

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ПО
ТЕХНОЛОГИИ GRON В МИКРОРАЙОНЕ РАЗУМНОЕ 81
БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы связи
заочной формы обучения, группы 12001452
Суворова Романа Сергеевича

Научный руководитель
ассистент кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Рачинский С.А.

Рецензент
инженер электросвязи 1 категории
участка систем коммутации №1,
Белгородского филиала ПАО
«Ростелеком» Власов С.А.

БЕЛГОРОД 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНА РАЗУМНОЕ 81 БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА.....	6
2 ПОСТРОЕНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON	13
3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	19
3.1 Расчет трафика телефонии.....	21
3.2 Расчет трафика IP-TV.....	22
3.3 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет.....	25
4. ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON В МИКРОРАЙОНЕ РАЗУМНОЕ 81 БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА.....	29
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование мультисервисной сети связи по технологии GPON в <u>микрорайоне Разумное 81</u> <u>Белгородского района</u>	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		<i>Суворов Р.С</i>					2	59
Провер.		<i>Рачинский С.А.</i>				НИУ«БелГУ» гр.12001452		
Рецензент		<i>Власов С.А.</i>						
Н.Контроль		<i>Рачинский С.А.</i>						
Утвердил		<i>Жиляков Е.Г.</i>						

ВВЕДЕНИЕ

Микрорайон Разумное 81 расположен в п. Разумное Белгородского района, в 12 км от города Белгорода – областного центра. Микрорайон расположен с обеих сторон от автодороги «Белгород-Шебекино-Валуйки», имеет выезд на современную автодорогу «Таврово-Разумное-Новосадовый-Северный».

Микрорайон осваивается с 2014 г., в нем 930 участков для ИЖС. Вдоль автодороги «Белгород-Шебекино-Валуйки» в микрорайоне предусмотрены участки для коммерческого использования.

В настоящее время общее количество участков под ИЖС 1591 (желтый цвет на карте), помимо этого имеется 23 участка для коммерческого назначения (фиолетовый цвет на карте) и 4 участка для размещения объектов социального и коммунального назначения (они выделены на карте красным цветом). Из них 1208 участков ИЖС находятся в нижней части микрорайона, а 383

В микрорайоне уже давно имеются построенные и сданные в эксплуатацию дома, однако полному заселению препятствует построение технологических коммуникаций, в частности центральное водоснабжение, канализация и газификация.

В основном заселенные дома располагаются вблизи улицы Новоселов, где расположены таун-хаусы.

В зоне микрорайона Разумное-81 жители могут получать доступ к сети Интернет, только используя сотовых операторов. В частности, Теле2, МТС, Билайн и др. имеют в микрорайоне зону покрытия сетью 3G и 4G, согласно картам покрытия с их официальных ресурсов.

С 2018 года на окраине микрорайона началось строительство фрагмента телекоммуникационной сети GPON, о чем свидетельствует наличие подвешенного оптического кабеля и объявления о подключении. Весь микрорайон не охватывается, и дальнейшее развитие сети остается под вопросом.

Актуальность выбора технологии GPON обусловлена тем, что:

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		3

1. Телекоммуникационная инфраструктура (ТКИ) а в микрорайоне отсутствует

2. При построение новой ТКИ предполагает прокладку кабеля, в частности целесообразно прокладывать оптический кабель, как наиболее эффективный и перспективный вариант.

3. Использование технологий xDSL или xEthernet в качестве последней мили предполагает использование медного кабеля и необходимость использования дополнительного коммутационного оборудования в различных сегментах микрорайона. Имеется ввиду установка коммутационных шкафов, которая будет более затратной. Как по капитальным затратам, так и по дальнейшему обслуживанию.

В связи с этим, использование GPON в качестве технологии для построения ТКИ, является обоснованным и наиболее целесообразным.

Жители микрорайона заинтересованы в развитии телекоммуникационной инфраструктуры, так как в ближайшее время там планируется завершение работ по обеспечению района всей коммунальной инфраструктурой, что способствует увеличению количества заселенных на постоянное жительство домов.

В связи с этим цель разработать проект построения телекоммуникационной сети на базе технологии GPON с целью обеспечения жителей высокоскоростным и качественным доступом к современным телекоммуникационным услугам является актуальной.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ инфраструктуры микрорайона Разумное 81.
2. Провести анализ подходов по построению телекоммуникационной сети на базе технологии GPON.
3. Рассчитать требуемые ресурсы сети для предоставления выбранного спектра услуг.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		4

4. Разработать проект телекоммуникационной сети с использованием технологии GPON.
5. Провести анализ современного оборудования GPON и выбрать наиболее подходящее.
6. Составить смету затрат на реализацию всех мероприятий по проекту.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

1 АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНА РАЗУМНОЕ 81 БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА

Микрорайон Разумное 81 расположен в п. Разумное Белгородского района, в 12 км от города Белгорода – областного центра. Микрорайон расположен с обеих сторон от автодороги «Белгород-Шебекино-Валуйки», имеет выезд на современную автодорогу «Таврово-Разумное-Новосадовый-Северный».

Микрорайон осваивается с 2014 г., и первоначально в нем было выделено 930 участков для ИЖС. Вдоль автодороги «Белгород-Шебекино-Валуйки» в микрорайоне предусмотрены участки для коммерческого использования.

Актуальный план микрорайона приведен на рисунке [1] 1.1.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		6

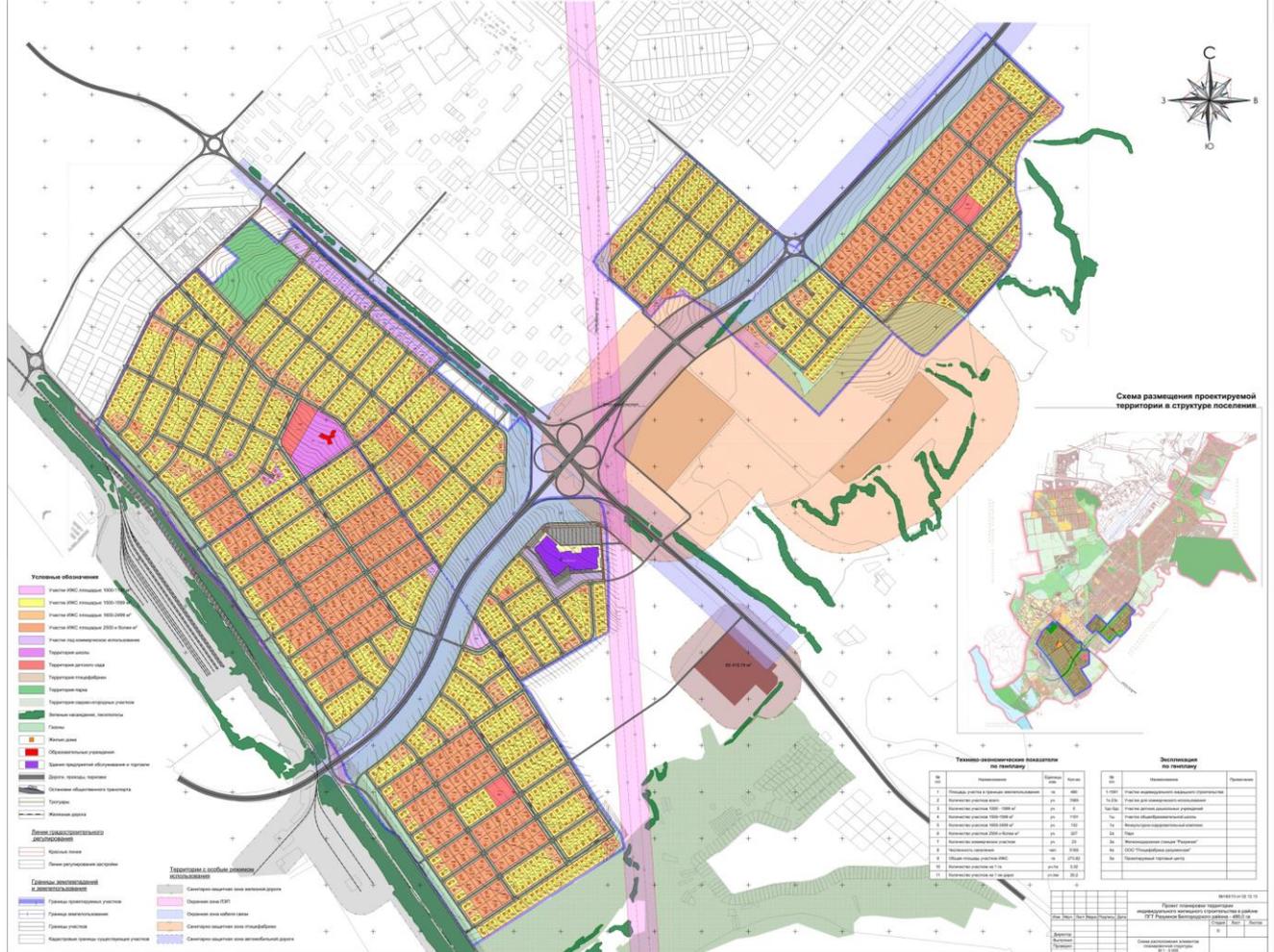


Рисунок 1.1 – План микрорайона Разумное-81 Белгородского района

В настоящее время общее количество участков под ИЖС 15 (желтый цвет на карте), помимо этого имеется 23 участка для коммерческого назначения (фиолетовый цвет на карте) и 4 участка для размещения объектов социального и коммунального назначения (они выделены на карте красным цветом).

В микрорайоне уже давно имеются построенные и сданные в эксплуатацию дома, однако полному заселению препятствует построение технологических коммуникаций, в частности центральное водоснабжение, канализация и газификация. В основном заселенные дома располагаются вблизи улицы Новоселов, где расположены таун-хаусы.

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

11120005.11.03.02.107.ПЗВКР

Лист

7

В зоне микрорайона Разумное-81 жители могут получать доступ к сети Интернет, только используя сотовых операторов. В частности Теле2, МТС, Билайн и др. имеют в микрорайоне зону покрытия сетью 3G и 4G, согласно картам покрытия с их официальных ресурсов (рисунок 1.2 – 1.4)[2].

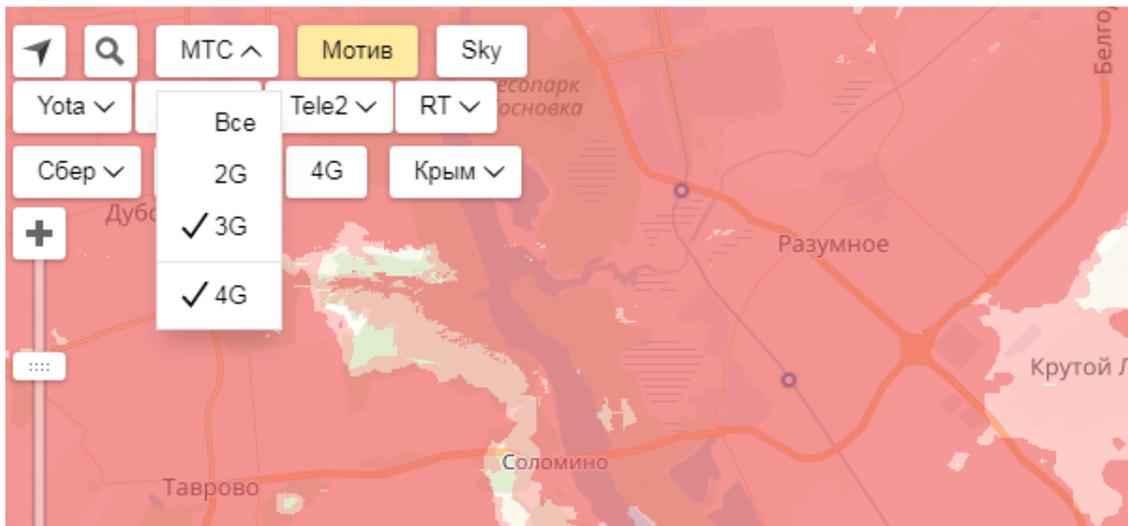


Рисунок 1.2 – Зона покрытия 3G/4G оператора ПАО «МТС» п.Разумное

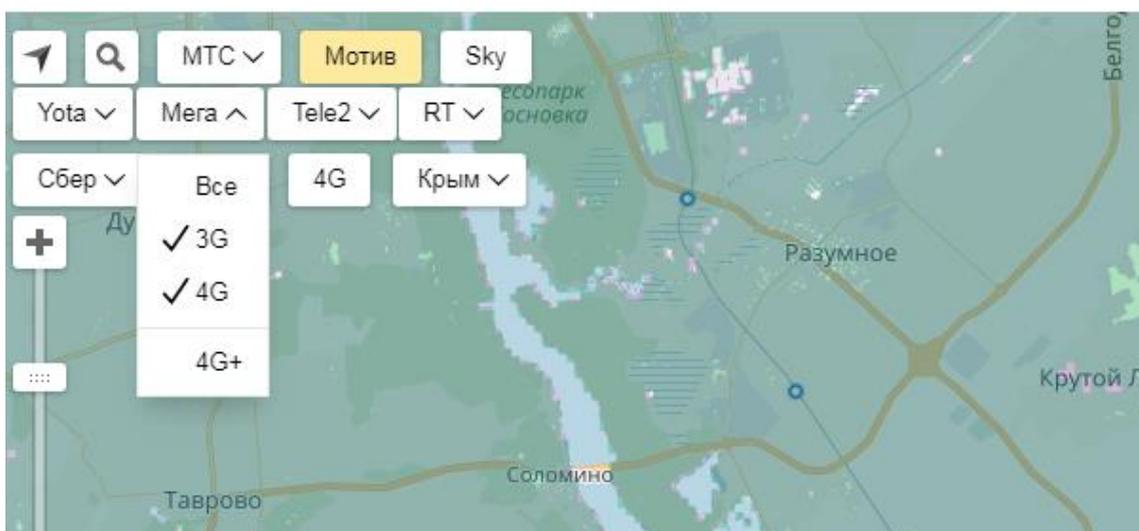


Рисунок 1.3 – Зона покрытия 3G/4G оператора ПАО «Мегафон» п.Разумное

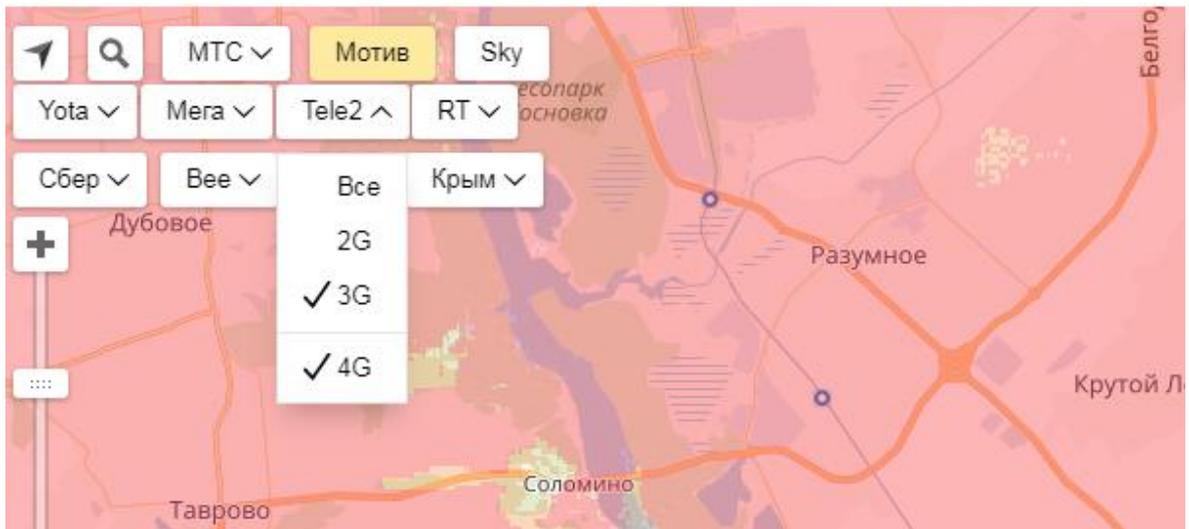


Рисунок 1.4 – Зона покрытия 3G/4G оператора ПАО «Теле2» п.Разумное

С 2018 года на окраине микрорайона началось строительство фрагмента телекоммуникационной сети GPON, о чем свидетельствует наличие подвесного оптического кабеля и объявления о подключении. Весь микрорайон не охватывается, и дальнейшее развитие сети остается под вопросом.

Актуальность выбора технологии GPON обусловлена тем, что:

1. Телекоммуникационная инфраструктур (ТКИ) а в микрорайоне отсутствует
2. При построение новой ТКИ предполагает прокладку кабеля, в частности целесообразно прокладывать оптический кабель, как наиболее эффективный и перспективный вариант.
3. Использование технологий xDSL или xEthernet в качестве последней мили предполагает использование медного кабеля и необходимость использования дополнительного коммутационного оборудования в различных сегментах микрорайона. Имеется ввиду установка коммутационных шкафов, которая будет более затратной. Как по капитальным затратам, так и по дальнейшему обслуживанию.

В связи с этим, использование GPON в качестве технологии для построения ТКИ, является обоснованным и наиболее целесообразным.

Жители микрорайона заинтересованы в развитии телекоммуникационной инфраструктуры, так как в ближайшее время там планируется завершение работ по обеспечению района всех коммунальной инфраструктурой, что способствует увеличению количества заселенных на постоянное жительство домов.

Сегодня в Белгородском районе, а именно в сегменте частного сектора подключение по технологии GPON уже реализуется несколькими провайдерами, в частности Zarit [3] – стоимость от 9800 рублей, Ростелеком – от 12000 рублей. Высокая стоимость обусловлена необходимостью построения телекоммуникационной инфраструктуры с нуля под каждого абонента.

Указанная выше сумма берется только за подключение, что касается тарифных планов, то в среднем за услугу «доступ к сети Интернет до 100Мбит/с» провайдеры предлагают абонентскую плату до 600 рублей в месяц [4-7]. На рисунках 1.5-1.6 приведены тарифные планы наиболее популярных провайдеров в г.Белгороде.

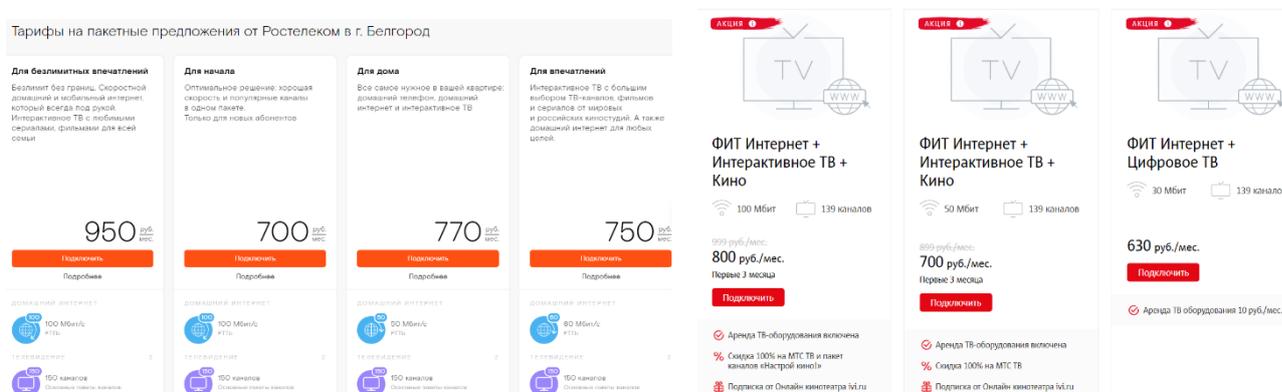


Рисунок 1.5 – Тарифные планы ПАО «Ростелеком» (левый) и ПАО «МТС» (правый) г.Белгород.

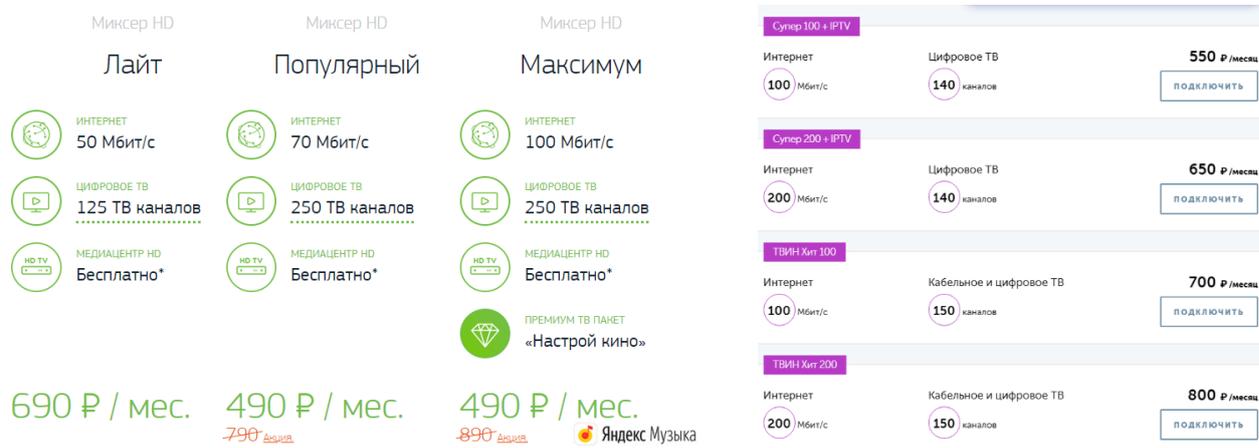


Рисунок 1.6 – Тарифные планы «Зеленая точка» (левый) и «Русич ТВН» (правый) г.Белгород.

Диапазон цен на услугу Интернет на скорости 100 Мбит/с составляет 500-750 рублей, цена зависит от проводимых акций провайдером при подключении.

Сегодня базовым набором телекоммуникационных услуг можно считать:

1. доступ к сети Интернет;
2. Цифровое интернет телевидение (IPTV) с поддержкой HD-каналов;
3. Покупка видео по запросу (VoD);
4. IP телефония.

В ВКР будет учитываться полный набор услуг со следующим процентом популярности (по итогу полного ввода сети в эксплуатацию): Интернет -100%, IPTV – 60%, VoD 10% (от IPTV), IP-телефония - 10%. В результате такого распределения, планируемое количество абонентов будет следующим (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Планируемое распределение услуг по абонентам

Объект	Интернет	IP-TV	VoD	IP-телефония
Физ.лица	1591	955	96	139
Юр.Лица	23	0	0	23
Итого:	1614	955	96	162

Таким образом, далее необходимо провести расчет нагрузки при пользовании полным списком услуг всеми абонентами, чтобы определить общую пропускную способность сети. Выбрать на основе полученных данных необходимое оборудования для GPON технологии, разработать схему телекоммуникационной сети, схему прокладки кабеля, и план размещения оборудования.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		12

2 ПОСТРОЕНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON [8-21]

GPON технология подразумевает применение оптического волокна в качестве среды передачи сигнала. Оптические линии уже давно зарекомендовали себя как надежные и эффективные средства для организации телекоммуникационных сетей. Это обусловлено тем, что они имеют значительно большую пропускную способность, меньшее ослабление сигнала, высокую защиту от внешних электромагнитных помех, меньшие размеры и массу в сравнении с медными кабелями.

Главное преимущество GPON это отсутствие необходимости не электропитания для промежуточных узлов абонентской линии. Вследствие этого пассивная оптическая сеть будет надежней и дешевле в эксплуатации. Также сегодня можно говорить о относительно малых затратах на строительство сети и возможность ее постепенного наращивания.

Оптические сети доступа имеют различные варианты построения:

1. Топология «звезда» со связями точка-точка – реализуется как включение индивидуального абонента выделенным оптическим волокном к оборудованию доступа (рисунок 2.1).

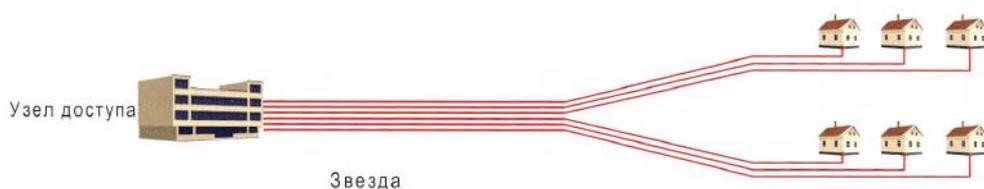


Рисунок 2.1 – Топология построения PON сети «звезда»

2. Топология «дерево» - актуальна при большом расстоянии между абонентами. При использовании необходимо предварительно рассчитывать оптический бюджет в зависимости от выбранных разветвителей (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Топология построения PON сети «активное деерво»

3. Топология «дерево с пассивным оптическим разветвлением» - использует основное (магистральное) волокно, которое необходимо разделить и подключить всех абонентов с помощью сплиттера. Далее пользователь будет подключаться отдельным волокном (рисунок 2.3).

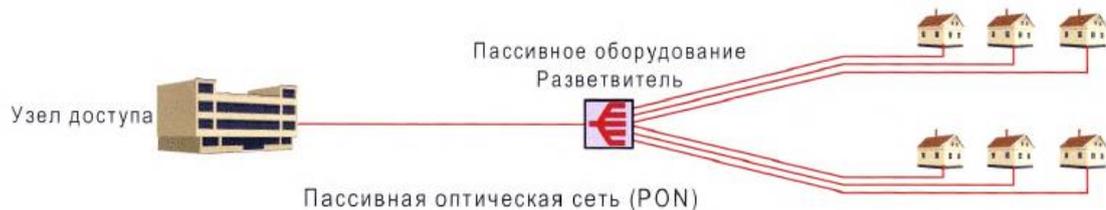


Рисунок 2.3 – Топология построения PON сети «пассивное дерево»

Общий принцип работы следующий: одному порту центрального узла подключается сегмент оптической сети с большим количеством абонентов. В сети предусмотрены промежуточные узлы (сплиттеры), функция которых состоит в делении мощности оптического сигнала. Общая схема PON сети приведена на рисунке 2.4.

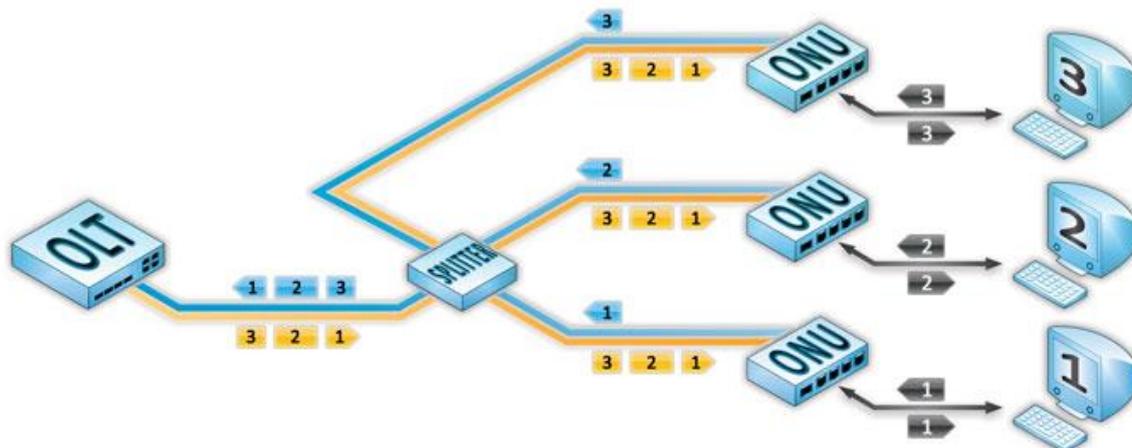


Рисунок 2.4– Общая схема построения PON сети

Основные элементы оптической сети следующие:

- Центральный узел OLT – главное устройство, располагаемое в узле доступа. Формирует поток данных к абонентам, принимает данные с верхних уровней сети (сервисы и услуги).
- Абонентский узел ONU – абонентское устройство, необходимое для приема и передачи данных от OLT. Рабочие длины волн 1550 нм и 1310.
- Сплиттер – устройство для деления сигнала и разделения оптического волокна. Разделяет поток при передаче и объединяет при приеме данных от OLT.

Основное преимущество PON это использование одного приемопередатчика в OLT для передачи информации большому количеству ONU. Принцип передачи и приема данных в оптических сетях приведен на рисунке 2.5.

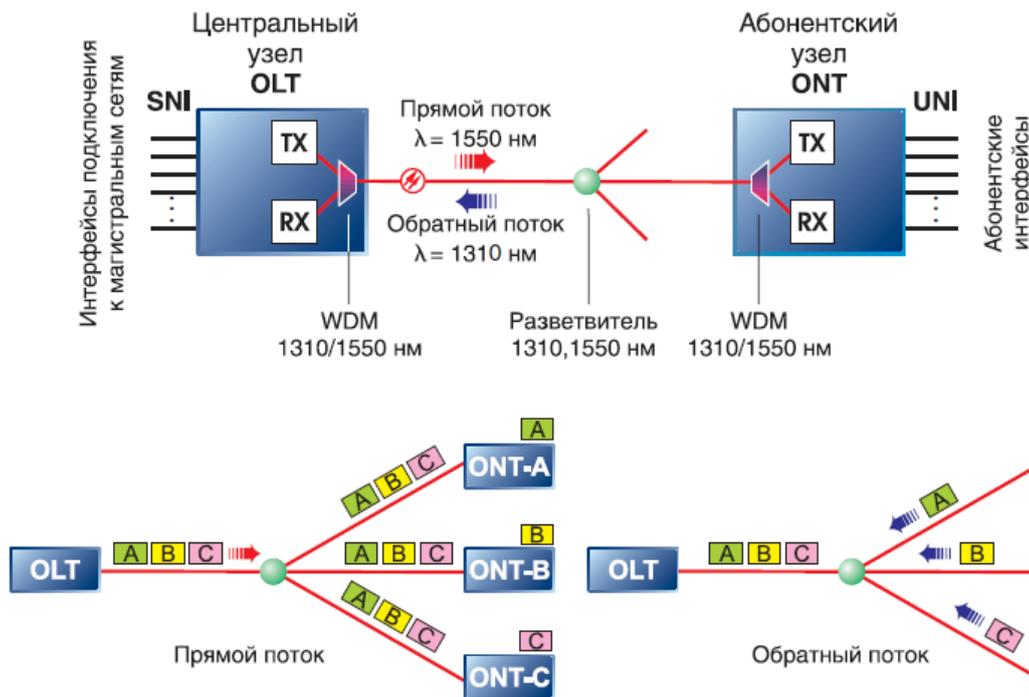


Рисунок 2.5 – Принцип передачи и приема данных в оптических сетях

Общее количество абонентов, которое подключается на один порт OLT зависит от функциональной особенности оборудования и конечно же от бюджета линии. Современные OLT могут подключать до 512 абонентов на один модуль.

Сплиттеры в оптической сети устанавливаются в виде каскада. На станционной стороне стоит сплиттер с 1:2 коэффициентом разделения. В подъезде дома может устанавливаться сплиттер с коэффициентом 1:32. Схема размещения оптических делителей в многоквартирных домах приведена на рисунке 2.6.

На оборудовании абонента инициируется PPPoE-сессия, настройка терминала в режиме bridge. Маршрутизатор широкополосного удаленного доступа (BRAS) выполняет создание PPPoE-сессии. Доступ в Интернет для каждого устройства абонента выполняется за счет выделения ему IP-адреса, который маршрутизируется в сети.

Для организации комплекса услуг создаются виртуальные сети через VLAN. В рамках каждого из них выполняется передача определенного трафика: Интернет, услуг IPTV и VoD, либо организуется передача услуг аналоговой и IP-телефонии. В абонентском оборудовании происходит определение соответствия порта и VLAN, чтобы определить какая услуга (устройство) должно быть там подключено. Если необходимо подключить аналоговый телефон, то необходимо чтобы в терминале был порт FXS (выступает в роли эмулятора интерфейса АТС).

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		18

3. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

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>	1614
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:		
- находящихся в сети в ЧНН; %	<i>DAAF</i>	80
- одновременно принимающих или передающих данные; %	<i>DPAF</i>	60
- одновременно пользующихся услугами IP-TV; %	<i>IPVS AF</i>	60
5. Услуга передачи данных:		
Пропускная способность сети для передачи данных к абоненту:		
- средняя пропускная способность; Мбит/с	<i>ADBS</i>	50
- пиковая пропускная способность; Мбит/с	<i>PDBS</i>	100
Пропускная способность сети для передачи данных от абонента:		

- средняя пропускная способность; Мбит/с	<i>AUBS</i>	10
- пиковая пропускная способность Мбит/с	<i>PUBS</i>	30
6. Услуга IP-TV/ IP-TV HD:		
- проникновение услуги; %	<i>IPVS MP</i>	60/25
- количество сессий на абонента;	<i>IPVS SH</i>	1,3/1,3
- режим Unicast; %	<i>IPVS UU</i>	30/30
- режим Multicast; %	<i>IPVS MUM</i>	70/70
- потоки Multicast; %	<i>IPVS MU</i>	70/70
- количество доступных каналов в рамках пакета;	<i>IPVS MA</i>	120/50
- скорость видеопотока; Мбит/с	<i>VSB</i>	6 /10
- запас на вариацию битовой скорости	<i>SVBR</i>	0,2/0,2

На один порт SFP может быть подключено до 256 абонентов. Далее расчет нагрузки будет производиться при условии подключения на 1 порт 32 абонентов. Количество портов и количество самих OLT:

$$N_{ком} = [N_{аб} / 32] \quad (3.1)$$

$$N_{ком} = [1614 / 32] = 51$$

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

Таким образом, необходимо будет закупить оборудование с общим количеством оптических портов 51 шт.

3.1 Расчет трафика телефонии

Пользователи равномерно распределены по всем коммутаторам:

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		20

$$N_{\text{SIP}} = [32 * 0,10] = 4, \text{ абонентов} \quad (3.2)$$

Для телефонии будет использоваться кодек G.729A:

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

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

$U_{\text{кодирования}}$ - 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.

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		21

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

$$ППр_{WAN} = ППp_1 \cdot N_{SIP} \cdot VAD, \text{ Мбит/с}, \quad (3.6)$$

где $ППp_1$ – 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).

$$ППр_{WAN} = 31,2 \cdot 4 \cdot 0,7 = 0,019 \text{ Мбит/с}.$$

3.2 Расчет трафика IP-TV

Количество абонентов 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.

$$IPVS \text{ Users} = [32 * 0,6] * 0,6 * 1,3 = 15, \text{ аб}$$

$$IPVS \text{ Users HD} [32 * 0,25 * 0,6] * 0,6 * 1,3 = 4, \text{ аб}$$

Трансляция может проводиться в двух режимах: multicast и unicast.

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		22

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

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

$$IPVS US = 15 * 0.3 * 1 = 5, \text{ потоков}$$

$$IPVS US HD = 4 * 0.3 * 1 = 2 \text{ потока}$$

Количество Multicast потоков равно:

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

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

$$IPVS MS = 15 * 0.7 = 11, \text{ потоков}$$

$$IPVS MS HD = 4 * 0.7 = 4 \text{ потока}$$

Максимальное количество видеопотоков по multicast:

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

где $IPVS MA$ – количество доступных групповых видеопотоков,

$IPVS MUM$ – процент максимального использования видеопотоков.

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

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

Скорость передачи одного видеопотока в формате MPEG-2 составит

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		23

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

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

$$IPVSB_{hd} = 10 * (1 + 0.2) * (1 + 0.1) = 13.2 \text{ Мбит/с}$$

Пропускная способность для передачи одного видеопотока в формате MPEG-2:

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

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

где $IPVS_{MS}$ – количество транслируемых потоков в режиме multicast,
 $IPVS_{US}$ – количество транслируемых потоков в режиме unicast,
 $IPVS_{B}$ – скорость передачи одного видеопотока.

$$IPVS_{MNB} = 11 * 7.92 = 118,8 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS_{UNB} = 5 * 7.92 = 39,6 \text{ Мбит/с}.$$

$$IPVS_{MNB_{HD}} = 4 * 13.2 = 52,8 \text{ Мбит/с},$$

$$IPVS_{UNB_{HD}} = 2 * 13.2 = 26,4 \text{ Мбит/с}.$$

Скорость для передачи максимального числа multicast потоков:

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

где $IPVS_{MSM}$ – число используемых видеопотоков среди доступных,
 $IPVS_{B}$ – скорость передачи одного видеопотока.

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

$$IPVS\ MNB_{max\ HD} = 35 * 19,8 = 693 \text{ Мбит/с}$$

Общая пропускная способность для IP-TV:

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

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

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

$$AB = 118,8 + 39,6 = 159 \text{ Мбит/с.}$$

$$AB\ HD = 52,8 + 26,4 = 80 \text{ Мбит/с.}$$

3.3 Расчет пропускной способности для доступа к сети Интернет

Максимальное число активных абонентов:

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

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

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

$$AS = 32 * 0,8 = 26, \text{ аб}$$

Средняя пропускная способность сети:

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

где AS - количество активных абонентов, аб,

$ADBS$ – средняя скорость приема данных, Мбит/с,

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		25

OHD – отношение длины заголовка IP пакета к его общей длине во входящем потоке.

$$BDDA = (26 * 50) * (1 + 0.1) = 1430 \text{ Мбит/с.}$$

Средняя пропускная способность для передачи данных

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

где AS - количество активных абонентов, аб,

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

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

$$BUDA = (26 * 10) * (1 + 0.15) = 299 \text{ Мбит/с.}$$

Пропускная способность сети, когда абонент может передавать и принимать данные на максимальной скорости:

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

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

$$PS = 26 * 0.6 = 16$$

Максимальная пропускная способность:

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

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		26

$$BDDP = (16 * 100) * (1 + 0.1) = 1760 \text{ Мбит/с.}$$

Максимальная пропускная способность для передачи данных в ЧНН

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

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

$$BUDP = (16 * 30) * (1 + 0.15) = 552 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо использовать максимальное значение:

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

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

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

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

$$BDD = \text{Max}[1430; 1760] = 1760 \text{ Мбит/с,}$$

$$BDU = \text{Max}[299; 552] = 552 \text{ Мбит/с.}$$

Общая пропускная способность сетевого узла:

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

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

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

$$BD = 1760 + 552 = 2312 \text{ Мбит/с.}$$

Для предоставления абонентам всех перечисленных услуг:

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		27

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

где ПП_{pWAN} – пропускная способность для трафика IP телефонии, Мбит/с,

AB – пропускная способность для видеопотоков, Мбит/с,

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

$$\text{ПП}_{\text{узла}} = 2312 + 159 + 80 + 0,019 = 2552 \text{ Мбит/с.}$$

Расчеты показали, что для 32 абонентов, потребуется организовать канал в 2,552 Гбит/с. Для обеспечения такой пропускной способности целесообразно использовать аплинк канал 10G, которого будет достаточно.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		28

4. ПРОЕКТ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ПО ТЕХНОЛОГИИ GPON В МИКРОРАЙОНЕ РАЗУМНОЕ 81 БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА

Ранее было определено, что сеть в микрорайоне будет построена по технологии GPON, общее количество портов которое потребуется (при подключении 32 абонентов на 1 порт) 51. Для организации высокого уровня качества услуг необходимо использовать 10G аплинк порты. Далее необходимо привести описание выбранного на основании проведенного анализа рынка телекоммуникационного GPON оборудования.

OLT: Оптические линейные терминалы серии SmartAX MA5600T, MA5603T, MA5608T — устройства интегрированного оптического доступа гигабитной пассивной оптической сети (GPON) [22].

Это первые в отрасли оптические линейные терминалы (OLT), которые объединяют в себе возможности сверхвысокой агрегации и коммутации, поддерживают пропускную способность 3,2 Тбит/с, емкость коммутации 960 Гбит/с, 512 тысяч MAC-адресов, 44-канальный доступ 10 GE или 768 портов GE.

Для каждой из трех моделей имеется собственная версия программного обеспечения, которое полностью совместимо с платами услуг, что избавляет от необходимости хранить большой запас деталей. Всё это позволяет снизить расходы на эксплуатацию и обслуживание.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		29



Рисунок 4.1 – OLT Huawei MA5600T

Высокая надежность: двухузловой кластер OLT с горячим резервированием и дистанционным восстановлением после аварий (DR), простое обновление, QoS и конструкция, обеспечивающая высокую надежность;

Множество методов доступа: доступ по частным линиям связи E1, естественный механизм TDM (CESoP/SAToP), E-LAN и не конвергентный доступ пользователей IP-TV;

Плавная эволюция: единая платформа для GPON, 10G PON и 40G PON обеспечивает плавную эволюцию, поддерживает ультраширокополосный доступ и двойной протокольный стек IPv4/IPv6;

Двойной протокольный стек IPv4/IPv6: экологичность и энергоэффективность: автоматическое отключение питания неактивных плат и автонастройка скорости вращения вентилятора снижают энергопотребление.

Агрегатор: Huawei S6720S-16X-LI-16S-AC [23] - Новое поколение упрощенных фиксированных коммутаторов all-10 GE серии S6720-LI выполняют функции устройств доступа в кампусных сетях и сетях центров обработки данных.

В случае размещения оптического кабеля на электрических опорах или других вариантах внешнего исполнения, необходимо применять те, которые находятся в специальном влагозащитном боксе.

Распределительные терминалы: DYS/OEM MultiPort FTTH Terminal [24] применяются для внешней установки с целью ответвления оптического волокна непосредственно к дому абонента, либо в другой сегмент оптической сети.

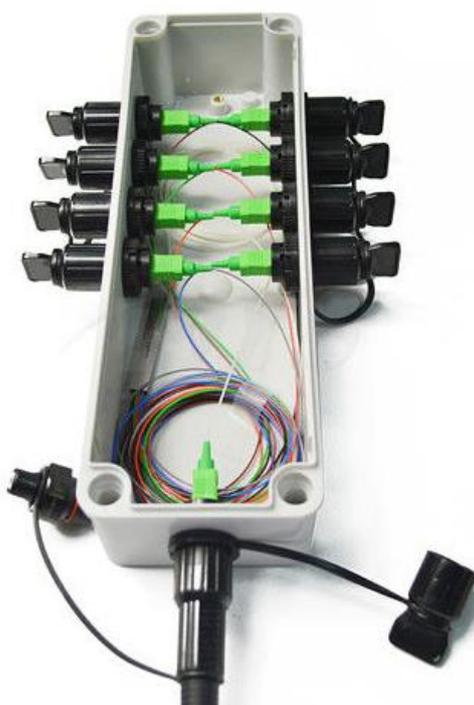


Рисунок 4.3 – Оптический MultiPort FTTH Terminal фирмы DYS/OEM

Такие терминалы выполняются специальных водонепроницаемых коробках для внешнего размещения. Предназначены для разделения оптического волокна и отведения его в последующие участки сети, либо к абонентскому терминалу. Могут выполняться с различной степенью разделения, что позволяет эффективно их использовать, оставляя запас на резервирование в случае повреждения.

Оборудование для IP-TV. В рамках проекта GPON сети даже с количеством абонентов от 1000 до 1500 человек, закупить свою собственную

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		32

систему IPTV будет экономически нецелесообразно. Оптимальным решением является субаренда услуги у крупного провайдера в рамках продажи пакетов услуг.

Оборудование IP телефонии. SMG-200 ОФИСНАЯ IP АТС 200 [25] - российская корпоративная телефонная станция производства Eltex IP АТС SMG-200: 100 SIP абонентов с опциональным расширением до 200, 4 порта 10/100/1000Base-T (RJ-45), 2 порта USB 2.0, 16 портов FXS/FXO.



Рисунок 4.3 – Eltex IP АТС SMG-200

SMG-200 - корпоративная АТС на 200 абонентов с полным набором дополнительных абонентских сервисов (ДВО).

Офисная IP АТС SMG-200 на 100 SIP абонентов в базовой конфигурации с возможностью опционального расширения до 200, 16 портов RJ-11 могут использоваться как для подключения аналоговых телефонов, так и городских линий АТС. Порты LAN предназначены для подключения к операторам связи с помощью SIP-транков, а также для увеличения FXS / FXO портов с помощью VoIP шлюзов (например, TAU-24 с поддержкой 24 FXS портов). Записи разговоров и CDR файлы сохраняются на SD карте, предусмотрена возможность автоматической выгрузки файлов на внешний носитель.

Кабельная система. Прокладка кабеля микрорайона осуществляется в существующую кабельную канализацию, а при ее отсутствии в грунт. Для прокладки по территории района будет использован кабель ОККЦ- * G.652 D

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		33

(2,7кН) [26].

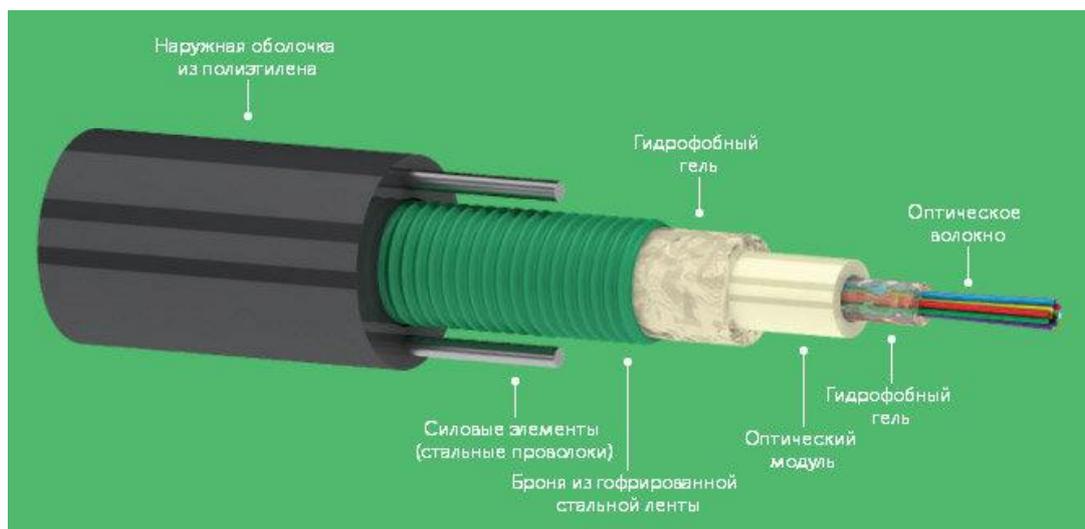


Рисунок 4.4 – Кабель ОККЦ- * G.652 D (2,7кН)

Маркировка ОККЦ- * G.652 D (2,7кН) - звездочкой помечено количество волокон. Пример: ОККЦ-04 G.657 D (2,5кН) - в этом кабеле 4 волокна. Выпускаются модификации с количеством до 24-х оптических волокон.

Оптический кабель типа ОККЦ предназначен для прокладки в кабельной канализации, трубах, лотках, блоках, тоннелях, коллекторах, по мостам и эстакадам, в грунт, между зданиями и сооружениям, а также внутри зданий, при опасности повреждения грызунами.

При прокладке подвесным способом будет использован кабель ОКСН-* G.652.D (7кН) [27], который приведен на рисунке 4.5.

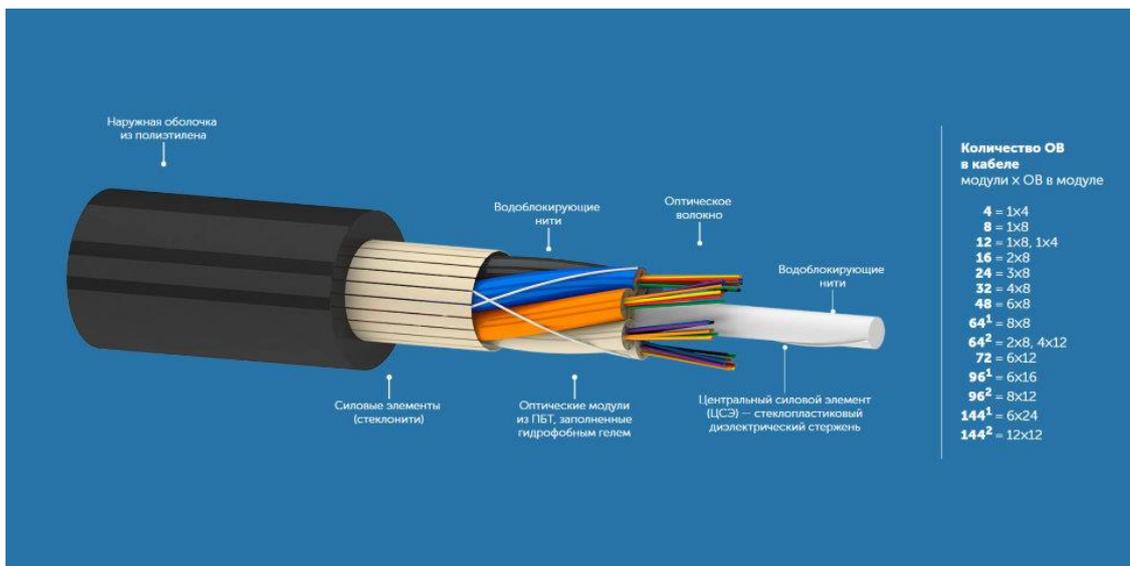


Рисунок 4.5 – Кабель ОКСН -* G.652.D (7кН)

Оптический кабель подвесной, самонесущий с круглым сечением, с бронёй из стеклонитей 7кН, имеет от 4 до 32 волокон, одномод. Цена за метр с НДС.

Кабель ОКСН применяется для подвеса на опорах воздушных линий связи, линий электропередач, столбах освещения, между зданиями и сооружениями; в кабельной канализации, в трубах, в блоках, в тоннелях, в коллекторах, по мостам и эстакадам, внутри зданий и сооружений.

К дому и внутри будет прокладываться ДРОП кабель ОКД-2Д * (0,8кН) [28] (рисунок 4.6).

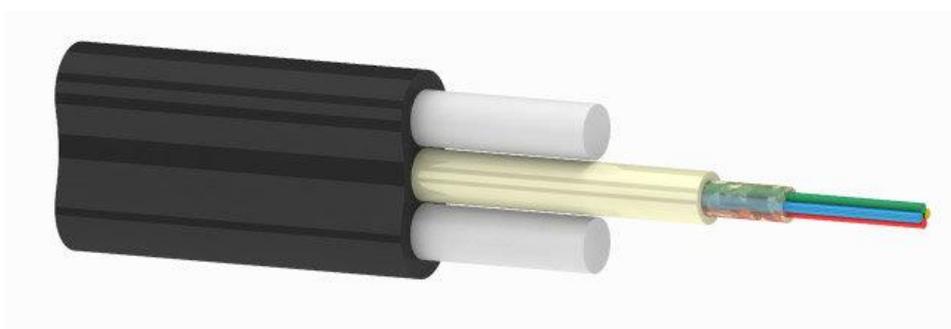


Рисунок 4.6 – Кабель ОКД-2Д * (0,8кН)

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

такой возможности, то необходимо оборудовать помещение согласно техническим требованиям.

На АТС будет установлена отдельная стойка, в которую будет помещено: OLT (2 шт), оптический кросс, система электропитания, голосовой шлюз, серверное оборудование и узел агрегации. План размещения оборудования показан на рисунке 4.8.

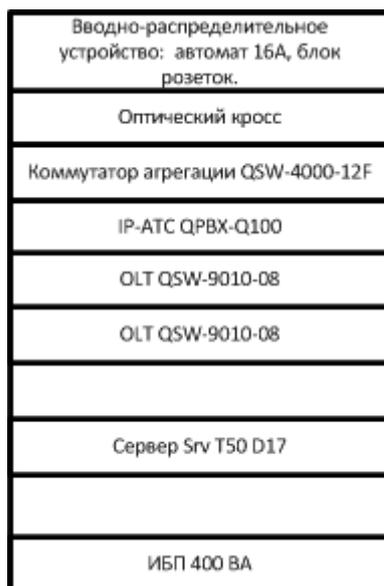


Рисунок 4.8 – План размещения оборудования в стойке на АТС

От оборудования, размещенного на АТС оптический кабель прокладывается до микрорайона. Заходя на территорию микрорайона кабель вводится в распределительную муфту, где осуществляется ответвление кабеля в разные направления. Типовой пример прокладки кабеля с использованием таких муфт приведен на рисунке 4.9.

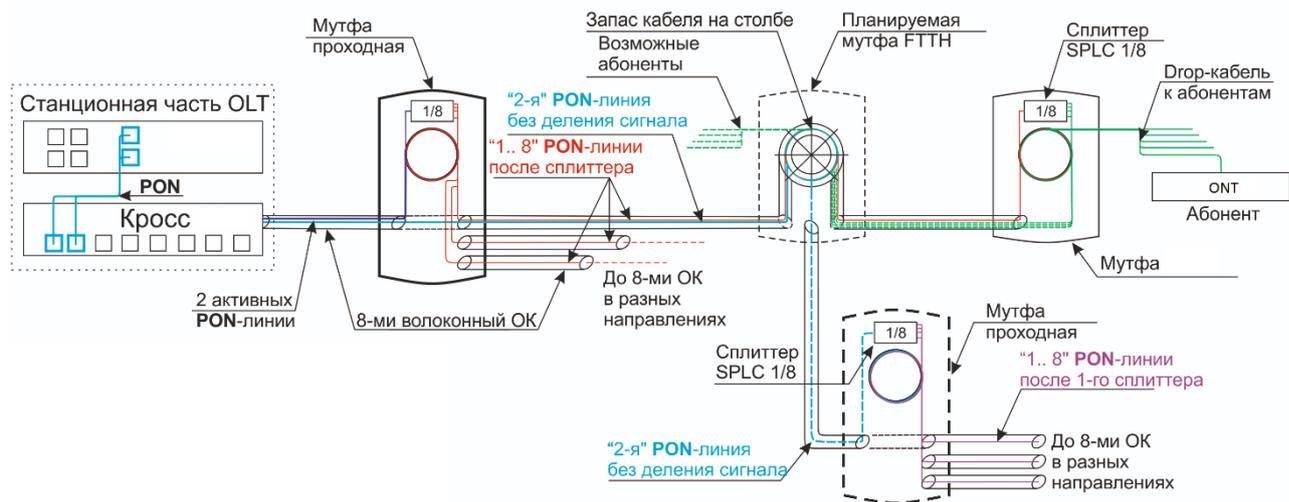


Рисунок 4.9 – Прокладка оптического волокна

Так как прокладка кабеля планируется осуществляться подвесным способом на электрических опорах, то монтаж оптических распределительных шкафов (ОРШ) планируется осуществлять также на этих опорах. В ОРШ размещается сплиттер для ответвления оптического волокна к абоненту в дом, пример внешнего вида смонтированного шкафа приведен на рисунке 4.10.



Рисунок 4.10 – Установка ОРШ на столбе

Внутри ОРШ устанавливается кассета со сплиттером, который осуществляет деление волокон на необходимое количество, при этом стоит

учесть резерв волокон на случай повреждения (рисунок 4.11). При необходимости вместо ОРШ можно использовать оптический MultiPort FTTH Terminal (рисунок 4.3), который может быть использован как внешнее устройство и предназначен для эксплуатации при различных температурных режимах, в том числе и отрицательных температурах.

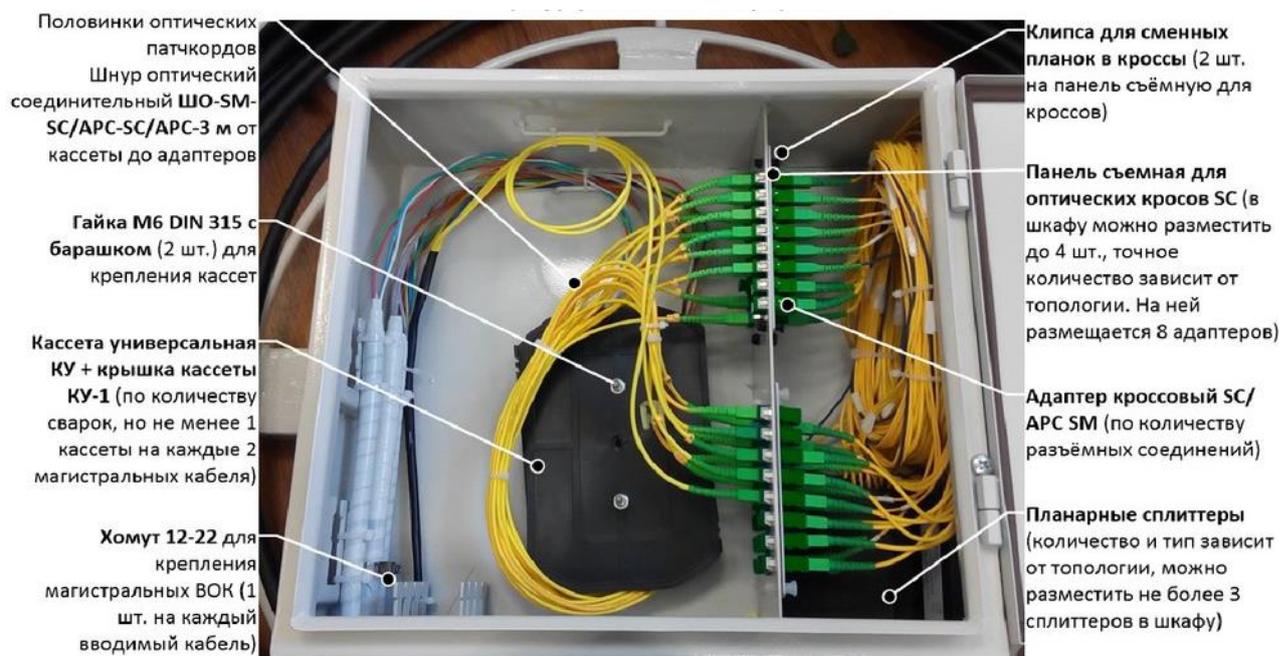


Рисунок 4.11 – Содержимое ОРШ

Кабель от оптического распределительного шкафа на улице заводится в жилой дом также подвесным способом. В доме в месте ввода кабеля устанавливается оптическая розетка, от которой кабель прокладывается до абонентского терминала ONT. Схема монтажа абонентского оборудования приведена ниже на рисунке 4.12.

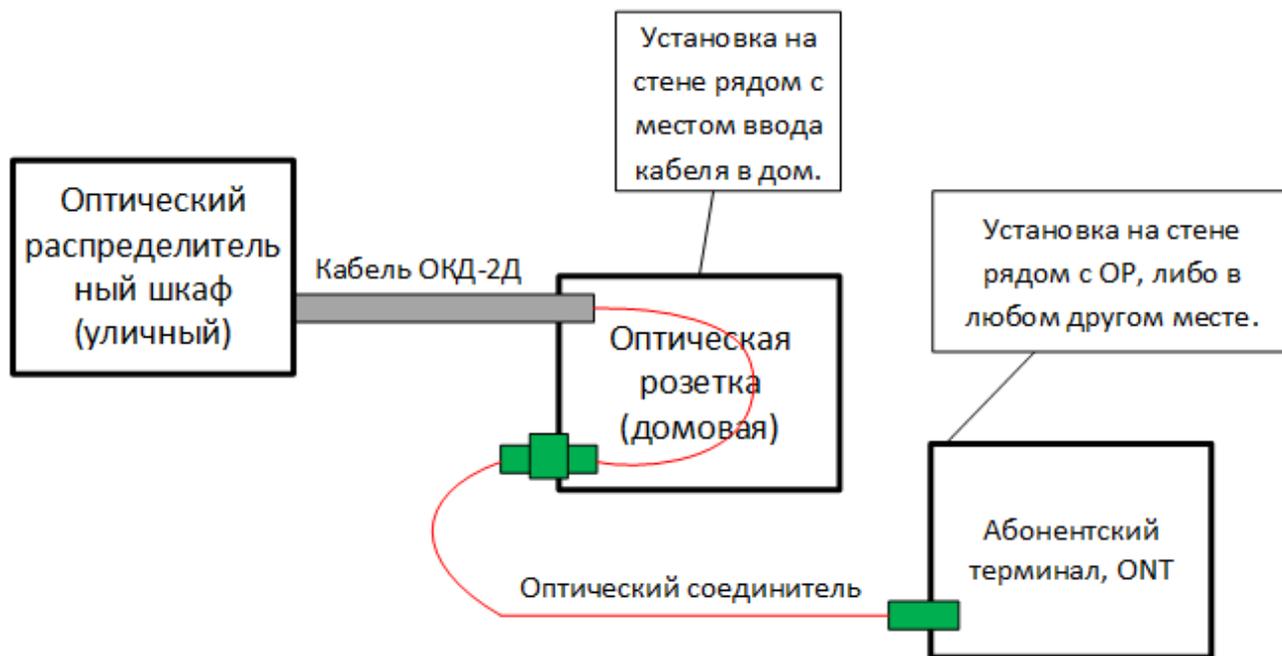


Рисунок 4.12 – Схема монтажа абонентского оборудования

На рисунке 4.13 и 4.14 приведен вариант схемы прокладки кабеля для организации подключения оборудования в домах.

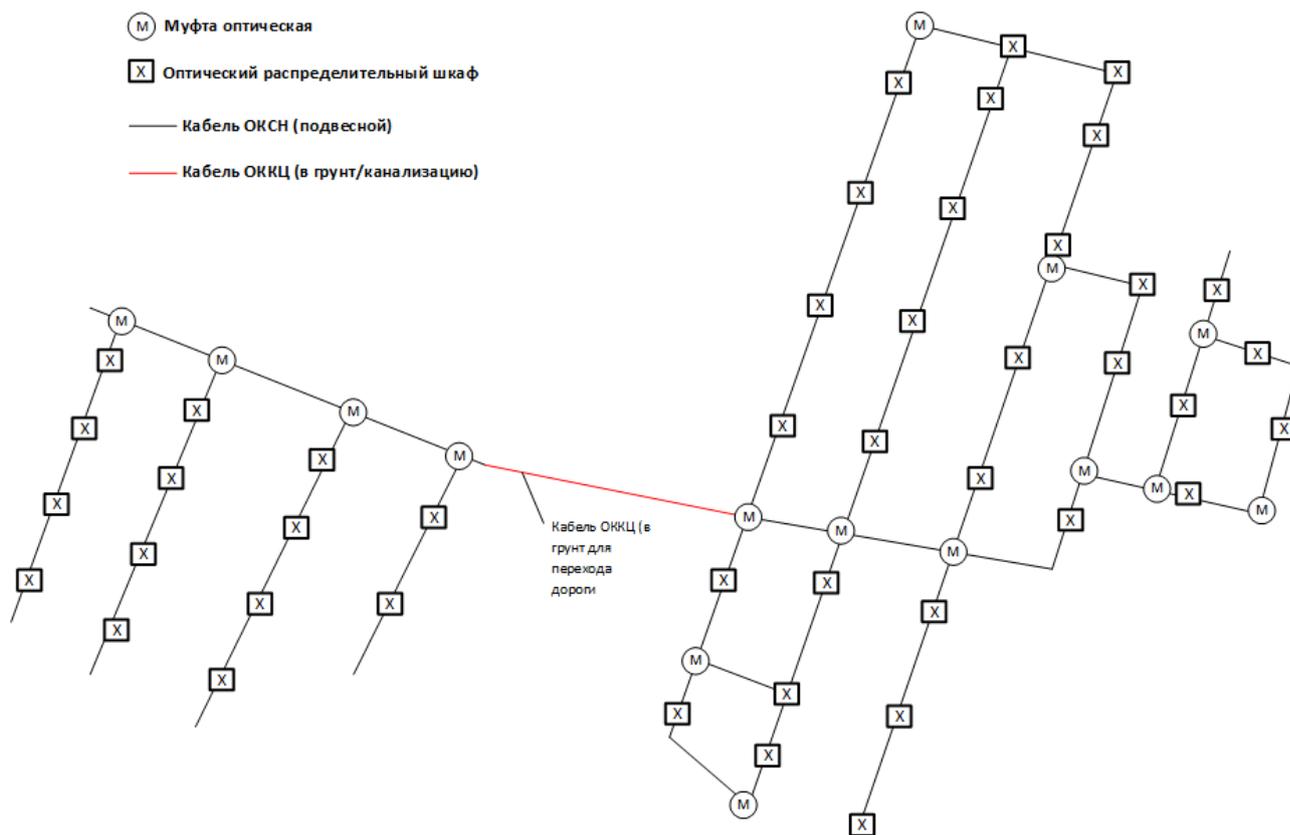


Рисунок 4.14 – Ситуационная схема трассы прокладки кабеля, часть 2

Максимальная длина кабельного участка левого фрагмента 620 метров – длинна улицы, участок от начала микрорайона до места перехода на прокладку в грунт составляет 250 метров, длина верхних улиц в правом фрагменте от 350 до 750 метров.

Кабель прокладывается в соответствии со всеми необходимыми нормами и правилами, соблюдением техники безопасности, согласованно с службами [29-32].

От ОРШ отводится кабель до дома абонента, количество отводимых волокон зависит от количества домов и расстояния. На рисунке 4.15 приведен пример подключения 8 домов к одному ОРШ.

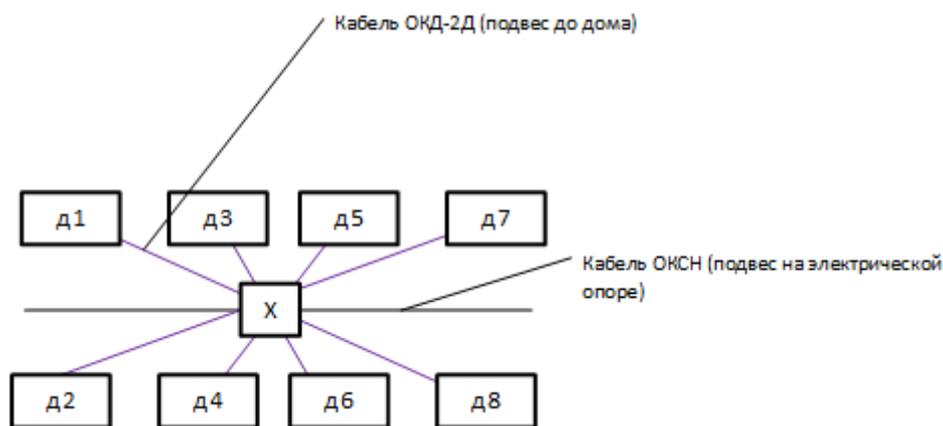


Рисунок 4.15 – Схема подключения восьми домов к ОРШ

При построении PON сетей необходимо брать в расчет оптический бюджет линии (разница между мощностью передатчика (SFP OLT) и чувствительностью приёмника в ONU). Исходя из параметров выбранного оборудования получаем:

Для Downstream направления (OLT > ONU), выходная мощность OLT составляет +3dBm и чувствительность ONU – 27dBm, следовательно, оптический бюджет для Downstream потока: 3-(-27) = 30dBm. Для Upstream направления (ONU > OLT), выходная мощность ONU составляет 0dBm, чувствительность OLT – 30dBm, следовательно, оптический бюджет для Upstream потока: 0-(-30) = 30dBm. Под оптическим бюджетом потерь подразумевается максимальное затухание сигнала от OLT-а до ONU.

$$P = F_{(km)} * K + C + S_l + S_p \quad (4.1)$$

Где P - бюджет мощности;

$F_{(km)}$ - протяженность волокна в километрах;

K – затухание на километр;

C - затухание сигнала в оптических коннекторах;

S_l - затухание сигнала в соединениях волокна;

S_p - затухание сигнала в сплиттерах

Вычислим оптический бюджет самой длинной линии с наибольшим количеством ответвлений. Эта линия составляет 0,6 км, установлена 1 муфта, 1 ОРК (сплиттер 1x16):

$$P = 0,6 + 2 * 0,3 + 0,4 + 4 * 0,2 + 18 = 20,4dB$$

Максимальная длина кабельной линии L1, рассчитывается по формуле:

$$L1 = (B_{opt} - N1 * Z_{св} - N2 * Z_{rs} - N3 * Z_{к} - Z_{спл}) / a1 \quad (4.2.)$$

Где B_{опт з} – оптический бюджет с учетом эксплуатационного запаса;

Z_{св} – затухание на сварке = 0,05 дБ на 1 сварное соединение;

Z_к – Затухание на коннекторе SM = 0,3 дБ на 1 коннектор

Z_{rs} – затухание на механическом соединителе;

N1 – количество сварок;

N2 – количество механических соединителей;

N3 – количество разъёмных соединителей;

Z_{спл} – затухание на сплиттере;

a1 – расчётное затухание в одномодовом кабеле с учётом неучтённых сварных соединений (1310 нм) = 0,4 дБ.

В качестве примера возьмем: N1 = 5 шт, N2 = 0 шт, Z_{спл} = 16,7 дБ и N3 = 8 шт.

$$L1 = (30 - 5 * 0,05 - 0 * 0 - 8 * 0,3 - 16,7) / 0,4 = 10,65 / 0,4 = 26,6км$$

Расчет показывает, что оптического бюджета достаточно чтобы обеспечить максимальную пропускную способность к и от абонента. Расчетная длина линии значительно выше, чем планируемая в проекте трассы прокладки кабеля.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		44

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительномонтажные работы

Расчет капитальных вложений в оборудование и материалы представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Смета затрат на оборудование и материалы

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
			за единицу	всего
1.	Huawei MA5600T	2	1150000	2300000
2.	Huawei S6720-16X-LI-16S-AC	1	85000	85000
3.	Сплиттер 1:8	50	5500	275000
4.	Сплиттер 1:16	15	8000	120000
5.	Сплиттер 1:4	20	3000	60000
6.	Eltex IP ATC SMG-200	1	48000	48000
7.	Fusion Server 2288 v5	1	800000	800000
8.	ПО для биллинга АСР CombiBilling 2.0	1	150000	150000
9.	ODF 24 порта	3	21000	63000
10.	Модуль (QSC-SFP+10G10E-1310	20	3850	77000
11.	Кабель SFP+ Allied Telesis AT-SP10TW1	80	5750	460000
12.	ИБП UPS 400VA FSP	1	1900	1900
13.	Сетевой фильтр	1	1100	1100
14.	ОРИ ОКРЭ-64КС3-32/8 SC SM APC	110	8500	935000
15.	Оптическая муфта NL-FTTH-16	50	15400	770000
16.	Абонентская розетка RS-02	1600	120	192000
17.	ONT	1600	2400	3840000
Итого: 10178000				

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{обор} = K_{пр} + K_{мр} + K_{смр} + K_{нпр}, \text{ руб} \quad (5.1)$$

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		45

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

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

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

$$\sum K_i = (1 + 0.04 + 0.03 + 0.2) * 10178000 = 12926060$$

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 ед./м	Стоимость, руб	
		за единицу, м	всего
кабель ОККЦ	4000	52	208000
Кабель ОКД-2Д	8000	46	368000
Кабель ОКСН	20000	23	460000
Комплектующие для монтажа ВОЛС	1	500000	50000
Итого: 1086000			

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;

Y – стоимость 1 км прокладки кабеля;

$$K_{лкс} = 12 + 125000 = 1500000 \text{ руб.}$$

Расчет проведен исходя из затрат на прокладку кабеля 125000 рублей за 1 км. Внутренняя прокладка входит в стоимость подключения. Суммарные затраты составят:

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		46

$$K_{лкс} = 1500000 + 1086000 + 12926060 = 15512060 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда. Предполагается, что для обслуживания оборудования потребуется новый персонал (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Состав персонала

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/пл, руб.
Системный администратор/инженер	25000	2	50000
Итого		2	50000

Годовой фонд оплаты труда составит:

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

где 12 – количество месяцев в году;

T – коэффициент премии

P_i – заработная плата работника каждой категории.

$$\Phi OT = 50000 * 12 = 600000 \text{ руб.}$$

Страховые взносы. Страховые взносы в 2019 году составляют 30 % от суммы годового заработка

$$СВ = 0.3 * \Phi OT \quad (5.4)$$

$$\Phi OT = 600000 * 0,3 = 180000 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления. Эти отчисления на содержание производственных фондов компании, т.е. на замену/ремонт оборудования:

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.107.ПЗВКР				

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

где T – стоимость оборудования;

F – срок службы оборудования.

$$AO = 10178000 / 15 = 679000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату электроэнергии:

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

где $T = 3,5$ руб./кВт – тариф на электроэнергию

$P = 1$ кВт – суммарная мощность установок.

Тогда, затраты на электроэнергию составят

$$Z_{э} = 3,5 * 24 * 365 * 1 = 30660, \text{ руб.}$$

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

$$Z_{пр} = 0.05 * \Phi OT \quad (5.6)$$

$$Z_{эк} = 0.07 * \Phi OT \quad (5.7)$$

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

$$Z_{пр} = 600000 * 0,05 = 30000, \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = 600000 * 0,07 = 42000, \text{ руб.}$$

Таким образом, вычисляются прочие расходы:

$$Z_{пр} = 42000 + 30000 = 72000, \text{ руб.}$$

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		48

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1. ФОТ	600000
2. Страховые взносы	180000
3. Амортизационные отчисления	679000
4. Общие материальные затраты	30660
5. Прочие расходы	72000
6. Аренда канала для ПД	450000
7. Аренда услуг ТВ	200000
Итого:	2211660

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	477	23	287		60	23	40	
2	716		382		40		30	
3	398		287		39		26	
Всего абонентов	1591	23	955	0	139	23	96	0

Расчет окупаемости будет проводиться при условии полного подключения абонентов за 3 года. В первый год планируется подключить минимум 50% от общего количества абонентов.

Тарифные планы на услуги: Доступ к сети Интернет: юридические лица - 2000, физические лица – от 700 за 70 Мбит/с; услуга IP-TV: юридические лица - 800, физические лица - 250; услуга IP-телефония: юридические лица - 300,

физические лица – 150 (цены указаны в рублях). Видео по запросу: около 100 рублей в месяц. Стоимость подключения составит 8500 рублей, в которые войдет стоимость работ, а также устройство ONT. На основании определенной цены за услуги проведен расчет ежегодного дохода.

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

Г од	Доход, руб.		
	За месяц	За год	Подключение
1	590960	11148570	4057050
2	734536	14900007	6085575
3	430095	8542015	3380875

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

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.107.ПЗВКР				

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 (12%). В таблице 5.7 приведен расчет PV , IC , NPV .

Таблица 5.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	17723720	17723720	-17723720
1	10804914	9647245	2211660	19698416	-10051172
2	21132387	26493854	2211660	21461538	5032316
3	23302447	43080076	2211660	23035754	20044322
4	13523500	51674504	2211660	24441304	27233200
5	13523500	59348101	2211660	25696259	33651842
6	13523500	66199527	2211660	26816755	39382772
7	13523500	72316872	2211660	27817198	44499674

Определим срок окупаемости (PP):

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

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.

$$PP = 2 + 10051172 / (5032316 + 10051172) = 2,66 = 2 \text{ года } 8 \text{ месяцев}$$

Индекс рентабельности:

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

Индекс рентабельности на момент окупаемости (4 год эксплуатации) проекта составит:

$$PI = 26493854 / 21461538 = 1.23$$

Внутренняя норма доходности (IRR) – норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю:

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

где i – ставка дисконтирования

Расчет показателя IRR осуществляется согласно (5.14):

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

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 $NPV_1 = 5032316$ руб.; $i_2 = 35$ при котором $NPV_2 = -976603$ руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 12 + (5032316 / 5032316 + 976603) * (35 - 12) = 31$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 31 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 12%, таким образом, проект следует принять.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		52

Таблица 5.8 – Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Объем капитальных вложений в проект, руб.	15512060
Годовые эксплуатационные расходы, руб., в том числе:	2211660
ФОТ, руб.	600000
Страховые взносы, руб.	180000
Амортизационные отчисления, руб.	679000
Общие материальные затраты, руб.	30660
Прочие расходы, руб.	72000
Аренда канала для ПД, руб.	450000
Аренда услуг ТВ	200000
Численность персонала по обслуживанию линейного тракта, чел.	2
Количество абонентов, чел.	1591 физических лиц, 27 юридических лиц.
Срок окупаемости	2 года 8 месяцев
Рентабельность	23%
Внутренняя норма доходности	31%

Расчеты экономических показателей проекта подтверждают инвестиционную привлекательность проекта телекоммуникационной сети в целом. Окупаемость проекта не превышает 3 лет с момента начала эксплуатации.

Маленький срок окупаемости обусловлен высокой стоимостью подключения к сети, однако 8500 это меньше, чем просят за подобную процедуру конкурирующие провайдеры. Если учесть, что количество подключаемых абонентов будет в два три раза меньше, то срок окупаемости увеличится до 4- 5 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР были разработаны рекомендации по построению телекоммуникационной сети связи в микрорайоне Разумное-81 Белгородского района.

В пояснительной записке ВКР отражены:

- Результаты проведенного анализ инфраструктуры микрорайона Разумное-81, на основании которого сделано предположение о количестве потенциальных абонентов, типе и количестве предоставляемых услуг, анализ имеющихся конкурентов на территории микрорайона и их тарифных планах.

- Описание требований, которые предъявляются к телекоммуникационной сети, обоснование выбора технологии GPON и ее краткое описание. Выбор GPON основан на необходимости обеспечения абонентов доступом к услугам на скорости 100 Мбит/с и выше.

- Результаты расчета нагрузки, которая создается абонентами при пользовании предложенными услугами.

- Обоснование выбора оборудования и оптического кабеля, проект телекоммуникационной сети, план размещения оборудования в стойке на АТС, проект трассы прокладки кабеля от АТС до микрорайона, схема монтажа абонентского оборудования, схема подключения домов к оптическому распределительному шкафу, расчет оптического бюджета и потенциально возможной максимальной длины кабельной линии. Оборудование выбрано компании Huawei, т.к. оно отвечает предъявляемым требованиям к типу портов, а также занимает передовые позиции в направлении GPON сетей.

- Результаты расчета затрат на приобретение оборудования и обслуживание сети, а также проведен расчет экономических показателей проекта. Расчеты экономических показателей для предлагаемого проекта подтверждают инвестиционную целесообразность его реализации. Всего на реализацию потребуется 15 млн. рублей, в год потребуется 2,2 миллиона на

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		54

эксплуатацию. Окупаемость проекта не превышает 3 лет с момента начала эксплуатации.

Маленький срок окупаемости обусловлен высокой стоимостью подключения к сети, однако 8500 это меньше, чем просят за подобную процедуру конкурирующие провайдеры. Если учесть, что количество подключаемых абонентов будет в два три раза меньше, то срок окупаемости увеличится до 4- 5 лет.

Все поставленные задачи в ВКР выполнены полностью.

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		55

9. 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
10. Кузьменко Н.Г. . Компьютерные сети и сетевые технологии [текст] / Н.Г. Кузьменко // Изд.: Наука и техника, 2013г. 368с
11. Максимов Н.В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем [текст] / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов // Изд.: НИЦ ИНФРА-М, 2016г. 512с
12. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер // Изд.: Питер, 2016г. 992с.
13. Куроуз Д. Компьютерные сети. Нисходящий подход [текст]/ Д. Куроуз, К. Росс// 6-е изд. - М.: 2016. — 912 с
14. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС [текст] / А.Б. Семенов // Изд.: ДМК Пресс, Компания АйТи. – 2014.г. 632с.
15. Роджер Л. Фриман Волоконно-оптические системы связи [текст] / Роджер Л. Фриман // Изд.: Техносфера. 2007г. 514с.
16. Дмитриев С. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы [текст]/ С. Дмитриев, Н. Слепов // Изд.: Техносфера. – 2010г. 608с.
17. Цуканов В.Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство [текст]/ В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев // Изд.:Инфра-Инженерия – 2014г. 304с
18. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [текст]/ О.К. Скляр // Изд.: Лань – 2010г. 272с
19. Листвин В.Н. DWDM-системы [текст]/ В.Н. Листвин, В.Н. Трешиков // Изд.: Техносфера – 2015г. 296с
20. Никульский И. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа [текст]/ И. Никульский // Изд.: Техносфера – 2006г. 256с

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист 57
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

21. Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN [текст] / Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый// Изд.: БХВ-Петербург – 2013г. 160с

22. Технические характеристики Huawei MA5600T [Электронный ресурс]/ <https://e.huawei.com/ru/products/fixed-network/access/olt/ma5600t> (дата обращения 29.04.2019)

23. Технические характеристики Huawei S6720S-16X-LI-16S-AC [Электронный ресурс]/ <https://e.huawei.com/ru/products/enterprise-networking/switches/campus-switches/S6720-LI> (дата обращения 28.04.2019)

24. Технические характеристики DYS/OEM MultiPort FTTH Terminal [Электронный ресурс]/ https://www.opticalfiberpatchcord.com/china-waterproof_patch_cord_with_multi_port_sc_mini_sc_ftth_terminal_junction_box-2390293.html (дата обращения 29.04.2019)

25. Технические характеристики Eltex IP АТС SMG-200 [Электронный ресурс]/ <https://eltexcm.ru/catalog/voip-telephoniya/ip-ats/smg-200.html> (дата обращения 29.04.2019)

26. Технические характеристики кабеля ОККЦ- * G.652 D (2,7кН) [Электронный ресурс]/ <http://lanset.ru/okkts---g652-d-27kn/>. (дата обращения 05.05.2019)

27. Технические характеристики кабеля ОКСН-* G.652.D (7кН) [Электронный ресурс]/ <http://lanset.ru/oksn-16-g652d-28-7kn/> (дата обращения 05.05.2019)

28. Технические характеристики кабеля ОКД-2Д * (0,8кН) [Электронный ресурс]/ <http://lanset.ru/okd-2d--08kn/> (дата обращения 05.05.2019)

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

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		58

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

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

					11120005.11.03.02.107.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		59