

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

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**Кафедра информационно-телекоммуникационных систем и технологий**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ДЛЯ БАЗЫ  
ОТДЫХА «ЛЕСНАЯ» С. ЛОМНОЕ ГРАЙВОРОНСКОГО РАЙОНА**

**Выпускная квалификационная работа студента**

**очной формы обучения  
направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи**

**4 курса группы 07001209  
Петренко Дмитрия Анатольевича**

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

Рецензент  
старший инженер отдела  
развития сети  
Филиала ПАО МТС  
в Белгородской области  
Р.С. Скрышников

**БЕЛГОРОД 2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА – БАЗЫ ОТДЫХА «ЛЕСНАЯ».....	5
1.1 Экспликация местности и описание структуры базы отдыха.....	5
1.2 Разработка требований к проектируемой системе.....	6
2 АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ.....	8
2.1 Оптико-волоконная сеть FTТх .....	8
2.2 Технологии мобильной связи.....	13
2.3 Спутниковый широкополосный доступ .....	16
2.4 Стандарты технологии Wi-Fi .....	25
2.5 Рекомендации по построению проектируемой сети.....	29
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРОЕКТА.....	31
3.1 Разработка структурной схемы проектируемой системы .....	31
3.2 Проектирование головной станции.....	32
3.3 Проектирование распределительной сети Wi-Fi.....	41
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	46
4.1 Расчет капиталовложений.....	46
4.2 Калькуляция эксплуатационных расходов.....	48
4.3 Калькуляция доходов.....	50
4.4 Оценка экономических показателей.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

					<b>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		<i>Петренко Д.А.</i>			Проектирование системы широкополосного доступа для базы отдыха «Лесная» с. Ломное Грайворонского района	Лит.	Лист	Листов
Провер.		<i>Сидоренко И.А.</i>					2	61
Рецензент		<i>Скрынников Р.С.</i>				<i>НИУ «БелГУ», гр. 07001209</i>		
Н. контр.		<i>Сидоренко И.А.</i>						
Утв.		<i>Жуляков Е.Г.</i>						

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящие дни невозможно представить современного человека без использования ресурсов глобальных сетей. Под глобальными сетями чаще всего понимается сеть Интернет. Именно благодаря сети Интернет люди могут беспрепятственно поддерживать общение друг с другом, находить необходимую информацию любого рода, а так же использовать мультимедиа услуги в качестве развлечения. С ростом качества и объема последних растут и требования конечных пользователей к высококачественному и высокоскоростному доступу к телекоммуникационным сервисам. Причем тенденция к росту объема мультимедийного контента сохраняется и для последующих лет. Поэтому крупнейшие телекоммуникационные компании ставят перед собой задачи по развитию и внедрению технологий широкополосного доступа в Интернет, с точки зрения скорости и надежности.

Предоставление таких высоких скоростей потребует кардинального изменения технологий, оно и определит дальнейшее развитие сетевых инфраструктур. Существует масса возможностей предоставить высокоскоростной доступ, но основной вопрос здесь заключается в проблемах, которые возникают при проектировании системы связи

Любой новый способ доступа к сети должен, поддерживать уже существующие сервисы. Сегодня существует большое число различных сетевых архитектур, способных удовлетворить требования пользователей в высоких скоростях. И каждая из них имеет свои плюсы и минусы.

Но если место проектирования системы связи не имеет существующих сервисов? С такой проблемой сталкиваются либо в местах удаленных от крупных городов, либо в труднодоступном месторасположении потенциальных абонентов.

Если в первом случае проблему можно решить путем установки беспроводных радиосистем, хотя дороговизна и монтаж базовых станций

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

вызывают свои сложности, то во втором случае единственно возможный способ - технологии спутниковой радиосвязи.

Актуальность дипломного проекта определяется тем, что на территории базы отдыха «Лесная» доступ к какой-либо сети связи отсутствует. Связано это со спецификой рельефа местности. База отдыха располагается в низине, что в свою очередь создает проблемы для предоставления услуг связи отдыхающим. Необходимо спроектировать систему широкополосного доступа, чтобы отдыхающие в любое время могли беспрепятственно связываться с внешним миром. В данном случае оптимальным вариантом для доставки контента будет служить спутниковая радиосвязь. На территории базы отдыха услуги могут предоставляться посредством различных технологий, например Ethernet, но если учитывать тот факт, что практически у любого человека есть гаджет, способный подключаться к сети Wi-Fi, то будет благоразумным производить распределение предоставляемого контента по данной технологии.

Целью данного проекта является обеспечение постоянного доступа к информационным ресурсам сети Интернет на всей территории базы отдыха «Лесная».

Задачи проекта:

1. Произвести экспликацию объекта;
2. Разработать требования к системе;
3. Выбор способа и технологии доставки контента на территорию объекта;
4. Выбор технологий для распределения трафика;
5. Техническое проектирование системы ШПД;
6. Технико-экономическое обоснование проекта.

Данная выпускная квалификационная работа состоит из 4 разделов, посвященных решению поставленных задач. Работа изложена на 61 страницах машинописного текста, имеет графическую часть, введение, заключение и список использованных источников. Выпускная квалификационная работа содержит 17 рисунков, 10 таблиц.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

# 1 ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБЪЕКТА – БАЗЫ ОТДЫХА «ЛЕСНАЯ»

## 1.1 Экспликация местности и описание структуры базы отдыха

База отдыха «Лесная» (рис. 1.1) расположена в Грайворонском районе, недалеко от села Ломное.

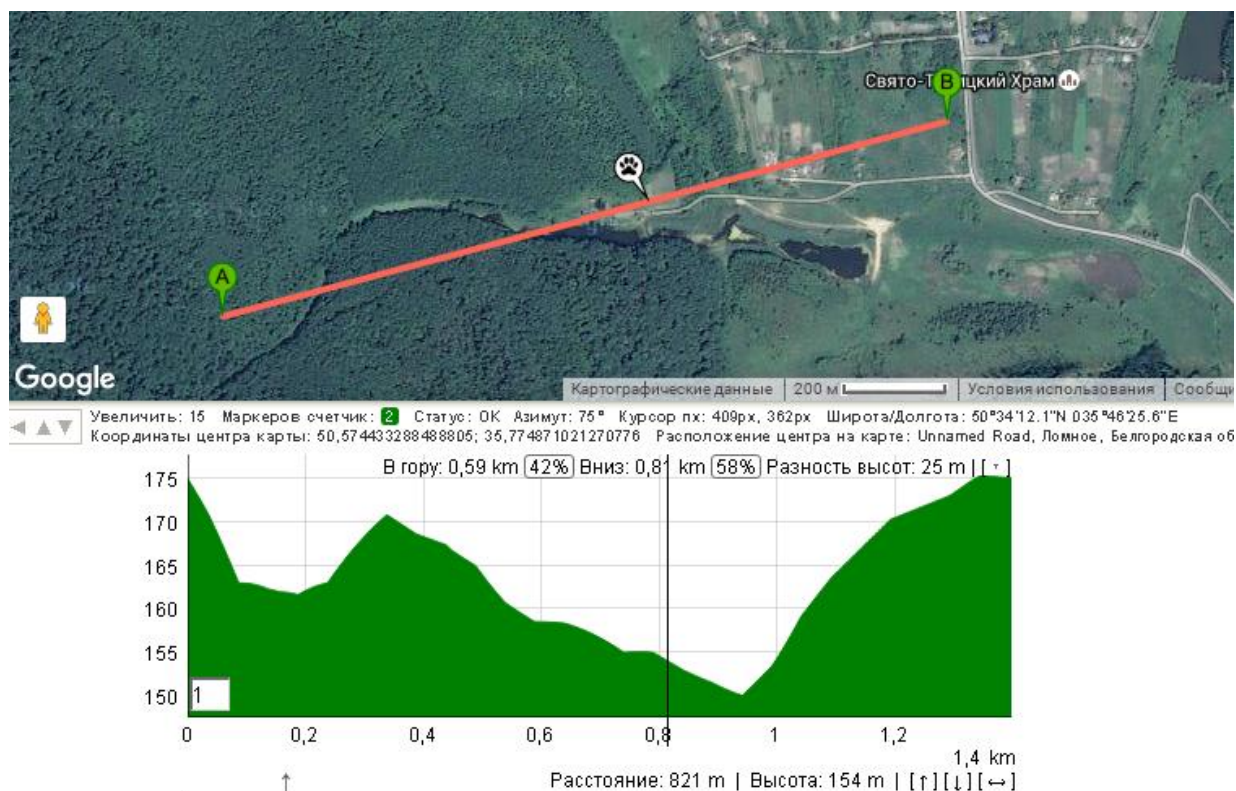


**Рисунок 1.1 – Месторасположение базы отдыха «Лесная»**

База отдыха включает в себя двухэтажный коттедж, вместимостью до 15 человек, крытую веранду, вместимостью до 40 человек, 2 подсобных помещения, автостоянка. Кроме приведенных сооружений на базе отдыха имеются всевозможные развлечения для культурного отдыха. Все вышеперечисленное расположено на берегу пруда, так же имеется причал и лодка. Площадь базы отдыха приблизительно составляет 240 м<sup>2</sup>. На базе отдыха имеется система спутникового телевидения. Другие системы связи полностью отсутствуют.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Особенностью базы отдыха является то, что она располагается в углублении рельефа (рис. 1.2). Практически со всех сторон базу отдыха окружает глубокий лес. Все это создает ряд проблем для предоставления некоторых услуг связи.



**Рисунок 1.2 – Профиль рельефа местности базы отдыха «Лесная»**

## 1.2 Разработка требований к проектируемой системе

Для объекта требуется разработать систему, которая смогла бы обеспечить для абонентов широкополосный доступ в Интернет по разумному ценовому предложению. Наиболее подходящим решением для распределительной сети выступает технология Wi-Fi, а именно стандарт 802.11n, так как практически у любого абонента имеется гаджет, поддерживающий данную технологию. 802.11n является самым распространенным стандартом на данный момент. Используемая технология MIMO позволяет значительно увеличить пропускную способность сети. Еще одна особенность стандарта - более широкие частотные каналы: если

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ранее передача данных велась в канале шириной 20 МГц, то сейчас можно использовать 40 МГц, что так же увеличивает пропускную способность точки доступа в 2 раза. Сеть Wi-Fi должна покрывать всю территорию объекта и небольшие участки за периметром базы отдыха, чтобы отдыхающие комфортно себя чувствовали в любой точке местности и могли поддерживать связь с внешним миром.

Система для доставки контента на базу отдыха должна быть подобрана в соответствии с особенностями месторасположения объекта. Единственным возможным вариантом выступает система двустороннего спутникового ШПД, которая не зависит от наземных каналов связи и будет обеспечивать беспрепятственную связь между ЦЗССС оператора и головной станцией базы отдыха. Для качественного предоставления услуги, необходимо наличие фиксированной спутниковой связи. Всем этим требованиям отвечает технология VSAT. Для связи со спутником необходимо наличие оффсетной приемо-передающей спутниковой антенны и спутникового модема. Взаимодействие спутникового модема с точками доступа Wi-Fi и стационарными абонентскими устройствами будет происходить посредством коммутатора через интерфейс RJ-45. На территории целесообразно разместить 2 точки доступа Wi-Fi, чтобы снизить нагрузку сети. Так же зона охвата сетью Wi-Fi будет включать в себя не только территорию базы отдыха, но и близлежащие окрестности с целью поддержки мобильного отдыха для абонентов.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

## 2 АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ

### 2.1 Оптико-волоконная сеть FTTx

FTTx — понятие, которое описывает общий подход к организации кабельной инфраструктуры сети доступа, в которой от узла связи до определённого места доходит оптоволоконная линия, а далее, до абонента, — витая пара. Но существуют варианты, в которых оптика прокладывается непосредственно к абонентскому устройству.

Кабельная структура FTTx – это только физический уровень, однако на практически это понятие охватывает многие технологии сетевого и канального уровней. С системами на базе FTTx перед абонентом открывается возможность выбора из огромного количества новых и развивающихся услуг.

Семейство FTTx подразумевает разные виды архитектур:

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

FTTC (Fiber to the Curb) — волокно до микрорайона, квартала или группы домов;

FTTB (Fiber to the Building) — волокно до здания;

FTTH (Fiber to the Home) — волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

Все виды отличаются между собой близостью оптического кабеля к терминалу пользователя.

Очевидно, что выбор вида технологии FTTx зависит от запланированного набора услуг и необходимой для их предоставления полосы пропускания.. Чем выше выбранная скорость доступа и чем больше набор услуг запросил абонент, тем ближе к абонентскому терминалу должна подходить оптическая линия. В таком случае целесообразно использовать технологии FTTH.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



В пользу решений FTTH выступают многие ведущие эксперты. Они сравнивают продолжительность жизненного цикла инвестиций в любую технологию доступа и коррелированный рост требований к пропускной способности каналов доступа. Проведенный анализ показывает, что все технические решения, закладываемые в основу сегмента доступа сети, должны обеспечить скорость не менее 100 Мбит/с в ближайшее время. В противном случае до инвестиционного цикла произойдет моральное устаревание оборудования. Оператор должен обязательно учитывать все предоставленные данные, иначе он рискует стать уязвимым перед лицом конкуренции по мере того как пользователи будут стремиться к получению более новых и качественных услуг [1].

- FTTH обеспечивает наибольшую полосу пропускания из всех других видов FTТх;
- это полностью стандартизированный и наиболее перспективный вариант;
- решения FTTH позволяют обеспечить массовое обслуживание абонентов на расстоянии до 20 км от узла связи;
- FTTH позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы. Это достигается путем уменьшения площади технических помещений, в которых размещается необходимое оборудование и снижения энергопотребления, а так же затрат на техническую поддержку.

Существует два часто применяемых типа организации FTTH сетей: на базе технологии Ethernet и на базе технологии PON.

PON - технология пассивных оптических сетей. Распределительная сеть доступа PON основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, представляет экономичный способ обеспечить широкополосную передачу информации. При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания и узлов

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

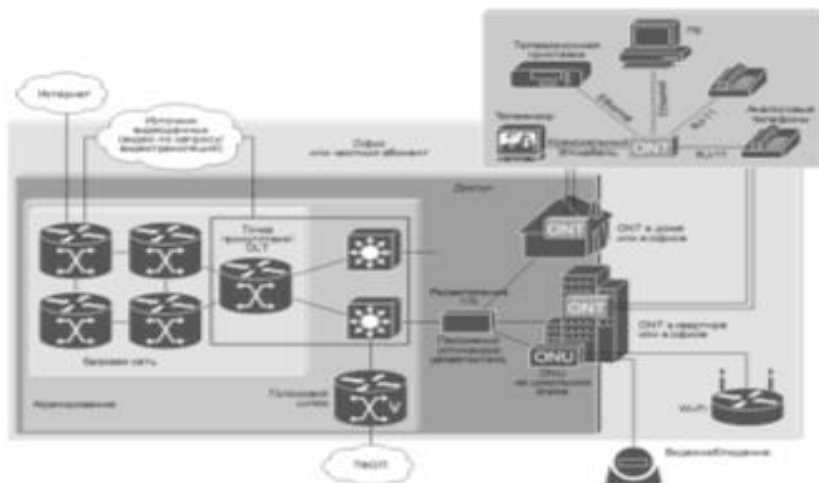
сети, и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приемопередающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONT – прямого (нисходящего) потока, как правило, используется длина волны 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.

Прямой поток на уровне оптических сигналов, является широковещательным. Каждый абонентский узел ONT, читая адресные поля, выделяет из этого общего потока предназначенную только ему часть информации. Фактически, мы имеем дело с распределенным демультиплексором.

Все абонентские узлы ONT ведут передачу в обратном потоке на одной и той же длине волны, используя концепцию множественного доступа с временным разделением TDMA (time division multiple access). Для того, чтобы исключить возможность пересечения сигналов от разных ONT, для каждого из них устанавливается свое индивидуальное расписание по передаче данных с учетом поправки на задержку, связанную с удалением данного ONT от OLT. Эту задачу решает протокол TDMA MAC. На рисунке 2.1 изображена типичная пассивная оптическая сеть PON, в которой используются различные терминаторы оптической сети (optical network termination, ONT) или устройства оптической сети (optical network unit, ONU). ONT предназначены для использования отдельным конечным пользователем. Устройства ONU обычно располагаются на цокольных этажах или в подвальных помещениях и совместно используются группой пользователей. Голосовые сервисы, а также услуги передачи данных и видео доводятся от ONU или ONT до абонента по кабелям, проложенным в помещении абонента.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



**Рисунок 2.1 – Структура сети по технологии PON**

В решении Ethernet FTTH для коммутации линий подразумевается использование коммутаторов с оптическими портами или оптическими трансиверами. Коммутаторы объединяются либо в «кольцо» Ethernet (GE или 10GE), либо по топологии «звезда» и располагаются на цокольном или чердачном этаже (в зависимости от способа заведения магистрального волокна в дом). К портам коммутатора подключаются устройства конечных пользователей. Такой подход обеспечивает высокий уровень надежности за счет возможности резервирования оптических каналов, и обеспечивает преемственность с существующей «медной» инфраструктурой. К недостаткам Ethernet FTTH можно отнести узкую полосу пропускания и недостаточные возможности масштабирования.

Технология Gigabit Ethernet - это расширение IEEE 802.3 Ethernet, использующее такую же структуру пакетов, формат и поддержку протокола CSMA/CD, полного дуплекса, контроля потока и прочее, но при этом предоставляя теоретически десятикратное увеличение производительности. Поскольку технология Gigabit Ethernet совместима с 10Mbps и 100Mbps Ethernet, возможен легкий переход на данную технологию без инвестирования больших средств в программное обеспечение, кабельную структуру и обучение персонала

Как и в стандарте Fast Ethernet, в Gigabit Ethernet не существует

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11







чем сети 2G GSM. Кроме того, она высвобождает пропускную способность, поскольку заголовки пакетов меньше, чем у неоптимизированной VoIP/LTE.

При другом подходе - Circuit-switched fallback (CSFB), LTE обеспечивает только услуги передачи данных, поэтому, когда требуется принять или совершить голосовой вызов, терминал просто возвращается к сети с коммутацией каналов (например, GSM или UMTS). При использовании этого решения, операторам просто нужно обновить MSC, вместо развертывания IMS, поэтому можно быстро начать предоставлять услуги. Однако недостатком является более длительная задержка при установке вызова. Данный способ организации вызова в настоящее время используют все российские сотовые операторы, предоставляющие LTE [3].

Также существует подход одновременной передачи голоса и LTE (SVLTE). При таком подходе, терминал работает одновременно в LTE и с коммутацией каналов, в режиме LTE предоставляются услуги передачи данных и в режиме с коммутацией каналов обеспечиваются голосовые услуги. Это решение основано исключительно на требованиях к мобильному телефону и не имеет специальных требований к сети. Недостатком такого решения является то, что такой телефон может стать дорогим и иметь высокое энергопотребление.

LTE присутствует в 79 регионах России. В зоне покрытия находится более 55 % населения (по данным сотовых операторов). Стоит учесть, что разные операторы предоставляют разный уровень покрытия. В некоторых случаях сеть запускается только в административных центрах регионов.

Для организации голосовых вызовов в настоящее время используется подход CSFB, однако идёт тестирование и планируется к запуску VoLTE.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

### 2.3. Спутниковый широкополосный доступ

В настоящее время на территории СНГ реализация спутниковых услуг осуществляется посредством возможностей спутниковой связи, спутникового телерадиовещания, спутниковой навигации и мониторинга поверхности Земли.

Для трансляции сигналов в спутниковых системах в зависимости от области их применения используются волны специальных диапазонов частот электромагнитного спектра, позволяющие обеспечить необходимые технические характеристики этих систем, в числе которых: минимизация затухания передаваемого сигнала в атмосфере, электромагнитная совместимость элементов системы и др.

Спутниковая связь – современный вид радиосвязи, при котором в качестве ретранслятора выступают искусственные спутники Земли – космические аппараты (КА), находящиеся на геоцентрической орбите.

Спутниковая связь – оптимальный вариант для создания каналов связи между географически удаленными регионами, а также районами с неравномерно развитой коммуникационной инфраструктурой. В настоящее время, спутниковая связь – это реальная возможность организации и подключения ко всем существующим сервисам, от телефонии и высокоскоростного доступа в Интернет до построения корпоративных сетей для передачи данных [4].

Сфера применения спутниковой связи более чем обширна, спектр ее возможностей широк, но имеет свои особенности. Так, большинство КА существующих спутниковых систем связи расположены на геостационарных орбитах (ГСО), что в организационно-техническом аспекте оправдано: небольшое количество спутников позволяет обеспечить связь всей поверхности земли. Однако значительная технологическая задержка ретранслируемого сигнала делает их применимыми практически только для однонаправленной передачи сигнала, например, радио- и телевидения. Для систем радиотелефонной связи, особенно применительно к подвижным объектам, такая задержка сигнала крайне

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



нежелательна, так как приводит к снижению качества связи и повышению стоимости пользовательского сегмента.

Спутниковую связь по области применения разделяют на фиксированную – связь между стационарными объектами и подвижную – связь между стационарными и/или подвижными объектами.

Фиксированная спутниковая связь (ФСС) обеспечивается посредством систем магистрально спутниковой связи, включающим спутники-ретрансляторы и наземную инфраструктуру: приемо-передающую аппаратуру, центральную земную станцию (ЦЗС), управляющие станции и линии связи, которые обеспечивают передачу информации (голос, видео, данные) в виде трафика [5].

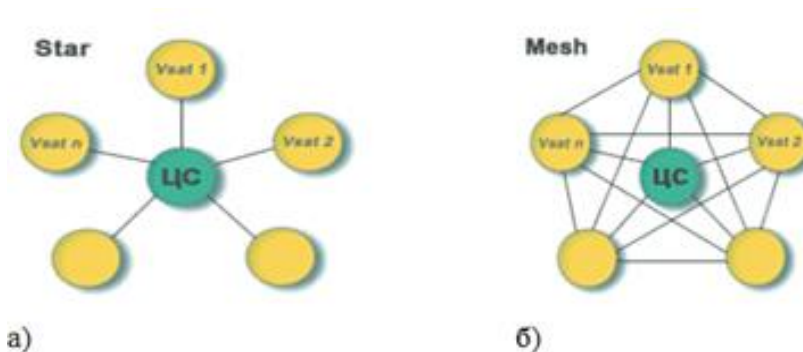
Изначально, почти все операторы спутниковой связи предоставляли услуги только ФСС. Первой коммерческой системой ФСС стала система Intelsat, затем были созданы аналогичные региональные системы (Eutelsat, Arabsat и др.). Со временем доля передачи речи в общем объеме магистрального трафика постоянно снижалась, уступая место передаче данных. С развитием волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) последние начали вытеснять ФСС с рынка магистральной связи [6].

Современным направлением в организации ФСС является применение станций VSAT (Very Small Aperture Terminal) – малых наземных терминалов, осуществляющих через спутник двустороннюю передачу данных в диапазонах С и Ku. Такие системы способны обеспечить потребителю полный спектр телекоммуникационных услуг. В числе их преимуществ: возможность охвата сетью больших территорий, высокая скорость развертывания сети, независимость от наземных каналов связи, возможность представления каналов связи по запросу. Особенностью данной технологии является сравнительно невысокая скорость передачи данных (для VSAT-терминала обычно не превышает 2 048 кбит/с), поэтому VSAT-системы используются обычно там, где не требуется высокая пропускная способность каналов. Например, такие системы способны обеспечить качественную связь между центральным офисом предприятия и его филиалами,

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

находящимися на значительном удалении друг от друга, в том числе в местах с полным отсутствием необходимой инфраструктуры [7].

Системы VSAT имеют две топологические разновидности: Star (звезда) и Mesh (полносвязная схема соединения “каждый с каждым”). Сеть Star (рис. 2.3 а) построена таким образом, что информация от любой VSAT-станции поступает на центральную станцию (ЦС).



**Рисунок 2.3 – Топологические схемы а) Star; б) Mesh**

В результате сигнал от VSAT1 до VSAT2 делает “двойной скачок”, и время распространения достигает 0,6 с, что неприемлемо для передачи голоса, но допустимо для многих приложений, связанных с передачей данных.

Сеть Mesh (рис. 2.3 б) предусматривает соединение VSAT-станций за один “скачок”, а ЦС (или выделенная станция сети) в данном случае обеспечивает организацию вызова и соединения. Соответственно, задержка сигнала уменьшается в два раза и составляет не более 0,3 с, что практически не ощущается даже при передаче голоса, не говоря уж о других приложениях, требующих режима реального времени.

Организация передачи информации в спутниковых сетях VSAT базируется на трех основных методах разделения каналов при многостанционном доступе: FDMA (частотное разделение), TDMA (временное разделение), CDMA (кодовое разделение). Для оптимизации пропускной способности и стоимости сети в каждом конкретном случае используется сочетание этих методов. Отметим, что

далее будут рассматриваться методы, которые применяются только при использовании ретрансляционной аппаратуры ИСЗ с прозрачными стволами.

Сеть типа Star ориентирована, в первую очередь, на обеспечение услуг, связанных с передачей данных, для которых задержка сигнала не столь принципиальна. Наиболее распространенный способ для решения этих задач - TDM/TDMA. Исходящие потоки от каждой VSAT-станции разделены во времени и транслируются на ЦС. С целью минимизации арендуемой полосы частот используются различные протоколы Aloha. Основная задача - исключить коллизии, то есть наложение информации, передаваемой разными VSAT-станциями в данный момент времени на одной частоте. При этом, чем совершеннее протокол Aloha, тем больше задержка информации .

На ЦС сигналы коммутируются и мультиплексируются в единый цифровой поток TDM (транслируемый через спутник-ретранслятор), который доступен для приема любой абонентской станцией сети.

В случае если трафик достаточно устойчив во времени, используется технология SCPC/PAMA. Такое решение обеспечивает в реальном масштабе времени не только передачу данных, но и телефонную связь между VSAT и ЦС. Сочетание SCPC/PAMA и TDM/TDMA позволяет реализовать сеть по схеме двухуровневой звезды, в которой закрепленные каналы PAMA являются магистральными.

При организации сети Mesh актуальна другая задача. Необходимо обеспечить связь абонентов “каждого с каждым” за один скачок. К наиболее распространенной технологии относится DAMA. Она предусматривает выделение ресурсов сети каждому абоненту только на время их активного взаимодействия. Здесь возможны два основных варианта. Первый и наиболее распространенный - SCPC/DAMA, который выделяет частотный канал по требованию абонента. Второй - TDMA/DAMA - более прогрессивен и предусматривает динамическое распределение временных слотов в кадре TDMA по запросу абонента.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Запрос выделения канала для абонентской станции может быть реализован различными методами. Например, на ЦС формируются дежурные каналы, которые обеспечивают только режим запроса и назначения информационного канала для абонента, что обычно имеет место при использовании SCPC/DAMA. Другой метод предусматривает организацию выделенного канала, работающего в режиме TDM/TDMA. Число дежурных каналов либо пропускная способность канала TDM/TDMA выбираются в зависимости от допустимой вероятности отказа в соединении в часы наибольшей нагрузки сети [8].

Дальнейшим развитием данного направления является USAT (Ultra Small Aperture Terminal) – двухсторонние абонентские станции типа VSAT, предназначенные для передачи низкоскоростных данных в Ka-диапазоне. Данные системы имеют антенны с зеркалом диаметром менее 1,2 м (обычно 25–30 см), более компактны и мобильны.

Подвижная спутниковая связь (ПСС) получила широкое распространение после решения в том числе упомянутых выше технологических проблем путем внедрения цифровых методов связи и использования в качестве ретрансляторов радиосигнала специализированных негеостационарных КА.

ПСС является одним из самых перспективных направлений развития спутниковых услуг. Так, в настоящее время в мире работает 9 систем ПСС, которые обслуживают более 2,9 млн абонентов. По данным зарубежных аналитиков, ежегодный доход в этом бизнесе составляет около 1,4 % доходов всего рынка, или 2,8 млрд долларов США. Ожидается, что этот доход будет расти в среднем минимум на 5 % в год и в ближайшие 5 лет может составить уже 5 млрд долларов США. При этом количество пользователей спутниковых услуг возрастет до 6 млн пользователей [9].

Современные системы ПСС полностью совместимы с цифровыми сотовыми системами связи, а также могут взаимодействовать с телефонной сетью общего пользования на всех уровнях, включая местную, зональную и междугороднюю связь.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

На пространстве СНГ ПСС обеспечивается в основном системами Iridium, Globalstar, Thuraya, Inmarsat, а также их дочерними компаниями и региональными операторами, которые предоставляют абонентам услуги, в числе которых: передача речи, данных и телефакса (на скоростях до 14,4 Кбит/с), цифровая телефония, включая передачу коротких сообщений, персональный вызов, экстренный вызов, определение местоположения и многие другие. Примечательно, что с операторами ПСС конкурируют операторы сотовой связи [10].

Результатом такой конкуренции, к примеру, стали серьезные финансовые трудности у Globalstar и Iridium, которые в частности Iridium довели до реорганизационного банкротства в 1999 году.

Одной из востребованных услуг ФСС и активно развивающейся технологией ПСС является спутниковый Интернет – высокоскоростной доступ абонентов во всемирную сеть по спутниковым каналам связи.

Возможности реализации такого доступа появились в результате широкого применения в спутниковой связи цифровых технологий и обеспечивается большинством имеющихся систем.

Применяются «двусторонний» и «односторонний» способы обмена данными через спутник.

При двустороннем обмене пользователь осуществляет прием данных со спутника и отправку их обратно также через спутник. Этот способ обеспечивает наиболее качественный прием-передачу данных, так как позволяет достигать больших скоростей трансляции информации, полную независимость от «наземных» интернет-провайдеров и ресурсов (кроме электропитания). Основными недостатками данного способа являются технологическая задержка на канале связи (более 600 мс, что может влиять на работу приложений, таких как игры в реальном времени), высокая стоимость абонентского оборудования и возможные ограничения разрешительного характера на применение радиопередающих устройств.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Односторонний спутниковый Интернет предполагает наличие у пользователя дополнительного канала подключения к Интернету, например, по сотовой связи или по проводной телефонной линии через модем. По этому каналу передаются только запросы в Интернет, а данные, полученные в ответ на эти запросы, передают пользователю через широкополосный спутниковый канал [11].

Учитывая, что объем получаемых пользователем из Интернета данных, как правило, значительно превышает объем переданных данных, то данная технология позволяет получить более скоростной и более дешевый трафик. Естественно, данный способ применяется, когда доступные наземные каналы слишком дорогие и/или медленные. При наличии недорогого и скоростного «наземного» Интернета спутниковый Интернет используется как резервный вариант подключения на случай пропадания или неустойчивой работы «наземного».

По сравнению с наземными и другими видами связи спутниковые технологии обладают рядом преимуществ, проявляющих комбинированный эффект как при развертывании корпоративных сетей и систем связи, так и при организации массового доступа в Интернет для частных пользователей.

К преимуществам спутниковой связи в первую очередь относятся: глобальное покрытие территории страны и практически полная независимость от наземной сетевой инфраструктуры, высокая надежность оборудования, возможность автоматического резервирования данных, широкий набор поддерживаемых сервисов, легкость интеграции с наземными элементами корпоративных систем. Спутниковые технологии обеспечивают одинаковую стоимость канала передачи данных независимо от расстояния и географического расположения объектов. При этом после доставки спутникового оборудования на объект скорость построения и развертывания каналов составит от нескольких часов до нескольких минут (в зависимости от сложности и назначения канала). Зачастую спутниковая связь становится единственным видом связи с объектами, находящимися в труднодоступных местах, не имеющих наземных или других

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

альтернативных каналов связи. Для предприятий или организаций, имеющих иерархическую и географически распределенную структуру, использование спутниковой связи – максимально эффективный способ создания корпоративной сети передачи данных.

Еще одним важным преимуществом спутниковых каналов является доступность и простота организации протяженных и скоростных линий связи, а также независимость спутникового канала от различных проблем традиционных видов связи, таких как обрывы проводов и возникновение помех.

Но стоит упомянуть и о недостатках спутниковой связи. Так, всем известна зависимость пропускной способности канала от погоды (это свойство всех спутниковых систем), а стабильность связи при этом является очень важным фактором для абонента. Однако операторы связи знают эту особенность спутниковых каналов и подстраховываются, используя оборудование с так называемой адаптивной кодовой модуляцией. Такое оборудование автоматически меняет параметры в зависимости от уровня помех и делает связь стабильной. Причем вопреки устоявшемуся мнению о ненадежности спутниковой связи следует отметить, что объективное сравнение по реальному коэффициенту готовности каналов оказывается в пользу спутниковых каналов. Также бытует представление о чрезвычайно высокой стоимости спутниковых технологий. Это правда, но с оговоркой: если использовать спутниковые технологии не по назначению. Например, использование традиционных спутниковых технологий для реализации массовых услуг ШПД, конечно, не позволит приблизиться к ценовым показателям ШПД, которые могут быть достигнуты в наземных сетях [12].

Однако в 2013 г. на российском рынке СШПД появились решения, доступные по цене массовому пользователю, со стоимостью комплекта оборудования от 8 тыс. руб., которые также можно использовать и юридическим лицам для решения ряда телекоммуникационных задач.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Для организации сервиса доступа в Интернет для массового рынка, как правило, используется симметричное спутниковое подключение, при котором прием данных и их отправка осуществляются через спутник, без использования наземных коммуникаций и других дополнительных ресурсов. Оборудование для работы с двусторонним спутниковым Интернетом можно установить в любом месте без прокладки отдельного интернет-кабеля или подключения к сети сотового оператора. Эта технология успешно используется в районах, где нет наземных сетей или где их невозможно (или невыгодно) прокладывать (например, в связи с большой удаленностью и малонаселенностью).

С начала 2013 г. благодаря существенному снижению стоимости двустороннего СШПД именно эта технология работы с частными пользователями стала лидирующей, а интерес рынка к используемому ранее комбинированному сервису СШПД, определяющей чертой которого является организация обратного канала без использования спутникового ресурса, значительно сократился. По оценке Com-News Research, абонентская база комбинированного СШПД в течение 2013 г. уменьшилась на 11 464 абонента, или на 20%. Единственным оператором, чье число абонентов комбинированного СШПД выросло, стала компания Star-Blazer. Ее представители объясняют данный факт завершением предоставления услуг комбинированного СШПД другими провайдерами и переходом их абонентов в StarBlazer.

По словам многих аналитиков, только двусторонний спутниковый Интернет можно считать полноценной заменой традиционным ШПД-решениям, использующим для передачи данных ВОЛС или многократную ретрансляцию радиосигнала посредством стационарных базовых станций [13].

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



## 2.4 Стандарты технологии Wi-Fi

История Wi-Fi началась чуть более 25 лет назад, когда в 1990 г. рабочая группа IEEE 802.11 приступила к подготовке одноименного стандарта. Сам стандарт появился через семь лет, он описывал работу беспроводных устройств в диапазоне 2,4 ГГц и позволял им обмениваться данными на скоростях до 2 Мбит/с. Предусматривались также устройства, работающие в инфракрасном диапазоне, но они не получили широкого распространения.

Скорость в 2 Мбит/с была слишком мала даже в те времена, и ее потребовалось увеличить. Для решения этой и прочих задач создавались специальные подгруппы, которым последовательно присваивалась буква латинского алфавита, а когда алфавит был исчерпан – две буквы. В результате работы этих подгрупп выпускались одноименные дополнения к стандарту. В 2007 и 2012 гг. изначальный стандарт и все завершённые на тот момент дополнения были объединены и опубликованы в виде отдельных новых версий стандарта. Следующая версия, четвертая по счету, ожидается в 2016 г.

В 1999 г. появились два первых дополнения к стандарту: 802.11a и 802.11b. Дополнение 802.11a специфицировало работу устройств в частотном диапазоне 5 ГГц и использовало мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM, Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), что позволило достичь скорости передачи данных в 54 Мбит/с. По ряду причин новые устройства не были доступны на рынке вплоть до 2001 г. Но за это время получили распространение устройства с поддержкой 802.11b, которые появились почти одновременно с этим дополнением. Они могли передавать данные на скорости до 11 Мбит/с в частотном диапазоне 2,4 ГГц благодаря применению новой модуляции [14].

Поскольку устройства 802.11a и 802.11b работали на разных частотах, они не могли передавать данные друг другу. Широкое распространение устройств для диапазона 2,4 ГГц и необходимость обратной совместимости с ними поставили

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

перед разработчиками Wi-Fi задачу создать дополнение 802.11g, аналогичное 802.11a, но для диапазона 2,4 ГГц. Это дополнение появилось в 2003 г.

Следующим шагом к увеличению скорости передачи данных стало вышедшее в 2009 г. дополнение 802.11n, работа над которым длилась ровно семь лет. Скорость передачи данных в нем повысилась на порядок, до 600 Мбит/с. Такой существенный скачок удалось сделать в основном благодаря двум подходам. Во-первых, это применение технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output), которая позволяет передавать данные между парой устройств с помощью нескольких передающих и принимающих антенн. В ее основе лежит возможность распространения радиосигнала по нескольким путям в пространстве, например, из-за отражений от различных препятствий. За счет этого удается одновременно передавать разные данные с помощью каждой отдельной пары передающей и принимающей антенн. Таким образом, при наличии двух передающих и двух принимающих антенн (MIMO 2x2) теоретически можно повысить пропускную способность в два раза. Согласно дополнению 802.11n устройства могут поддерживать MIMO 4x4, т. е. одновременно передавать до четырех различных потоков данных, однако производители оборудования в основном ограничились тремя. Вторая особенность дополнения 802.11n – более широкие частотные каналы: если ранее передача данных велась в канале шириной 20 МГц, то сейчас можно использовать 40 МГц. Так как согласно закону Шеннона пропускная способность пропорциональна ширине канала, в два раза больший канал вдвое увеличивает пропускную способность [15].

Эволюционным развитием дополнения 802.11n стало вышедшее в 2013 г. дополнение 802.11ac, в котором стали доступны скорости до 7 Гбит/с. Новое дополнение позволило применять еще более широкие частотные каналы (80 и 160 МГц), а также MIMO 8x8. Но поскольку свободного частотного ресурса в диапазоне 2,4 ГГц не хватает для таких широких каналов, устройства 802.11ac работают только в диапазоне частот 5 ГГц – в отличие от устройств 802.11n, работающих в обоих диапазонах, 2,4 и 5 ГГц.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Дополнение 802.11ac содержит новые сигнально-кодовые конструкции, например, модуляцию 256-QAM (ранее самой «быстрой» модуляцией была 64-QAM), а также допускает многопользовательскую передачу, т. е. одновременную передачу точкой доступа различных данных нескольким станциям по технологии Multi-user MIMO (MU-MIMO), которая имеет целый ряд преимуществ. Действительно, чтобы с помощью технологии MIMO 8x8 передавать восемь пространственных потоков при однопользовательской передаче (один передатчик и один приемник), необходимо иметь восемь антенн как на передатчике, так и на приемнике. Разместить несколько антенн внутри маленького телефона весьма сложно, если вообще возможно, поэтому в отличие от точек доступа клиентские устройства, как правило, способны передавать не более двух потоков. Благодаря MU-MIMO точка доступа 802.11ac может передавать по два потока одновременно четырем клиентским устройствам, каждое из которых имеет только две антенны [16].

Кроме того, как упоминалось выше, для передачи нескольких пространственных потоков требуются определенные условия распространения сигнала, которые не всегда выполняются. В случае MU-MIMO, когда потоки адресованы удаленным друг от друга станциям, необходимые условия будут выполняться с большей вероятностью. Описанные механизмы позволяют устройствам 802.11ac более эффективно использовать беспроводную среду передачи данных. Однако, несмотря на то что дополнение 802.11ac появилось еще в 2013 г., далеко не все современные устройства Wi-Fi его поддерживают.

Следует отметить, что указанные выше скорости на практике не достигаются. Это объясняется большой долей «накладных расходов», которые возникают в сетях Wi-Fi. Например, каждый пакет начинается с преамбулы, длительность которой не зависит от дальнейшей скорости передачи данных. Кроме того, беспроводной канал делится между несколькими устройствами, работающими рядом друг с другом, а используемый метод случайного доступа допускает простаивание канала или же коллизии пакетов. Отдельные аспекты,

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

связанные с повышением эффективности использования частотно-временных ресурсов, рассматривались и ранее, но никогда еще эта проблема не была такой актуальной.

На сегодняшний день Wi-Fi практически полностью заменил проводной доступ к интернету. Стремительно растущая его популярность привела к быстрому увеличению как числа устройств в беспроводных сетях, так и числа беспроводных сетей, которые работают в одной области пространства. Поскольку ни 802.11ac, ни 802.11n не учитывали эти особенности, постоянно растущая внутрисетевая и межсетевая интерференция в скором времени может попросту парализовать работу сетей Wi-Fi.

Для решения назревающей проблемы уже в 2013 г. внутри комитета по стандартизации IEEE 802 была создана группа для разработки к 2019 г. нового дополнения 802.11ax, позволяющего повысить эффективность работы сетей Wi-Fi в сценариях с плотным размещением станций, а также с высокой плотностью самих беспроводных сетей.

Помимо плотности пользовательских устройств и базовых станций дополнение 802.11ax должно учитывать сильную неоднородность трафика в сетях Wi-Fi нового поколения. Еще одна немаловажная его черта – активное использование восходящего канала, т.е. передача больших объемов данных от клиентских устройств к базовой станции Wi-Fi, что обусловлено частой загрузкой фото, видео и документов в социальные сети и облачные сервисы.

На сегодняшний день работа над основными техническими решениями, которые будут включены в новое дополнение, еще в самом разгаре, но многие особенности уже достоверно известны. Например, многопользовательские передачи с использованием технологии MU-MIMO будут возможны не только в нисходящем канале, т. е. от точки доступа к нескольким клиентским устройствам (как в 802.11ac), но и в восходящем – от нескольких клиентских устройств к точке доступа. А это намного более сложная задача: передающие клиентские устройства

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

должны начать передачу в один и тот же момент времени, что требует хорошей синхронизации между ними [17].

## 2.5 Рекомендации по построению проектируемой сети

Основываясь на рассмотренных выше технологиях проводной и беспроводной связи, необходимо определить какие из них будут самыми благоразумными для решения ряда задач и достижения цели проекта.

Применяемые технологии должны преодолеть две основные проблемы: отсутствие существующей системы связи на территории объекта и труднодоступное месторасположение для проникновения услуг ШПД.

Оптоволоконные технологии для данного проекта не оправдают свое применение. Во-первых, сведения о расположении ближайшей существующей оптоволоконной линии недоступны. Во-вторых, прокладка оптоволоконной линии для небольшого объекта нецелесообразна в плане затрат материальных и временных ресурсов. В-третьих, прокладка оптоволоконного кабеля по лесистой местности или холмистым участкам земной поверхности также неблагоприятна.

По всем этим причинам данный вид связи отпадает.

Технологии мобильной связи тоже не решение проблемы. В близлежащих окрестностях базовые станции LTE отсутствуют, технологии поколения 3G уже устаревают и базовые станции так же отсутствуют. Остаётся технология GSM для голосовой связи, но и тут она не решает проблем по обеспечению объекта системой ШПД. Кроме того для GSM так же придется решать проблему доставки услуги на территорию базы отдыха, что в любом случае не оправдывает материальных затрат.

Наиболее подходящим вариантом выглядит спутниковая система двустороннего Интернета на базе технологии VSAT, которая решает обе задачи. Во-первых, для двустороннего спутникового Интернета не нужны существующие

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

наземные линии связи. Во-вторых, георасположение объекта в данном случае никаким образом не влияет на доставку контента по радиоканалу. Кроме того цена на спутниковую связь снизилась за последние годы, что сделало ее более доступной физическим лицам. Даже если спутниковый Интернет уступает наземным видам связи по скоростным показателям, для доставки услуги на территорию объекта это наилучший вариант.

Задачу по распределению широкополосного Интернета отлично решит технология Wi-Fi. Ввиду того, что отдых предполагает мобильность и у каждого человека есть гаджет, поддерживающий данную технологию, то такой вариант является наиболее рациональным. Так как наиболее распространенный стандарт – 802.11n, получивший свое признание, то распределение контента будет происходить данным методом.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

### 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРОЕКТА

#### 3.1 Разработка структурной схемы проектируемой системы

Структурная схема (рис. 3.1) была построена на основании оборудования, перечисленного в требованиях к проектируемой системе.

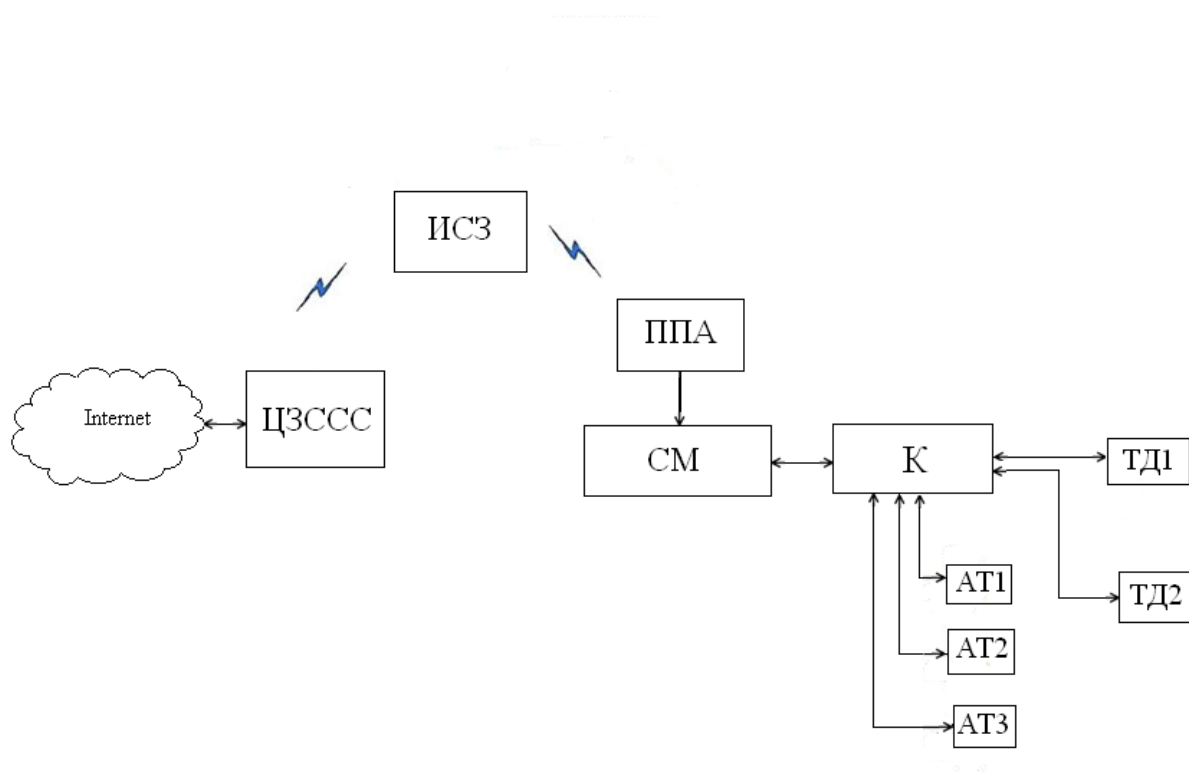


Рисунок 3.1 – Структурная схема проектируемой системы

ЦЗССС – центральная земная станция спутниковой связи;

ИСЗ – искусственный спутник Земли;

ППА – приемно-передающая антенна;

СМ – спутниковый модем;

К – коммутатор;

АТ – абонентский терминал;

ТД – точка доступа сети Wi-Fi.

Приемо-передающая антенна и спутниковый модем составляют головную станцию проектируемой системы. Для распределения контента между абонентами используется коммутатор, который посредством интерфейса RJ-45 будет взаимодействовать с точками доступа Wi-Fi и стационарными устройствами. Для покрытия близлежащих окрестностей базы отдыха благоразумно установить 2 точки доступа Wi-Fi.

### 3.2 Проектирование головной станции

Перед тем как спроектировать головную станцию целесообразно выбрать оператора связи и тариф, по которому будет производиться оплата. В плане соотношения показателей цена и скорость наиболее выгодные тарифы у оператора «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ», который предоставляет услуги широкополосного доступа по различным тарифным планам. Оператор предоставляет выбор оборудования, от которого будет зависеть с какого спутника будет происходить доставка контента, а так же набор доступных тарифных планов. Оборудование будет приобретаться самостоятельно в целях экономии материальных средств, поэтому для начала будет разумным выбрать спутник, с помощью которого будет происходить доставка контента.

С выбором спутника поможет определиться программа «Satellite Antenna Alignment», которая по координатам объекта показывает угол места, который образуют объект и выбранный спутник. Компания «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ» предоставляет услуги Интернета через геостационарные спутники «Ямал 402», «Ямал 401» и «Ka Sat» с координатами 55° в.д., 90° в.д. и 9° в.д. соответственно. Так как программа «Satellite Antenna Alignment» устарела, приведенные спутники в ней отсутствуют. Поэтому во внимание будут приняты координаты, на которых находятся космические аппараты. База отдыха «Лесная» имеет координаты 50,6° с.ш. и 35,8 в.д.

На рисунке 3.2 представлены сведения о спутнике «Ямал 402»

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32





Спутник	°	Азимут °	Угол места °
Intelsat 704	66 0	142,08 °	25,57 °
PAS 7,10	68 5	139,36 °	24,48 °
Eutelsat W5	70 5	137,22 °	23,57 °
PAS 4	72 0	135,65 °	22,86 °
Insat 3C	74 0	133,59 °	21,89 °
LMI 1	75 0	132,57 °	21,40 °
Telstar 10	76 5	131,06 °	20,64 °
Thaicom 2,3	78 5	129,08 °	19,60 °
Express 6A	80 0	127,62 °	18,81 °
Insat 2E,3B	83 0	124,76 °	17,18 °
Intelsat 709	85 2	122,71 °	15,95 °
ChinaStar 1	87 5	120,60 °	14,64 °
ST 1	88 0	120,15 °	14,36 °
Yamal 102	89 8	118,54 °	13,31 °
Yamal 201	90 0	118,36 °	13,19 °
Measat 1	91 5	117,04 °	12,31 °
Insat 3A	93 5	115,29 °	11,12 °
NSS 6	95 0	114,00 °	10,22 °
Express AM 11	96 5	112,73 °	9,32 °
AsiaSat 2	100 5	109,38 °	6,87 °
AsiaSat 3S	105 5	105,31 °	3,77 °
Telkom 1	108 0	103,31 °	2,20 °
Worldsat 1	108 2	103,15 °	2,07 °
N-Sat 110	110 0	101,72 °	0,94 °
BSAT 1A, 2A	110 0	101,72 °	0,94 °
Sinosat 1	110 5	101,33 °	0,63 °
Koreasat 2	113 0	99,37 °	-1 05 °

**Местоположение спутника**

Yamal 201

90 ° град, 0 ° град

Азимут: 118,36 °  
Угол места: 13,19 °

**Координаты места установки антенны**

Широта места: "+" Северная; "-" Южная  
50 ° град 6 ' мин 0 " сек

Долгота места: "+" Восточная; "-" Западная  
35 ° град 8 ' мин 0 " сек

Название места	°	'	"	°	'	"

Сохранить Удалить

Рисунок 3.3 – Сведения о спутнике «Ямал 401» (90° в.д.)

На рисунке 3.4 представлены сведения о спутнике «Ka Sat» применительно к объекту проектирования.

Спутник	°	Азимут °	Угол места °
Telecom 2A	3 0	219,31 °	25,02 °
Sirius 2	4 8	217,33 °	25,79 °
Sirius 3	5 0	217,11 °	25,87 °
Astra 1A	5 2	216,89 °	25,95 °
Eutelsat W3A	7 0	214,88 °	26,68 °
Eutelsat W1	10 0	211,45 °	27,81 °
Hot Bird 1-4,6	13 0	207,93 °	28,84 °
Eutelsat W2	16 0	204,33 °	29,76 °
Astra 1B-H,2C	19 2	200,41 °	30,60 °
Eutelsat II f3	21 5	197,54 °	31,12 °
Astra 1D	23 0	195,65 °	31,42 °
Astra 3A	23 5	195,02 °	31,51 °
Arabsat 2D	25 8	192,09 °	31,89 °
Arabsat 3A	26 0	191,84 °	31,92 °
Arabsat 2C	26 2	191,58 °	31,95 °
Astra 2A,2B,2D	28 2	189,01 °	32,20 °
Eurobird 1	28 5	188,62 °	32,23 °
Arabsat 2B	30 5	186,03 °	32,41 °
Turksat 1B	31 3	184,99 °	32,46 °
E-Bird	33 0	182,78 °	32,54 °
Eutelsat W4,Sesat	36 0	178,87 °	32,57 °
Paksat 1	38 0	176,27 °	32,51 °
Hellas Sat 2	39 0	174,97 °	32,46 °
Express A1R	40 0	173,67 °	32,39 °
Eurasiasat 1	42 0	171,08 °	32,20 °
Turksat 1C	42 0	171,08 °	32,20 °
NewSat 1	42 5	170,43 °	32 15 °

**Местоположение спутника**

Eutelsat W1

10 ° град, 0 ° град

Азимут: 211,45 °  
Угол места: 27,81 °

**Координаты места установки антенны**

Широта места: "+" Северная; "-" Южная  
50 ° град 6 ' мин 0 " сек

Долгота места: "+" Восточная; "-" Западная  
35 ° град 8 ' мин 0 " сек

Название места	°	'	"	°	'	"

Сохранить Удалить

Рисунок 3.4 – Сведения о спутнике «Ka Sat» (9° в.д.)

Сведения о координатах спутника отсутствуют, поэтому рассмотрим сведения для ближайшего ИСЗ (10° в.д.). Угол места, который образует спутник с объектом проектирования составляет 27,81°, что является хорошим показателем.

На основании проведенных исследований, спутник «Ямал 401» проигрывает по показателю угла места и цене на тарифные планы. Спутник «Ямал 402» производит вещание в Ku-диапазоне, а спутник «Ka Sat» - в Ka-диапазоне. В плохих погодных условиях более качественную доставку контента со спутника гарантирует Ku-диапазон. Кроме перечисленных преимуществ, спутник «Ямал 402» имеет более выгодные тарифные планы по скоростным показателям и стоимости. Таким образом спутниковое вещание будет производиться посредством спутника «Ямал 402».

Был выбран тарифный план «РАВНОМЕРНО 1» за 1350 руб./мес. со скоростью входящего канала до 1024 Кбит/с и скоростью исходящего канала до 768 Кбит/с. Объем трафика в сутки составляет 120 Мбайт. Так же был подключен дополнительный пакет «ОПЦИЯ + НОЧЬ», который дает возможность абонентам, подключенным к тарифам группы «РАВНОМЕРНО» получить безлимитный доступ в интернет в период с 23:00 до 06:00.

Компания «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ» предлагает купить комплект оборудования от «Newtec» за 19900 рублей в составе: офсетная спутниковая тарелка, спутниковый модем, приемо-передающее устройство Ku-диапазона. Закупка данного оборудования будет производиться через другие источники в целях экономии средств.

Прежде чем спроектировать головную станцию сети, необходимо определиться с выбором конкретного оборудования. Исходя из того, что компания «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ» по тарифным планам «РАВНОМЕРНО 1» и «ОПЦИЯ + НОЧЬ» рекомендует оборудование, совместимое с сервисом «Newtec», то устройства, принимающие и передающие трафик через ИСЗ, будут полностью соответствовать предложенным на сайте оператора «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ». Ведь особенность двусторонней спутниковой связи состоит в том,

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

что здесь очень важна совместимость оборудования, в частности спутникового модема, на пользовательской стороне с оборудованием оператора. В противном случае, если абонент захочет сменить тариф или оператора, то замена устройств неизбежна в большинстве случаев.

Для проектирования головной станции на базе отдыха «Лесная» понадобится следующее оборудование:

1. Оффсетная антенна «Prodelin» (рис. 3.5)



**Рисунок 3.5 – Оффсетная антенна «Prodelin»**

В таблице 3.1 приведены технические характеристики устройства.

**Таблица 3.1 – Технические характеристики оффсетной антенны «Prodelin»**

Характеристика	Значение
1	2
Диаметр антенны	0,75 м.
Материал	Сталь 0,7мм

### Окончание таблицы 3.1

1	2
Фокусное расстояние	48.0 см
Фиксатор	40 мм в диаметре
Защита от атмосферных воздействий	возможна эксплуатация на промышленных и береговых объектах
Шумовая температура антенны	
Угол места 20°	63 К
Угол места 30°	60 К

### 2. Спутниковый модем «Newtec MDM2200» (рис.3.6)



**Рисунок 3.6 – Спутниковый модем «Newtec MDM2200»**

**Таблица 3.2 – Технические характеристики спутникового модема «Newtec MDM2200»**

Эксплуатационные показатели	
Скорость передачи IP-данных	входящая — до 22 Мбит/с исходящая — до 3,5 Мбит/с
Макс. скорость загрузки при групповой передаче	16 Мбит/с — суммарная скорость групповой передачи IP-данных
Кол-во одновременных сеансов TCP	до 500
Интерфейс	
Локальная сеть (LAN)	10/100 TX (RJ-45)
USB (для будущего использования)	USB 2.0
Память большой емкости (для будущего использования)	карты памяти MicroSD
Радиочастотный вход (от конвертора iLNB)	
Частота	950-2150 МГц
Разъем	F (гнездо) — 75 Ом
Радиочастотный выход (к конвертору iLNB)	
Частота	2750-2900 МГц
Разъем	F (гнездо) — 75 Ом

Технические характеристики спутникового модема представлены в таблице 3.2. Спутниковый модем «MDM2200» от компании «Newtec» — решение для двусторонней передачи данных через спутник в Ku-диапазоне. Позиционируется производителем на рынке как бюджетной решение для предоставления спутникового интернета, телефонии и передачи данных для абонентов. Несмотря на низкую стоимость оборудования, компания «Newtec» заявляет, что его спутниковый модем MDM2200 способен поддерживать все современные технологии спутниковой передачи данных — стандарт DVB-S2, адаптивное кодирование и модуляцию ACM, адаптивное кодирование в обратном канале, TCP ускорение, компрессию трафика и шифрование.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			38

### 3. Наружный конвертер (ILNB) (рис. 3.7)



**Рисунок 3.7 – Наружный конвертер (ILNB)**

ILNB – вариант объединения двух устройств: передающего усилителя-конвертера (BUC) и приемного конвертера (LNB) в один блок. Подключение производится двумя кабелями — отдельно для приема и передачи. Усилитель в такой сборке используется маломощный, 0.5-0.8 Ватт. Технические характеристики устройства представлены в таблице 3.3

**Таблица 3.3 – Технические характеристики наружного конвертера (ILNB)**

Характеристика	Значение
1	2
Параметры приема	
Усиление	57-70 дБ ± 0,5 дБ/10 °С
Преобразование спектра	неинвертированный

Окончание таблицы 3.3

1	2
Параметры передачи	
Выходная мощность (NTC/2530)	+ 27 дБ/ мВт станд. для версии 500 мВт
Выходная мощность (NTC/2532)	+ 29 дБ/ мВт станд. для версии 800 мВт
Стабильность излучения	$\pm 1,5$ дБ/90 °С
Преобразование спектра	неинвертированный
Интерфейс ILNB	
Радиочастотный вход (прием), Частота	Частота: 10,7-12,75 ГГц
Поляризация	физическое крепление
Радиочастотный выход (передача), Частота	13,75-14,5 ГГц (диапазон Ku)
Поляризация	линейная и перпендикулярная сигналу

На основании выбранного оборудования была составлена схема головной станции системы (рис. 3.8.)

Оффсетная приемо-передающая антенна "Prodelin"

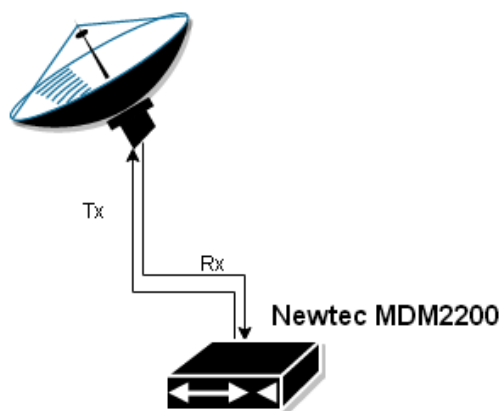


Рисунок 3.8 – Схема головной станции

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



Оффсетная приемо-передающая антенна «Prodelin» включает в себя оффсетную антенну и приемо-передающее устройство ILNB. Связь ILNB со спутниковым модемом осуществляется через двойной коаксиальный кабель RG6, с пометками Rx и Tx (прием и передача).

### 3.3 Проектирование распределительной сети Wi-Fi

Далее производится выбор оборудования для распределительной сети.

1. Коммутатор «TP-LINK TL-SG1008D» (рис. 3.9)



**Рисунок 3.9 – Коммутатор «TP-LINK TL-SG1008D»**

В таблице 3.4 представлены технические характеристики оборудования.

**Таблица 3.4 – Технические характеристики коммутатора «TP-LINK TL-SG1008D»**

Поддерживаемые стандарты	802.3; 802.3u; 802.3ab
Порты	Восемь портов RJ-45 10/100/1000 Мбит/с, автоматическое согласование скорости (Auto MDI/MDIX)
Производительность	Пропускная способность 16 Гбит/с
Скорость передачи данных (Ethernet)	до 1000 Мбит/с
Тип сети	Ethernet
Дополнительно	Устанавливается на горизонтальной поверхности

## 2. Точка доступа «Trendnet TEW-820AP» (рис. 3.10)



**Рисунок 3.10 – Точка доступа «Trendnet TEW-820AP»**

В таблице 3.5 представлены технические характеристики оборудования.

**Таблица 3.5 – Технические характеристики точки доступа «Trendnet TEW-820AP»**

Поддерживаемые стандарты	802.3; 802.3u; 802.11a; 802.11n; 802.11ac
Режимы	Клиент; Точка доступа
Скорость Wi-Fi	до 433 Мбит/сек
Рабочие частоты Wi-Fi	5.15 ГГц - 5.85 ГГц
Мощность передатчика	до 19 dBm
Радиус действия	В здании – 70 м; Прямая видимость – 200-250 м
Шифрование	WEP, WPA/WPA2-PSK, WPA/WPA2-RADIUS
Порты	Один LAN-порт 10/100 Мбит/с; Один разъем microUSB для питания; Интерфейс подключения: RJ-45
Дополнительно	Кнопка WPS; Кнопка сброса настроек

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Так как наиболее распространенный стандарт среди обычных пользователей 802.11n, то сеть будет работать по этому стандарту. Рабочие частоты 5,15 ГГц – 5,85 ГГц выбраны с целью ограничить влияние бытовой техники на работоспособность сети Wi-Fi. Многие устройства, используемые в быту имеют рабочие частоты близкие к 2,7 ГГц. На данной частоте работают многие устройства стандарта 802.11n и поэтому негативное влияние бытовой техники на распространение радиоволн от точки доступа неизбежно.

Как оговаривалось ранее, сеть Wi-Fi будет реализована посредством двух точек доступа 802.11n. Целесообразно разнести точки доступа как можно дальше друг от друга, чтобы покрыть максимально возможное расстояние. В технических характеристиках устройства указан радиус действия для одной точки доступа. Так как сооружений на территории базы отдыха немного и все они имеют небольшое количество стен, плотность которых тоже мала, то при учете радиуса действия одной точки доступа Wi-Fi будет учитываться параметр при прямой видимости, который составляет 200-250 метров. Этого более чем достаточно, чтобы покрыть всю территорию базы отдыха. Но за периметром объект окружает густой лес, который значительно уменьшит зону действия сети. Поэтому зона действия Wi-Fi будет затрагивать небольшие участки леса. Предположим, что радиус зоны покрытия будет составлять 120 метров.

Исходя из сделанных выводов, была разработана схема распределительной сети Wi-Fi (рис. 3.11).

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

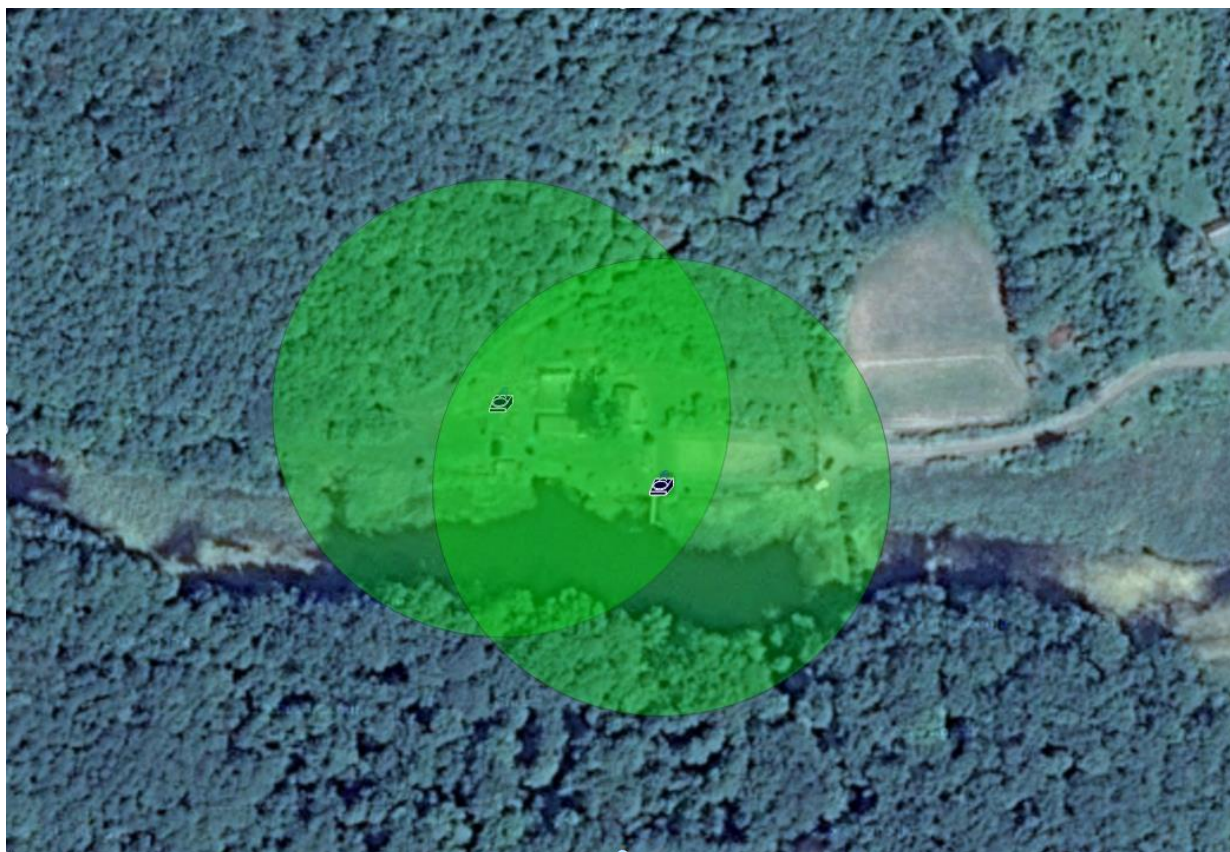


Рисунок 3.11 – Схема распределительной сети Wi-Fi

На основании структурной схемы, схемы головной станции и распределительной сети Wi-Fi, а так же с учетом выбранного оборудования была разработана функциональная схема проектируемой системы ШПД (рис. 3.12).

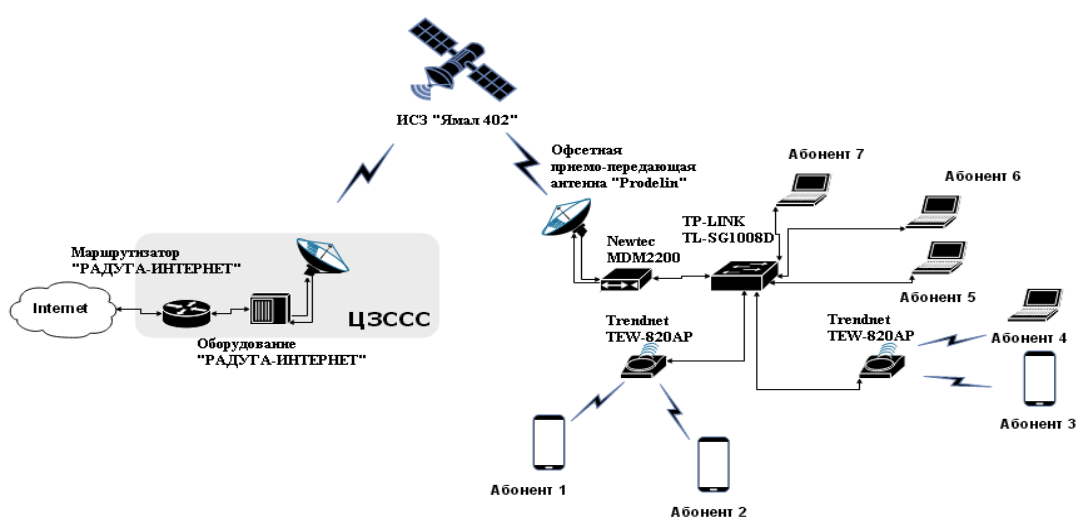


Рисунок 3.10 – Функциональная схема проектируемой системы

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таким образом выбор оператора, спутника, посредством которых будет осуществляться доставка услуги широкополосного Интернета, тарифа и оборудования, которое отвечает всем требованиям оператора, решил ряд задач на пути к реализации основной цели. Разработка структурной и функциональной схем для системы ШПД подготовила базу для спланированной и безошибочной реализации проекта. Схема распределительной сети Wi-Fi помогла наглядно представить зону покрытия беспроводной связи. Для полной подготовки проекта к реализации осталось убедиться в технико-экономическом обосновании проектируемой системы.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

# 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

## 4.1 Расчет капиталовложений

Капитальные вложения представляют собой смету затрат на реализацию проекта и включают в себя все необходимое коммуникационное оборудование (коммутаторы, маршрутизаторы, модемы, абонентские платы), линию связи (кабель, либо стоимость аренды виртуального канала, стоимость аренды частотного ресурса), стоимость лицензионного программного обеспечения и т.д. Общие капитальные вложения на приобретение оборудования могут быть вычислены по формуле:

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

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

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

$N$  – количество позиций.

Для составления сметы затрат все закупаемое оборудование было представлено в виде таблицы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Смета затрат на приобретение оборудования

Наименование	Кол-во единиц	Стоимость (руб)	
		За единицу	Всего
1	2	3	4
Оффсетная антенна «Prodelin»	1	1200	1200

### Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4
Спутниковый модем «MDM2200»	1	12537	12537
Наружный конвертер (ILNB)	1	2320	2320
Коммутатор «TP-LINK TL-SG1008D»	1	1550	1550
Точка доступа «Trendnet TEW-820AP»	2	2387	4774
Стеновая опора «ST-14»	1	550	550
Коаксиальный кабель RG6 «Bironi» (75 Ом), двойной, метров	30	95	2850
РАЗЪЕМ F-разъем для SAT (с резиновым уплотнителем) PROCONNECT	4	20	80
Кабель витая пара «BaseLevel UTP cat 5E», метров	100	7,41	741
Разъем RJ45 5E 8P8C	12	7	84
Монтажные и пуско-наладочные работы			6000
Итого:			32686

Данные для заполнения таблицы были взяты из следующего интернет ресурса: <http://digisat.ru>

Общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = K_{об} + (K_{пр} + K_{тр} + K_{смр} + K_{т/у} + K_{зср} + K_{прр})K_{об} + K_{каб}, \text{ руб.} \quad (2)$$

где  $K_{пр}$  – затраты на приобретение оборудования, руб,

$K_{тр}$  – транспортные расходы, в том числе таможенные расходы (4% от  $K_{пр}$ ), руб,

$K_{смр}$  – строительно-монтажные расходы (20% от  $K_{пр}$ ), руб,

$K_{т/у}$  – расходы на тару и упаковку (0,5% от  $K_{пр}$ ), руб,

$K_{зср}$  – заготовительно-складские расходы (1,2% от  $K_{пр}$ ), руб,

$K_{прр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{пр}$ ), руб,

					<b>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Ккаб – затраты на прокладку кабеля, руб.

В данном проекте затраты на прокладку кабеля не предусмотрены.

$$KB = 32686 + 32686 * (0.04 + 0.2 + 0.03 + 0.012 + 0.005) = 42066,9, \text{ руб.}$$

#### 4.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Эксплуатационными расходами называются текущие расходы предприятия на производство или предоставление услуг. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети. Эти расходы имеют текущий характер. Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении.

Для определения эксплуатационных расходов по проекту используются следующие статьи:

1. затраты на оплату тарифа;
2. амортизация основных фондов;
3. материальные затраты;

Для расчета затрат на оплату тарифа необходимо оперировать данными месячных затрат. Так как у оператора «РАДУГА-ИНТЕРНЕТ» был выбран тарифный план «РАВНОМЕРНО 1» за 1350 рублей в месяц и дополнительный пакет «ОПЦИЯ + НОЧЬ» за 900 рублей в месяц, то затраты за год будут составлять 12150 рублей.

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

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



$$AO = T / F, \text{ руб,} \quad (3)$$

где T – стоимость оборудования,

F – срок службы этого оборудования.

В России пока еще действует документ «О единых нормах амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР», в котором предусмотрены все нормы по амортизации для любой из видов деятельности, в том числе и на оборудование отрасли связи. В таком случае:

$$AO = 42066,9 * 0,05 = 2103,35, \text{ руб.}$$

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

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

$$Z_{эн} = T * 24 * 365 * P, \text{ руб,} \quad (4)$$

где T – тариф на электроэнергию, руб/кВт в час,

P – мощность установок, кВт.

Суммарная мощность установок составляет 0,053 кВт. Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{эн} = 2,47 * 24 * 365 * 0,053 = 1146,77, \text{ руб.}$$

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

$$Z_{мз} = KB * 0,035, \text{ руб,} \quad (5)$$

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

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$Z_{мз} = 42066,9 * 0,035 = 1472,34, \text{ руб.}$$

Общие материальные затраты равны:

$$Z_{общ} = Z_{эн} + Z_{мз}, \text{ руб.} \quad (6)$$

где  $Z_{эн}$  – затраты на оплату электроэнергии, руб,

$Z_{мз}$  – материальные затраты, руб.

$$Z_{общ} = 1146,77 + 1472,34 = 2619,11, \text{ руб.}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расчетов сводятся в общую таблицу 4.2.

**Таблица 4.2 – Годовые эксплуатационные расходы**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
1. Затраты на оплату тарифа	12150	72
2. Амортизационные отчисления	2103,35	12,5
3. Материальные затраты	2619,11	15,5
<b>ИТОГО</b>	<b>16872,46</b>	<b>100</b>

### 4.3 Калькуляция доходов

При выборе размера абонентской платы за услуги широкополосного доступа в Интернет, предположим, что 70% отдыхающих будут пользоваться услугами Интернета, потому что другого вида связи на территории проектируемого объекта не существует. В среднем по статистике 180 дней в году база отдыха находится в активном пользовании (с учетом сезонных и несезонных месяцев). На основании вышеприведенных данных, стоимость услуг широкополосного доступа будет установлена в размере 500 рублей. Так как 180

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

дней – это 100% пребывания посетителей, то 70% от этого времени будут составлять дни, в которые услуга Wi-Fi будет оплачиваться, а это 126 дней в году. Тогда годовая прибыль за пользование услугами Интернета будет составлять 63000 рублей.

С новыми услугами широкополосного Интернета, которые решают ряд проблем для отдыхающих, можно прогнозировать увеличение числа посетителей и рост спроса на данный сервис. Приблизительные доходы от предоставления услуги по годам представлены в таблице 4.3.

**Таблица 4.3 – Доходы от предоставления услуги по годам.**

Год	Количество дней активного пользования услугой за год	Суммарный доход за год, руб.
1	126	63000
2	138	69000
3	150	75000
4	174	87000
5	190	95000

#### **4.4 Определение оценочных показателей проекта**

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

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец  $i$ -го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами этот показатель

представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (7):

$$NPV = PV - IC, \text{ руб.} \quad (7)$$

где PV – денежный доход, руб.,

IC – отток денежных средств в начале n-го периода, руб.

$$PV = \sum_{n=0}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}, \text{ руб.} \quad (8)$$

где P<sub>n</sub> – доход, полученный в n-ом году, руб.,

i – норма дисконта, %,

T – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=0}^M \frac{I_n}{(1+i)^n}, \text{ руб.} \quad (9)$$

где I<sub>n</sub> – инвестиции в n-ом году,

i – норма дисконта, %,

M – количество лет, в которых производятся выплаты.

В формулах (8) и (9) n=0, так как нулевой год - это год на ввод сети в эксплуатацию. В этот год доходы отсутствуют, а присутствуют только затраты на закупку оборудования и оплату годовых расходов.

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. В теории инвестиционного анализа предполагается, что ставка дисконтирования включает в себя минимально гарантированный уровень доходности (не зависящий от вида инвестиционных вложений), темпы инфляции и коэффициент, учитывающий степень риска и другие специфические особенности конкретного

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

инвестирования (риск данного вида инвестирования, риск неадекватного управления инвестициями, риск неликвидности данного инвестирования).

Используемая ставка дисконта должна обязательно соответствовать выбранному виду денежного потока. Ставка дисконта может быть рассчитана различными способами, наиболее простым является кумулятивный, при котором в качестве нее выбирается средняя ставка по долгосрочным валютным депозитам пяти крупнейших российских банков, включая Сбербанк РФ. Она составляет приблизительно 8 % и формируется в основном под воздействием внутренних рыночных факторов.

В качестве примера в таблице 4.4 приведены расчеты NPV для проекта со следующими показателями:

КВ = 42066,9 руб;

Ежегодные затраты = 16872,46 руб;

ставка дисконта = 8 %.

Нулевым годом считается год реализации проекта.

Параметр Р показывает доход, полученный за текущий год. Доходы от предоставления услуги по годам представлены в таблице 4.3. Основываясь на вышеперечисленном, была составлена таблица 4.4.

**Таблица 4.4 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	Р	PV	I	IC	NPV
0	0	0	58939	58939	-58939
1	63000	58333	16872	74561	-16228
2	69000	117489	16872	89026	28463
3	75000	177026	16872	102420	74606
4	87000	240973	16872	114821	126152
5	95000	305630	16872	126304	179326

Как видно из приведенных в таблице 4.4 рассчитанных значений, проект окупиться на 2 году эксплуатации, так как в конце 2 года мы имеем положительный NPV

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>					

Срок окупаемости (PP) – показатель, наиболее часто принимаемый в аналитике, под которым понимается период времени от момента начала реализации проекта до того момента эксплуатации объекта, в который доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

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

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \left| NPV_{n-1} \right| / (|NPV_{n-1}| + NPV_n), \text{ лет} \quad (10)$$

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

NPV<sub>n</sub> – положительный чистый денежный доход в n-ом году, руб,

NPV<sub>n-1</sub> – отрицательный чистый денежный доход по модулю в n-1 году, руб.

$$PP = 2 + 16228 / (16228 + 28463) = 2,36, \text{ года.}$$

Исходя из этого, срок окупаемости, отсчитанный от начала операционной деятельности (конец нулевого года), составляет 2,36 года.

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

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^M \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}, \quad (11)$$

где P<sub>n</sub> – доход, полученный в n-ом году, руб,

					<b>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$i$  – норма дисконта, %,

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

$I_n$  – инвестиции в  $n$ -ом году,

$i$  – норма дисконта, %,

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

$$PI = 305630 / 126304 = 2,42$$

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

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

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

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

$$IRR > i, \quad (12)$$

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

где  $i$  – ставка дисконтирования.

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

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1), \% \quad (13)$$

где  $i_1$  – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором  $NPV > 0, \%$ ,

$i_2$  – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором  $NPV < 0, \%$ .

Для описанного выше примера будем иметь:

$i_1 = 8$ , при котором  $NPV_1 = 28463$  руб.;  $i_2 = 80$  при котором  $NPV_2 = -139$  руб.

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 8 + 28463 / (28463 + 139) * (80 - 8) = 79,65 \%,$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 79,65 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 8%, таким образом, проект следует принять. В случае, если  $IRR < I$ , то проект нецелесообразен для реализации.

#### 4.5 Оценка экономических показателей

В данном разделе осуществлена оценка капитальных вложений в предлагаемый проект и калькуляция эксплуатационных расходов. Определен

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



общий дохода от реализации проекта, рассчитаны основные оценочные показатели проекта, характеризующие финансовый уровень решения задач. Рассчитанные технико-экономические показатели на конец расчетного периода сведены в таблицу 4.5.

**Таблица 4.5 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Показатели	Численные значения
Капитальные затраты, руб	42066,9
Ежегодные эксплуатационные расходы, руб,	16872,46
Расходы на оплату производственной электроэнергии, руб	1146,77
Расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт, руб	1472,34
Амортизационные отчисления, руб	2103,35
Доходы (NPV), руб	28463
Внутренняя норма доходности (IRR),%	79,65%
Индекс рентабельности (PI),%	142%
Срок окупаемости, год	2 года 4 месяца

Из таблицы видно, что все экономические показатели очень высоки. Затраты на проектируемую систему сравнительно небольшие, и окупятся за небольшой промежуток времени, что подтверждается показателями IRR и PI.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе развития человечество представляет собой глобальное информационное общество, в котором главным ресурсом являются знания. С появлением глобальной сети Интернет общество вышло на определенно новый уровень, произошла информационная революция. В связи с бешеным развитием информационной базы быстро развивается и рынок услуг. Именно знания дают толчок к развитию всех сфер человеческой деятельности, которые сильно изменяют нашу жизнь. Каждая область деятельности играет свою особенную роль в развитии нашего общества, но самые радикальные изменения в нашу жизнь вносит наука. Прогресс научной сферы внесло и будет вносить огромный вклад в развитие всех технологий и инфокоммуникаций в целом. Еще 10 лет назад мы и представить не могли каким будет ближайшее будущее. Интеграция инфокоммуникационных технологий в общество дала ряд возможностей для современного человека. Теперь любой пользователь карманного гаджета имеет высокоскоростной доступ в сеть Интернет. Развитие инфокоммуникационной сферы происходит в геометрической прогрессии, растет выбор среди различных услуг связи и, соответственно, конкуренция.

Казалось бы, что такие перспективы для развития технологий связи обещают в ближайшее время обеспечить связью всю планету. Но все же возникает ряд проблем на пути к этой цели. Существует огромное количество малозаселенных мест, специфическое георасположение которых делает недоступным большинство услуг связи. В таких случаях особенно актуальны спутниковые системы, которые могут обеспечить связью любой уголок планеты. Именно развитие спутниковой индустрии является наиболее приоритетным из всех видов инфокоммуникаций. Постепенная дешевизна спутниковых услуг делает их доступными для многих абонентов.

В данной выпускной квалификационной работе было разработано техническое решение для обеспечения базы отдыха «Лесная», село Ломное

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Грайворонского района, системой широкополосного доступа на базе двусторонней спутниковой технологии VSAT и распределительной сети Wi-Fi. Были решены все возникшие при достижении цели проблемы,. Все задачи выполнены, главная цель достигнута.

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 2. Ethernet на первой миле // Lightwave Russian Edition, 2004, № 2, с. 25;
2. Сергей Щепнов, Мобильные операторы и частотный спектр – "золотая середина" // Технологии и средства связи – 2016. - №1. — 53-54 с;
3. В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. М.: Эко-Трендз, 2010. 284 с;
4. Алымов С.Г. Каждому по потребности. Рынок услуг спутниковой связи в России. Журнал «Connect!», № 12, 2011, с. 48–51;
5. Бутенко В.В. и др. Новые горизонты систем спутниковой связи в Ka-диапазоне. Журнал «Электросвязь», № 1, 2013, с. 7–12;
6. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие спутниковых телекоммуникационных систем. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2014;
7. Вещунов В.С. О взаимодействии МОКС «Интерспутник» со странами СНГ. – М., 2015;
8. Крылов А.М. Спутниковые системы связи и вещания. Состояние и перспективы развития. – М., 2014;
9. Кукк К.И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2015;
10. Украинцев Ю.Д. и др. История связи и перспективы развития телекоммуникаций. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2009;
11. Анпилогов В.Р., Юрий Урличич. Тенденции развития спутниковых технологий и критерии оценки их технико-экономической эффективности // Технологии и средства связи – 2016. - №2. — 46-53 с;
12. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. — 32-37 с;

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

13. Анпилогов В.Р., Афонин А.А. Затухание в спутниковых каналах Ku- и Ka-диапазонов // Спутниковая связь и вещание. — 2010;
14. Лиэри Дж, Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 М.: Издательский дом "Вильямс", 2004, 304 ;
15. «Современные технологии беспроводной связи» / Шахнович И. – М.: Техносфера, 2004;
16. «Современные технологии и стандарты подвижной связи» / Кузнецов М.А., Рыжков А.Е. – СПб.: Линк, 2006;
17. Джим Гейер «Беспроводные сети Первый шаг» (учебное пособие, издательский дом Вильяме, 2005год);

					<i>11070006.11.03.02.119.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61