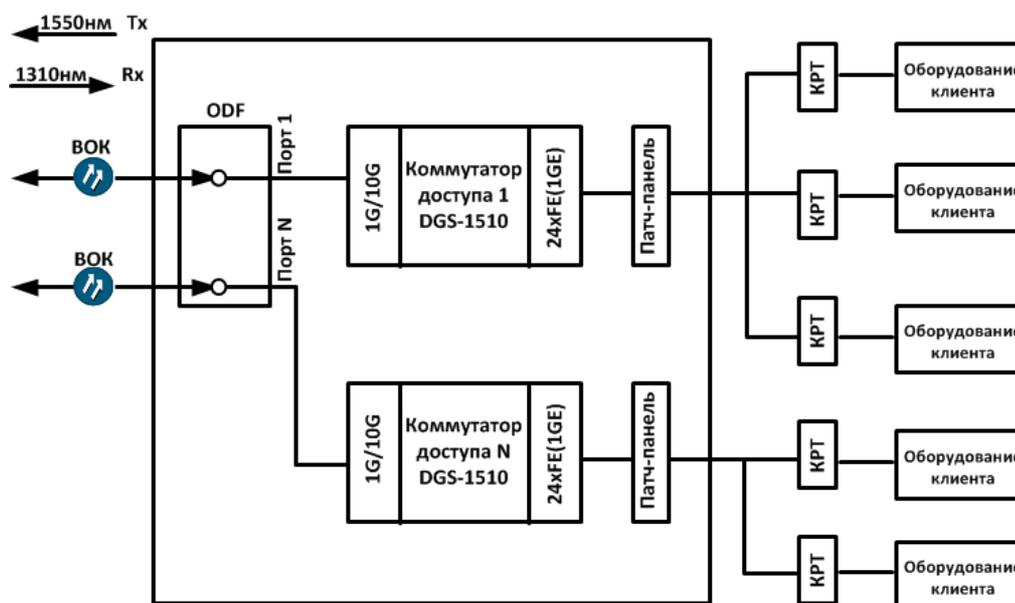
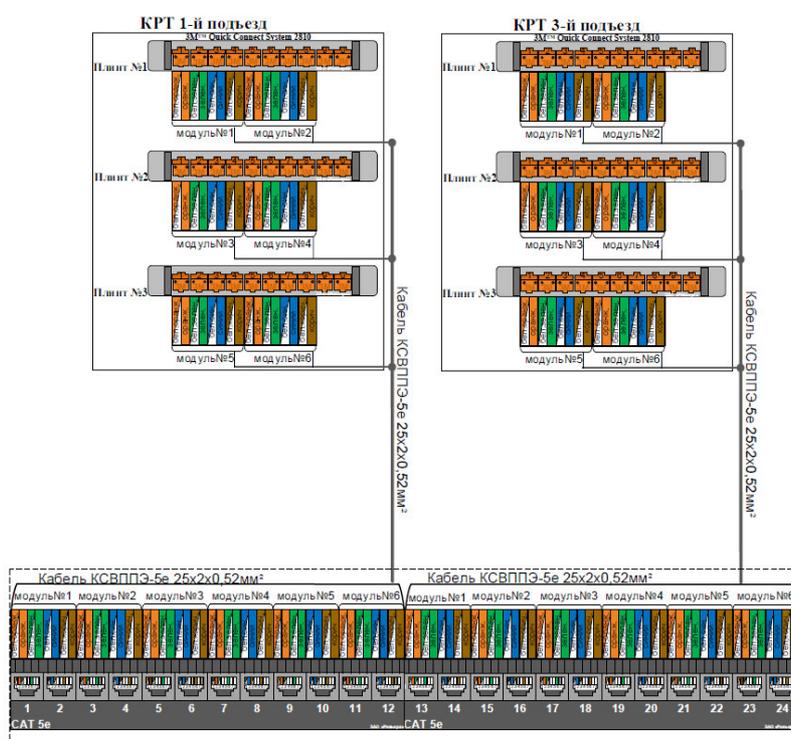


Рисунок 4.3 – Схема организации абонентской сети доступа

Домовое оборудование располагается на техническом этаже в специальном антивандальном телекоммуникационном шкафу (ШТК). Для удобства подключения абонентов, на этажах (не на каждом, а например одна на 3-4 этажа) размещаются КРТ (коробка распределительная телекоммуникационная), а также в подъездах или секциях. Удобство заключается в отсутствии необходимости протягивать кабель от абонента к коммутатору. Для организации КРТ используется многопарный кабель, пример расшивки многопарного кабеля приведен на рисунке 4.4.



**Рисунок 4.4 – Пример расшивки многопарного кабеля**

В ШТК устанавливается оптический кросс ODF, который обеспечивает подключение оптического волокна к uplink порту коммутатора доступа. В ШТК также размещается оборудование для электропитания, ИБП, батареи (при необходимости), устройства удаленного мониторинга. Коммутаторы уровня агрегации располагаются либо на АТС, либо также в ШТК совместно с

коммутаторами доступа. Во втором случае схема организации абонентской сети доступа будет иметь вид (рисунок 4.5):

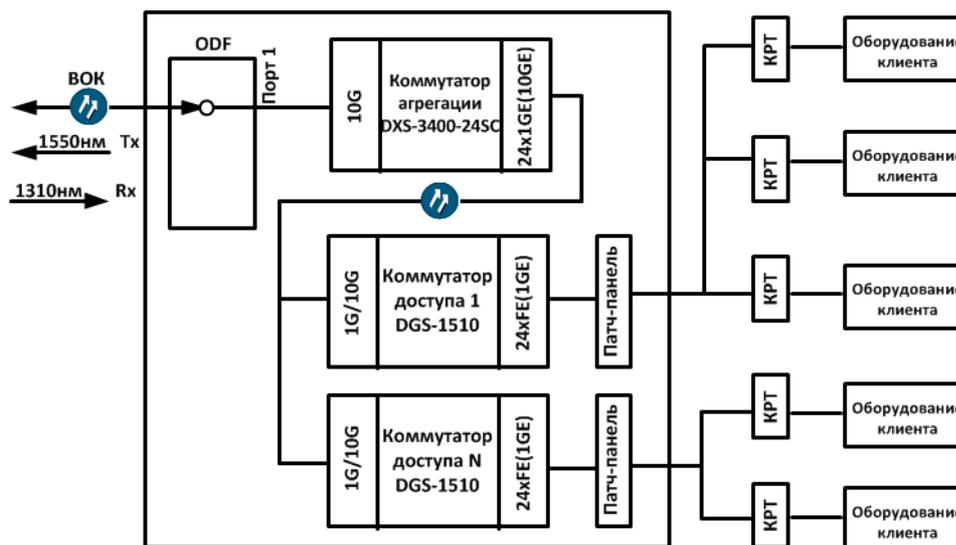


Рисунок 4.5 – Схема организации абонентской сети доступа с агрегатором

При таком размещении в ШТК добавляется агрегатор, в который заводится оптическое волокно и к которому непосредственно подключены коммутаторы доступа.

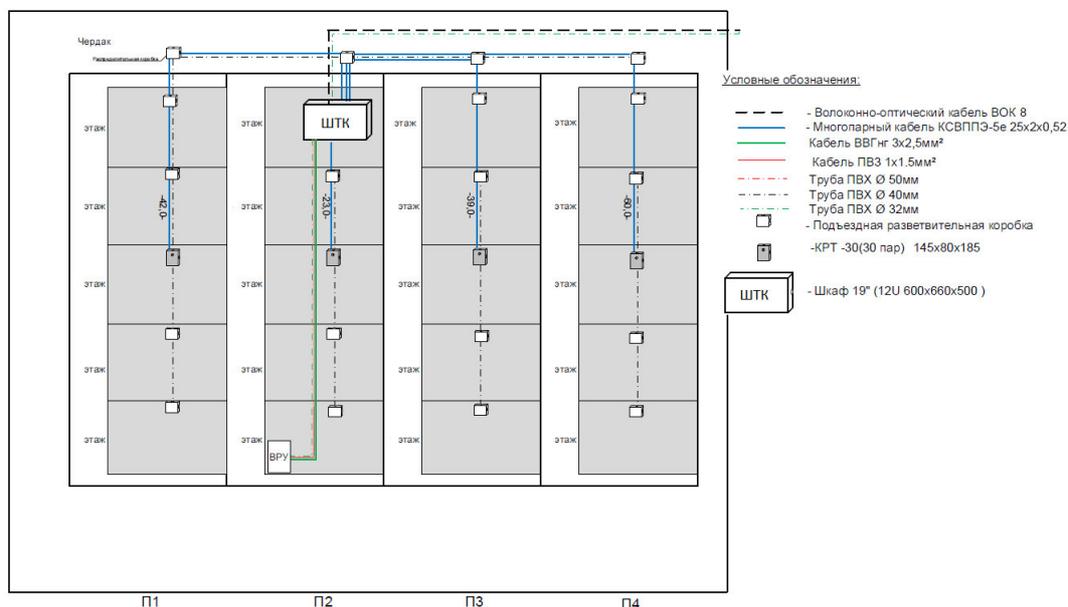
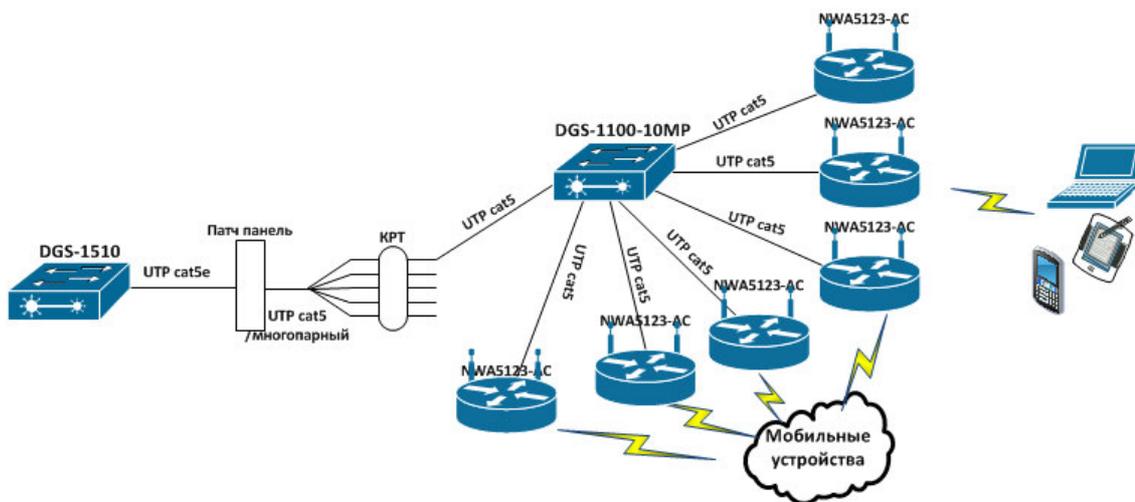


Рисунок 4.6 – Размещение оборудования доступа в жилом доме

На рисунке отмечены все необходимые элементы сети, включая ВРУ (вводное распределительное устройство). В реальной ситуации условия

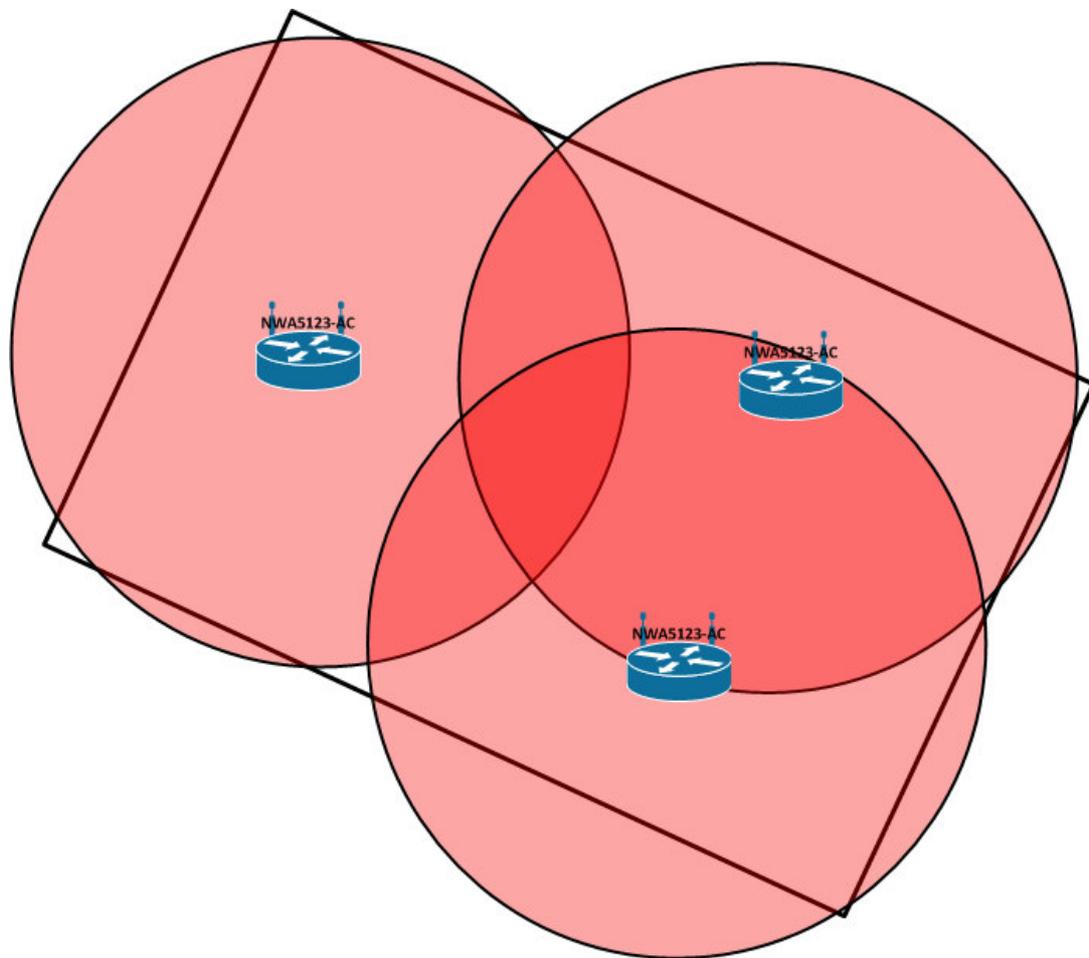
размещения оборудования могут быть изменены, например, ШТК может быть установлен на первом этаже или в подвальном помещении.

В домах проектом предусмотрен подземный паркинг в 2 этажа, в котором будет организована беспроводная сеть. Пользователи смогут получать доступ ко всем услугам находясь на его территории. Всего на каждом этаже будет размещено 3 точки доступа (хотя расчеты показали, что полное покрытие обеспечит 1), это необходимо для гарантии качества предоставления услуг.



**Рисунок 4.7 – Организация беспроводной сети в паркинге**

План размещения точек доступа приведен на рисунке 4.8. Точки расположены таким образом, чтобы покрыть всю территорию паркинга.



**Рисунок 4.8 – Зона покрытия беспроводной сети**

Далее необходимо выбрать оптический кабель, который будет использован для прокладки по территории объекта до коммутаторов агрегации и от них до коммутаторов доступа.

#### **4.2 Выбор типа линии связи**

СКС будет построена на основе оптического волокна, которое будет укладываться в грунт. Кабель протягивается от точки соприкосновения с оптическим кабелем вышестоящего провайдера или АТС до непосредственно оборудования (агрегатор, коммутатор доступа). Агрегатор и коммутатор доступа соединены между собой оптическим патч-кордом. Общее количество кабеля, которое потребуется для подключения всех устройств не превышает 1 км

В грунт будет прокладываться кабель ИКБ-Т 6 кН [32], который отвечает всем необходимым требованиям: количество волокон: 4-24; Бронированный;

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 38   |

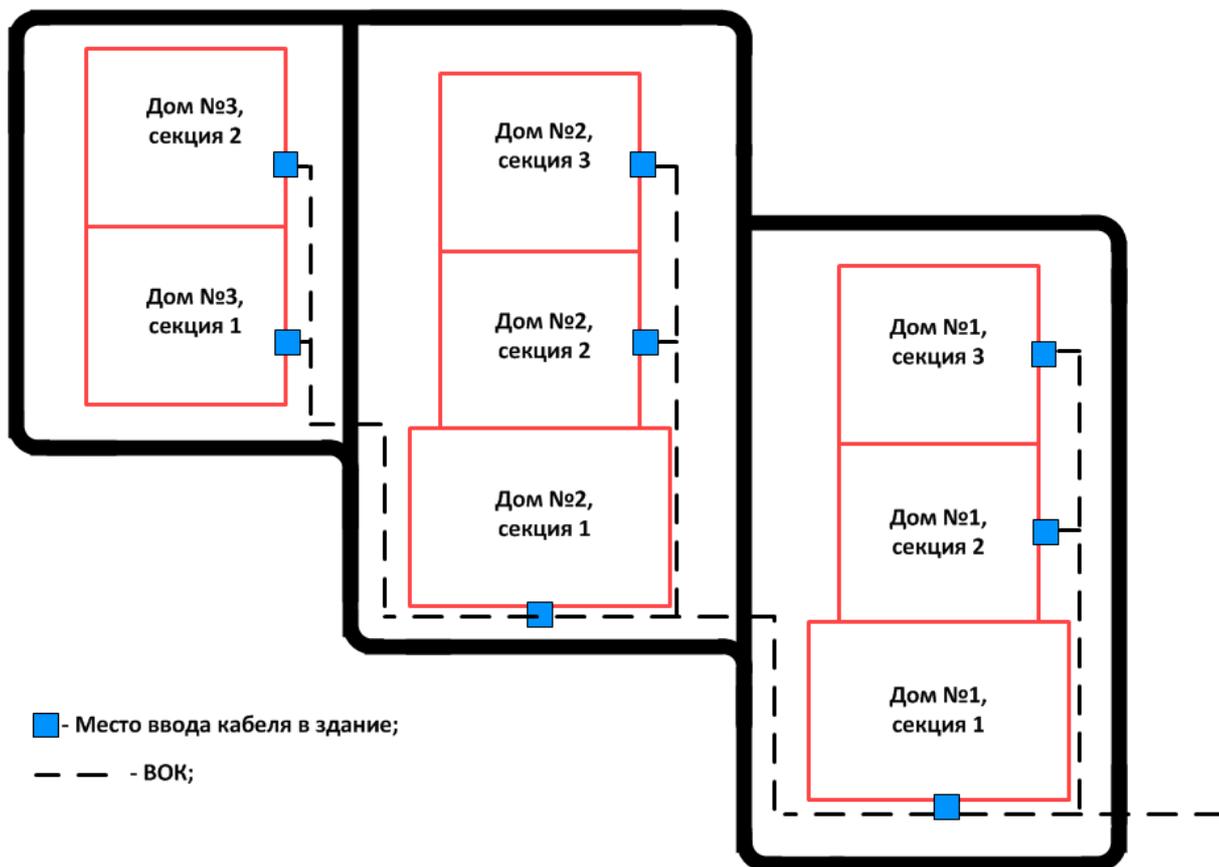
Максимальное допустимое растягивающее усилие 6 КН; Минимальный радиус изгиба 20 ø кабеля ;Рабочий диапазон температур, °С от –40 °С до +50 °С4) ; Температура прокладки и монтажа, не менее, °С –10 °С.

Для внутренней прокладки используется кабель ОВНП LS-NF-0.4M2 [33]. Применяется в качестве распределительного кабеля для прокладки внутри зданий, в кабельных лотках, в кабельных каналах, кабельной канализации, трубах, блоках, а также для наружной прокладки по внешним фасадам зданий.

Плоский гибкий малогабаритный кабель. Применяется в сетях по технологии оптика до клиента. Обеспечивает низкие потери на изгибах малого радиуса. Предназначен для подключения индивидуальных абонентов в офисах и многоквартирных жилых домах. Используется в сетях кабельного телевидения в качестве абонентского (отводного) кабеля, а также в локальных сетях для прокладки до рабочего места. От 1 до 8 оптических волокон (ОВ), соответствующие одной из рекомендаций МСЭ-Т G.651, G.652, G.653, G.655, G.657, находятся в центре конструкции кабеля. Силовой элемент - два металлических прутка, расположены в одной плоскости, параллельно ОВ. Внешняя оболочка черная

На рисунке 4.9 приведен вариант схемы прокладки кабеля для организации подключения оборудование в домах. По территории кабель укладывается в грунт. На рисунке синим квадратом отмечено место ввода кабеля в дом.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 39   |



**Рисунок 4.9 – Ситуационная схема трассы прокладки кабеля.**

Оптический кабель в домах прокладывается в защищенных кабель каналах, по возможности скрытым способом, или в слаботочной канализации (если такая имеется). Кабель в доме прокладывается для подключения коммутаторов доступа, которые установлены в соседних с агрегатором подъездах.

# 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

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

Размещение оборудования производится на существующих площадях, поэтому затраты на строительство новых зданий не предусмотрены. Расчет капитальных вложений в оборудование и материалы представлен в таблице 5.1 (данные в таблице взяты из общедоступных электронных ресурсов компаний производителей и дистрибьюторов).

**Таблица 5.1 – Смета затрат на оборудование и материалы**

| № п/п          | Наименование                             | Кол-во единиц | Стоимость, руб. |        |
|----------------|--|---------------|-----------------|--------|
|                |  |               | за единицу      | всего  |
| 1.             | D-link DGS-1510                          | 25            | 14510           | 362750 |
| 2.             | Агрегатор DXS-3400-24SC                  | 2             | 221000          | 442000 |
| 3.             | Шлюз D-Link DVG-2032S                    | 2             | 14410           | 28820  |
| 4.             | Шлюз D-Link DVG-3032S                    | 2             | 86000           | 172000 |
| 5.             | Asterisk NOW 150                         | 1             | 78000           | 78000  |
| 6.             | Zyxel NWA5123-AC                         | 6             | 10840           | 65040  |
| 7.             | Сервер HP DL560 Gen.9                    | 1             | 700000          | 700000 |
| 8.             | ПО для биллинга ACP<br>CombiBilling 2.0  | 1             | 150000          | 150000 |
| 9.             | Кросс ODF 8 SC/UPS 19"<br>1U             | 8             | 1 776           | 14208  |
| 10.            | Модуль SFP+                              | 20            | 6500            | 130000 |
| 11.            | Кабель SFP+ Allied Telesis<br>AT-SP10TW1 | 15            | 9750            | 146250 |
| 12.            | Коннекторы RJ-45                         | 500           | 4               | 2000   |
| 13.            | ИБП UPS 400VA FSP                        | 8             | 1900            | 15200  |
| 14.            | Сетевой фильтр                           | 8             | 1100            | 8800   |
| 15.            | ШТК антивандальный                       | 8             | 7100            | 56800  |
| 16.            | Патч-панель на 24 порта 5e<br>категории  | 25            | 1280            | 32000  |
| Итого: 2403868 |  |               |                 |        |

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{обор} = K_{np} + K_{mp} + K_{cмp} + K_{m/y} + K_{зср} + K_{нпр}, \text{ руб} \quad (5.1)$$

где  $K_{np}$  – Затраты на приобретение оборудования;

$K_{mp}$  – транспортные расходы (4% от  $K_{np}$ );

$K_{cмp}$  – строительно-монтажные расходы (20% от  $K_{np}$ );

$K_{зип}$  – затраты на запасные элементы и части (5% от  $K_{np}$ );

$K_{нпр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{np}$ ).

$$K_{обор} = K_{np} + K_{mp} + K_{cмp} + K_{m/y} + K_{зср} + K_{нпр} = \\ (1 + 0,04 + 0,2 + 0,05 + 0,03) * 2403868 = 3173106$$

Затраты на строительство и ввод в эксплуатацию линейно-кабельных сооружений представлены в таблице 5.2.

**Таблица 5.2 – Капитальные вложения на строительство и ввод в эксплуатацию линейно-кабельных сооружений**

| Наименование                   | Количество единиц/м | Стоимость, руб |                     |
|--------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
|                                |                     | за единицу, м  | всего               |
| Кабель ИКБ-Т 6 кВ              | 1000                | 19,15          | 19150               |
| Кабель ОВНП LS-HF-0.4A2.       | 300                 | 4,47           | 1341                |
| Комплектующие для монтажа ВОЛС | 1                   | 50000          | 50000               |
| Кабель UTP cat5e               | 30000               | 8              | 240000              |
|                                |                     |                | <b>Итого:310491</b> |

Капитальные затраты на строительство ВОЛС составят:

$$K_{лкс} = L * Y, \text{ тыс. руб} \quad (5.2)$$

где  $K_{лкс}$  – затраты на прокладку кабеля;

L – протяженность кабельной линии;

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 42   |

У – стоимость 1 км прокладки кабеля;

$$K_{ЛКС} = 1000 * 300 + 487 * 500 = 543500 \text{ руб}$$

Расчет проведен исходя из затрат на прокладку кабеля в грунте 300р/метр и внутри дома до коммутатора до абонента 500р/абонент. Суммарные затраты на приобретение оборудования, кабеля и других компонент мультисервисной сети составят:

$$KB = 543500 + 310491 + 3173106 = 4027097 \text{ руб.}$$

## 5.2 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы это текущие расходы предприятия на производство и предоставление абоненту услуг связи. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети. Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Эксплуатационные расходы включают в себя:

1. Затраты на оплату труда – необходимо сформировать фонд заработной платы для оплаты труда сотрудников.
2. Единый социальный налог – согласно законодательству РФ определить сумму отчислений в пенсионный фонд и т.д.
3. Амортизация основных фондов – рассчитать отчисления на формирование фонда замены оборудования
4. Материальные затраты и прочие производственные расходы.

**Затраты на оплату труда.** Предполагается, что для обслуживания оборудования потребуется новый персонал, рекомендуемый состав персонала приведен в таблице 5.3.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 43   |

**Таблица 5.3 – Состав персонала**

| Наименование должности  | Оклад | Количество, чел. | Сумма з/пл, руб. |
|-------------------------|-------|------------------|------------------|
| Системный администратор | 35000 | 2                | 70000            |
| Итого                   |       | <b>2</b>         | <b>70000</b>     |

Годовой фонд оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ} = \sum_{i=1}^k (T * P_i * I_i) * 12, \text{руб.} \quad (5.3)$$

где 12 – количество месяцев в году;

T – коэффициент премии

P<sub>i</sub> – заработная плата работника каждой категории.

$$\text{ФОТ} = 70000 * 12 = 840000 \text{ руб.}$$

**Страховые взносы.** Страховые взносы в 2017 году составляют 30 % от суммы годового заработка

$$\text{СВ} = 0.3 * \text{ФОТ} \quad (5.4)$$

$$\text{ФОТ} = 70000 * 0,3 * 12 = 252000 \text{ руб.}$$

**Амортизационные отчисления.** Эти отчисления на содержание производственных фондов компании, т.е. на замену/ремонт оборудования. Этот показатель рассчитывается с помощью утвержденных норм амортизационных отчислений. В проекте этот показатель вычислен относительно срока службы оборудования:

$$AO = T / F \quad (5.5)$$

где T – стоимость оборудования;

F – срок службы оборудования.

$$AO = 3173106 / 10 = 317310 \text{ руб.}$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 44   |

**Затраты на оплату электроэнергии** определяются в зависимости от мощности стационарного оборудования:

$$Z_H = T * 24 * 365 * P, \text{ руб} \quad (5.5)$$

где  $T = 3,8$  руб./кВт – тариф на электроэнергию

$P = 1$  кВт – суммарная мощность установок.

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$Z_{ЭН} = 3,8 * 24 * 365 * 1 = 33288, \text{ руб.}$$

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

$$Z_{пр} = 0.05 * \text{ФОТ} \quad (5.6)$$

$$Z_{эк} = 0.07 * \text{ФОТ} \quad (5.7)$$

Подставив значения в формулы (5.7) и (5.8), получается:

$$Z_{пр} = 0,05 * 840000 = 42000, \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = 0,07 * 840000 = 58800, \text{ руб.}$$

Таким образом, вычисляются прочие расходы:

$$Z_{прочие} = 58800 + 42000 = 100800, \text{ руб.}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в таблицу 5.4

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 45   |

**Таблица 5.4 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов**

| Наименование затрат           | Сумма затрат, руб. |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. ФОТ                        | 840000             |
| 2. Страховые взносы           | 252000             |
| 3. Амортизационные отчисления | 317310             |
| 4. Общие материальные затраты | 33288              |
| 5. Прочие расходы             | 100800             |
| 6. Аренда канала для ПД       | 500000             |
| <b>Итого:</b>                 | <b>2043398</b>     |

### 5.3 Определение доходов от основной деятельности

Доходы провайдера от предоставления услуг населению имеют два вида – единоразовые (оплата за подключение услуги) и периодические (абонентская плата за предоставление доступа к услугам). Разовая оплата за подключение к сети сейчас уже не распространена среди провайдеров, поэтому примем в расчет, что подключение абонента к сети будет бесплатное. Срок окупаемости вложений будет зависеть от получаемого дохода, который основан на количестве подключенных абонентов. Предполагаемое количество абонентов, которое будет подключаться к сети в определенный период, приведено в таблице 5.5.

**Таблица 5.5 – Количество подключаемых абонентов по годам**

| Год                    | Доступ к сети Интернет |           | IP-TV      |           | IP-телефония |           | VOD       |          |
|------------------------|------------------------|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|-----------|----------|
|                        | Физ. лица              | Юр. лица  | Физ. лица  | Юр. лица  | Физ. лица    | Юр. лица  | Физ. лица | Юр. лица |
| 1                      | 209                    | 20        | 100        | 10        | 30           | 35        | 24        | 0        |
| 2                      | 170                    | 15        | 90         | 0         | 23           | 0         | 30        | 0        |
| 3                      | 107                    | 0         | 54         | 0         | 20           | 0         | 20        | 0        |
| <b>Всего абонентов</b> | <b>487</b>             | <b>35</b> | <b>244</b> | <b>10</b> | <b>73</b>    | <b>35</b> | <b>24</b> | <b>0</b> |

Расчет окупаемости будет проводиться при условии полного подключения абонентов за 3 года. В первый год планируется подключить минимум 50% от общего количества абонентов. Предполагается, что юридические лица будут заинтересованы в подключении всего спектра услугам.

Проанализировав, тарифные планы конкурентов, были выбраны следующие цены на услуги: Доступ к сети Интернет: юридические лица - 1500, физические лица – 300 за 50 Мбит/с; услуга IP-TV: юридические лица - 500, физические лица - 250; услуга IP-телефония: юридические лица - 350, физические лица – 200 (цены указаны в рублях). Примем в расчет, что услугой видео по запросу абоненты будут пользоваться активно и тратить на это будут около 200 рублей в месяц. На основании определенной цены за услуги проведен расчет ежегодного дохода.

**Таблица 5.6 – Доходы от основной деятельности за первые 3 года.**

| Год | Доход, руб. |         |
|-----|-------------|---------|
|     | За месяц    | За год  |
| 1   | 246389,8    | 2956678 |
| 2   | 188551      | 2262612 |
| 3   | 105069,2    | 1260830 |

На основании расчетов предполагаемого дохода за год определим основные экономические показатели проекта.

#### **5.4 Определение оценочных показателей проекта**

Экономические показатели, которые необходимо рассчитать, это срок окупаемости, индекс рентабельности, внутренняя норма доходности.

Срок окупаемости можно оценить при использовании расчета чистого денежного дохода ( $NPV$ ), который показывает величину дохода на конец  $i$ -го периода времени. 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 (5.9):

$$NPV = PV - IC \quad (5.8)$$

где  $PV$  – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.10);

$IC$  – отток денежных средств в начале  $n$ -го периода, рассчитываемый по формуле (5.11).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.9)$$

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

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.10)$$

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

Следует обратить внимание, что при наличии года на ввод сети в эксплуатацию, первым годом при расчете  $IC$  ( $n=1$ ) будет именно нулевой год.

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. Примем ставку дисконта равную 10%. В таблице 5.7 приведен расчет дисконтированных доходов и расходов, а также чистый денежный доход с учетом дисконтирования, параметр  $P_n$  показывает доход, полученный за текущий год.

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

| Год | P       | PV       | I       | IC       | NPV      |
|-----|---------|----------|---------|----------|----------|
| 0   | 0       | 0        | 6070495 | 6070495  | -6070495 |
| 1   | 2956678 | 2639891  | 2043398 | 7894958  | -5255067 |
| 2   | 5219290 | 6800676  | 2043398 | 9523942  | -2723265 |
| 3   | 6480120 | 11413098 | 2043398 | 10978392 | 434706   |
| 4   | 6480120 | 15531331 | 2043398 | 12277009 | 3254323  |
| 5   | 6480120 | 19208325 | 2043398 | 13436487 | 5771838  |
| 6   | 6480120 | 22491356 | 2043398 | 14471737 | 8019619  |
| 7   | 6480120 | 25422633 | 2043398 | 15396066 | 10026567 |

Определим срок окупаемости ( $PP$ ), т.е. период времени от момента старта проекта до момента, когда доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.11)$$

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.

$$PP = 3 + \frac{2723265}{(2723265 + 434706)} = 3,86 = 3 \text{ года } 11 \text{ месяцев}$$

Индекс рентабельности - относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам.

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.12)$$

Индекс рентабельности на момент окупаемости (4 год эксплуатации)

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 49   |

проекта составит:

$$PI = 15531331/12277009 = 1,265 = 26,5\%$$

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.

Оценка показателя *IRR* позволяет оценить целесообразность решений инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. Чем выше *IRR*, тем больше возможностей у предприятия в выборе источника финансирования. *IRR* показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект. *IRR* должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (5.13)$$

где *i* – ставка дисконтирования

Расчет показателя *IRR* осуществляется путем последовательных итераций. В этом случае выбираются такие значения нормы дисконта *i*<sub>1</sub> и *i*<sub>2</sub>, чтобы в их интервале функция *NPV* меняла свое значение с «+» на «-», или наоборот. Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.14)$$

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 50   |

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

Для данного проекта:  $i_1=12$ , при котором  $NPV_1 = 434706$  руб.;  $i_2=20$  при котором  $NPV_2 = -536401$  руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 12 + 434706 / 434706 - (-536401) * (20 - 12) = 15,58$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 15,58 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 12%, таким образом, проект следует принять.

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

| <b>Наименование показателей</b>                              | <b>Значения показателей</b>      |
|--|----------------------------------|
| <b>Объем капитальных вложений в проект, руб.</b>             | 4027097                          |
| <b>Годовые эксплуатационные расходы, руб., в том числе:</b>  | 2043398                          |
| ФОТ, руб.  | 840000                           |
| Страховые взносы, руб.                                       | 252000                           |
| Амортизационные отчисления, руб.                             | 317310                           |
| Общие материальные затраты, руб.                             | 33288                            |
| Прочие расходы, руб.   | 100800                           |
| Аренда канала для ПД, руб.                                   | 500000                           |
| Численность персонала по обслуживанию линейного тракта, чел. | 2                                |
| Количество абонентов, чел.                                   | 487 физ лиц, 35 юридических лиц. |
| Срок окупаемости   | 3 года 11 месяцев                |
| Рентабельность   | 26,5%                            |
| Внутренняя норма доходности                                  | 15,58%                           |

Расчеты экономических показателей проекта подтверждают инвестиционную привлекательность проекта телекоммуникационной сети в целом. Окупаемость проекта не превышает 4 лет с момента начала эксплуатации.

Если проект будет реализовываться крупными городскими провайдерами, то срок возврата инвестиций будет значительно меньше ввиду наличия большинства оборудования в пользовании и отсутствием необходимости в аренде каналов передачи данных.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 52   |

## 6 МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Соблюдение мер по охране труда, технике безопасности, а также охраны окружающей среды являются важными аспектами в деятельности предприятия [34-41]. За несоблюдение каких-либо условий, которые могут повлечь за собой нанесение вреда здоровью сотрудника, либо окружающей среды предусмотрены наказания для работодателя как по административному законодательству (штрафы), так и вплоть до уголовной ответственности для отдельных лиц в случае серьезных нарушений.

Поэтому на каждом предприятии имеются отделы и управления, которые следят за исполнением сотрудниками всех норм и правил. Все нормы и правила приведены в существующем законодательстве РФ, поэтому подробно их описывать не имеет смысла. Далее будут приведены отдельные выдержки из действующих правил с указанием документа первоисточника.

К самостоятельной работе связистом-ремонтником допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Работник не прошедший своевременно повторный инструктаж по охране труда (не реже одного раза в 3 месяца), не должен приступать к работе.

Работник обязан соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка, установленные в организации, не допускать нарушения трудовой и производственной дисциплины.

Работник не должен приступать к выполнению разовых работ, не связанных с его прямыми обязанностями по специальности, без прохождения целевого инструктажа.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 53   |

Заметив нарушение требований правил и норм по охране труда другим работником, работник должен предупредить его о необходимости их соблюдения.

Перед началом работ связист-ремонтник обязан получить оформленный наряд-допуск на проведение:

- работ в подземных смотровых устройствах (кабельных колодцах, коллекторах);
- огневых работ;
- работ на кабелях с напряжением дистанционного питания;
- работ на опорах при нахождении на высоте более 5 м;
- работ на кабельных линиях передачи, подверженных влиянию электрифицированных железных дорог.

Надеть специальную одежду, подготовить средства индивидуальной защиты; проверить исправность инструмента, приспособлений и средств защиты, необходимых для выполнения данной работы; проверить рабочее место и подходы к нему на соответствие требованиям безопасности; поставить необходимые защитные ограждения и вывесить предупреждающие плакаты.

Обо всех недостатках и неисправностях инструмента, приспособлений и защитных средств, обнаруженных при осмотре, необходимо доложить руководителю работ для принятия мер к их устранению или замене.

Перед стойками оборудования, которые имеют напряжение 220 В, распределительными щитками, АТС координатной системы должны быть положены диэлектрические коврики. На чехлах оборудования, закрывающих контакты, к которым подведено напряжение 220 В, должен быть нанесен знак электрического напряжения (красная стрела). При работе на стремянках вблизи питающих шин в зале АТС запрещается касаться шин питания и других токоведущих частей.

Снятие приборов со штатива и чистка контактного поля (рабочего места) прибора производится при выключенном напряжении (снятом индивидуальном предохранителе).

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 54   |

В случае возникновения аварийной ситуации следует:

- прекратить все работы, не связанные с ликвидацией аварии;
- о случившемся сообщить непосредственному руководителю;
- обеспечить вывод людей из опасной зоны, если есть опасность для их здоровья и жизни;
- принять меры по оказанию первой помощи (если есть потерпевшие);
- принять меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- осуществлять другие действия, предусмотренные планом локализации и ликвидации инцидентов и аварий или планом действия при ЧС структурного подразделения.

При пожаре следует вызвать подразделение по чрезвычайным ситуациям, сообщить о происшедшем непосредственному руководителю, принять меры по тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения. Применение воды и пенных огнетушителей для тушения находящегося под напряжением электрооборудования недопустимо. Для этих целей используются углекислотные и порошковые огнетушители.

При несчастном случае необходимо:

- немедленно безопасно прекратить работу;
- соблюдая личную безопасность освободить пострадавшего от действия травмирующего фактора;
- оказать первую доврачебную помощь, вызвать скорую медицинскую помощь (номер телефона 103);
- принять меры по предотвращению травмирования других лиц;
- сообщить о происшествии непосредственному руководителю или иному должностному лицу подразделения или предприятия (диспетчеру);
- сохранить обстановку происшествия и состояния оборудования таким, каким они были в момент происшествия, если это не угрожает жизни или здоровью окружающих или не приведет к аварии.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 55   |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР были разработаны рекомендации по построению телекоммуникационной мультисервисной сети для жителей домов по ул.Кирпичная 65 г. Белгорода. Рекомендации содержат: экспликацию объекта, анализ инфраструктуры с расчетом количества потенциальных абонентов и перечень предоставляемых услуг, схему мультисервисной сети, прокладки кабеля, размещения оборудования в доме (подъезд, этаж). Все решения, приведенные в пояснительной записке, подробно обоснованы. На основании проведенного анализа было принято решение строить сеть по технологии FTTB на базе FE/GE устройств. Это обусловлено тем, что присутствующие провайдеры имеют такого же плана сети, а также что такой подход будет менее затратным с финансовой точки зрения. Общее количество абонентов в 487 физических лиц и 35 юридических, для них были определены основные мультисервисные услуги - IP-телефония, IPTV, VoD(видео по запросу), доступ к сети Интернет, Беспроводной доступ к сети Интернет.

Основное оборудование для оптической сети выбрано компании D-link. Оборудование имеет всю необходимую документацию, соответствует предъявляемым требованиям, а также имеет сравнительно небольшую стоимость.

Был проведен расчет затрат на приобретение оборудования и обслуживание сети, а также проведен расчет экономических показателей проекта. Проведенные расчеты показали необходимость 4,2 млн. рублей на реализацию проекта, годовые затраты 2 млн. рублей, проект будет приносить прибыль на 4 году эксплуатации, рентабельность на момент окупаемости 26,5%. В разделе 5 пояснительной записки указан ряд предложений по снижению затрат на ввод сети в эксплуатацию и повышению прибыли от услуг.

В проекте указаны мероприятия, связанные со строительством кабельных линий связи, а также мероприятия по технике безопасности и охране труда при эксплуатации оборудования и при проведении монтажных работ.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 56   |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочная информация по недвижимости ЦИАН / [Электронный ресурс] <https://belgorod.cian.ru/zhiloy-kompleks-kirpichnaya-65-belgorod-31566/> (дата обращения 22.03.2018)
2. Проектная декларация ул.Кирпичная 65 г. Белгород / [Электронный ресурс] <http://www.belnovosti.ru/nb/proektnaya-deklaraciya-gruppa-kirpichnaya/> (дата обращения 22.03.2018)
3. Тарифы провайдера ПАО «Ростелеком» / [Электронный ресурс] <https://belgorod.rt.ru> (дата обращения 22.04.2018)
4. Тарифы провайдера ПАО «МТС» / [Электронный ресурс] [www.belgorod.mts.ru/](http://www.belgorod.mts.ru/) (дата обращения 22.04.2018)
5. Тарифы провайдера Wifire / [Электронный ресурс] [belgorod.netbynet.ru/](http://belgorod.netbynet.ru/) (дата обращения 22.04.2018)
6. Тарифы провайдера ООО «Русич-ТВН» / [Электронный ресурс] [www.rutvn.ru/](http://www.rutvn.ru/) (дата обращения 21.04.2018)
7. Филимонов А. Построение мультисервисных сетей Ethernet [текст] / А.Филимонов // Изд.: БХВ-Петербург, 2007г. 530с.
8. Смирнова Е.В. . Технологии современных сетей Ethernet. Методы коммутации и управления потоками данных [текст] / Е.В. Смирнова, П.В. Козик // Изд.: БХВ-Петербург, 2012г. 272с
9. Кузьменко Н.Г. . Компьютерные сети и сетевые технологии [текст] / Н.Г. Кузьменко // Изд.: Наука и техника, 2013г. 368с
10. Максимов Н.В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем [текст] / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов // Изд.: НИЦ ИНФРА-М, 2016г. 512с
11. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер // Изд.: Питер, 2016г. 992с.
12. Бакланов, И.Г. Технологии ADSL/ADSL2+: Теория и практика применения[текст] / И.Г.Бакланов. – М.: Метротек, 2007. – 384 с.: ил.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 57   |

13. Роберт К. Бингхэм ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation [текст]/ Роберт К. Бингхэм // Изд. John Wiley and Sons, Ltd, 1999г.
14. Обзор технологии VDSL2 /[Электронный ресурс]/ <http://admin-gu.ru/network/obzor-tekhnologii-vdsl-vdsl2> (дата обращения 25.04.2018)
15. Обзор технологии VDSL2 /[Электронный ресурс]/ <http://citforum.ru/nets/hard/vdsl2/> (дата обращения 25.04.2018)
16. Куроуз Д. Компьютерные сети. Нисходящий подход [текст]/ Д. Куроуз, К. Росс// 6-е изд. - М.: 2016. — 912 с
17. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС [текст] / А.Б. Семенов // Изд.: ДМК Пресс, Компания АйТи. – 2014.г. 632с.
18. Роджер Л. Фриман Волоконно-оптические системы связи [текст] / Роджер Л. Фриман // Изд.: Техносфера. 2007г. 514с.
19. Дмитриев С. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы [текст]/ С. Дмитриев, Н. Слепов // Изд.: Техносфера. – 2010г. 608с.
20. Цуканов В.Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство [текст]/ В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев // Изд.:Инфра-Инженерия – 2014г. 304с
21. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [текст]/ О.К. Скляров // Изд.: Лань – 2010г. 272с
22. Листвин В.Н. DWDM-системы [текст]/ В.Н. Листвин, В.Н. Трещиков // Изд.: Техносфера – 2015г. 296с
23. Никульский И. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа [текст]/ И. Никульский // Изд.: Техносфера – 2006г. 256с
24. Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN [текст]/Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый// Изд.: БХВ-Петербург – 2013г. 160с
25. К. Кочетков Волокно в каждый дом: как это работает. Технология GPON [Электронный ресурс]/ <http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon.shtml> (дата обращения 28.04.2018)

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 58   |

26. Технические характеристики Zyxel NWA5123-AC [Электронный ресурс]/ [https://www.zyxel.com/ru/ru/products\\_services/802-11ac-Wave2-Dual-Radio-Unified-Access-Point-NWA5123-AC-HD/](https://www.zyxel.com/ru/ru/products_services/802-11ac-Wave2-Dual-Radio-Unified-Access-Point-NWA5123-AC-HD/) (дата обращения 29.04.2018)

27. Технические характеристики D-link DGS-1510 [Электронный ресурс]/ <http://www.dlink.ru/ru/products/1/1956.html> / (дата обращения 28.04.2018)

28. Технические характеристики DXS-3400-24SC [Электронный ресурс]/ <http://www.dlink.ru/ru/products/1/2117.html> / (дата обращения 29.04.2018)

29. Технические характеристики D-Link DVG-2032S [Электронный ресурс]/ <http://www.dlink.ru/ru/products/8/807.html> / (дата обращения 29.04.2018)

30. Технические характеристики D-Link DVG-3032S [Электронный ресурс]/ <http://www.dlink.ru/ru/products/8/623.html> / (дата обращения 29.04.2018)

31. Технические характеристики AsteriskNOW 150 [Электронный ресурс]/ [http://www.pbxware.ru/catalog/ip\\_atc/asterisk\\_now/ip\\_ats\\_asterisknow\\_150/](http://www.pbxware.ru/catalog/ip_atc/asterisk_now/ip_ats_asterisknow_150/) (дата обращения 30.04.2018)

32. Технические характеристики кабеля ИКБ-Т 6 кН [Электронный ресурс]/ <http://lanset.ru/ogc-4a-7kn/> (дата обращения 05.05.2018)

33. Технические характеристики кабеля ОВНП LS-HF-0.4A2 [Электронный ресурс]/ <https://www.kdds.ru/kabelnaya-produkciya/opticheskiy-kabel/opticheskiy-kabel-dlya-prokladki-v-kanalizaciyu-v-stalnoy-gofrirovannoy-lente/ovnp-ls-hf-04m2> / (дата обращения 05.05.2018)

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

35. Руководство по строительству линейных сооружений магистральных и внутризоновых кабельных линий связи [текст]/М-во связи СССР. - М.: Радио и связь, 1986г. 1025с.

36. Приказ от 24 января 1994 г. N 18 «Об утверждении нового положения об организации работы по охране труда на предприятиях, в учреждениях и организациях, подведомственных министерству связи

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 59   |

российской федерации» [Электронный ресурс]/ <http://www.referent.ru/1/35512>  
(дата обращения 25.05.2018)

37. Постановление от 8 февраля 2000 г. N 14 «Об утверждении рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации» [Электронный ресурс]/ [www.government-nnov.ru/?id=71330](http://www.government-nnov.ru/?id=71330) (дата обращения 25.05.2018)

38. Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций. №4209, Москва, 2003.

39. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Москва, 2003.

40. Правила по охране труда при работе на линейных сооружениях кабельных линий передачи. ПОТ РО-45-009-2003, Москва, 2003.

41. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00, Москва, 2001.

|      |      |         |         |      |                             |      |
|------|------|---------|---------|------|-----------------------------|------|
|      |      |         |         |      | 11070006.11.03.02.118.ПЗВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |                             | 60   |

---

Выпускная квалификационная работа выполнена мной совершенно самостоятельно. Все использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ г.

---

*(подпись)*

---

*(Ф.И.О.)*