

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 СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО  
АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА В МИКРОРАЙОНЕ ВОСТОЧНОМ В  
ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи  
очной формы обучения, группы 12001452  
Феоктистова Андрея Сергеевича

Научный руководитель  
ст. преп. кафедры  
Информационно-  
телекоммуникационных  
систем и технологий  
НИУ «БелГУ» Курлов А.В.

Рецензент  
начальник отдела развития  
филиала ПАО «МТС»  
Белгородской области  
Кошталева С.С.

БЕЛГОРОД 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ МИКРОРАЙОНА «ВОСТОЧНЫЙ» Г.БЕЛГОРОД.....	5
1.1 Общая информация.....	5
1.2 Анализ существующей сети связи.....	7
1.3 Исходные данные.....	8
2 ВЫБОР ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА.....	11
3 РАСЧЁТ НАГРУЗОК ПРОЕКТИРУЕМОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА.....	17
4 ВЫБОР И РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ.....	24
4.1 Активное оборудование проектируемой сети связи.....	24
4.2 Пассивное оборудование проектируемой сети связи.....	26
4.3 Волоконно-оптический кабель связи.....	26
5 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОСТРОЕНИЮ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА.....	29
6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	34
6.1 Расчет капитальных вложений на оборудование и строительные-монтажные работы.....	34
6.2 Вычисление эксплуатационных расходов.....	36
6.3 Определение тарифных доходов.....	39
6.4 Определение оценочных показателей проекта.....	42
7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51

						11120005.11.03.02.932.ПЗВКР			
Изм	Кодуч	Лист	№ док	Подпись	Дата				
Разраб.	Феоктистов А.С.					«Проектирование сети широкополосного абонентского доступа в микрорайоне Восточном в городе Белгороде»	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Курлов А.В.						П	2	52
Рецензент	Фамилия И.О.						НИУ «БелГУ» гр. 12001452		
Н. контр.	Курлов А.В.								
Утвердил	Жуляков Е.Г.								

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время сети широкополосного доступа претерпевают бурное развитие услуг. При выборе технологии проектирования сети широкополосного доступа необходимо учитывать, что этот выбор имеет существенные последствия. Выбранная технология влияет на объем инвестиций в проект, а также на операционные затраты оператора при построении, развитии и дальнейшей эксплуатации сети широкополосной передачи данных.

Очевидно, что при реализации сетей широкополосного доступа приоритетным является построение сети с использованием одного кабеля для одновременного предоставления трех услуг: высокоскоростного доступа в сеть Интернет, IPTV и телефонии. Такой пакет услуг называется Triple Play Services. Важно отметить, что при построении сетей широкополосного доступа важно учитывать тип застройки местности, для которой выполняется проектирование.

В последнее время в России увеличился спрос на частные и малоэтажные дома. В Белгороде спрос на такое жилье также активно растет. Это привело к росту числа проектов для предоставления услуг в частном секторе среди операторов связи. Однако для многих операторов построение таких сетей осуществляется впервые, что вызывает для них ряд сложностей. Это связано с тем, что помимо выбора активного оборудования, необходимо комплексное решение для построения сети в частном секторе.

В настоящее время не все жители микрорайона «Восточный» получают удовлетворяющие их потребности телекоммуникационные услуги. Таким образом, целью данной выпускной квалификационной работы является предоставление мультисервисных услуг жителям микрорайона «Восточный» г.Белгорода. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– провести анализ микрорайона «Восточный» г.Белгород, его особенностей, потребностей жителей в телекоммуникационных услугах,

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

возможностей существующей сети связи микрорайона;

– провести анализ существующих технологий абонентского доступа для определения технологии, которая позволит удовлетворить заявленные жителями потребности;

– выбрать вариант построения широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода;

– выполнить оценку нагрузки сети на различных участках;

– провести анализ рынка телекоммуникационного оборудования и выбрать необходимое оборудование и линейно-кабельные сооружения для реализации проектируемой сети связи;

– сформулировать рекомендации по проектированию широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода;

– провести оценку технико-экономических показателей проекта для определения эффективности принятых решений.

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

# 1 ЭКСПЛИКАЦИЯ МИКРОРАЙОНА «ВОСТОЧНЫЙ» Г.БЕЛГОРОД

## 1.1 Общая информация

Жилой комплекс «Восточный» г.Белгород является молодым микрорайоном, расположенным в Восточной части г.Белгород. На рисунке 1.1 представлен план микрорайона [1].



Рисунок 1.1 – План микрорайона «Восточный» г.Белгород

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Протяженность микрорайона с севера на юг составляет порядка 1,21 км, а с востока на запад – не более 1 км.

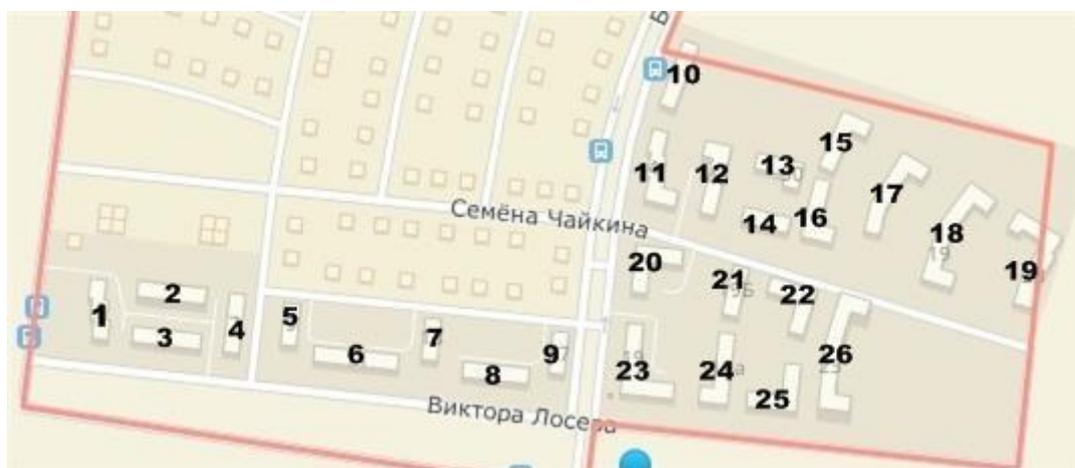
Микрорайон застроен как индивидуальными, так и многоквартирными домами. В настоящее время на территории построено 423 жилых дома, из которых 26 многоквартирные. Многоквартирные дома представляют собой трехэтажные постройки с одно-, двух- и трехкомнатными квартирами. Также имеется 2 пятикомнатные квартиры. Общее число квартир в микрорайоне составляет 813. В таблице 1.1 представлено распределение количества квартир по многоквартирным домам микрорайона «Восточный». [4,10,13].

**Таблица 1.1 – Распределение квартир по многоквартирным домам микрорайона «Восточный»**

№ дома	Количество подъездов	Количество квартир в каждом подъезде	Всего квартир
1	3	8	24
2	3	9	27
3	3	9	27
4	3	8	24
5	2	9	18
6	4	9	36
7	2	9	18
8	3	9	27
9	2	9	18
10	3	8	24
11	3	9	27
12	3	9	27
13	3	8	24
14	3	8	24
15	3	9	27
16	3	9	27
17	4	10-11	42
18	5	9-10	48
19	5	10-11	54
20	4	9	36
21	3	8	24
22	4	9	36
23	5	9-10	48
24	4	9	36
25	4	9	36
26	5	10-11	54
<b>Всего</b>	<b>89</b>		<b>813</b>

Общее количество жителей микрорайона составляет порядка 3630 человек.

На рисунке 1.2 представлен фрагмент микрорайона «Восточный» г.Белгород с указанием номеров многоквартирных домов.



**Рисунок 1.2 – Фрагмент микрорайона «Восточный» г.Белгород с указанием номеров многоквартирных домов**

Кроме того, на территории микрорайона «Восточный» г.Белгород предполагается открытие детского сада и школы начальных классов.

В Белгороде наблюдается умеренно-континентальный климат со значительным количеством осадков даже в засушливый период. Самым теплым месяцем является июль, когда средняя температура составляет порядка 20°C. Самым холодным месяцем является январь со средней температурой -7,7°C. [6,13].

## 1.2 Анализ существующей сети связи

Основным провайдером телекоммуникационных услуг в г.Белгород является ПАО «Ростелеком». Кроме того, имеются и другие телекоммуникационные компании, предоставляющие услуги как мобильным,

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

так и стационарным абонентам [10,15,16].

Однако жители нового микрорайона «Восточный» на сегодняшний день имеют возможность получения только услуг мобильной связи, благодаря таким телекоммуникационным компаниям, как ПАО «МТС», ПАО «ВымпелКом», ПАО «МегаФон», ООО «Т2 РТК Холдинг» [10,15,16]. Данные компании полностью удовлетворяют потребности абонентов в получении услуг телефонии, однако качество услуг передачи данных ниже, чем требования многих жителей микрорайона. Кроме того, скорость передачи данных, обеспечиваемая мобильными операторами, не позволяет обеспечить возможность получения качественного телевизионного потока.

Таким образом, в рамках данного проекта целесообразно принять, что в анализируемом микрорайоне отсутствует существующая сеть связи.

Важно отметить, что при застройке микрорайона «Восточный» г.Белгорода была заложена кабельная канализация до микрорайона с юго-восточной стороны. Ближайшая к микрорайону АТС расположена на расстоянии 8,5 км вдоль кабельной канализации.

### 1.3 Исходные данные

Для дальнейшего проектирования необходимо сформулировать требования к проектируемой широкополосной сети абонентского доступа. К основным требованиям относятся типы предоставляемых сетью услуг и потенциальное количество абонентов, пользующихся каждым видом услуг.

Проектируемая мультисервисная сеть связи должна обеспечивать возможность жителям микрорайона «Восточный» получать услуги IP-телефонии, передачи данных и IPTV.

Потенциальное количество абонентов зависит от числа жителей микрорайона. Необходимо также учитывать юридических абонентов

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

проектируемой сети связи. Количество жителей микрорайона «Восточный» г.Белгорода, как было отмечено ранее, составляет порядка 3630 человек. Исходя из этого, количество потенциальных абонентов составит порядка 1210, что соответствует количеству частных домов и числа квартир многоквартирных домов. При проектировании предполагается, что все абоненты будут получать услуги передачи данных. Учитывая проникновение услуги IP-телефонии в аналогичных микрорайонах, потенциальное количество пользователей IP-телефонии составит 10% от общего числа абонентов, что составляет порядка 121 абонента. Услуга IPTV более востребована в аналогичных микрорайонах. Ее проникновение составляет около 40% от общего числа пользователей сети связи. В рамках данного проекта эта величина составит порядка 484.

Количество потенциальных юридических абонентов определяет количеством детских садов, школ, магазинов и прочих организаций. В микрорайоне «Восточный» предполагается наличие одного детского сада и одной школы начальных классов. Кроме того, на территории анализируемого объекта предполагается размещение 8 магазинов. Таким образом, общее количество юридических абонентов составит 10. Предполагается, что все эти абоненты будут получать только услуги передачи данных. В таблице 1.2 представлено распределение потенциального числа абонентов по видам предоставляемых сетью услуг.

**Таблица 1.2 – Распределение абонентов по видам услуг**

<b>Виды услуг</b>	<b>Физические клиенты</b>	<b>Юридические клиенты</b>	<b>Всего</b>
<b>Передача данных</b>	1210	10	1220
<b>IP-телефония</b>	121	-	121
<b>IPTV</b>	484	-	484

Важно также сформулировать требования к предоставляемым видам услуг, среди которых выделяют скорость передачи данных и количество каналов

IP TV. Для обеспечения конкурентоспособности проектируемая сеть связи должна обеспечивать скорость передачи данных не менее 20Мбит/с для каждого абонента в час наибольшей нагрузки, а также порядка 180 каналов при предоставлении услуг IP TV. Данные требования необходимо учитывать при выборе технологии организации связи в микрорайоне «Восточный», а также типа и количества оборудования.

Кроме того, проектируемая сеть связи должна обеспечивать высокий уровень надежности и защищенности.

						Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

## **2 ВЫБОР ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА**

Развитие информационных технологий приводит к быстрым изменениям на рынке телекоммуникационных технологий. На этапе выбора технологии построения широкополосной сети очень важно выбрать вариант реализации наиболее эффективно, чтобы он был эффективен и конкурентно-способен долгое время. [2]

Популярность каждой технологии определяется не только самой технологией, но и сферой ее применения. Однако наиболее важную роль играют скорость передачи и радиус действия. [2]

Первой технологией, обеспечивающей широкополосный доступ, которая нашла широкое применение для квартирного сектора, являлась Hybrid Fiber-Coax (HFC). Данная технология представляла собой гибридную оптическо-коаксиальную сетевую структуру. Ее реализация предполагала применение кабельного модема. [5,7,8,12,14]

Однако со временем данная технология была вытеснена технологией xDSL. Использование технологии xDSL предполагает использование двухпроводных медных абонентских линий для предоставления абонентам услуг Triple Play Services. На сегодняшний день существуют множество вариантов реализации сетей xDSL [5,7,8,12,14].

На первоначальном этапе широкое применение нашла лишь технология ADSL. ADSL позволяет передавать один поток с высокоскоростным подключением на расстоянии до 1 км.

При этом для доступа к услуге телевидения по той же медной паре требуется выполнить переход на технологию VDSL. Эта технология использует асимметричную передачу и обеспечивает полосу пропускания до 26Мбит/с к абоненту и до 2Мбит/с в обратную сторону. Использование VDSL предоставляет возможность передачи одновременно 3 цифровых видеопотоков

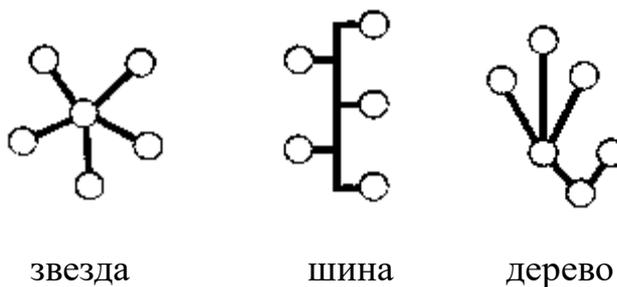
					Лист
					<b>11</b>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>

совместно с подключением к сети Интернет. [5,7,8,12,14]

Следующим этапом развития сетей широкополосного доступа является реализация технологий построенных с использование волоконно-оптических линий связи. Построение волоконно-оптических сетей широкополосного доступа, особенно в частном секторе, имеет ряд особенностей.

Первой особенностью, очевидно, является экономические аспекты. Основным вопросом, требующим решения на первом этапе является выбор технологии построения сети. Причем, важно учитывать тот факт, что из-за малой плотности размещения абонентов расходы на создание пассивной оптической инфраструктуры, зачастую, превышают расходы на закупку активного оборудования сети [11].

На сегодняшний день наиболее широкое применение нашли две технологии, конкурирующие между собой. Это технологии Ethernet с использованием коммутаторов второго уровня и PON. Первая при реализации в частном секторе использует топологию «звезда». Вторая – топологию «дерево». Однако, изредка, технология PON строится по топологии «шина». На рисунке 2.1 представлены различные виды топологий.



**Рисунок 2.1 – Различные топологии построения сети PON**

PON (Passive optical network) представляет собой технологию пассивных оптических сетей. Реализация сети предполагается использование активного станционного и абонентского оборудования и пассивной древовидной волоконно-оптической распределительной сети, построенной с использованием оптических разветвителей на узлах, которые также называются сплитерами. В

свою очередь, сети PON позволяют легко наращивать узлы сети и пропускную способность в соответствии с потребностями абонентов сети.

Преимуществом сети, построенной по топологии «звезда» относится более низкая стоимость коммутаторов относительно стоимости активного оборудования PON. При этом, необходимо иметь в виду, что оборудование PON позволяет сразу создать возможность получения услуг Triple Play Services без необходимости для абонентов использования дополнительно оборудования.

Другой особенностью сети, построенной по топологии «звезда» является то, что на центральных элементах необходимо применять оптический кабель, число волокон которого соответствует количеству предполагаемых абонентов. Однако, очевидно, что, чем больше количество волокон в кабеле, тем выше его стоимость. Кроме того, чем больше волокон, тем сложнее его монтаж и обслуживание.

В свою очередь, при реализации топологии «дерево» дает возможность применять оптические кабели с малым числом волокон, что обеспечивается за счет естественного ветвления на перекрестках улиц. Это позволяет уменьшить экономические и трудовые затраты на закупку и монтаж линейно-кабельных сооружений.

Еще большей экономии можно достичь за счет использования топологии «шина». Но, необходимо учитывать, что такая реализация требует использование сплиттеров с неравномерными коэффициентами деления. Что в свою очередь, приводит к затруднениям при расчете проекта, а также при поставке оборудования, его модернизации и ремонте.

Другой особенностью построения волоконно-оптической сети широкополосного доступа в частном секторе является выбор способа прокладки кабеля связи. Здесь используются прокладка в кабельной канализации, в грунте, подвес и открытым способом по стенам зданий. Первые два способа имеют высокую стоимость по сравнению со всеми остальными. Однако имеют свои преимущества. В частности, повышенная защищенность от

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

внешних воздействий, вызванных природным воздействием и вандализмом. Но, тем не менее, создание кабельной канализации целесообразно лишь на этапе застройки. На сегодняшний день, наиболее широкое применение нашло построение кабельной инфраструктуры методом подвеса на опорах.

Следующая особенность заключается в учете технических особенностей при строительстве волоконно-оптической сети связи. Речь идет, в частности, о выборе коэффициентов деления сплиттеров и их местоположения. Необходимо выбрать эффективный вариант использования сплиттеров. Сложность заключается в поиске оптимального соотношения, так как использование сплиттеров с большим количеством ветвлений приводит к уменьшению затрат на закупку оборудования, но повышает расходы на закупку волоконно-оптического кабеля. Кроме того, могут возникать сложности на этапе согласования при реализации подвеса большого числа кабелей на один столб. Как правило, используются сплиттеры с коэффициентами 1x4 или 1x8.

Важно также отметить еще одну особенность реализации сетей широкополосного доступа в частном секторе, связанную с удобством и экономической эффективностью эксплуатации сети. Важным преимуществом сетей связи, построенных с использованием технологии PON, является отсутствие активных устройств между абонентом и станционным оборудованием. Это позволяет значительно сократить последующие эксплуатационные расходы. [5,7,8,11,12,14]

Одной из разновидностей технологии PON является технология GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network). При реализации сети на базе технологии GEPON может быть обеспечена скорость передачи данных до 1,2Гбит/с. Такой вариант реализации сети позволяет оптимально использовать волоконно-оптический ресурс кабеля, что является несомненным преимуществом технологии GEPON. Технология GEPON позволяет обслуживать до 64 абонентов на расстоянии до 20км, при этом используя только один волоконно-оптический сегмент.

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Одной из характерных особенностей технологии GPON является использование механизма динамического перераспределения полосы пропускания. Таким образом, в случае наличия свободной полосы любой пользователь может получить реальную скорость передачи данных до 1Гбит/с.

Таким образом, на основе проведенного анализа литературы можно сделать вывод, что для реализации широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода целесообразно использовать технологию GPON. Исходя из распределения абонентов и возможностей оборудования, на территории микрорайона целесообразно организовать 24 волоконно-оптических кластеров с количеством абонентов от 38 до 60. На рисунке 2.2 представлено разбиение на кластеры частного сектора.

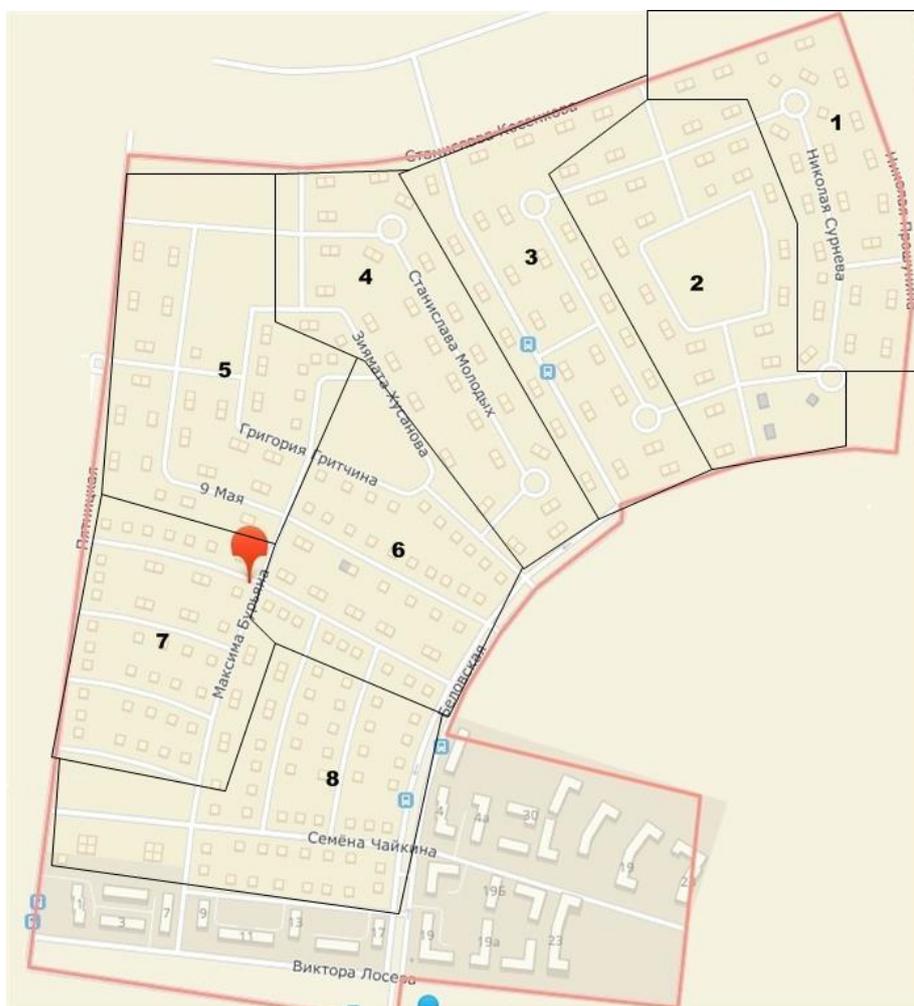
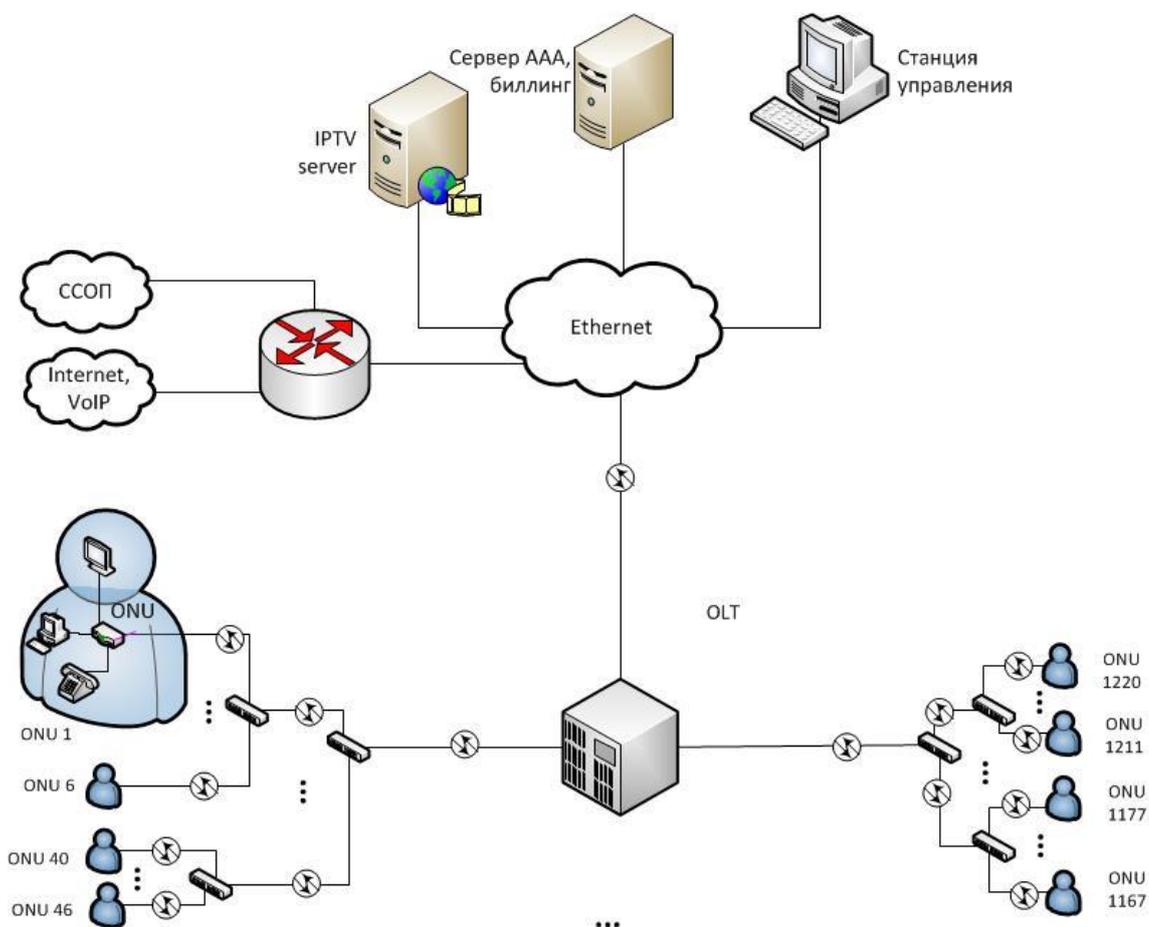


Рисунок 2.2 – Разбиение на кластеры частного сектора в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода

На рисунке 2.3 представлен вариант реализации широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода.



**Рисунок 2.3 – Вариант организации связи в микрорайоне «Восточный» г.Белгород**

### 3 РАСЧЁТ НАГРУЗОК ПРОЕКТИРУЕМОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

В рамках данного проекта предполагается построение широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгород на базе технологии GERON. При реализации данной технологии обеспечивается возможность обслуживания 64 абонентов в рамках одного сегмента радиуса 20км. При этом скорость передачи на сегмент может достигать 1,2Гбит/с. Особенностью технологии GERON является возможность динамического перераспределения трафика между абонентами в зависимости от их запросов и нужд.

Реализация проектируемой сети связи предполагает организацию 24 кластеров. В таблице 3.1 представлено распределение абонентов по кластерам с указанием примерного количества абонентов по каждому виду услуг.

**Таблица 3.1 – Распределение числа абонентов по кластерам**

№ кластера	Физические абоненты			Юридические абоненты
	Передача данных	IPTV	IP-телефония	Передача данных
1	2	3	4	5
1	46	18	5	
2	48	19	5	
3	58	23	6	
4	53	21	5	
5	47	19	5	
6	47	19	5	
7	49	20	5	
8	49	20	5	2
9	51	20	5	2
10	51	20	5	
11	54	22	5	
12	45	18	5	2
13	54	22	5	
14	51	20	5	
15	51	20	5	
16	60	24	6	
17	54	22	5	
18	42	17	4	2
19	48	19	5	
20	54	22	5	
21	60	24	6	

**Окончание таблицы 3.1**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>22</b>	48	19	5	
<b>23</b>	36	14	4	2
<b>24</b>	54	22	5	
<b>Всего</b>	1210	484	121	10

В рамках данного проекта выполняется оценка нагрузки как для каждого кластера при условии одновременного пользования сетью всех абонентов, а также при условии максимальной загрузки одного из портов в ситуации, когда все абоненты порта используют все виды услуг. максимальная загрузка в рамках данного проекта предполагается, что в 16-м кластере 60 абонентов будут получать услуги передачи данных, IPTV и IP-телефонии.

Для оценки нагрузки необходимо оценить отдельно нагрузку от получения услуг передачи данных, отдельно от IPTV и отдельно от IP-телефонии.

Для обеспечения достаточно высокого качества услуги IP-телефонии необходима скорость 21кБит/с. Пропускная способность для обеспечения услуг IP-телефонии может быть вычислена по формуле:

$$ПП_{млф} = N_{млф} * v_{млф}, \quad (3.1)$$

где  $N_{млф}$  – количество пользователей услугой IP-телефонии;

$v_{млф}$  – скорость передачи данных для обеспечения услуг IP-телефонии.

Тогда необходимая полоса пропускания для каждого кластера составит:

$$ПП_{млф}(18) = ПП_{млф}(23) = 4 * 21 = 84 \text{ кБит/с.}$$

$$\begin{aligned} ПП_{млф}(1) = ПП_{млф}(2) = ПП_{млф}(4) = ПП_{млф}(5) = ПП_{млф}(6) = ПП_{млф}(7) = ПП_{млф}(8) = \\ = ПП_{млф}(9) = ПП_{млф}(10) = ПП_{млф}(11) = ПП_{млф}(12) = ПП_{млф}(13) = ПП_{млф}(14) = \\ = ПП_{млф}(15) = ПП_{млф}(17) = ПП_{млф}(19) = ПП_{млф}(20) = ПП_{млф}(22) = ПП_{млф}(24) = \\ = 5 * 21 = 105 \text{ кБит/с.} \end{aligned}$$

$$ПП_{млф}(3) = ПП_{млф}(16) = ПП_{млф}(21) = 6 * 21 = 126 \text{ кБит/с.}$$

$$ПП_{млф}(\text{макс}) = 60 * 21 = 1260 \text{ кБит/с.}$$

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для оценки требуемой полосы пропускания для предоставления услуг IPTV необходимо учесть, что для передачи одного видеопотока одному абоненту в высоком качестве требуется полоса пропускания не менее 5,28Мбит/с. Также необходимо учесть, что не все абоненты будут одновременно использовать данную услугу. В рамках данного проекта предполагается, что одновременно услугой IPTV будет пользоваться порядка 80% от общего числа пользователей IPTV. Пропускная способность сети для удовлетворения услуг IPTV может быть вычислена следующим образом:

$$ПП_{IPTV} = [N_{IPTV} * 0,8] * v_{IPTV}, \quad (3.2)$$

где  $N_{IPTV}$  – количество пользователей услугой IPTV;

$v_{IPTV}$  – скорость передачи данных для обеспечения услуг IPTV.

В выражении (3.2) квадратные скобки означают округление до целого в большую сторону.

Таким образом, требуемая полоса пропускания для каждого кластера для предоставления IPTV будет составлять:

$$ПП_{IPTV}(1) = ПП_{IPTV}(12) = [18 * 0,8] * 5,28 = 79,2 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(2) = ПП_{IPTV}(5) = ПП_{IPTV}(6) = ПП_{IPTV}(19) = ПП_{IPTV}(22) = [19 * 0,8] * 5,28 = 84,48 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(3) = [23 * 0,8] * 5,28 = 100,32 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(4) = [21 * 0,8] * 5,28 = 89,76 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(7) = ПП_{IPTV}(8) = ПП_{IPTV}(9) = ПП_{IPTV}(10) = ПП_{IPTV}(14) = ПП_{IPTV}(15) = [20 * 0,8] * 5,28 = 84,48 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(11) = ПП_{IPTV}(13) = ПП_{IPTV}(17) = ПП_{IPTV}(20) = ПП_{IPTV}(24) = [22 * 0,8] * 5,28 = 95,04 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(16) = ПП_{IPTV}(21) = [24 * 0,8] * 5,28 = 105,6 \text{ Мбит/с.}$$

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$ПП_{IPTV}(18) = [17*0,8]*5,28 = 73,92 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(23) = [14*0,8]*5,28 = 63,36 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{IPTV}(\text{макс}) = [60*0,8]*5,28 = 253,44 \text{ Мбит/с.}$$

Для оценки пропускной способности сети для услуги передача данных необходимо определить требуемую скорость для каждого абонента. В рамках данного проекта при определении исходных данных было установлено, что для каждого абонента должна обеспечиваться скорость не менее 20Мбит/с. Учитывая, что одновременно услугой передачи данных будет пользоваться порядка 80% абонентов несложно вычислить требуемую полосу пропускания. Важно также учитывать, что передача данных будет предоставляться не только физическим абонентам, но и юридическим. Ниже при расчетах также учитывается, что квадратные скобки обозначают округление до целого в большую сторону. Вычислить пропускную способность для передачи данных можно с использованием выражения:

$$ПП_{ПД} = [N_{ПД}*0,8]*v_{ПД}, \quad (3.3)$$

где  $N_{ПД}$  – количество пользователей услугой передача данных;

$v_{ПД}$  – скорость для обеспечения услуг передачи данных.

В выражении (3.3) квадратные скобки означают округление до целого в большую сторону.

Тогда пропускная способность сети для передачи данных должна составлять:

$$ПП_{ПД}(1) = [46*0,8]*20 = 740 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{ПД}(2) = [48*0,8]*20 = 780 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{ПД}(3) = [58*0,8]*20 = 940 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП_{ПД}(4) = [53*0,8]*20 = 860 \text{ Мбит/с.}$$

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$\begin{aligned}
ПП_{ПД}(5) &= [47*0,8]*20 = 760 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(6) &= [47*0,8]*20 = 760 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(7) &= [49*0,8]*20 = 800 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(8) &= [(49+2)*0,8]*20 = 820 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(9) &= [(51+2)*0,8]*20 = 860 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(10) &= [51*0,8]*20 = 820 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(11) &= [54*0,8]*20 = 880 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(12) &= [(45+2)*0,8]*20 = 760 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(13) &= [54*0,8]*20 = 880 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(14) &= [51*0,8]*20 = 820 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(15) &= [51*0,8]*20 = 820 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(16) &= [60*0,8]*20 = 960 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(17) &= [54*0,8]*20 = 880 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(18) &= [(42+2)*0,8]*20 = 720 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(19) &= [48*0,8]*20 = 780 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(20) &= [54*0,8]*20 = 880 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(21) &= [60*0,8]*20 = 960 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(22) &= [48*0,8]*20 = 780 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(23) &= [(36+2)*0,8]*20 = 620 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(24) &= [54*0,8]*20 = 880 \text{ Мбит/с.} \\
ПП_{ПД}(\text{макс}) &= [60*0,8]*20 = 960 \text{ Мбит/с.}
\end{aligned}$$

Общая пропускная способность каждого кластера вычисляется как сумма требуемой полосы для каждого вида услуг:

$$ПП = ПП_{млф} + ПП_{IPTV} + ПП_{ПД}, \quad (3.4)$$

где  $ПП_{млф}$  – пропускная способность для обеспечения IP-телефонии;

$ПП_{IPTV}$  – пропускная способность для обеспечения IPTV;

$ПП_{ПД}$  – пропускная способность для передачи данных.

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Тогда для каждого кластера пропускная способность будет составлять:

$$ПП(1) = 0,105 + 79,2 + 740 = 819,305 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(2) = 0,105 + 84,48 + 780 = 864,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(3) = 0,126 + 100,32 + 940 = 1040,446 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(4) = 0,105 + 89,76 + 860 = 949,865 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(5) = 0,105 + 84,48 + 760 = 844,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(6) = 0,105 + 84,48 + 760 = 844,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(7) = 0,105 + 84,48 + 800 = 884,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(8) = 0,105 + 84,48 + 820 = 904,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(9) = 0,105 + 84,48 + 860 = 944,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(10) = 0,105 + 84,48 + 820 = 904,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(11) = 0,105 + 95,04 + 880 = 975,145 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(12) = 0,105 + 79,2 + 760 = 539,305 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(13) = 0,105 + 95,04 + 880 = 975,145 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(14) = 0,105 + 84,48 + 820 = 904,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(15) = 0,105 + 84,48 + 820 = 904,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(16) = 0,126 + 105,6 + 960 = 904,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(17) = 0,105 + 95,04 + 880 = 975,145 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(18) = 0,084 + 73,92 + 720 = 794,004 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(19) = 0,105 + 84,48 + 780 = 864,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(20) = 0,105 + 95,04 + 880 = 975,145 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(21) = 0,126 + 105,6 + 960 = 1065,726 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(22) = 0,105 + 84,48 + 780 = 864,585 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(23) = 0,084 + 63,36 + 620 = 683,444 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(24) = 0,105 + 95,04 + 880 = 975,145 \text{ Мбит/с.}$$

$$ПП(\text{макс}) = 1,26 + 253,44 + 960 = 1214,7 \text{ Мбит/с.}$$

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Из представленных расчетов видно, что максимальная пропускная способность одного кластера составляет 1,2Гбит/с. Реализация технологии GPON позволяет обеспечивать скорость передачи данных до 1,2Гбит/с. Таким образом, выбранная реализация широкополосной сети абонентского доступа отвечает заявленным в исходных данных требованиям.

Важно отметить, что скорость передачи данных будет зависеть от числа пользователей сети в каждый момент времени. Таким образом, максимально возможная скорость передачи данных для одного абонента будет составлять 1,2Гбит/с.

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

## 4 ВЫБОР И РАСЧЕТ ОБЪЕМА ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

### 4.1 Активное оборудование проектируемой сети связи

К активному оборудованию сетей, построенных по технологии GPON, относится оборудование уровня ядра и абонентское оборудование.

Оборудование уровня ядра представляет собой стационарный терминал OLT. На рынке телекоммуникационного оборудования представлено широкое многообразие терминалов различных фирм производителей и с различными техническими характеристиками. Ключевое различие заключается в количестве портов, поддерживаемых терминалом.

В рамках данного проекта предполагается организация 24 кластеров, каждый из которых обслуживает до 58 абонентов. Таким образом, для реализации проектируемой сети связи необходимо 2 стационарных терминала с общим количеством портов не менее 24.

На основе проведенного анализа телекоммуникационного рынка в соответствии с оптимальным соотношением цена/качество на уровне ядра предлагается использовать OLT BDCOM GP3600-16 и OLT BDCOM 3608.

OLT BDCOM GP3600-16 представляет собой стационарный терминал с 16 оптическими портами. Терминал имеет 12 выходных портов, из которых 4 комбо, 4 SFP и 4 SFP+. Каждый порт терминала может обслуживать до 64 абонентов. Таким образом, OLT BDCOM GP3600-16 позволяет создавать сеть широкополосного доступа для малозаселенных районов, обслуживая до 2048 абонентов. Оборудование имеет 2 слота для установки источников питания, позволяющих выполнить резервирование. В комплекте к оборудованию также поставляется 2 блока питания AC. [9]

Стационарный терминал OLT BDCOM 3608 имеет 8 портов GPON (SFP), из которых 4 комбо-порта и 4xSFP. Производительность внутренней платы

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

данного стационарного оборудования составляет 32Гб/с. В комплектации имеется 2 блока питания АС 220/1А. Кроме того, имеется возможность установления двух портов 10G.. Данное оборудование позволяет обслуживать до 512 абонентов при подключении до 64 абонентских устройств на каждый порт. [9]

Таким образом, использование предлагаемого оборудования не только позволит удовлетворить потребности в получении телекоммуникационных услуг потенциальных 1220 абонентов, но и оставляет запас на расширение проектируемой мультисервисной сети связи.

Абонентское оборудование сети связи, построенной по технологии GPON, представляет собой абонентский терминал ONU. При выборе абонентского оборудования необходимо учитывать совместимость со стационарным оборудованием, а также потребностями пользователей. В рамках данного проекта предполагается закупка абонентских терминалов для всех пользователей сети с возможностью дальнейшей сдачи в аренду абонентам. Однако, предполагается, что пользователи могут использовать свое абонентское оборудование. Одним из немаловажных критериев выбора абонентских терминалов является их цена. В рамках данного проекта предлагается использовать абонентский терминал ONU GPON, совместимый с BDCOM. Данное оборудование имеет 1 порт 10/100/1000Base-T и 1 GPON uplink порт. [9]

Данное оборудование имеет следующие параметры: чувствительность приемника: -27dBm; мощность излучения лазера: +1..+4dBm; максимальная допустимая мощность на входе приемника: -3dBm; максимальная дальность 20км. Рабочая температура находится в диапазоне от 0 до 50°C.

Объем данного оборудования будет равен числу потенциального числа пользователей сети связи, т.е. в рамках данного проекта порядка 1220.

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

## 4.2 Пассивное оборудование проектируемой сети связи

К пассивному оборудованию сети, построенной по технологии GPON, относятся оптические делители. На рынке телекоммуникационного оборудования имеют оптические делители с разным числом отводов: 1×2, 1×4, 1×8, 1×16, 1×32, 1×64. Требуемые типы и их количество зависит от варианта реализации проектируемой широкополосной сети абонентского доступа. Очевидно, что чем больше, количество отводов, тем выше стоимость оборудования.

В рамках данного проекта предполагается использование отдельных делителей на каждый многоквартирный дом, а также по одному делителю на проулок. Кроме того, необходимо использовать делители для объединения потоков от нескольких проулков и улиц.

В соответствии с разработанной схемой построения сети связи предполагается использование 73-х оптических планарных делителей SNR-PLC-1x16, 93-х оптического планарного делителя SNR-PLC-1x8 и 8-ми оптических планарных делителей SNR-PLC-1x4. [9]

## 4.3 Волоконно-оптический кабель связи

Сети связи GPON предполагают прокладку волоконно-оптических линий связи до абонента. Очевидно, что использование оптических делителей позволяет существенно сократить расходы при построении сети связи. Кроме того, целесообразно использовать кабель связи с различными характеристиками на разных участках сети.

Целесообразно выделить два основных участка: от станционного терминала до последнего делителя и от оптического делителя до абонента.

На участке от оптического делителя до абонентского терминала

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

предлагается использовать абонентский оптический кабель связи. На основе проведенного анализа рынка телекоммуникационного оборудования на данном участке сети предлагается использовать кабель волоконно-оптический Cabeus FTTHS-9-01-1-LSZH-IN/OUT-40. Данный кабель является одномодовым, имеющим 1 волокно. Он усилен двумя стеклопрутками и имеет внешний силовой элемент из стальной проволоки. [3]

Данный тип кабеля может быть использован как для внутренней, так и для внешней прокладки. От механических воздействий кабель защищают два силовых элемента из стеклопрутков. Кроме того, кабель имеет повышенную прочность на разрыв, которая обеспечивается за счет внешнего дополнительного силового элемента из стальной проволоки. В кабеле используется специальное оптическое волокно стандарта G.657.A1/G.652.D характеризующееся низкими потерями при малых радиусах изгиба кабеля. Оболочка кабеля из полимера, не распространяющего горение, не содержащего галогенов с низким дымовыделением, стойкого к УФ излучению.

Может применяться для подвеса на опорах линий связи, линий электропередач, столбах освещения, между зданиями и сооружениями, а также для прокладки внутри зданий, в кабельных каналах, трубах, для наружной прокладки по внешним фасадам зданий. Длина воздушной линии связи может составлять до 50 метров.

Исходя из предполагаемого размещения оптических делителей, а также расстояний между домами, рассчитано, что для реализации проектируемой широкополосной сети связи абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгород необходимо порядка 41км оптического кабеля Cabeus FTTHS-9-01-1-LSZH-IN/OUT-40. [3]

На участке от станционного терминала до микрорайона «Восточный» предлагается использовать бронированный кабель Cabeus CLT-A-9-01X24-Z-PE-ARM-PE-DD-OUT-40. Данный кабель представляет собой 24 одномодовых волокна 9/125. Предназначен кабель для внешней прокладки. [9]

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Конструкция кабеля предполагает наличие оптического модуля со свободно уложенными волокнами. Также имеются стеклонити, позволяющие блокировать попадание воды. Помимо стеклонитей на оболочке кабеля имеются ленты, которые также обладают водоблокирующим эффектом. Бронирование кабеля обеспечивается за счет использования гофрированной стальной ленты. Такая конструкция кабеля позволяет использовать его для прокладки как в кабельной канализации, так и в грунте.

Кабель имеет 24 волокна, что позволяет обеспечить обслуживание 24-х оптических кластеров микрорайона «Восточный».

Исходя из оценки предполагаемого расстояния между оптическими делителями и до здания ближайшей АТС, определено, что для реализации проектируемой сети связи необходимо не менее 9км кабеля Cabeus CLT-A-9-01X24-Z-PE-ARM-PE-DD-OUT-40.

По микрорайону до оптических делителей предлагается использовать метод подвеса для создания линий связи. Для реализации данного участка сети предлагается использовать кабель Cabeus TB-A-9-02T-E-K-LSZH-D-IN/OUT-40. Данный кабель представляет собой 2 9/125 одномодовых волокна. Конструкция кабеля предполагает наличие буферного покрытия, а также нитей, блокирующих попадание воды. Блокирование воды также обеспечивается за счет использования слоя упрочняющих арамидных нитей. Также для защиты кабеля используется полимерная оболочка, которая защищает кабель от распространения горения и обладает низким дымовыделением. Данный кабель может быть использован как для прокладки внутри здания, так и для внешней прокладки по фасадам зданий или подвеса на опорах.[3]

Для реализации проектируемой сети связи необходимо не более 10км оптического кабеля Cabeus TB-A-9-02T-E-K-LSZH-D-IN/OUT-40.

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

## 5 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОСТРОЕНИЮ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

На основе проведенного анализа микрорайона «Восточный» г.Белгород была выбрана технология GPON для реализации широкополосного доступа его жителям. Для выбранного варианта реализации сети был выполнен расчет нагрузки, а также определены тип и объем необходимого оборудования.

Выбранный вариант реализации сети связи в микрорайоне «Восточный» предполагает организацию 24 кластеров, каждый из которых обслуживает от 38 до 60 абонентов. Для построения используется несколько оптических делителей в два уровня.

Для реализации сети выбрано 2 стационарных терминала, один из которых имеет 16 портов GPON, а второй – 8. Исходя, из проведенного анализа предлагается использовать 8 оптических делителей 1×4, 93 делителя 1×8 и 73 делителя 1×93. OLT, имеющий 8 портов, подключается к оптическим делителям 1×8, а OLT на 16 портов подключается к двум делителям 1×4 и 14-ти делителям 1×8.

В рамках данного проекта предполагается, что OLT BDCOM 3608 обслуживает первые 8 кластеров, покрывающих жителей частного сектора микрорайона «Восточный». Первый кластер представляет собой 6 оптических делителей, обслуживающих соответственно по 6, 8, 9, 8, 8, 7 абонентов. Во втором кластере используется 7 оптических делителей для обслуживания соответственно 8, 8, 8, 5, 4, 8 и 7 абонентов. Третий кластер – это 8 оптических делителей, 3 из которых обслуживают по 6 абонентов, а остальные 5 – по 8 абонентов. Четвертый кластер – это также 8 делителей 1×8, из которых 5 обслуживают по 6 абонентов, 1 – 7 абонентов и 2 – по 8 абонентов. В пятом кластере используется 1 делитель 1×4 для обслуживания 4 абонентов и 7 делителей 1×8, 2 из которых обслуживают по 5 абонентов, 3 – по 6 абонентов, 1 – 7 абонентов и 1 – 8 абонентов. В шестом кластере также используется 1

						Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

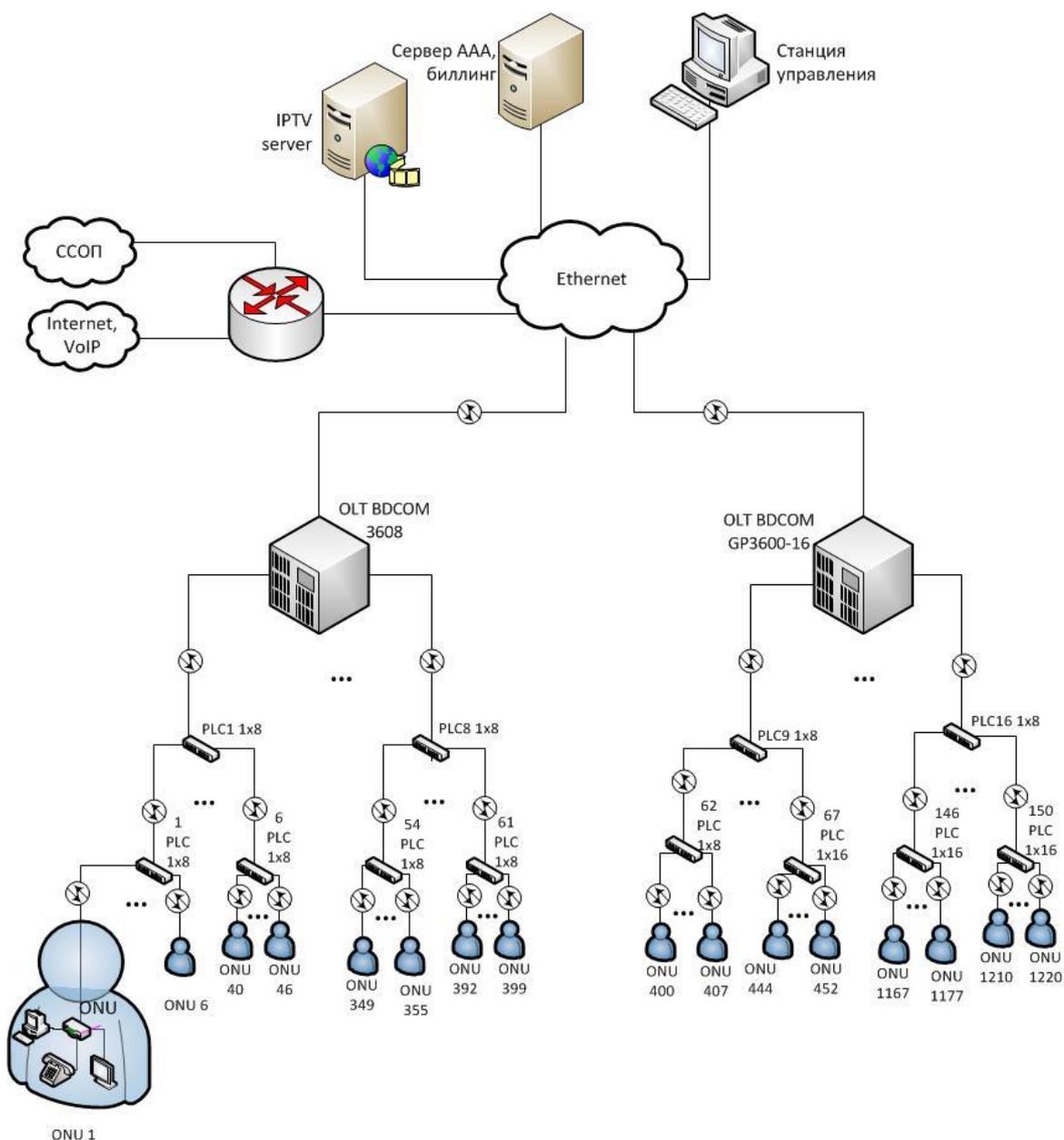
делитель 1×4 и 7 делителей 1×8. К делителю 1×4 подключено 4 абонента, а остальные обслуживают от 5 до 7 абонентов. А именно 2 делителя обслуживают по 5 абонентов, 2 – по 6 абонентов и 3 – по 7 абонентов. Седьмой кластер – это 1 делитель 1×4 для 3-х абонентов и 7 делителей 1×8, из которых 4 подключают по 6 абонентов, 2 – по 7 и 1 – 8 абонентов. Последний восьмой кластер представляет собой 2 делителя 1×4 и 6 делителей 1×8. Делители 1×4 обслуживают по 4 абонента, а делители 1×8 – от 6 до 9. В частности, 2 делителя обслуживают по 6 абонентов, 2 – по 7 абонентов, 1 – 8 абонентов и 1 – 9 абонентов.

Станционный терминал OLT BDCOM GP3600-16 обслуживает кластеры с 9 по 24, которые покрывают многоэтажные дома микрорайона «Восточный». В таблице 5.1 представлено распределение номеров домов, с указанием общего числа абонентов, по кластерам. Кроме того, в таблице указаны количество и типы оптических делителей кластера.

**Таблица 5.1 – Распределение домов по кластерам**

№ кластера	Тип делителя	№ домов	Количество и типы делителей
9	1×8	1,2	3 делителя 1×8 и 3 делителя 1×16
10	1×8	3,4	3 делителя 1×8 и 3 делителя 1×16
11	1×8	5,6	6 делителей 1×16
12	1×8	7,8	5 делителей 1×16
13	1×8	9,20	6 делителей 1×16
14	1×8	10,11	3 делителя 1×8 и 3 делителя 1×16
15	1×8	12,13	3 делителя 1×8 и 3 делителя 1×16
16	1×8	14,24	3 делителя 1×8 и 4 делителя 1×16
17	1×8	15,16	6 делителей 1×16
18	1×4	17	4 делителя 1×16
19	1×8	18	5 делителей 1×16
20	1×8	19	5 делителей 1×16
21	1×8	21,22	3 делителя 1×8 и 4 делителя 1×16
22	1×8	23	5 делителей 1×16
23	1×4	25	4 делителя 1×16
24	1×8	26	5 делителей 1×16

На рисунке 5.1 представлена схема широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгород.



**Рисунок 5.1 – Схема организации связи в микрорайоне «Восточный» г.Белгород**

Для удовлетворения потребностей жителей микрорайона в широкополосном доступе к сети интернет, а также получении услуг Triple Play Services решено выбрать стационарный терминал OLT BDCOM 3608 и OLT BDCOM GP3600-16. Данное оборудование должно располагаться в здании АТС, где имеются свободные площади, а также доступ к электропитанию. Как отмечалось ранее, ближайшее к микрорайону «Восточный» здание АТС расположено на расстоянии 8,5 км. От АТС к микрорайону кабель предполагается прокладывать в существующей кабельной канализации. Для

реализации сети на данном участке выбран бронированный кабель CABEUS CLT-A-9-01X24-Z-PE-ARM-PE-DD-OUT-40. Далее по микрорайону до оптических делителей, располагаемых на электрических столбах, предполагается прокладка кабеля методом подвеса вдоль линий электропередач. На этом участке рекомендуется использовать кабель CABEUS TB-A-9-02T-E-K-LSZH-D-IN/OUT-40.

На рисунке 5.2 представлена схема трассы прокладки кабеля в микрорайоне «Восточный» г.Белгород.



Рисунок 5.2 – Схема трассы прокладки кабеля в микрорайоне «Восточный» г.Белгород

От оптических делителей к абонентским терминалам, размещаемых на территории абонентов, предлагается использовать кабель Cabeus FTTHS-9-01-3-LSZH-IN/OUT-40. Для прокладки кабеля также рекомендуется использовать метод подвеса. В частном секторе кабель предлагается подвешивать непосредственно до дома абонента, а для многоквартирных домов – до подъезда. По подъезду кабель предполагается располагать в межстенном пространстве, а также в кабель-канале по этажу до квартиры абонента.

При построении широкополосной сети абонентского доступа необходимо руководствоваться соответствующими должностными инструкциями и нормами.

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

## 6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

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

Важно отметить, что в рамках данного проекта предполагается, что для размещения оборудования сети связи микрорайона «Восточный» г.Белгород имеются уже существующие площади. Таким образом, в смету расходов не закладываются затраты на их строительство. Смета затрат для реализации широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» представлена в таблице 6.1. Данные, представленные в таблице 6.1 были взяты из источников [3,9].

**Таблица 6.1 – Капитальные вложения в оборудование и материалы**

№ п.п.	Наименование	Кол-во единиц	Ст-ть ед. Руб.	Ст-ть обор. Руб.
1	OLT BDCOM GP3600-16	1	198470	198470
2	OLT BDCOM 3608	1	87670	87670
3	Делитель оптический SNR-PLC-1x16	73	925	67525
4	Делитель оптический SNR-PLC-1x8	93	505	46965
5	Делитель оптический SNR-PLC-1x4	8	392	3136
6	Абонентский терминал ONU GPON	1220	1182	1442040
7	Cabeus FTTHS-9-01-3-LSZH-IN/OUT-40	41000	8	328000
8	Cabeus CLT-A-9-01X24-Z-PE-ARM-PE-DD-OUT-40	9000	93	837000
9	Cabeus TB-A-9-02T-E-K-LSZH-D-IN/OUT-40	10000	47	470000
10	Оплата разработки проекта	1	50000	50000
<b>Итого:</b>				<b>3 580 806</b>

Капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{обор} = K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{нпр}, \text{ руб.} \quad (6.1)$$

где  $K_{пр}$  – затраты на приобретение оборудования;  $K_{тр}$  – транспортные расходы (4% от  $K_{пр}$ );  $K_{смр}$  – строительно-монтажные расходы (20% от  $K_{пр}$ );  $K_{т/у}$  – расходы

на тару и упаковку (0,5% от  $K_{пр}$ );  $K_{зср}$  – заготовительно-складские расходы (1,2% от  $K_{пр}$ );  $K_{ппр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{пр}$ ).

Важно отметить, что затраты на приобретение оборудования не включают в себя расходы на оплату проекта. Таким образом, они составят 3 480 806 рублей.

$$K_{обор} = 3480806 + (0,04 + 0,2 + 0,005 + 0,012 + 0,03) \cdot 3480806 = 4479797,32 \text{ руб.}$$

Затраты на прокладку волоконно-оптической линии связи в существующей кабельной канализации составляют 100 рублей за метр. Таким образом, расходы на создание линейно-кабельных сооружений составят:

$$K_{каб} = L \cdot Y = (41 + 9 + 10) \cdot 100000 = 6000000,$$

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

При вычислении капитальных вложений также необходимо учитывать необходимость оплаты разработки проекта  $K_{проект}$ . В рамках данной работы оплата на разработку проекта составляет 100000руб.

Таким образом, общие капитальные вложения в проект, равные сумме затрат на оборудование  $K_{обор}$ , затрат на монтаж линейно-кабельных сооружений  $K_{каб}$ , а также затрат на разработку проекта  $K_{проект}$ , составляют:

$$KB = 4\,479\,797,32 + 6\,000\,000 + 100\,000 = 10\,579\,797,32 \text{ рублей.}$$

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

## 6.2 Вычисление эксплуатационных расходов

Ежегодные эксплуатационные расходы включают в себя затраты на оплату труда, единый социальный налог, амортизация основных фондов, материальные затраты, прочие производственные расходы.

Для определения затрат на оплату труда необходимо определить количество сотрудников, обслуживающих оборудование, а также размер ежемесячной заработной платы. В рамках данного проекта предполагается, что для обслуживания проектируемой широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» достаточно одного инженера связи с величиной заработной платы порядка 30000 рублей. Тогда годовой фонд оплаты труда может быть вычислен в соответствии с выражением:

$$\text{ФОТ} = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{ руб.} \quad (6.2)$$

где 12 – количество месяцев в году;  $T$  – коэффициент премии;  $T=1,2$  – размер премии (20 %) для стационарного персонала;  $P_i$  – заработная плата работника каждой категории.

$$\text{ФОТ} = (30000 * 1,2) * 12 = 432000 \text{ руб.}$$

Страховые взносы составляют 30% от ФОТ:

$$\text{СВ} = 0,3 * \text{ФОТ.} \quad (6.3)$$

$$\text{СВ} = 0,3 * 432000 = 129600 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов рассчитываются по формуле:

$$\text{АО} = T/F, \quad (6.4)$$

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

где  $T$  – стоимость оборудования;  $F$  – срок службы оборудования.

Срок службы оборудования составляет 8 лет. Следовательно, амортизационные отчисления равны:

$$AO=3480806/8 = 435100,75 \text{ руб.}$$

Для вычисления материальных затрат необходимо оценить оплату электроэнергии, а также расходы на материалы и запасные части.

Технология PON предполагает использование пассивного оборудования на всех участках, кроме ядра и оборудования, располагаемого на стороне абонента. Таким образом, расходы на оплату электроэнергии составят:

$$Z_{ЭН} = T * 24 * 365 * P \quad (6.5)$$

где  $T = 3,92$  руб./кВт.час – тариф на электроэнергию;  $P=0,248$  кВт – мощность установок.

$$Z_{ЭН} = 3,92 * 24 * 365 * 0,248 = 8516,12 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от основных производственных фондов:

$$Z_{МЗ} = KB * 0,035, \quad (6.6)$$

где  $KB$  – это капитальные вложения.

Таким образом, материальные затраты составляют:

$$Z_{МЗ} = 10579797,32 * 0,035 = 370292,91 \text{ руб.}$$

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Тогда, общие материальные затраты равны

$$Z_{\text{ОБЩ}} = Z_{\text{ЭН}} + Z_{\text{М}} = 8516,12 + 370292,91 = 378809,03 \text{руб.}$$

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

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 * \Phi \text{ОТ} \quad (6.7)$$

$$Z_{\text{эк}} = 0,25 * \Phi \text{ОТ} \quad (6.8)$$

Таким образом, прочие расходы составляют:

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 * 432000 \text{ руб.} = 64800 \text{ рублей.}$$

$$Z_{\text{эк}} = 0,25 * 432000 \text{ руб.} = 108000 \text{ рублей.}$$

$$Z_{\text{прочие}} = 64800 + 108000 = 172800 \text{ рублей.}$$

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

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов сведены в таблице 6.2.

**Таблица 6.2 – Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
1. ФОТ	432000	27,5
2. Страховые взносы	129600	8,2
3. Амортизационные отчисления	435100,75	27,7
4. Материальные затраты	378809,03	24,1
5. Прочие расходы	172800	11
НИОКР	23224,65	1,5
<b>ИТОГО</b>	<b>1571534,43</b>	<b>100</b>

### 6.3 Определение тарифных доходов

Оценка тарифных доходов предполагает оценку как единовременных доходов от подключения, так и ежемесячных доходов от абонентской платы. При вычислении доходов необходимо учитывать, что после построения сети связи абоненты будут подключаться к ней не единовременно, а поэтапно. В рамках данного проекта предполагается, что подключение будет осуществляться в течение 4-х лет по следующей схеме: в 1-й и 4-й годы будет подключено примерно по 20% физических абонентов, а во 2-й и 3-й – примерно по 30%. Что касается подключения юридических клиентов, то здесь предполагается, что большая часть будет подключена в первый год, а во 2-й и 3-й оставшаяся часть.

В таблице 6.3 представлены результаты оценки тарифных доходов от подключения абонентов по годам.

Таблица 6.3 – Доходы от подключения абонентов

Год эксплуатации	Количество абонентов		Стоимость подключения (руб)		Суммарный доход (руб.)
	физ. лица	юр. лица	физ. лица	юр. лица	
1-й год	242	5	450	1000	113900
2-й год	363	3	450	1000	166350
3-й год	363	2	450	1000	165350
4-й год	242	0	450	1000	108900
<b>ИТОГО:</b>					<b>554 500</b>

Результаты оценки ежемесячных доходов по годам представлены в таблицах 6.4-6.7.

Таблица 6.4 – Доходы от абонентской платы за предоставляемые услуги в 1-й год

Тип абонента	Тип услуги	Абонентская плата, руб./мес.	Количество абонентов	Доход руб./мес.
Физические абоненты	Передача данных	450	242	108900
	IPTV	350	97	33950
	IP-телефония	200	25	5000
Юридические абоненты	Передача данных	1000	5	5000
<b>Итого</b>				<b>152850</b>

Таким образом, доход от абонентской платы за первый год составит:

$$D_{AB\text{ ПЛАТА}} = 152850 * 12 = 1834,2 \text{ тыс. рублей.}$$

Далее необходимо определить общий тарифный доход, который составляет:

$$D_T = D_{\text{ПОДКЛ}} + D_{AB\text{ ПЛАТА}} = 113900 + 1834200 = 1948,1 \text{ тыс. рублей.}$$

**Таблица 6.5 – Доходы от абонентской платы за предоставляемые услуги в 2-й год**

Тип абонента	Тип услуги	Абонентская плата, руб./мес.	Количество абонентов	Доход руб./мес.
Физические абоненты	Передача данных	450	605	272250
	IPTV	350	242	84700
	IP-телефония	200	61	12200
Юридические абоненты	Передача данных	1000	8	8000
<b>Итого</b>				<b>377150</b>

Таким образом, доход от абонентской платы за второй год составит:

$$D_{AB\text{ ПЛАТА}} = 377150 * 12 = 4525,8 \text{ тыс. рублей.}$$

Общий тарифный доход за второй год составит:

$$D_T = D_{\text{ПОДКЛ}} + D_{AB\text{ ПЛАТА}} = 166350 + 4525800 = 4692,15 \text{ тыс. рублей.}$$

**Таблица 6.6 – Доходы от абонентской платы за предоставляемые услуги в 3-й год**

Тип абонента	Тип услуги	Абонентская плата, руб./мес.	Количество абонентов	Доход руб./мес.
Физические абоненты	Передача данных	450	968	435600
	IPTV	350	387	135450
	IP-телефония	200	97	19400
Юридические абоненты	Передача данных	1000	10	10000
<b>Итого</b>				<b>600450</b>

Таким образом, доход от абонентской платы за третий год составит:

$$D_{AB\ ПЛАТА} = 600450 * 12 = 7205,4 \text{ тыс. рублей.}$$

Общий тарифный доход за третий год составит:

$$D_T = D_{ПОДКЛ} + D_{AB\ ПЛАТА} = 165350 + 7205400 = 7370,75 \text{ тыс. рублей.}$$

**Таблица 6.7 – Доходы от абонентской платы за предоставляемые услуги в 4-й год**

Тип абонента	Тип услуги	Абонентская плата, руб./мес.	Количество абонентов	Доход руб./мес.
Физические абоненты	Передача данных	450	1210	544500
	IPTV	350	484	169400
	IP-телефония	200	121	24200
Юридические абоненты	Передача данных	1000	10	10000
<b>Итого</b>				<b>748100</b>

Таким образом, доход от абонентской платы за четвертый год составит:

$$D_{AB\ ПЛАТА} = 748100 * 12 = 8977,2 \text{ тыс. рублей.}$$

Общий тарифный доход за четвертый год составит:

$$D_T = D_{ПОДКЛ} + D_{AB\ ПЛАТА} = 108900 + 8977200 = 9086,1 \text{ тыс. рублей.}$$

Все последующие годы ежегодный тарифный доход будет равен доходу от абонентской платы в четвертом году, т.е. 8977,2 тыс.рублей.

## 6.4 Определение оценочных показателей проекта

На предприятиях связи применяется относительный показатель себестоимости, характеризующий общие эксплуатационные затраты предприятия, приходящиеся на 100 рублей доходов от основной деятельности, рассчитывается по формуле (6.9):

$$C = \frac{\mathcal{E}}{D_T} \cdot 100 \quad (6.9)$$

где  $\mathcal{E}$  – годовые эксплуатационные расходы, руб.;  $D_T$  – тарифные доходы от основной деятельности, руб.

Себестоимость 100 руб. тарифных доходов составит:

$$C = (1571534,43/8977200) * 100 = 17,51 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая себестоимость составляет 17,51 руб.

Для оценки срока окупаемости проекта необходимо оценить чистый денежный доход.

Расчет чистого денежного дохода (NPV) 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:

$$NPV = PV - IC \quad (6.10)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (6.11), IC – поток инвестиций, рассчитываемый по формуле (6.12).

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (6.11)$$

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

$$IC = \sum_{n=0}^T \frac{I_n}{(1+i)^n} \quad (6.12)$$

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

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.8. Необходимо отметить, что в данном проекте норма дисконта – 18%.

**Таблица 6.8 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	P, тыс. руб.	PV, тыс. руб	I, тыс. руб	IC, тыс. руб	NPV, тыс. руб
0	0	0	10579797	10579797	-10579797
1	1948100	1650932	1571534	11911606	-10260674
2	4692150	5020761	1571534	13040258	-8019496
3	7370750	9506827	1571534	13996742	-4489915
4	9086100	14193337	1571534	14807322	-613985,5
5	8977200	18117353	1571534	15494254	2623099
6	8977200	21442791	1571534	16076400	5366391
7	8977200	24260959	1571534	16569744	7691215
8	8977200	26649237	1571534	16987832	9661405

Как видно из приведенных в таблице 6.8 значений, проект окупится на 6-м году эксплуатации.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + NPV_n / (|NPV_{n-1}| + NPV_n) \quad (6.13)$$

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.

Срок окупаемости составит:

$$PP=5+2623099/(613985,5+2623099)=5,81 \text{ лет} = 5 \text{ лет } 10 \text{ месяцев.}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 5 лет 10 месяцев.

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

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6.14)$$

На последний год расчетов индекс рентабельности составит:

$$PI = 26649237 / 16987832 = 1,57$$

Так как  $PI > 1$ , то проект следует принять.

Внутренняя норма доходности (IRR) – норма прибыли, порожденная инвестицией. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (6.15)$$

где  $i$  – ставка дисконтирования.

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (6.16)$$

где  $i_1$  – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором

						Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

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

Для данного проекта:  $i_1=18$ , при котором  $NPV_1=2623099,202$ ;  $i_2=26$  при котором  $NPV_2 = -102936,976$ руб.

Следовательно:

$$IRR=18+2623099,202/(2623099,202+102936,976)*(26-18)=25,7$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 25,7%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 18%, таким образом, проект следует принять.

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице 6.9

**Таблица 6.9 – Техничко-экономические показатели**

<b>Наименование показателей</b>	<b>Значение</b>
1. Количество абонентов	1220
2. Капитальные вложения, тыс. руб.	10579,79732
3. Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.:	1571,53443
3.1 Фонд оплаты труда, тыс. руб.	432
3.2 Страховые взносы, тыс. руб.	129,6
3.3 Амортизационные отчисления, тыс. руб.	435,10075
3.4 Материальные затраты, тыс. руб.	378,80903
3.5 Прочие расходы, тыс. руб.	172,8
4. Срок окупаемости	5 лет 10 месяцев

Как видно из приведенных в таблице 6.9 значений, срок окупаемости проекта составляет приблизительно 5 лет 10 месяцев. Таким образом, анализ технико-экономических показателей проекта свидетельствует о достаточно высокой степени эффективности принятых проектных решений и подтверждает их экономическую обоснованность.

## 7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

В настоящее время существует ряд источников излучения, которые обладают разной мощностью и работают на фиксированных длинах волн. Для волоконно-оптических систем связи применяют три типа различных источников: светодиоды, обычные лазеры и лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser - VCSEL). Различают следующие виды устройств, использующих данные типы источников: лазеры с резонатором Фабри - Перо и распределенной обратной связью, а также светодиоды поверхностного и торцевого излучения. Часто помимо непосредственно источников необходимые еще и усилители оптических сигналов, которые могут быть как полупроводниковыми, так и на основе обогащенных эрбием волокон.

Для полноценной работы системы необходимо также использование детекторов. Обнаружение излучения, как правило, фиксируется измерителями оптической мощности, которые используют фотодетекторы. Помимо фотодетекторов могут использоваться такие приборы как фотосенсорные карты, предназначенные для фиксации падения на них инфракрасного излучения при соответствующей электронной активизации. Другой вид оптических детекторов представляет собой прибор инфракрасного видения, который позволяет осуществлять преобразование инфракрасного излучения с длинами волн 800 и 1300 нм в видимый свет.

Одним из основных правил техники безопасности при работе с волоконно-оптическими системами связи является необходимость постоянно предполагать, что волокно, с которым работает специалист, является активным. Исходя из этого предположения, нельзя заглядывать в выходное отверстие передатчика или в торец коннектора.

Самым привычным прибором, позволяющим проводить осмотр оптических кабельных систем связи, выступает микроскоп, который не может выявить исходящее из него инфракрасное излучение. Выполнить адекватный контроль

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

качества поверхности волокна может микроскоп, позволяющий выполнять увеличение в 200-400 раз. Защитить глаза позволяет использование специального встроенного лазерного фильтра. Данное устройство позволяет снизить уровень излучения на 2-35 дБ в зависимости от длины волны. Встраивание фильтра в микроскоп приводит к повышению его стоимости, однако, такие микроскопы значительно безопаснее. Поэтому при работе с волокном рекомендуется использовать именно микроскопы с лазерными фильтрами. Важно также провести подробное изучение спецификации на этапе выбора необходимого оборудования. В том случае, если нет возможности использования микроскопа с фильтром необходимо применять очки, позволяющие защитить глаза от излучения лазера.

Как правило, в волоконно-оптических кабелях связи применяется стеклянное волокно, имеющее оболочку, которая позволяет обеспечить требуемую прочность, а также упростить работу за счет использования маркировки. При монтаже коннекторов, а также при сращивании выполняется удаление оболочки. На данном этапе необходимо учитывать особенности работы с соответствующими приборами и химикатами. Необходимо помнить, что после удаления оболочки волокно становится незащищенным и, как следствие, может легко ломаться, а, следовательно, повышается опасность попадания осколков волокна под кожу. Поэтому необходимо обезопасить свое рабочее место и выполнять всю работу с осторожностью. Речь идет об использовании специальных ковриков и столов. Важно, чтобы поверхность стола имела особое контрастирующее по цвету с обрабатываемым волокном покрытие. Для работы в специальных помещениях используется черная поверхность, которая не отражает свет и является устойчивой к воздействию химических препаратов. Кроме того, на столе должны отсутствовать швы и края, куда могли бы скапливаться осколки волокна.

В полевых условиях используют коврики, которые также должны быть черными с матовой поверхностью. Также они должны быть легкими и транспортабельными, т.е. иметь возможность просто складываться и помещаться в ящике для инструментов. Кроме того, могут использоваться специальные рабочие

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

столики, которые бывают разных видов. Важно также, чтобы при работе с оптическим волокном обеспечивалось хорошее освещение. Рекомендуется использовать увеличительные очки и специальные устройства, позволяющие крепить кабель, что, в свою очередь, защитит кабель от повреждений. Лампы с гусиными шеями позволяют обеспечить качественное освещение, как в полевых условиях, так и в помещении.

Техника безопасности при работе с волоконно-оптическими системами связи предполагает защиту жизни и здоровья специалистов. Одним из основных способов защиты здоровья работника является использование защитных очков с соответствующими фильтрами. При этом необходимо учитывать, что тип используемых очков зависит от типа используемого оборудования. Так при использовании оборудования с лазерами типа VCSEL, необходимо применять защитные очки, которые рассчитаны на длину волны 850 нм. Помимо этого, они должны иметь фильтры с оптической плотностью (optical density - O. D.), соответствующей конкретной прикладной задаче.

В случае, если выполняется монтаж коннекторов или сращивание кабелей, то достаточно обычных защитных очков, которые позволяют защитить глаза от попадания в них фрагментов волокна. Однако, необходимо учитывать, что их использование не позволит защитить глаза в том случае, если работник потер глаза. Это связано с тем, что крайне маленькие осколки волокна прозрачны и имеют способность прилипать к коже. Поэтому одним из способов защиты глаз от осколков волокна является частое мытье рук.

Все основные рекомендации и правила при работе с волоконно-оптическими системами связи представлены в Типовой инструкции по охране труда при работах на волоконно-оптических кабелях связи ТОО Р-45-071-97.

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы была разработана широкополосная сеть абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» г.Белгорода, которая позволит удовлетворить потребности жителей микрорайона в получении качественных телекоммуникационных услуг.

Для достижения поставленной цели были решены все сформулированные в работе задачи.

Проведенный анализ экспликации объекта позволил выявить, что в настоящее время на территории микрорайона отсутствует телекоммуникационная сеть связи, способная удовлетворить потребности жителей. На территории микрорайона располагаются преимущественно частные дома и несколько малоэтажных многоквартирных домов.

На основе проведенного анализа научно-технической литературы выявлено, что для удовлетворения потребностей жителей микрорайона целесообразно реализовать сеть связи на базе технологии, использующей волоконно-оптические линии связи. В рамках данного проекта решено использовать технологию GPON для построения широкополосной сети абонентского доступа.

Построение сети предполагает организацию 24 оптических кластеров с количеством абонентов от 38 до 60. На основе оценки нагрузки и анализа рынка телекоммуникационного оборудования было выбрано активное и пассивное оборудование для реализации сети. Активное оборудование используется на уровне ядра и уровне абонента. Распределительная сеть технологии GPON строится с использованием пассивных оптических делителей и волоконно-оптических линий связи.

Волоконно-оптические линии связи прокладываются в кабельной канализации от здания АТС до микрорайона, а по микрорайону предполагается выполнять подвес кабеля по линиям электропередач.

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Для оценки эффективности принятых решений выполнены оценка технико-экономических показателей проекта. Результаты оценки показали, что для построения сети необходимы инвестиции в объеме 10 миллионов 579 тысяч 798 рублей. При условии поэтапного подключения абонентов в течение 4-х лет проект окупится через 5 лет и 10 месяцев. Полученные результаты свидетельствует об эффективности принятых решений. Таким образом, проект широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Восточный» в г.Белгороде на базе технологии GPON рекомендуется принять.

						Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. OpenStreetMap contributors [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании OpenStreetMap contributors / Режим доступа – <https://2gis.ru/> (Дата обращения: 02.02.2019г)
2. Александров, А.В. Технологии широкополосного доступа [Электронный ресурс]/ А.В. Александров // Журнал «Вестник связи» – 2007 – № 4 – Режим доступа: <http://niits.ru/public/2007/2007-029.pdf>.
3. АнЛан [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании AnLAN/ Режим доступа – <https://anlan.ru/> (Дата обращения: 11.02.2019г)
4. Аренда квартир и поиск новостроек в Белгороде [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ЕСРУ Новостройки Белгорода, аренда квартир в Белгороде, снять квартиру в Белгороде, квартиры на сутки в Белгороде / Режим доступа – <https://belgorod.ecpu.ru/> (Дата обращения: 02.02.2019г)
5. Гордиенко, В.Н., Тверецкий, М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. – 2-е издание, испр. и доп.– М.: Горячая линия – Телеком, 2013 с.: ил.
6. Климатические данные городов по всему миру [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании CLIMATE-DATA.ORG Климатические данные городов по всему миру / Режим доступа – <https://ru.climate-data.org/> (Дата обращения: 02.02.2019г)
7. Крухмалев, В.В. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов/ В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В. Н. Гордиенко и В. В. Крухмалева. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 510 с.: ил.
8. Крухмалев, В.В. Цифровые системы передачи: Учебник для вузов / В.В.Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д.Моченов – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 352 с.

						Лист
					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9. НАГ [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании SHOP.NAG, Каталог оборудования / Режим доступа – <https://shop.nag.ru/> (Дата обращения: 11.02.2019г)

10. ООО «Белсправка» [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО «Белсправка», Организации Белгорода / Режим доступа – <http://belspravka.ru/> (Дата обращения: 05.02.2019г)

11. Предоставление услуг ШПД в частном секторе [Электронный ресурс] / Журнал «Вестник связи» – 2012 – №08 – Режим доступа: <http://www.nateks.ru/publication/predostavlenie-uslug-shpd-v-chastnom-se>.

12. Прокис, Дж. Цифровая связь. / Дж.Прокис – М.: Радио и связь. 2000. - 800 с: ил.

13. Пункты приема вторсырья и экология Земли [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Ecology-of, Пункты приема вторсырья и экология Земли // Режим доступа – <http://ecology-of.ru/> (Дата обращения: 02.02.2019г)

14. Рейман, Л.Д. Перспективные телекоммуникационные технологии. Потенциальные возможности. / Л.Д.Рейман, Л.Е.Варакин – М: МАС, 2001, 255с.

15. Справочник телекоммуникационных организаций г.Белгород [Электронный ресурс] // Официальный сайт Справочник организаций России, Украины, Беларуси и Казахстана / Режим доступа – <http://www.spravkaforme.ru/> (Дата обращения: 05.02.2019г)

16. Справочник телекоммуникационных организаций г.Белгород [Электронный ресурс] // Официальный сайт СПР Справочник организаций и учреждений / Режим доступа – <https://cfo.spr.ru/> (Дата обращения: 05.02.2019г)

					<b>11120005.11.03.02.932.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52