

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 СЕТИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ РЕЙСОВОГО  
ТРАНСПОРТА НА ТРАССЕ СУСУМАН-МАГАДАН**

**Выпускная квалификационная работа студента**

**очной формы обучения  
направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи  
4 курса группы 07001209  
Савченко Владислава Игоревича**

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

Рецензент  
Старший инженер отдела  
Развития сети филиала  
ПАО «МТС»  
в Белгородской области  
Скрыпников Р.С.

**БЕЛГОРОД 2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ МЕСТНОСТИ И УСЛОВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ.....	6
1.1 Анализ местности.....	6
1.2 Условия реализации системы.....	7
2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ .....	9
2.1 Аналоговое видеонаблюдение.....	10
2.2 Цифровое видеонаблюдение.....	12
2.3 IP видеонаблюдение.....	13
3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНДАРТА WiMAX .....	16
3.1 Особенности стандарта IEEE 802.16e .....	16
3.2 Частотные диапазоны стандарта IEEE 802.16e.....	18
3.3 Физический уровень.....	19
3.4 MAC уровень.....	23
3.5 Архитектура построения сети WiMAX.....	29
4 РАЗРАБОТКА WiMAX СЕТИ ДЛЯ ТРАССЫ СУСУМАН-МАГАДАН.....	36
4.1 Выбор оборудования и расчет сети.....	36
4.2 Установка и соединение сети WiMAX .....	45
5 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ.....	47
5.1 Выбор аппаратуры.....	47
5.2 Рекомендации по установке оборудования в рейсовом транспорте.....	50
6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	53
6.1 Оценка капитальных вложений в проект.....	53

					<b>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Савченко В.И..				Проектирование сети видеонаблюдения для рейсового транспорта на трассе Сусуман-Магадан	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Сидоренко И.А						2	67
Рецензент	Скрыльников Р.С					НИУ «БелГУ», гр.07001209		
Н. контр.	Сидоренко И.А							
Утв.	Жуляков Е.Г.							

6.2	Калькуляция эксплуатационных расходов.....	57
6.3	Калькуляция доходов.....	60
6.4	Определение оценочных показателей проекта.....	61
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67

					11070006.11.03.02.123.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

## ВВЕДЕНИЕ

Суровые условия и резко изменяющийся климат Магаданской области сильно влияют на безопасность людей, которые ездят по трассе Сусуман-Магадан. В разное время года, на разных участках трассы происходят различные происшествия, которые не только могут усложнить проезд транспорта, но и могут быть опасными для жизни пассажиров. В список подобных происшествий могут входить случаи от размытия трассы и заканчивая встречей транспорта с местной флорой и фауной.

На данный момент, в Магаданской области, в месяц на трассе происходит примерно 20 аварий, большинство из которых происходит по вине неосторожных водителей. Эффективно было бы осуществлять видеонаблюдение на самых опасных участках трассы, но из-за суровых погодных условий и необходимости постоянного обслуживания камер — это невозможно. В этом случае актуально будет установить камеры системы видеонаблюдения на рейсовый транспорт, что позволит отслеживать как действия и возможные нарушения самого водителя, так и случаи нарушений со стороны водителей других транспортных средств. Так же для обеспечения безопасности пассажиров следует установить видеокамеры, которые будут фиксировать обстановку внутри транспортного средства. Кроме этого, целесообразно осуществлять отслеживание движение транспорта по трассе с помощью навигационной системы ГЛОНАСС, что позволит быстро отреагировать службам спасения в случае, если произойдет авария или возникнет опасная ситуация для пассажиров во время неблагоприятных погодных условий. С учётом сказанного, можно утверждать, что тема ВКР, посвященная проектированию системы видеонаблюдения за маршрутным транспортом на трассе Сусуман-Магадан, является актуальной.

Цель работы: повысить безопасность движения маршрутного транспорта на трассе Сусуман-Магадан, путем создания системы видеонаблюдения и навигации.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Для достижения цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) Экспликация объекта проектирования.
- 2) Разработка требований к проектируемой системе видеонаблюдения.
- 3) Анализ и выбор технологий для решения поставленной задачи.
- 4) Техническое проектирование системы видеонаблюдения с возможностью навигации по системе ГЛАНАСС,
- 5) Оценка экономической эффективности проекта.

Структура работы включает в себя Введение, 5 главы основного текста, заключение и список литературы.

В первой главе рассматривается местность Магаданской области по которой пролегает трасса

Во второй производится анализ существующих систем видеонаблюдения

В третьей описаны основные характеристики стандарта WiMAX

В четвертой описывается разработка WiMAX сети для трассы

В пятой рассмотрены этапы создания сети видеонаблюдения

Работы содержит 70 страниц и 25 рисунка.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АНАЛИЗ МЕСТНОСТИ И УСЛОВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ

## 1.1 Анализ местности

Представленная в данной работе местность- это трасса Магадан–Сусуман, ее длинна 625км. Она находится в двух климатических поясах- Субарктическом и умеренном поясе в области морского климата. На местности практически нет равнин и практически вся трасса состоит из перепадов высот.

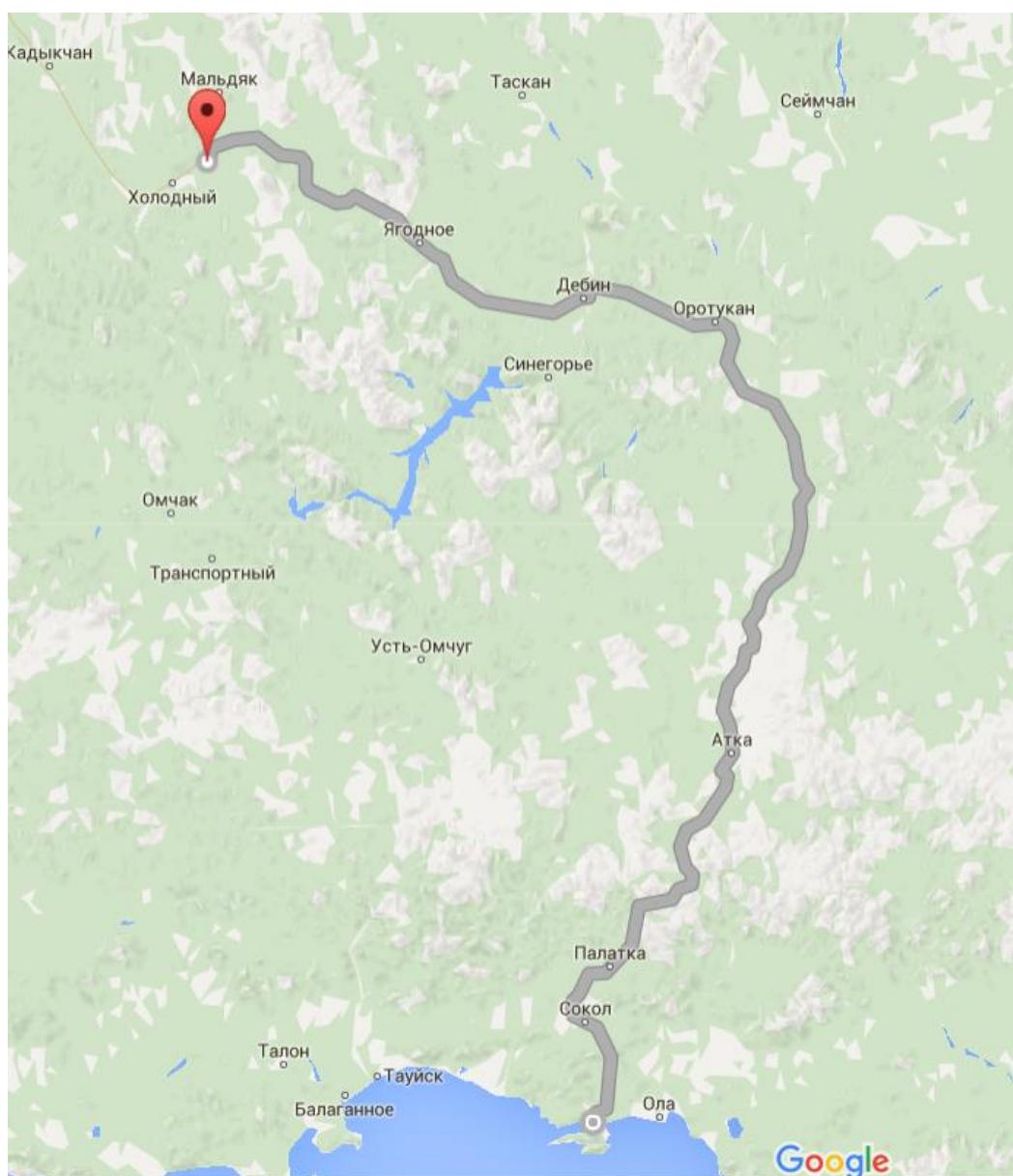


Рисунок 1.1 - Карта трассы Магадан-Сусуман

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Длительность безморозного периода превышает в среднем 100 дней. В континентальных районах в отдельные годы безморозный период не наблюдается.

В очень большом диапазоне изменяется и скорость ветра, резко увеличиваясь по мере приближения к береговой полосе. Если в континентальных районах величина средней годовой скорости ветра составляет 2-3 м /сек, то на побережье моря она может достигать 7 м/сек. Максимальная скорость ветра в центральных районах области редко превышает 20 м/сек, а на побережье Охотского моря превышает 40 м/сек.

Зима в Магаданской области продолжается от 6 месяцев на юге до 7,5 месяцев на севере. Снежный покров устанавливается в среднем к середине октября. В отдельные годы устойчивый снежный покров образуется значительно раньше - в первой декаде октября. Разрушение же снежного покрова, как правило, происходит в мае.

Резкие смены погоды, частые штормы, жёсткие морозы, густые туманы, продолжительные метели, обильные осадки отрицательно сказываются на многих сторонах деятельности предприятий и организаций Магаданской области.

Для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера используется оценка жёсткости погоды по ветро-холодному индексу. В зависимости от жёсткости погоды меняется максимальная продолжительность работы. При критических сочетаниях температуры воздуха и скорости ветра, вызывающих неблагоприятное влияние на организм человека, ограничиваются или прекращаются работы на открытом воздухе.

## 1.2 Условия реализации системы

Из-за перечисленных выше условий установка камер видеонаблюдения на трассе не является целесообразным, в то время как установка видеонаблюдения

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

непосредственно на рейсовый транспорт, который перевозит примерно 70% пассажиров которые ездят по этой трассе. Одним из главных условий реализации системы видеонаблюдения является бесперебойная передача видеосигнала в интернет. Это может быть достигнуто несколькими способами: покрытие всей трассы высокоскоростным широкополосным интернет соединением по средствам 3G/4G LTE технологий, но на такой шаг не решиться не один провайдер, так как такой подход не является рентабельным. Вместо этого есть второй путь реализации системы, это создание частной WiMAX сети которая будет работать только с рейсовым транспортом. В будущем будет возможность подключения других компаний, которые перевозят грузы по трассе.

Так же из-за большого количества перепадов высот на протяжении всей трассы, соединение большинства WiMAX базовых станций будет не через радиорелейные линии, а через оптоволокно.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



## 2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

В зависимости от типа используемого оборудования системы видеонаблюдения делят на аналоговые и цифровые. Аналоговые системы видеонаблюдения используют там, где необходимо организовать видеонаблюдение в небольшом числе помещений и информацию с видеокамер записывать на видеомагнитофон. Для обеспечения безопасности особо ответственных или территориально-распределенных объектов используют цифровые системы видеонаблюдения, которые, как правило, интегрируются в комплексные системы безопасности.

Цифровая система видеонаблюдения применяется в системах безопасности территориально-распределённых объектов, а также в комплексах управления безопасностью глобальных компаний. Сегодня цифровые технологии видеонаблюдения постепенно "теснят" аналоговые системы по функциональным и техническим характеристикам, но по своей цене они превосходят стоимости аналоговых систем видеонаблюдения.

Функции, характеристики и комплектация системы видеонаблюдения зависят от требований, предъявляемых заказчиком к безопасности объекта. Как правило, минимальная конфигурация такой системы включает в себя: видеокамеры, устройства обработки видеосигналов (квадраторы, мультиплексоры и др.), записывающее устройства (видеомагнитофоны, видеорегистраторы, видео рекордеры) и устройства отображения видеоинформации (видеомониторы). В более крупные системы видеонаблюдения устанавливают дополнительные управляющие и вспомогательные устройства - матричные коммутаторы, клавиатуры управления видеокамерами, видеопринтеры, усилители-распределители, модуляторы, телеметрические приемники и передатчики и другие охранные устройства.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## 2.1 Аналоговое видеонаблюдение

Совсем еще недавно видеомэгнофоны были очень важной частью любой системы видеонаблюдения (и записи), но с появлением цифровых видеорегистраторов (DVR) количество новых инсталляций систем видеонаблюдения с видеомэгнофонами стало стремительно сокращаться.

Принципы записи на магнитную ленту известны большинству из нас по старым добрым кассетным аудио-мэгнофонам. Сигнал переменного тока (AC), проходя через обмотку аудиоголовки, генерирует переменный магнитный поток сквозь магнитно-проницаемое металлическое кольцо, называемое головкой. Для того, чтобы магнитный поток вышел из кольца (в противном случае, магнитный поток останется внутри сердечника), в сердечнике сделана небольшая прорезь. Благодаря этой прорези формируется неоднородность для магнитного поля, которое выходит из сердечника и замыкается по воздуху, возвращаясь к другому концу прорези. Но если мы поместим магнитную ленту очень близко к головке, то поток будет проходить через ленту. Магнитная лента сама по себе очень тонкая и покрыта магнитным порошком, микроскопические частицы которого действуют как небольшие магнетики. Если наложить внешнее магнитное поле, то эти небольшие частицы могут быть поляризованы в различных направлениях, в зависимости от силы тока и его направления.

Аналоговые системы видеонаблюдения стали первопроходцами на рынке охранного видеонаблюдения, но сегодня в чистом виде мало, где применяются. Скажем больше, аналоговые системы видеонаблюдения можно смело отнести к прошедшему этапу истории охранного теленаблюдения, хотя и на данный момент можно найти почитателей сего раритета.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



**Рисунок 2.1 - Система аналогового видеонаблюдения**

Основу аналоговых систем составляли, собственно, камеры видеонаблюдения - оптические приборы с ПЗС-матрицей, образующей видеосигнал из светового потока, который предварительно проходил через объектив и линзы устройства. В аналоговой системе видеонаблюдения запись видеоматериала производилась на видеомагнитофон с выводом на монитор, что во многом обуславливало ограниченность функций такой системы.

В частности, чтобы просматривать архив, не прерывая записи, пользователю необходимо было установить два видеомагнитофона, затем потратить значительное количество времени на перематывание кассеты, а при распечатке необходимого кадра использовать специализированный и достаточно дорогостоящий принтер.

К прочим недостаткам аналоговой системы видеонаблюдения следует отнести следующее:

- отсутствие ресурса для расширения ее возможностей;
- неспособность поддерживать более одного аудиоканала;
- необходимость в постоянном обслуживании – смена кассет, чистка и замена видеоголовок в магнитофоне.

## 2.2 Цифровое видеонаблюдение

По определению аналоговые сигналы могут иметь любое значение в заданном диапазоне. Примером такого аналогового сигнала может служить как аудиосигнал, так и видеосигнал. Как мы знаем, заданным диапазоном для аналогового видеосигнала является интервал от 0 вольт, что соответствует черному, до 0,7 вольт, что соответствует белому.

Как уже говорилось ранее, большинство телекамер, используемых сейчас в видеонаблюдении, формируют аналоговые сигналы. Однако основная проблема, с которой мы сталкиваемся при работе с аналоговыми сигналами, заключается в том, что в них возникает и накапливается шум, и, как читатели, вероятно, знают из собственного опыта, в реальных условиях от этого шума избавиться невозможно. Он накапливается на каждом этапе формирования, передачи и обработки видеосигнала. Возникая еще в матрице и электронике телекамеры на начальном этапе формирования сигнала, шум увеличивается как при передаче (в кабеле), так и на завершающем этапе (в видеомониторах и устройствах записи и т.д.). Чем длиннее путь видеосигнала, тем больше шума мы получим в конце этого пути. Именно в этом проявляется существенное отличие цифрового сигнала. Так, одним из наиболее принципиальных различий между аналоговым и цифровым сигналом, кроме непосредственно формы, является иммунитет к шумам. Цифровой сигнал в электронной форме также подвержен воздействию шума, как и аналоговый. Но цифровые сигналы могут иметь только два значения: ноль и единицу. Шум будет воздействовать на сигнал только в том случае, если его величина достигнет уровней, которые могут превзойти помехоустойчивость цифровых схем, определяющих равенство сигнала нулю или единице. Это означает, что цифровые сигналы допускают аккумуляцию шума до невообразимого уровня по сравнению с аналоговыми видеосигналами, поэтому мы говорим, что цифровые сигналы фактически имеют иммунитет к шумам. *(Можно также отметить, что уровням «ноль» и «единица» в цифровых*

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

*электронных устройствах соответствуют режимы отсечки или насыщения активных элементов, а в этих режимах усиление наводок невозможно. Прим. ред.)* В конечном итоге, это дает более протяженные расстояния для передачи, высокую помехозащищенность и отсутствие деградации сигнала, то есть более высокое качество изображения. Другое важное преимущество цифрового видеосигнала — это возможность цифровой обработки и хранения информации. Под этим подразумевается улучшение изображения, его сжатие, различные коррекции и т.д. Крайне существенным является то, что копия и оригинал ничем не отличаются по качеству изображения. Сколько бы копий цифрового изображения ни делали, качество всегда будет оставаться таким же, как у оригинала. И последним преимуществом цифрового видео является возможность проверки подлинности копии. Эта функция часто называется нанесением «водяных знаков» (water-mark) и позволяет защитить информацию, записанную в цифровой форме от подделки, что крайне важно для индустрии видеонаблюдения.

### **2.3 IP видеонаблюдение**

Наиболее перспективной из всех реализуемых на практике технологий организации систем видеонаблюдения представляется IP-технология.

Основными компонентами систем сетевого видеонаблюдения являются сетевая камера, видеокодер или видеосервер (применяется для подключения аналоговых камер), сеть, сервер и система хранения, а также программное обеспечение для управления системой видеонаблюдения и записи видеоинформации. Сетевые камеры и видеокодеры созданы на базе цифровых технологий, поэтому они обладают возможностями, недоступными аналоговым камерам. Сеть, системы хранения и серверы - стандартное ИТ-оборудование.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						<i>13</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Способность использовать обычное сетевое оборудование – одно из главных преимуществ сетевого видео.

Типовая система видеонаблюдения состоит из следующих элементов: одна или несколько сетевых камер, компьютер или сетевое хранилище для записи видеоархива. Для работы такой системы также нужна локальная сеть, проводная либо беспроводная (Wi-Fi).



**Рисунок 2.2 - Типовая структура системы IP-видеонаблюдения**

Основные задачи, которые позволяет решать подобная система видеонаблюдения:

- 1) наблюдение за объектом в режиме реального времени с возможностью одновременной записи изображения на сетевое хранилище;
- 2) наблюдение за работой сотрудников и за посетителями;
- 3) запись видео по срабатыванию аппаратного датчика движения и/или внешнего датчика, например, при открытии входной двери и т.д.;
- 4) уведомление на e-Mail по срабатыванию датчиков;
- 5) просмотр записанного видеоизображения с помощью компьютера, как в локальной сети, так и удаленно;
- б) удаленный просмотр видео в режиме реального времени с мобильного телефона (смартфона).

IP камера , оборудованная акустическим детектором , датчиком движения , прогрессивной разверткой стает очень эффективным прибором в любой системе безопасности. Потому что существенно расширяет возможности

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

оповещения и управления событиями. Питание такой камеры как правило совмещено с передающим кабелем (PoE технология) это уменьшает и экономит количество проводов ведущих к видеокамере.

Тем организациям, где уже смонтирована сетевая инфраструктура с быстродействующими серверами и маршрутизаторами, IP видеонаблюдение будет наименее затратно. Очень выгодно такие цифровые камеры ставить там, где положение IP камер а так же их число постоянно меняются, например в больших торговых залах, вокзалах, на магистральных газопроводах, в аэропортах.

IP камеры с высокими разрешениями (больше трех мегапикселей) позволят создавать системы интеллектуального распознавания для идентификации того или иного человека в толпе и вообще автоматического анализа изображений, например автомобильных номеров. Анализ многих видеопараметров с помощью компьютеров существенно увеличивает безопасность объекта под наблюдением IP камер.

Система построенная на основе IP видеонаблюдения легко становится интегрированной с пожарными датчиками или датчиками утечки газа, а также с датчиками охраны что только увеличивает общую безопасность мест под наблюдением IP камер. И позволит принять самое правильное решение при возникновении чрезвычайной ситуации.

Простота хранения видеоархива на удаленных серверах, только увеличивает надежность сохранения видеоданных, а просматривать архивы можно даже со смартфона или планшета, находясь в любой точке земли, где есть Интернет.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНДАРТА WiMAX

### 3.1 Особенности стандарта IEEE 802.16e

В 2004 году появился стандарт беспроводного широкополосного доступа IEEE 802.16-2004. Тогда казалось, что мир вот-вот шагнет в новую реальность, где пользователю практически в любой точке Земли будут доступны средства высокоскоростного информационного обмена, от передачи данных до телефонной связи и телевидения. Но вскоре выяснилось, что стандарт — это еще не все. Необходимо выделение частотного ресурса, построение инфраструктуры сетей, немалые усилия по интеграции уже существующих услуг, в конце концов, привлечение к новой технологии создателей контента для конечных пользователей. Однако главная проблема заключалась в том, что стандарт IEEE 802.16-2004 был ориентирован на фиксированный доступ: местоположения абонента определялось раз и навсегда. А в 21 веке это уже воспринимается как анахронизм. [9]

Изменить ситуацию был призван утвержденный в конце 2005 года документ IEEE Std 802.16e-2005 (опубликован 28 февраля 2006 года), который называют «стандартом IEEE 802.16e». Такое наименование не совсем точно, поскольку IEEE 802.16e — это набор исправлений существующего стандарта 802.16-2004 и дополнения «Физический и MAC-уровни для совместной мобильной и фиксированной работы в лицензируемых диапазонах» [2]. Именно эти «дополнения» (из-за которых стандарт IEEE 802.16e называют «мобильный WiMAX») и открывают путь стандарту 802.16 в безграничный мир мобильных приложений. В результате он становится серьезным конкурентом технологий сотовой связи третьего и последующих поколений, равно как и других перспективных технологий беспроводного доступа.

Новый стандарт предлагает IEEE 802.16e, что понятие «мобильность» относят к двум категориям абонентов — к так называемым номадическим

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



(«кочующим») и к собственно подвижным. Номадические абоненты могут перемещаться в пределах действия сети, но в момент сеансов связи они локализованы (находятся в зоне одного и того же сегмента базовой станции) — например, пользователи ноутбуков, которые могут включить их дома, в офисе, на скамейке в парке и т.п. Подвижные абоненты должны иметь доступ к сети непосредственно в процессе движения (тот же пользователь с ноутбуком в движущемся автомобиле). Если для номадических абонентов важна быстрая регистрация в любой точке сети (в идеале – сети любого провайдера), то обеспечить подлинную подвижность гораздо сложнее. Прежде всего, необходимы процедуры передачи абонента от одной базовой станции (БС) к другой (или между различными сегментами одной БС) так, чтобы сам абонент этого не ощущал. Это функции так называемой эстафетной передачи (хэндовера).

Кроме того, мобильность абонентов диктует совершенно иные требования к управлению ресурсами сети и к возможности их оперативного перераспределения. Ужесточаются и требования к вторичному использованию частотного ресурса сети. Именно поэтому в новой редакции стандарта значительное внимание уделено возможности пропорционального уменьшения частотной полосы канала, а также технологиям многоканальных антенных систем (MIMO). Для мобильных устройств очень важно снизить энергопотребление, чему способствуют специальные режимы и процедуры нового стандарта.

Помимо собственно мобильности особое внимание IEEE 802.16e уделяет проблемам качества предоставляемых услуг (QoS). Ведь IEEE 802.16 рассматривается как стандарт для предоставления услуг операторского класса, в том числе и для мобильных абонентов. Поэтому вопрос QoS для этой технологии играет первостепенную роль.

Нужно уточнить, что в данной работе под термином WiMAX будет подразумеваться стандарт IEEE 802.16e.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

### 3.2 Частотные диапазоны стандарта IEEE 802.16

В стандарте 802.16 предусмотрена работа в диапазонах 2...11 ГГц и 10-66 ГГц. В диапазоне 10-66 ГГц радиосвязь возможна лишь в случае прямой видимости между фиксированными точками. Характеристики стандарта приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Характеристики стандарта WiMAX

Стандарт	Принят мм.гггг	Полосы частот, ГГц	Моб.	Схема передачи	Скорости передачи	Ширина Канала, МГц
802.16	12.2001	11 - 66	нет	Одна несущая	32 – 134,4 Мбит/с	20, 25, 28
802.16- 2004	06.2004	2 - 11	нет	Одна несущая или 256, или 2048 OFDM	1 – 75 Мбит/с	1,75; 3,5; 7; 14; 1,25; 5; 10; 15; 8,75
802.16-e	12.2005	2 – 11 ( фикс.) 2 –6(моб)	есть	Одна несущая или 256, или 128, 512, 1024, 2048 OFDM	1 – 75 Мбит/с	1,25; 5; 10; 20

Так как технология WiMAX относится к беспроводным технологиям, передачу информации реализовывают по радиоканалам, образованным между антеннами устройств, являющимися составными частями сети. При трансляции излученного антенной радиосигнала за счет влияния среды изменяются те или иные параметры сигнала. В результате принятый сигнал всегда отличается от переданного. Земная атмосфера для трансляции электромагнитных волн является не самой лучшей средой. Радиоволны способны огибать преграды (явление дифракции), размеры которых порядка длины волны и меньше. На рабочих

частотах систем WiMAX длина волны менее 15 см, поэтому явление дифракции пренебрежимо мало. Представляют интерес два вида распространения сигнала: в условиях прямой видимости (LOS – Line of Sight) и в условиях отсутствия прямой видимости (NLOS – Non Line of Sight). В условиях городской застройки типично отсутствие прямой видимости.

В стандарте 802.16 употребят следующие технологии передачи (таблица 3.2.):

**Таблица 3.2 - Технологии передачи стандарта 802.16**

Технология передачи	Диапазоны, ГГц	Дополнительные технологии	Варианты дуплекса
WirelessMAN-SC	10 – 66		временной, частотный
WirelessMAN-SCa	Ниже 11, лицензир.	AAS, ARQ, STC, мобильный	временной, частотный
WirelessMAN-OFDM	Ниже 11, лицензир.	AAS, ARQ, Mesh, STC, мобильный	временной, частотный
WirelessMAN-OFDMA	Ниже 11, лицензир.	AAS, ARQ, HARQ, STC, мобильный	временной, частотный
WirelessMAN	Ниже 11, нелицензир.	AAS, ARQ, Mesh, STC	временной

### 3.3 Физический уровень

В основе стандарта мобильного WiMAX IEEE 802.16e лежит технология ОЧРД (OFDMA – OFDM Access), что дает возможность выделять отдельным базовым и абонентским станциям не весь, а часть канального ресурса в соответственной полосе рабочих частот. Полный канальный ресурс (множество поднесущих частот) может быть распределен между несколькими соседними базовыми станциями, что позволяет организовывать мягкий хэндовер при передвижении абонентов от одной базовой станции к другой. По этой причине стандарт 802.16e часто называют мобильным WiMAX.

На рис. 3.1 показаны различные процессы и функциональные этапы

обработки информационных сигналов на физическом уровне.



Рисунок 3.1 - Функциональные этапы обработки сигналов на физическом уровне.

Данные информацию на физическом уровне передают в виде непрерывной последовательности кадров. Каждый кадр имеет фиксированную длину (2 (2,5) ... 20 мс), поэтому его информационная емкость зависит от символьной скорости и метода модуляции. Кадр состоит из преамбулы, управляющей секции и последовательности пакетов с данными. Сети IEEE 802.16 дуплексные. Возможно, как частотное FDD, так и временное TDD разделение восходящего и нисходящего каналов. При временном дуплексе каналов кадр делят на нисходящий и восходящий субкадры (их соотношение может гибко менять в процессе работы в зависимости от потребностей полосы пропускания для восходящих и нисходящих каналов), разделенные специальным защитным интервалом.

Структура кадра мобильного WiMAX приведена на рисунке 2.2.

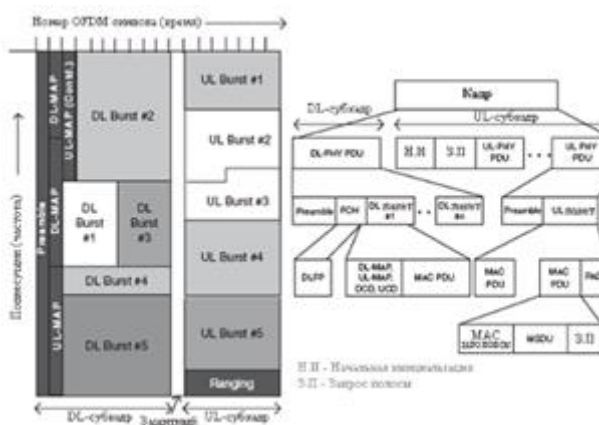


Рисунок 2.2 - Разделение канального ресурса при временном дуплексе.

В стандарте 802.16е число поднесущих меняется с изменением рабочей полосы. Это позволяет сохранить, неизменным разнос частот между поднесущими и активную длину символа. Согласно спецификациям, в 802.16е определены полосы в 1,25; 5; 10 и 20 МГц. (таблица 3.3). Поэтому технологию ОЧРД, используемую в 802.16е, называют SOFDMA (Scalable OFDMA) – масштабируемое ОЧРД (МОЧРД).

**Таблица 3.3 - Характеристики ОЧРД**

Параметр	Характеристики ОЧРД			
	1,25	5	10	20
Полоса частотного канала, МГц	1,25	5	10	20
Число поднесущих	128	512	1024	2048
Отношение $T_g/T_b$	1/32, 1/16, 1/8, 1/4			
Расширение полосы	28/25			
Разнос поднесущих, кГц	10,94	10,94	10,94	10,94
Активная длина символа, мкс	91,4	91,4	91,4	91,4
Защитный промежуток, мкс, при $T_g/T_b = 1/8$	11,4	11,4	11,4	11,4
Длина OFDM символа, мкс	102,9	102,9	102,9	102,9

Частичное использование канального ресурса может быть организовано различным образом. В варианте **FUSC** (Full Usage of Subcarriers) для образования отдельных подканалов используют весь канальный ресурс. Один подканал состоит из 48 поднесущих, применяемых для передачи данных, дополнительного числа пилотных поднесущих и защитных поднесущих, расположенных по краям частотного канала. Варианты деления поднесущих для передачи данных и пилотных сигналов приведены в таблице 3.4 и проиллюстрированы рисунком 3.3.

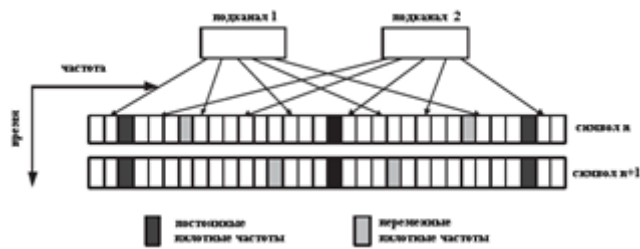


Рисунок 3.3 - Схема размещения поднесущих в режиме FUSC.

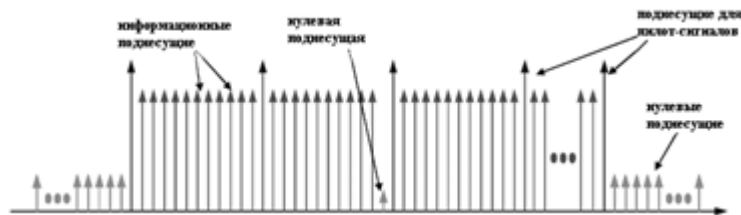


Рисунок 3.4 - Распределение поднесущих частот.

При **PUSC** (Partial Usage of Subcarriers) минимальной канальной единицей в направлении вниз является **кластер**. Каждый кластер образуют 14 размещенных рядом поднесущих. Формально один кластер всегда составлен из 2-х последовательных ОЧР символов, т.е. из 28 поднесущих, где на 24 передают данные, а на 4 – пилотные сигналы (рисунок 3.5). Один подканал состоит из двух кластеров (рисунок 3.5).

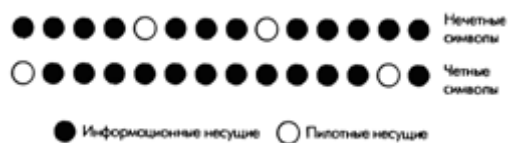


Рисунок 3.5 - Структура кластера при PUSC.

Распределение поднесущих при PUSC поясняет таблица 3.5.

Таблица 3.5 - Распределение поднесущих при PUSC

Полоса частотного канала, МГц	1,25	5	10	20
Число поднесущих	128	512	1024	2048
Число поднесущих в кластере	14	14	14	14

### Окончание таблицы 3.5

Число кластеров	6	30	60	120
Число подканалов	3	15	30	60
Поднесущие, используемые для передачи данных	72	360	720	1440
Пилотные поднесущие	12	60	120	240
Защитные поднесущие (слева/справа)	22/21	46/45	92/91	184/183

В направлении вверх при PUSC наименьшей единицей канального ресурса является элемент – тайл (tile). Каждый тайл составлен из 4 поднесущих длительностью 3 ОЧР символа (рис. 1.6). На 8 поднесущих внутри элемента передают данные, 4 поднесущие используют для передачи пилотных сигналов.

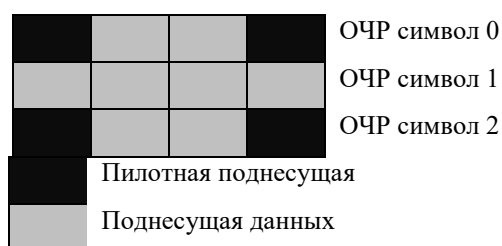


Рисунок 3.6 - Организация тайлов в направлении вверх.

Потом производится разбивка на подканалы; при передаче вверх 6 тайлов образуют один подканал. Профили пакетов (burst) зависят от вида модуляции и схемы избыточного кодирования.

### 3.4 MAC-уровень

Физический уровень стандарта IEEE 802.16 обеспечивает прямую доставку потоков данных между БС и АС. Все задачи, связанные с образованием структур этих данных, а также управлением работой системы решаются на MAC (Medium Access Control) - уровне.

Оборудование стандарта IEEE 802.16 формирует транспортную среду для

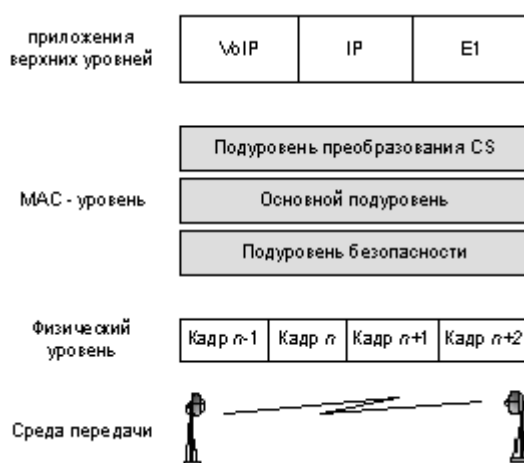
					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

различных услуг (сервисов).

Первая задача, решаемая в IEEE 802.16, – это механизм поддержки разнообразных сервисов верхнего уровня. Разработчики стандарта стремились создать единый для всех приложений протокол MAC-уровня, независимо от особенностей физического канала (рис. 1.7). Это существенно упрощает связь терминалов конечных пользователей с городской сетью передачи данных.

Физически среды передачи в разных фрагментах WMAN могут быть различны, но структура данных одинакова. В одном канале могут работать (не одновременно) сотни различных терминалов большого числа конечных пользователей.

Этим пользователям необходимы самые разные сервисы: передача голоса и данных с временным разделением, соединения по протоколу IP, пакетная передача речи через IP (VoIP) и т.п. Качество услуг (QoS) каждого отдельного сервиса не должно меняться при работе через сети IEEE 802.16. Алгоритмы и механизмы доступа MAC-уровня обязаны решать все эти задачи.



**Рис. 3.7 - Структура MAC-уровня стандарта IEEE 802.16.**

Структурно MAC-уровень IEEE 802.16 разделен на три подуровня (рисунок 3.7):

- подуровень преобразования сервиса CS (Convergence Sublayer);
- основной подуровень CPS (Common Part Sublayer);



- подуровень защиты PS (Privacy Sublayer)

Цель работы на CS-подуровне – оптимизация передаваемых потоков данных каждого приложения верхнего уровня с учетом их специфики.

Различают 4 типа трафика по требованиям к задержкам:

UGS – Unsolicited Grant Service – передача в реальном времени сигналов и потоков телефонии (E1) и VoIP. Допустимая задержка менее 5 – 10 мс в одном направлении при BER =  $10^{-6}$ ...  $10^{-4}$ .

rtPS – Real Time Polling Service – потоки реального времени с пакетами переменной длины (MPEG видео).

nrtPS – Non-Real-Time Polling Service – поддержка потоков переменной длины при передаче файлов в широкополосном режиме.

BE – Best Effort – остальной трафик.

Механизм обеспечения QoS состоит в присоединении на уровне конвергенции в MAC заголовков сведений о типе передаваемого потока. Для этого используют либо 32-битовый идентификатор потока услуг SFID (Service Flow Identifier), либо CID (Connection Identifier).

Для оптимизации транслируемых потоков предусмотрен также специальный механизм удаления повторяющихся фрагментов заголовков PHS (Payload Header Suppression) ATM ячеек и пакетов, которые восстанавливаются на приемном конце.

Указаны операции, выполняемые на отдельных подуровнях уровня MAC:

Подуровень конвергенции

- Упаковка PDU для нижестоящего уровня
- Распаковка PDU для вышестоящего уровня

Общая часть MAC

- Ввод и подавление заголовков
- Режим запроса повторной передачи
- Фрагментация
- Установление соединения/разъединения

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- Управление качеством (QoS)
- Многопользовательские услуги
- Соединение/разъединение с сетью
- Управление предоставляемой полосой частот

Подуровень безопасности

- Поддержка режима шифрации (AES-CCM)
- Обмен данными о переходе к шифрации
- Обмен ключом авторизации
- Взаимная аутентификация

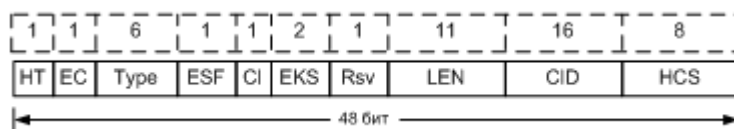
Общий MAC-заголовок	Поле данных	Контрольная сумма CRC
---------------------	-------------	-----------------------

**Рисунок 3.8 - Пакет MAC – уровня.**

Сформированные пакеты данных MAC PDU (MAC Protocol Data Unit, блоки данных MAC-уровня) далее передают на физический уровень и передают по каналу связи. Пакет MAC PDU (рис. 1.9) включает заголовок и поле данных (его может и не быть), за которым может следовать контрольная сумма CRC (cyclic redundancy check).

Определены два формата заголовка MAC. Первый - основной заголовок MAC, с которого начинается каждый протокольный блок данных уровня MAC PDU и содержащий или сообщения управления MAC или данные CS. Второй – заголовок запроса дополнительной пропускной способности. Общий заголовок используют в пакетах, у которых присутствует поле данных. Формат основного заголовка MAC приведена на рис. 1.10.

Заголовок запроса полосы используют, когда АС обращается к БС с запросом о выделении или увеличении полосы пропускания в восходящем канале. При этом в заголовке указывают CID и размер требуемой полосы. Поле данных после заголовка запроса полосы отсутствует.



**Рисунок 3.9 - Формат основного заголовка MAC.**

Поля основного заголовка MAC определены в табл. 3.6.

**Таблица 3.6 - Поля основного заголовка MAC**

Поле	Длина, бит	Описание
HT	1	Указатель типа заголовка. HT=0 – заголовок общего типа HT=1 – заголовок запроса пропускной способности
EC	1	Признак шифрования поля данных. EC=0 – содержимое поля данных не шифруется EC=1 – содержимое поля данных шифруется
Type	6	Тип поля данных.
ESF	1	Указатель наличия расширенного подзаголовка.
CI	1	Признак наличия контрольной суммы CRC. CI=0 – контрольная сумма отсутствует CI=1 – контрольная сумма CRC содержится в пакете
EKS	2	Индекс ключа шифрования
Rsv	1	Rsv=0 – не используется
LEN	11	Длина в байтах пакета MAC PDU, включая MAC заголовок и контрольную сумму CRC, если она присутствует.
CID	16	Идентификатор соединения.
HCS	8	Контрольная сумма заголовка.

Поле данных может содержать подзаголовки MAC, управляющие сообщения и собственно данные приложений верхних уровней, преобразованные на CS-подуровне. В стандарте описано пять типов MAC - подзаголовков:

- упаковки – используют, если поле данных одного PDU содержит несколько пакетов верхних уровней;
- фрагментации – используют, если, напротив, один пакет верхнего

уровня разбит на несколько PDU;

- управления предоставлением канала – используется абонентской станцией, чтобы сообщить базовой станции о необходимости в управлении пропускной способностью;

- расширенный подзаголовок, с помощью которого внутри одного пакета MAC PDU может располагаться несколько подзаголовков;

- Mesh – используют в Mesh-сетях;

Подзаголовки располагаются сразу за основным заголовком MAC.

Управляющие сообщения – это основной механизм управления системой IEEE 802.16. Описание профилей пакетов, управление доступом, механизмы криптозащиты, динамическое изменение работы системы и т.д. Запросы полосы могут быть как эпизодическими для БС, так и планируемыми. В первом случае запросы реализуют посредством пакетов, состоящих из заголовка запроса, передаваемых на конкурентной основе абонентскими станциями в специально выделенном для них интервале восходящего канала. Процедура плановых запросов полосы в восходящем канале называется опросом (polling). БС опрашивает АС об их потребностях в увеличении полосы пропускания. Реально это означает, что базовая станция предоставляет конкретной АС интервал для передачи запроса о предоставлении/изменении полосы, т.е. при запросе полосы не используют алгоритм состязаний.

### 3.5 Архитектура построения сети WiMAX

#### 3.5.1 Базовая модель сети

Спецификации стандарта WiMAX определяют передачу трафика и сигнальный обмен только на радиоинтерфейсе. Что касается соединения БС с Интернетом, сетями беспроводного доступа и сетями различных операторов,

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

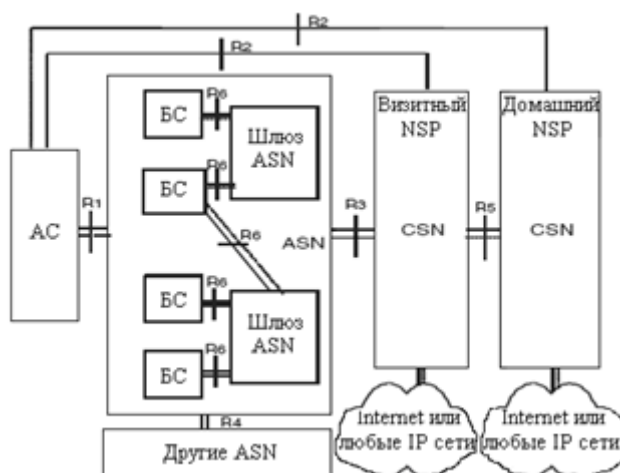
решения по архитектуре сети принимает оператор совместно с производителем. В целях унификации и определенной оптимизации WiMAX Forum предложена базовая архитектура сети (рис. 1.12).

На рисунке 3.12 показана NRM (network reference model – базовая модель сети) WiMAX, которая является логическим представлением сетевой архитектуры. NRM разделяет систему на три логические части:

1. мобильные станции, используемые абонентами для получения доступа к сети;

2. ASN (access services network) – сеть доступа к услугам, которая является собственностью оператора доступа к сети (NAP – Network Access Provider); ASN состоит из одной или нескольких базовых станций, которыми управляет один или несколько шлюзов ASN (ASN-GW).

3. CSN (connectivity services network) – подсеть оператора, обеспечивающая выход на IP и другие сети для реализации абонентских услуг. Эта подсеть обеспечивает необходимые коммутационные функции и функции безопасности. Абонента может обслуживать оператор домашней сети NSP (Network Services Provider). Абонент может также находиться в роуминге. В этом случае его обслуживает оператор визитной сети; при этом происходит обмен сигнальной информацией CSN визитного и домашнего оператора.



**Рисунок 3.10. Базовая модель сети.**

ASN выполняет следующие функции:

- соединение на уровне L2 с AC;
- поиск и выбор сети на основе предпочтений абонента о CSN/NSP;
- обеспечение безопасности: передача данных об устройствах, пользователях, и услугах, серверу безопасности, временное хранение профилей пользователей;
  - управление радиоресурсом (RRM) в соответствии с классом трафика и требуемым QoS;
  - обеспечение мобильности, т.е. выполнение процедур хэндовера, локализации и пейджинга.

В таблице 3.8 показано разделение функций в ASN между БС и шлюз ASN в соответствии с профилями ASN, установленными WiMAX Forum. Профиль В характеризуется интеграцией в одном элементе. Профиль целесообразно использовать в небольших по объему сетях. Профили А и С предусматривают организацию шлюза в виде отдельного функционального узла. Отличие между профилями А и С незначительны. В профиле А за хэндовер отвечает шлюз ASN; в профиле С это БС, а шлюз ASN выполняет функцию переключения при хэндовере. В профиле А управление радиоресурсами осуществляет шлюз ASN, что позволяет динамически перераспределять радиоресурс между разными БС. В профиле С радиоресурс фиксирован для каждой БС и его назначение для конкретных абонентов производит сама БС.

**Таблица 3.8 - разделение функций в ASN**

Процедура	Функция	Имя объекта ASN		
		Профиль А	Профиль В	Профиль С
Безопасность	Аутентификатор	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
	Ретранслятор аутентификации	БС	ASN	БС
	Распределитель ключей	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
	Получатель ключей	БС	ASN	БС

### Окончание Таблицы 3.8

Мобильность	Маршрутизация потока данных	Шлюз ASN и БС	ASN	Шлюз ASN и БС
	Управление хэндовером	Шлюз ASN	ASN	БС
	Сервер контекста (буфер)	Шлюз ASN и БС	ASN	Шлюз ASN и БС
	ПО мобильного интернета	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
Управление радиоресурсами	Контроллер радиоресурсов	Шлюз ASN	ASN	БС
	ПО контроллера	БС	ASN	БС
Пейджинг	ПО пейджинга	БС	ASN	БС
	Управление пейджингом	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
QoS	Авторизация сервисного потока	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
	Управление сервисным потоком	БС	ASN	БС

CSN обеспечивает следующие функции:

- выделение адресов IP AC для сеансов связей;
- безопасность в сети, для чего в CSN организуют сервер AAA (authentication, authorization and accounting – аутентификации, авторизации и учета);
  - организацию передачи трафика с необходимым QoS в соответствии с уровнем обслуживания абонентов. При нахождении абонента в роуминге CSN домашнего оператора поддерживает профиль услуг абонента у обслуживающего оператора;
    - биллинг предоставленных абоненту услуг;
    - туннелирование потоков между CSN различных операторов с целью обеспечения роуминга;
    - управление мобильностью (хэндовер между БС, управляемыми различными ASN);
    - выход на другие сети, прежде всего в Интернет, и обеспечение таких современных услуг как локализация абонентов, VoIP и передача

мультимедийной информации

### 3.5.2 Сетки и интерфейсы

WiMAX NWG (network working group – группа разработки сети) разработала RP (reference points – стыки и интерфейсы), т.е. концептуальные соединения между различными функциональными элементами: ASN, CSN, AC, BC. Стыки не всегда являются физическими соединениями, а только в тех случаях, когда функциональные элементы расположены в разных местах, т.е. в различных физических устройствах. Следует отметить, что WiMAX Forum продолжает работу по совместимости разработанных RP на основе специфицированных нормативных протоколов с целью обеспечения максимальной пропускной способности сети. В таблице 3.9 представлены разработанные RP.

Логическое представление архитектуры WiMAX показано на рисунке 3.12.

Таблица 3.9-Существующие RP

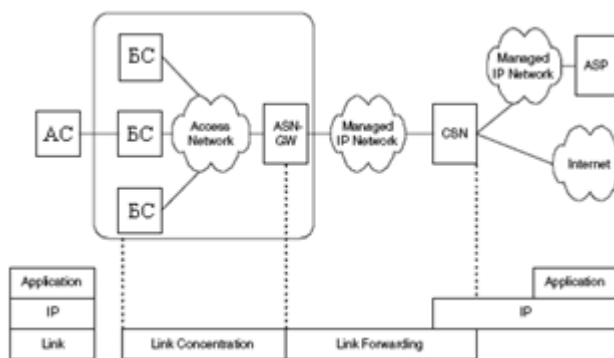
Стык	Конечные точки	Описание
R1	AC и BC	Организует радиоинтерфейс на основе IEEE 802.16e.
R2	AC и CSN	Для аутентификации, авторизации, управления конфигурацией IP хоста, и управления мобильностью. Это логический интерфейс AC и CSN
R3	ASN и CSN	Поддержка AAA, перечня услуг, возможность управления мобильностью. R3 также обеспечивает туннелирование IP данных между ASN и CSN
R4	ASN и ASN	Набор протоколов управления и организации сквозных каналов, начинающихся/ заканчивающихся в различных устройствах внутри ASN, которые координируют мобильность AC между ASN. В Release 1 интерфейс R4 обеспечивает взаимодействие между разнотипными ASN



### Окончание таблицы 3.9

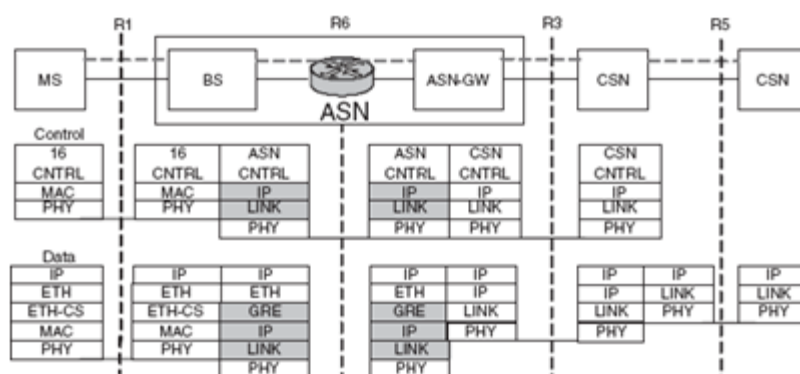
R5	CSN и CSN	Набор протоколов управления и организации сквозных каналов для взаимодействия между домашней и визитной сетями
R6	BS и шлюз ASN	Набор протоколов управления и организации сквозных каналов взаимодействия между БС и шлюзом ASN. Протоколы организации сквозных каналов обеспечивают передачу данных внутри структуры ASN или туннельных соединений между БС и шлюзом ASN.
R7	ASN-GW-DP (decision point) и ASN-GW-EP (enforcement point)	Опциональный набор протоколов в плоскости управления для координации между двумя группами функций, определенных в R6 для сложных разветвленных структур сетей WiMAX.
R8	БС и БС	Набор потоков сообщений плоскости управления и, возможно, команд для создания сквозных каналов между БС для организации быстрых и бесшовных хэндоверов. ПО организации сквозных каналов состоит из протоколов, которые позволяют передавать данные между БС, вовлеченными в хэндовер, и определенной АС. ПО плоскости управления состоит из протокола управления, специфицированного в IEEE 802.16e, и дополнительных протоколов, которые позволяют управлять передачей данных между БС, вовлеченными в хэндовер, и определенной АС.

Архитектура сети WiMAX похожа на архитектуру многих IP сетей доступа, где инфраструктуру уровня L2 (уровня соединений) используют при концентрации трафика индивидуальных пользователей, где находятся элементы, которые обеспечивают конечные пользовательские устройства IP адресами для доступа к приложениям и услугам. В данном случае ASN представляет собой инфраструктуру канального уровня, обеспечивающую концентрацию каналов, а CSN предоставляет абонентам адреса IP и обеспечивает доступ к IP приложениям.



**Рисунок 3.11 - Логическое представление архитектуры WiMAX.**

WiMAX Forum предлагает два варианта протокольного обмена в транспортной сети (рисунок 3.13, рисунок 3.14). Различие между решениями состоит в организации интерфейса R6 в пользовательской плоскости (плоскости передачи данных). На рисунок 3.13 поверх него следует протокол IP-Ethernet, а на рисунок 1.14 возможны любые другие технологии передачи IP пакетов. Отличия состоят в том, что перед передачей пакетов по радиointерфейсу организуют конвергенцию (обработку заголовков) либо на уровне Ethernet, либо непосредственного на уровне IP. На интерфейсе R3 при передаче данных используют локальную маршрутизацию на основе IP протоколов, используя технологию IP-over-IP.



**Рисунок 3.13 - Стек протоколов передачи информации в транспортной сети WiMAX, с использованием Ethernet.**

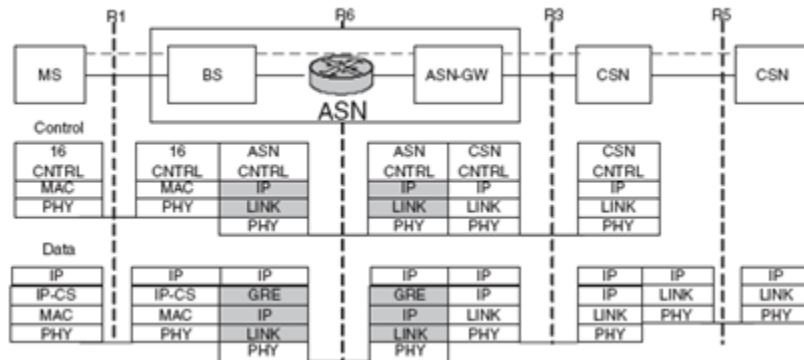


Рисунок 3.14 - Стек протоколов передачи информации в транспортной сети WiMAX, с использованием IP протоколов.

## 4 РАЗРАБОТКА WiMAX СЕТИ ДЛЯ ТРАССЫ МАГАДАН -СУСУМАН

### 4.1 Выбор оборудования и расчет сети

1. Базовая станция WiMAX Base Station Air4Gs - компактная, оптимизированная по стоимости базовая станция

Для планирования сети было предпочтено оборудование компании Airspan. Произведен расчет параметров сети с использованием оборудования одобренного WiMAX Forum.

Станция Air4Gs обладает высокой производительностью, конструкцией «все-в-одном», применяется для наружного использования – «все на улице», является оборудованием операторского класса. С небольшой, тонкий и легкий форм-фактором Масса - 10,5 kg/23.15 фунтов. Низкое энергопотребление - менее 90 Вт.

Air4Gs является простым и доступным в установке и обслуживании.

*Base Station Air4Gs* может работать с каналами шириной 5 МГц и 10 МГц.

Air4Gs идеально подходит для операторов и операторских сетей в пригородных районах, а также расширения городских сетей. Продукт оптимизирован для вертикальных приложений, таких как Smart Grid или транспорта, где часто есть необходимость в сильных, экономически эффективных решениях. Air4Gs это базовая станция мобильного WiMAX (IEEE802.16e), стандартные интерфейсы R1 и R6.

					11070006.11.03.02.123.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



**Рисунок 4.1 - Базовая станция Air4Gs**

**Таблица 4.1 – Характеристики БС**

Поддерживаемые диапазоны частот, ГГц	2.3-2.4, 2.5-2.7, 3.3-3.8, 4.9-5.0
1	2
Ширина канала, МГц	1.75, 3.5, 5, 10
Число поднесущих	256 ; 512 и 1024
Метод дуплексирования	FDD + TDD
Модуляция	2-ФМ; 4-ФМ; 16-КАМ; 64-КАМ.
Поддерживаемые профили	Фиксированный WiMAX (расширяемый до мобильного WiMAX)
Стандарт	IEEE 802.16e-2005
Мощность передатчика	до 40дБм на сектор
Чувствительность приемника	-115 дБм (1/16), -103 дБм (1/1)
Коэффициент усиления антенн (UL/DL)	17дБ
Антенна конфигурация	МIMO: круговая 2x2;
Кодирование с коррекцией ошибок	Сверточное кодирование; турбокодирование.
Кабели соединяющие ODU и IDU	Полностью внешнее исполнение
Диаграмма направленности антенны одного сектора	60°, 90°, 120°, 180°, 360°

## 2. Mobile WiMAX ASN шлюз решения (AN1 WIMAX ASN-GW)

IEEE 802.16e-2005 совместно с сетью WiMAX Forum эталонной модели (NRM) обладает способностью управлять мобильностью абонентов, обеспечивает возможность идентификации, учета и применения политики в расчете на абонента, а также для выполнения функций AAA. Это достигается путем деления WiMAX сети на две основные части:

- Доступ к службе Network (ASN) ;

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

- Подключение сетевых служб (ДНС)

ASN состоит из базовых станций WiMAX и ASN Gateway (ASNGW).

Сеть управляется программным пакетом AS8200 Netspan.

Одним из ключевых элементов ASN является ASNGW, которая контролирует и управляет трафиками от большого количества базовых станций WiMAX. Платформа AN1 представляет собой идеальную среду начального уровня для распределения покрытия WiMAX приложений к небольшому числу абонентов и удовлетворения требований к пропускной способности. Создается сеть, архитектура которой обеспечивает экономическую эффективность на сельских сетях и сетях небольших населенных пунктов.

Каждый шлюз ASN может направить трафики от нескольких базовых станций, что сокращает необходимое количество управляемых устройств и AAA операций при сведении к минимуму задержки установления соединения за счет уменьшения числа вызовов в сети. HA: (Home Agent, часть CSN)- элемент сети, отвечающий за возможность роуминга

Основные характеристики и преимущества

- Полный ASN шлюз и функциональность HA( Home Agent, часть CSN)
- Надежная производительность, тарифы, сделки, обработка пакетов
- Полный набор возможностей, управление мобильностью, в том числе и CMIP (Common Management Information Protocol. Протокол общей управляющей информации) — стандарт управления сетью OSI. PMIP v4/v6
- Прочная конструкция, операторский класс соответствует NEBS / ETSI требованиям, а также возможностью восстановления программного обеспечения

### 3. Netspan –программа управления сетью

Продукты Airspan включают в себя все функции, необходимые для первоначальной установки и ввода в эксплуатацию продукции, а также их бесперебойной и эффективной работы. Для этого все продукты включают в себя

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

широкие возможности управления функциями этих продуктов, а также централизованное управление и операции (O & M) системы.

Netspan обеспечивает выполнение следующих функций:

- Исправность управления
- Управление конфигурацией
- Обработка аварийных сигналов
- Управление производительностью
- Управление безопасностью

Netspan строится в соответствии с архитектурой клиент / сервер. Сервер Netspan работает на платформе ПК, используя базу данных SQL для хранения конфигурации, статистики и историй тревоги по радиосети. Доступ к серверу Netspan от различных стандартных веб-браузеров - с помощью веб-службы сервера Netspan.

Управление сетью с помощью Netspan осуществляется одним работником - оператором круглосуточно.

#### 4. Секторная антенна для базовой станции INT-SEC-17/5X-N

##### Описание антенны

SECTOR это профессиональные антенны, предназначенные для построения базовых станций высокой ёмкости в сельских районах. Антенны имеют возможность наклона, что обеспечивает мощный, сфокусированный сигнал в секторе. Благодаря высокому усилению и широкому углу охвата антенны, в малонаселённых районах достигается покрытие качественным сигналом большой площади. Высококачественный корпус позволяет достигать высокого результата даже в суровых погодных условиях.

##### Ключевые достоинства

- Излучающая поверхность покрыта лаком - надёжность при любых погодных условиях
- Антенна относительно небольшая и лёгкая.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

- Облучатель микрополоскового типа.
- Модульная конструкция обеспечивает надёжное функционирование в самых суровых погодных условиях.
- Сегментирование покрытия позволяет обслуживать больше пользователей одной базовой станцией.
- Антенное крепление имеет возможность наклона, что позволяет оптимизировать покрытие и уменьшить влияние посторонних сетей.

**Таблица 4.2 – Технические характеристики антенны**

Диапазон частот, МГц	2300-3800MHz
усиление	17dBi
в горизонтальной плоскости (-3dB)	60°
в вертикальной плоскости (-3dB)	6°
в горизонтальной плоскости (-10dB)	134°
в вертикальной плоскости (-10dB)	25°
вперед / назад соотношение	> 24dB
кросс поляризации	> 27dB

Для расчёта выбираем модель COST-231 Hata. Расчёт ведём на минимальной частоте  $f = 2300$  МГц, высота антенны БС 8 м., высота МС 1,5 м. Расчёт выполним для различных видов модуляций, используемых в каналах связи: 4-ФМ, 16-КАМ, 64-КАМ. Необходимые расчётные формулы и исходные величины, а так же полученные результаты занесены в таблицы 4.4-4.6.

Расчёт трассы даст результаты, которые определяют настоящую зону обслуживания базовой станции. Эти расчёты важны для определения радиуса соты, что позволяет найти необходимое число базовых станций для покрытия заданной территории:



**Таблица 4.4 – Расчёт трассы вниз при модуляции 4-ФМ**

Энергетические характеристики, параметры	Значение	Расчетные формулы
Мощность передатчика $P_{TX}$ , дБм	40	
Потери в фидере антенны ПРД, $P_{fidTX}$ , дБ	2	
Максимальный КУ антенны ПРД, $G_{0TX}$ , дБи	17	
Излучаемая мощность $P_{rad}$ , дБм	55	$P_{rad} = P_{TX} - P_{fidTX} + G_{0TX}$ $P_{rad} = 43 - 2 + 17$
Чувствительность приемника $P_{RX}$ , дБм	-115	
Необходимая мощность полезного сигнала с вероятностью 50 % $P_{WS(50\%)}$ , дБм	-119,4	$P_{ws(50\%)} = P_{RX} - G_{0RX}$ $P_{ws(50\%)} = -115 - 4,4$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала с вероятностью 50 % $E_{WS(50\%)}$ , дБ (мкВ/м)	25	$E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg F + P_{ws(50\%)}$ $E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg 2300 - 119,4$
Среднеквадратическое отклонение (СКО) флуктуаций сигнала $\sigma$ , дБ	10	
Параметр логнормального распределения уровней сигнала по местоположению с вероятностью 75% $\eta(75\%)$ , раз	0,68	
Необходимая мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $P_{WS(75\%)}$ , дБм	-112,6	$P_{ws(75\%)} = P_{ws(50\%)} + \eta(75\%) \cdot \sigma$ $P_{ws(75\%)} = -119,4 + 0,68 \cdot 10$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $E_{WS(75\%)}$ , дБ (мкВ/м)	31,8	$E_{ws(75\%)} = E_{ws(50\%)} + \eta(75\%) \cdot \sigma$ $E_{ws(75\%)} = 25 + 0,68 \cdot 10$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 50% $L_t(50\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	174,4	$L_t(50\%) = P_{rad} - P_{ws(50\%)}$ $L_t(50\%) = 55 - (-119,4)$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 75% $L_t(75\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	167,6	$L_t(75\%) = L_t(50\%) - \eta(75\%) \cdot \sigma$ $L_t(75\%) = 174,4 - 0,68 \cdot 10$
Максимальная дальность связи с вероятностью 75% на границе зоны обслуживания $R_0$ , км	2	$R = f(F, L, H_{BS}, H_{MS})$ $L = L_{t75\%}$

**Таблица 4.5 – Расчёт трассы вниз при модуляции 16-КАМ**

Энергетические характеристики, параметры	Значение	Расчетные формулы
Мощность передатчика, дБм	36	
Потери в фидере антенны ПРД, $P_{fidTX}$ , дБ	2	
Максимальный КУ антенны ПРД, $G_{0TX}$ , дБи	17	
Излучаемая мощность, дБм	51	$Prad = PTX - P_{fidTX} + G_{0TX}$ $Prad = 36 - 2 + 17$
Чувствительность приемника $P_{RX}$ , дБм	-109	
Необходимая мощность полезного сигнала с вероятностью 50 % $P_{WS(50\%)}$ , дБм	-113,4	$P_{ws(50\%)} = PRX - G_{ORX}$ $P_{ws(50\%)} = -109 - 4,4$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала с вероятностью 50 % $E_{WS(50\%)}$ , дБ (мкВ/м)	31	$E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg F + P_{ws(50\%)}$ $E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg 2300 - 113,4$
Среднеквадратическое отклонение (СКО) флуктуаций сигнала $\sigma$ , дБ	10	
Параметр логнормального распределения уровней сигнала по местоположению с вероятностью 75% $\eta_{(75\%)}$ , раз	0,68	
Необходимая мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $P_{WS(75\%)}$ , дБм	-106,6	$P_{ws(75\%)} = P_{ws(50\%)} + \eta_{(75\%)} \cdot \sigma$ $P_{ws(75\%)} = -113,4 + 0,68 \cdot 10$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $E_{WS(75\%)}$ , дБ (мкВ/м)	37,8	$E_{ws(75\%)} = E_{ws(50\%)} + \eta_{(75\%)} \cdot \sigma$ $E_{ws(75\%)} = 31 + 0,68 \cdot 10$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 50% $L_t(50\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	154,4	$L_t(50\%) = Prad - P_{ws(50\%)}$ $L_t(50\%) = 51 - (-113,4)$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 75% $L_t(75\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	161,2	$L_t(75\%) = L_t(50\%) - \eta_{(75\%)} \cdot \sigma$ $L_t(75\%) = 154,4 - 0,68 \cdot 10$
Максимальная дальность связи с вероятностью 75% на границе зоны обслуживания $R_0$ , км	1,1	$R = f(F, L, H_{BS}, H_{MS})$ $L = L_{t75\%}$

**Таблица 4.6 – Расчёт трассы вниз при модуляции 64-КАМ**

Энергетические характеристики, параметры	Значение	Расчетные формулы
Мощность передатчика $P_{TX}$ , дБм	32	
Потери в фидере антенны ПРД, $P_{fidTX}$ , дБ	2	
Максимальный КУ антенны ПРД, $G_{0TX}$ , дБи	17	
Излучаемая мощность $P_{rad}$ , дБм	47	$P_{rad} = P_{TX} - P_{fidTX} + G_{0TX}$ $P_{rad} = 32 - 2 + 17$
Чувствительность приемника $P_{RX}$ , дБм	-103	
Необходимая мощность полезного сигнала с вероятностью 50 % $P_{WS(50\%)}$ , дБм	-107,4	$P_{ws(50\%)} = P_{RX} - G_{0RX}$ $P_{ws(50\%)} = -103 - 4,4$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала с вероятностью 50 % $E_{WS(50\%)}$ , дБ (мкВ/м)	37	$E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg F + P_{ws(50\%)}$ $E_{ws(50\%)} = 77,2 + 20lg 2300 - 107,4$
Среднеквадратическое отклонение (СКО) флуктуаций сигнала $\sigma$ , дБ	10	
Параметр логнормального распределения уровней сигнала по местоположению с вероятностью 75% $\eta(75\%)$ , раз	0,68	
Необходимая мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $P_{WS(75\%)}$ , дБм	-100,6	$P_{ws(75\%)} = P_{ws(50\%)} + \eta(75\%) \cdot \sigma$ $P_{ws(75\%)} = -107,4 + 0,68 \cdot 10$
Необходимая напряженность поля полезного сигнала на границе зоны обслуживания с вероятностью 75% $E_{WS(75\%)}$ , дБ (мкВ/м)	43,8	$E_{ws(75\%)} = E_{ws(50\%)} + \eta(75\%) \cdot \sigma$ $E_{ws(75\%)} = 37 + 0,68 \cdot 10$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 50% $L_t(50\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	154,4	$L_t(50\%) = P_{rad} - P_{ws(50\%)}$ $L_t(50\%) = 47 - (-107,4)$
Допустимые основные потери передачи с вероятностью 75% $L_t(75\%)$ , дБ при нахождении АС на улице	147,6	$L_t(75\%) = L_t(50\%) - \eta(75\%) \cdot \sigma$ $L_t(75\%) = 154,4 - 0,68 \cdot 10$

### Окончание таблицы 4.6

Максимальная дальность связи с вероятностью 75% на границе зоны обслуживания $R_0$ , км	0,58	$R = f(F, L, H_{BS}, H_{MS})$ $L = L_{t75\%}$
---	------	--

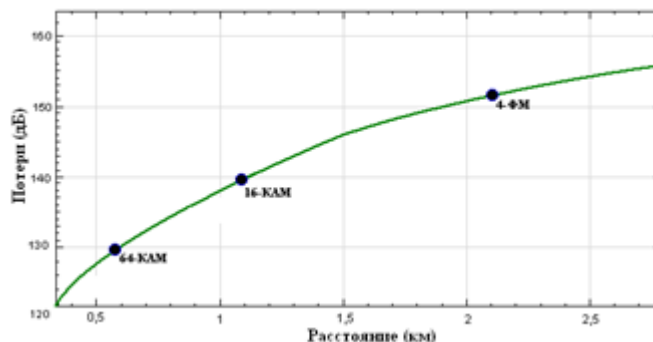


Рисунок 4.7 - Зависимости потерь от расстояния при передаче вниз.

При расчете были учтены изменения мощности передатчика базовой станции и чувствительности приемника мобильной станции в зависимости от применяемой схемы модуляции. Использование модуляции 64-КАМ снабжает более высокую скорость передачи, но требует обеспечения большей величины отношения сигнал/шум. Поэтому такой способ целесообразно применять для пользователей, находящихся вблизи базовой станции. На краях сот самым подходящим является применение модуляции 4-ФМ. Расчет, приведенный выше, доказывает верность этого утверждения.

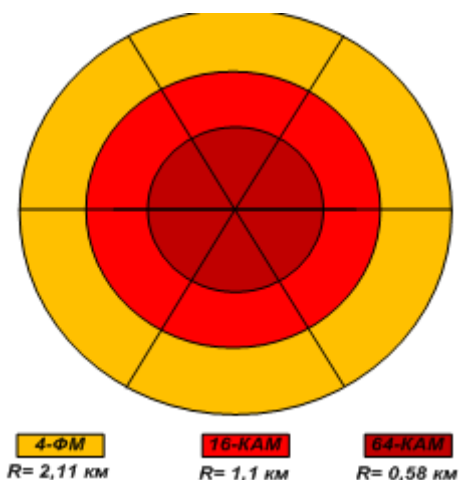


Рисунок 4.8 - Расчётные данные зон покрытия.

## 4.2 Установка и соединение сети WiMAX

Из расчетов зон покрытия можно сделать вывод сколько понадобится базовых станция и где их устанавливать. Т.к радиус одной базовой станции равен примерно 2 километрам, для покрытия трассы понадобится 250 базовых станций которые будут находится на расстоянии примерно 2.5км друг от друга. Большинство базовых станций проектируется оборудовать двумя секторными антеннами что бы покрывать только территорию трассы и не расходовать ресурсы в пустую, хотя будет 5 базовых станций с тремя антеннами, они будут установлены в населенных пунктах. Это сделано для того, чтобы в случае если пассажиров довозят до дома в населенном пункте не была потеряна связь (пример на рисунке 4.9)

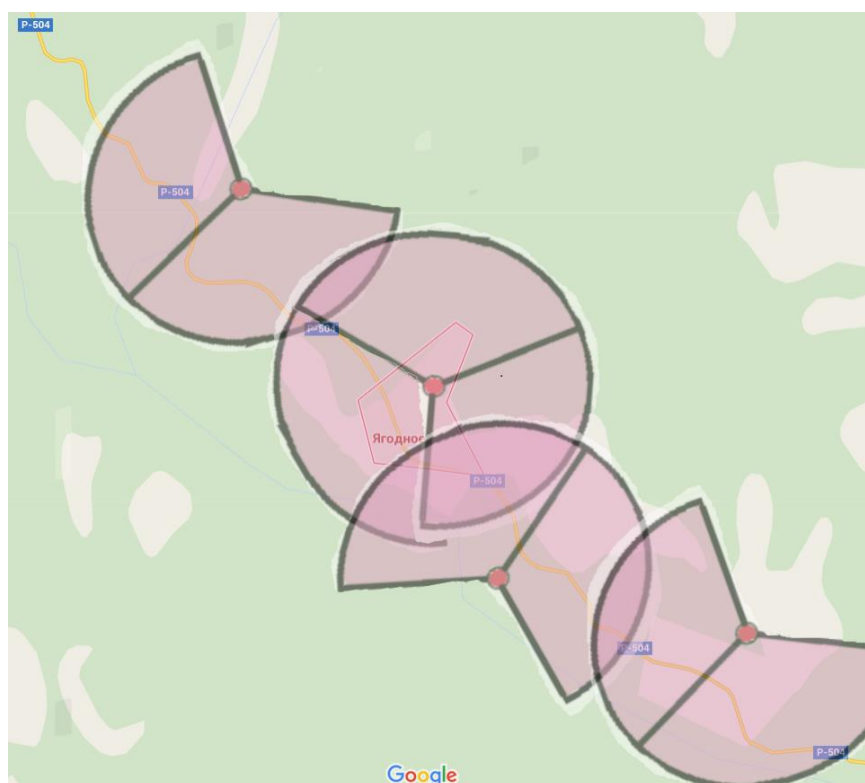
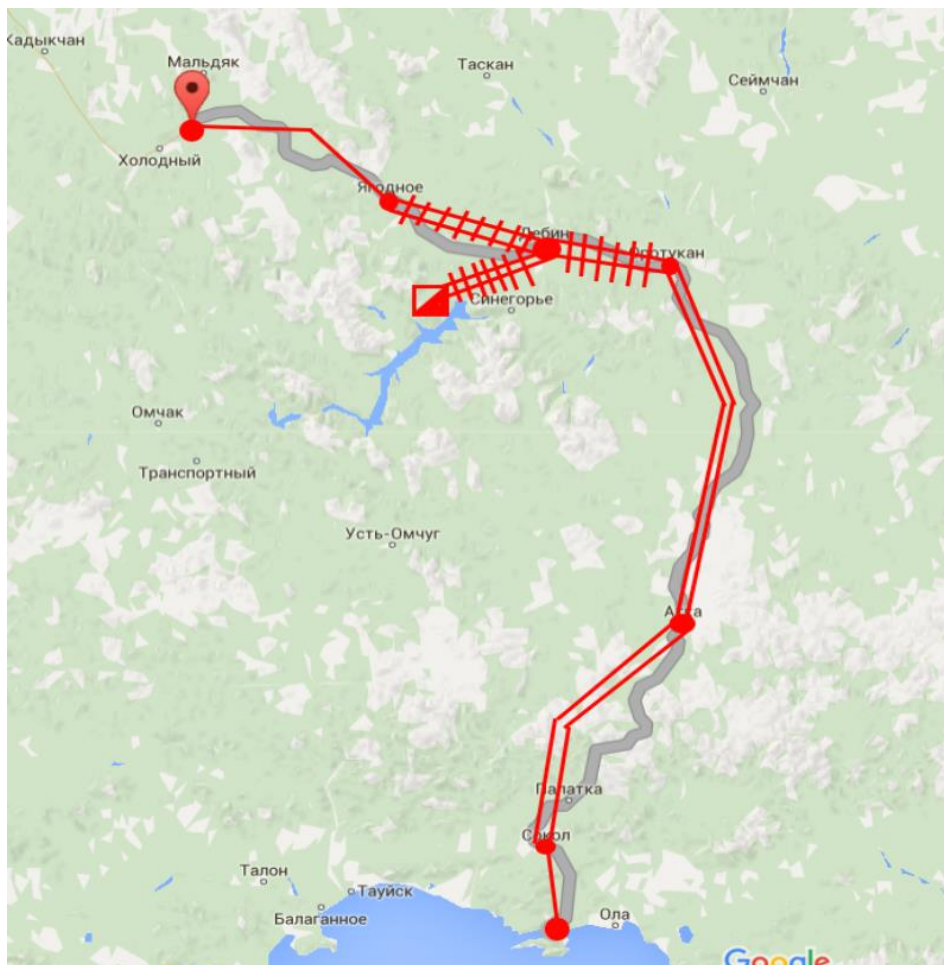


Рисунок 4.9 - Пример зоны покрытия трассы и населенного пункта Ягодное.

Так как ландшафт местности неоднороден и изобилует перепадами, соединение всех базовых станций по средствам радиорелейных линий не представляется возможным. Поэтому для соединения базовых станций было

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

принято решение провести волоконно-оптический кабель по высоковольтным линиям, которые располагаются вдоль трассы (рисунок 4.10)



**Рисунок 4.10 - Карта линий высокого напряжения.**

Для прокладки был выбран специализированный подвесной кабель ОПЦ-8А-4 который по своим параметрам подходит для условий дальнего востока, так как кабель предназначен для эксплуатации в диапазоне температур от минус 60 °С до 70 °С. Кроме прямой прокладки кабеля по линиям электропередач кабели соединяют базовые станции WiMAX.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

## 5 ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

### 5.1 Выбор аппаратуры

1. Камера AXIS M1011- способна формировать несколько индивидуально настраиваемых потоков в форматах H.264, Motion JPEG и MPEG-4 Part 2. Полные частота кадров и разрешение гарантированы при любом сжатии. Сжатие H.264 позволяет оптимизировать использование полосы пропускания и памяти благодаря значительному сокращению скорости передачи данных.



Рисунок 5.1 - Камера AXIS M1011.

2. Оборудование для онлайн видео вещания AirHD- помещается в небольшом рюкзаке и позволяет передавать потоковое видео высокого разрешения по сетям (3G/4G LTE, WiMAX), используя мультимодемную технологию.

Особенности системы:

- Разработана с учетом специфики операторов связи России и стран СНГ
- Может работать одновременно с разным и сотовыми сетями (Multi-Mobile)
- Технология непрерывного вещания, и изменения битрейта видео (Adaptive Bitrate)
- Замена аккумуляторов “на ходу”, без остановки вещания (Hot-Swap)
- GPS/Глонасс трекинг местонахождения видео- оператора (OpLocator)

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Характеристики системы AirHD представлены в таблице 5.1

**Таблица 5.1 – Характеристики системы AirHD**

Комплектация	Системный блок, антенный блок, аккумуляторы, 4x USB модема, сенсорный планшет, рюкзак для переноски
Видео разрешение	1080i 50/60, 720p 50/60, 720p 25/30, D1, Half D1, CIF
Видео кодек	H.264 AVC high profile
Аудио кодек	AAC.
Интерфейсы	HDMI, USB (*композитный, компонентный, S-Video, др.)
Передача видео	На CDN, стрим-каналы (ustream, youtube), сервер, запись на SSD
Модули связи	4x USB модема 3G/4G LTE/ WiMax, 1 модуль WiFi, 1 модуль Ethernet
Стандарты связи	3G UMTS, CDMA, 4G LTE, HSPA+, HSUPA, HSDPA, EVDO, WiMax, Wi-Fi 802.11
Антенны	Внешний антенный блок, повышенного качества приема
Электропитание	2x аккумулятора, до 6 часов передачи видео
Дополнительные технологии	<p>Работа одновременно с разными сотовыми сетями, для выбора лучшего сигнала (Multi-Mobile)</p> <p>Технология непрерывного вещания, и изменения битрейта, в зависимости от качества сигнала (Adaptive Bitrate)</p> <p>Система автоматической коррекции ошибок видео (Clear Stream)</p> <p>Замена аккумуляторов "на ходу" (Hot-Swap)</p> <p>Настройка времени задержки потокового видео (On Time)</p> <p>GPS/Глонасс трекинг местонахождения видео-оператора на карте (OpLocator)</p> <p>Использование в качестве Wi-Fi точки доступа</p> <p>"Аппаратное и программное шифрование"</p>
Габариты	Системный блок с 1 аккумулятором: 22 x 14 x 7 см.; Антенный блок: 25 x 25 x 15 см.; Общий вес с рюкзаком: 3,5 кг.





**Рисунок 5.2 - AirHD 110 Pro.**

Данное оборудование позволяет создать систему видеонаблюдения, которая позволит получить достоверную картину событий на дороге, сделать видеозапись при срабатывании автомобильной сигнализации, проанализировать маршрут движения, используя возможности Глонасс и увидеть обстоятельства происшествий в салоне рейсового транспорта.

Выбранное оборудование имеет полную совместимость и для работы требуется подключить камеру видеонаблюдения через USB-кабель к AirHD 110 Pro, после чего настроить оборудование.

AirHd 110 Pro имеет фиксированные возможные значения разрешения передаваемого видео. Наиболее практичным выбором из возможных разрешений, (характеристики представлены в таблице 5.1) является передача видео в разрешении 720p с частотой кадров 25 кадров в секунду. Данный выбор обоснован тем что данное разрешение позволяет достаточно четко видеть дорогу и салон с достаточной частотой кадров для фиксации каких либо нарушений.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

## 5.2 Рекомендации по установке оборудования в рейсовом транспорте

При выборе мест размещения видеокамер следует прогнозировать влияние возможных препятствий. Следует исключить попадание в поле зрения видеокамеры источников света (прямые солнечные лучи, огни рекламы, осветительные фонари, фары автомобилей), а также отражений от создающих блики поверхностей (вода, стекла и пр.). При этом должен обеспечиваться необходимый для нормальной работы видеокамеры уровень освещенности.

Идеальным вариантом установки камеры для наблюдения за пассажирами будет в передней части транспортного средства, над проходом к месту водителя (как показано на рисунке 5.3).

Для крепления камеры которая будет фиксировать дорогу подойдет место правее камеры снимающей пассажиров. (рисунок 5.3)

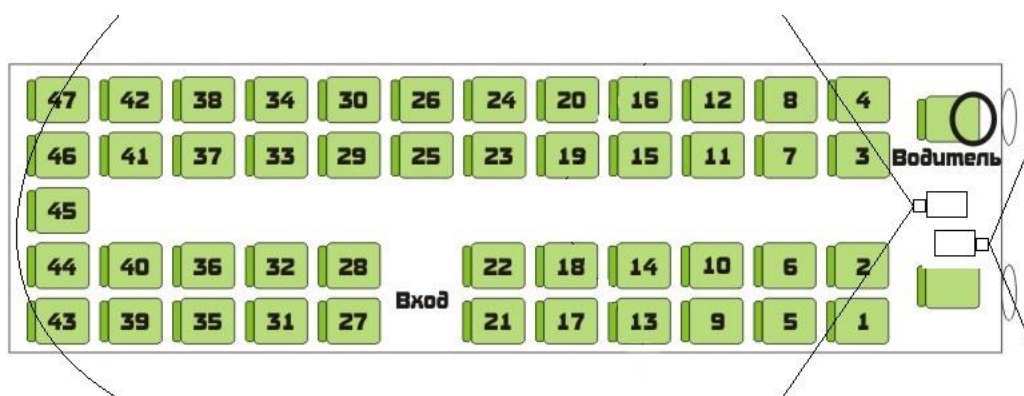


Рисунок 5.3 - Места крепления камер и их углы обзора.



Рисунок 5.4 - Схема подключения видеокамеры для передачи изображения в сеть.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Система кодирования и передачи видеоизображения AirHD следует устанавливать в скрытое от пассажиров место, лучше всего для этого подойдет место для небольшого багажа над местом водителя. В большинстве случаев это место используется самим водителем, либо вообще не используется.

Антенный блок устанавливается на торпеду транспортного средства для наиболее благоприятного приема сигнала базовых станций.

Все силовые линии должны быть скрыты во избежание диверсии. Монтаж (установка) видеонаблюдения как и монтаж любых слаботочных систем, предполагает точное соблюдение основных руководящих и нормативных документов, с учетом специфики, связанной с техническими особенностями систем видеонаблюдения - высокой зависимостью от влияния различных помех, сложной настройкой оборудования, зависимости от погодных условий. Особенно много "подводных камней" при монтаже (установке) и настройке уличных систем видеонаблюдения. Основные технические особенности, характеристики объекта влияющие на процесс подготовки к монтажным работам должны быть учтены на этапе обследования объекта и использованы при подготовке технического предложения по монтажу системы видеонаблюдения.

Камера AXIS M1011 обеспечивает полное разрешение 1280x720 при частоте смены кадров 25 кадр/с, от нее по USB кабелю видео передается в устройство передачи данных AirHD которое по технологии WiMax передает изображение в сеть. Для сжатия видео используется видео кодек H.264 , благодаря которому требуемая скорость потока примерно равна 3 Мбит/с, но в случае ухудшения сигнала система Air HD может принудительно понизить количество кадров в секунду для продолжения передачи видео.

Пропускная способность одной ретрансляторной станции до 8 Мбит/с на прием, а максимальное количество одновременно задействованного транспорта на одну станцию 2, из этого следует что станции ретрансляции максимально будут загружены на 75%, так как в каждом рейсовом транспорте установлено по 2 камеры видеонаблюдения.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Для установки Системы видеонаблюдения в рейсовом транспорте потребуется оборудование крепления и монтажа камер, а также прокладка дополнительных кабелей в салоне транспорта.

Во время поездки видео будет постоянно передаваться на сервер сайта Магаданского Автовокзала.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

## 6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

### 6.1 Оценка капитальных вложений в проект

К капитальным вложениям на реализацию сети видеонаблюдения на рейсовом транспорте относятся все затраты, вносимые на первоначальном этапе строительства сети и системы видеонаблюдения, и имеющие единовременный характер. Инвестиции в оборудование по проекту и на ввод оборудования в эксплуатацию будут включать следующие составляющие:

1. стоимость оборудования сети WiMax;
2. стоимость оборудования сети видеонаблюдения
3. затраты на установку и монтаж оборудования;
4. стоимость кабеля для соединения базовых станций;
5. транспортные расходы (тара и упаковка, таможенные расходы);
6. прочие затраты (техническая документация, обучение специалистов, страховка);
7. прочие непредвиденные расходы.

Общие капитальные вложения на приобретение оборудования сети широкополосного доступа в пгт. Шушенское рассчитываются по формуле:

$$K_{об} = \sum_{i=1}^N K_i, \text{ руб} \quad (6.1)$$

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

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

$N$  – количество позиций.

Оценка инвестиций на приобретение оборудования и строительство сети зависит от стратегии правительства Магаданской области. В Магаданской области правительство поддерживает проекты связанные с улучшением качества

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

жизни в регионе, при небольшом количестве абонентов и высокой стоимости современного высокотехнологичного оборудования ожидаемая рентабельность будет невысокой. Тем не менее, Оператор которого поддерживает правительство обеспечит себе конкурентные преимущества и сможет наращивать монтируемую ёмкость сети в дальнейшем, подключая соседние населенные пункты, получая стабильную прибыль и улучшая качество жизни в регионе. В то же время видеонаблюдение на рейсовом транспорте обеспечит дополнительный фактор безопасности на трассе Сусуман-Магадан.

Стоимость оборудования приведена ориентировочно, цены зависят от многих факторов: условий, объемов и сроков поставки оборудования, его комплектации, а также наличия долгосрочных договоров. В Магаданской области ПАО «Ростелеком» уже применяет оборудование компании Huawei Technologies, ядро сети расположено в г.Магадан, кроме того, в проекте будут использоваться существующие антенно-мачтовые сооружения, поэтому в смету затрат войдут только расходы на базовые станции, коммутаторы, маршрутизатор и оптические кабели для организации связи и видеонаблюдения.

Смета затрат на приобретение оборудования представлена в таблице 6.1.

**Таблица 6.1 – Смета затрат на приобретение оборудования сети радиодоступа WiMAX.**

№ п/п	Наименование	Кол -во	Цена за шт.	Цена (руб.)
1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Сеть радиодоступа стандарта WiMAX</b>			<b>5086150</b>
1. 1	Базовая станция WiMAX Base Station Air4Gs	250	7000	1750000
1. 2	Антенно-фидерные устройства:			
	Секторная антенна для базовой станции INT-SEC-17/5X-H	510	6540	3335400
1.3	Вспомогательное оборудование:			
	Монтажный материал	250	3000	750 000
<b>2</b>	<b>Оборудование транспортной сети</b>			<b>580000</b>
	ASN шлюз ANI WiMAX ASN-GW	1	580000	580000
<b>3</b>	<b>Линейно-кабельные сооружения</b>			<b>232050</b>
	Кабель оптический ОПЦ-8А-4, км	700	231,5	232050

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

**Продолжение таблицы 6.1**

<b>ИТОГО</b>		<b>5898200</b>	
Тара и упаковка		0,5%	2950
Транспортные расходы		4%	235928
Заготовительно-складские расходы		1%	58982
Установка и настройка		15%	884730
		<b>ИТОГО</b>	

В стоимость базовой сети не включены оборудование доступа в сети TCP/IP (NAU) и пограничный шлюз (BG) в состав которых входят DNS и DHCP сервер, LAN Switch, Firewall и т.д. Данные элементы являются дополнительными, и они уже установлены в г.Магадан. Кроме того, не учтены затраты на лицензии на использование частот.

Как показывает смета затрат, ориентировочная стоимость необходимого оборудования для сети стандарта WiMAX составит 7080790 рублей. Ориентировочная стоимость монтажных работ составит 884730 рублей.

При приобретении оборудования учитываются расходы:  $K_{пр}$  – Затраты на приобретение оборудования;  $K_{тр}$  – транспортные расходы в т.ч. таможенные расходы (4% от  $K_{пр}$ );  $K_{смп}$  – строительно-монтажные расходы (15% от  $K_{пр}$ );  $K_{ту}$  – расходы на тару и упаковку (0,5% от  $K_{пр}$ );  $K_{зср}$  – заготовительно-складские расходы (1% от  $K_{пр}$ );  $K_{ппр}$  – прочие непредвиденные расходы (3% от  $K_{пр}$ ).

Затраты на строительство линейно-кабельных сооружений будут включать стоимость волоконно-оптического кабеля, прокладываемого между базовыми станциями, и монтажные работы.

В среднем, стоимость прокладки 1 км волоконно-оптического кабеля связи по воздуху с креплением на столбы обходится от 50 до 70 тыс. рублей, в зависимости от состояния кабельных каналов. [19]

Общие затраты на прокладку кабеля составят:

$$K_{каб} = L \times Y, \quad (6.2)$$

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

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

$$K_{\text{каб}}=700*60000=42000000 \text{ руб.}$$

Таким образом, общие капитальные вложения рассчитываются как:

$$KB = (K_{\text{пр}}+K_{\text{тр}}+K_{\text{смп}}+K_{\text{т/у}}+K_{\text{зср}}+K_{\text{ппр}}) + K_{\text{каб}}, \text{ руб} \quad (6.3)$$

$$KB_{\text{LTE}} = (5898200 + 5898200 * (0,04+0,2+0,005+0,012+0,03)) + 42000000 =$$

$$= 49080790 \text{ руб.}$$

Для расчета требуемых инвестиций в проект нужно учесть текущий курс валют, возможность скидки и т.п., поэтому стоимость оборудования и линейно-кабельных сооружений взята ориентировочно, по сведениям из указанных Интернет-ресурсов.

**Таблица 6.2 – Смета затрат на приобретение оборудования сети видеонаблюдения для рейсового транспорта.**

№ п\п	Наименование	Кол -во	Цена за шт.	Цена (руб.)
1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Сеть видеонаблюдения</b>			<b>300160</b>
1.1	Видеокамера AXIS M1011	28	8729	244160
1.2	Вспомогательное оборудование:			
	Монтажный материал	28	2000	56000
<b>2</b>	<b>Оборудование для кодирования и передачи видео</b>			<b>4872000</b>
	AirHD 110 Pro	14	348000	4872000
<b>3</b>	<b>Кабели и периферия</b>			<b>27720</b>
	Питание от прикуривателя	14	1500	21000
	Кабель Belsis USB2.0 AM/microB 5P 1.8 метра	28	240	6720
<b>ИТОГО</b>			<b>5199880</b>	
Тара и упаковка			0,5%	25999,4
Транспортные расходы			4%	207995,2
Заготовительно-складские расходы			1%	51998,8
Установка и настройка			15%	779982
			<b>ИТОГО</b>	<b>6265855,4</b>



## 6.2 Калькуляция эксплуатационных расходов

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Для обеспечения непрерывной работы сети необходимое количество специалистов и обслуживающего персонала составляет два человека (ведущий инженер, инженер, ), т.к. проектируемая сеть является достаточно автономной. В случае неисправностей недостающий персонал будет нанят по лизингу.

Таблица 6.2 - Численность штата

Наименование должности	Оклад	Количество, чел.	Сумма з/п, руб.
Ведущий инженер	45 000	1	35 000
Инженер	35 000	1	25 000

Годовой фонд оплаты труда составит:

$$\text{ФОТ} = \sum_{i=1}^K (T * P_i * I_i) * 12, \text{руб.} \quad (6.4)$$

где  $I_i$  – количество работников каждой категории;  $P_i$  – заработная плата работника каждой категории, руб; 12 – количество месяцев;  $T$  – коэффициент премии (если премии не предусмотрены, то  $T=1$ ).

$$\text{ФОТ} = ((45000) \times 12) + ((35000) \times 12) = 960000 \text{ руб.}$$

Расчет сделан без учета повышающей ставки для лиц, работающих в районах, приравненных к Крайнему Северу, т.к. эта ставка индивидуальна и зависит от трудового стажа.

Каждое предприятие обязано выплачивать страховые взносы за

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

сотрудников. На сегодняшний день (2016 год) этот показатель составляет порядка 30% от заработной платы.

$$СВ = 0,3 \times \text{ФОТ} \quad (6.5)$$

$$СВ = 0,3 \times 420000 = 288000 \text{ руб.}$$

Под амортизацией понимается процесс постепенного возмещения стоимости основных фондов, переносимой на вновь созданную продукцию (услугу), в целях накопления средств, для реконструкции и приобретения основных средств.

Рассчитаем амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов:

$$АО = T/F, \quad (6.6)$$

где T – стоимость оборудования, F – срок службы оборудования.

Срок службы оборудования, согласно действующего до сих пор постановления Совмина СССР «О единых нормах амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР», для коммутационного оборудования связи составляет 5,6 лет.

Следовательно, амортизационные отчисления равны:

$$АО = 11098080/5,6 = 1981800 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от ставки (тарифа), принятого в Магаданской области для юридических лиц, а также с учетом мощности оборудования базовых станций:

$$З_{ЭН} = T \times 24 \times 365 \times P \quad (6.7)$$

где T = 6,51 руб./кВт. час – тариф на электроэнергию в Магаданской области [20].

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

P - мощность БС.

Мощность БС равна 1,26 кВт, тогда P=2,52 кВт.

Тогда, затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{ЭН} = 6,51 \times 24 \times 365 \times 2,52 = 143709,55 \text{ руб.}$$

г) затраты на материалы и запасные части составляют 3,5% от основных производственных фондов:

$$Z_{МЗ} = КВ \times 0,035, \quad (6.8)$$

где КВ - это капитальные вложения.

В итоге материальные затраты составляют:

$$Z_{МЗ} = 13346645,4 \times 0,035 = 467132,59 \text{ руб.}$$

Таким образом, общие материальные затраты равны

$$Z_{ОБЩ} = Z_{ЭН} + Z_{МЗ} = 143709,55 + 467132,59 = 610842,14 \text{ руб.}$$

Прочие расходы состоят из общих производственных ( $Z_{пр.}$ ) и эксплуатационно-хозяйственных затрат ( $Z_{эк.}$ ):

$$Z_{пр} = 0,15 * \text{ФОТ} \quad (6.9)$$

$$Z_{эк} = 0,25 * \text{ФОТ} \quad (6.10)$$

Подставив значения, получаем:

$$Z_{пр} = 0,15 \times 960000 = 144000 \text{ руб.}$$

$$Z_{эк} = 0,25 \times 960000 = 240000 \text{ руб.}$$

Таким образом, прочие расходы составят:

$$Z_{прочие} = 384000 \text{ руб.}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов приведены в таблице 5.3.

**Таблица 6.3 – Годовые эксплуатационные расходы**

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Удельный вес статей, %
1. ФОТ	960000	22,72
2. Страховые взносы	288000	6,81
3. Амортизационные отчисления	1981800	46,94
4. Материальные затраты	610842,14	14,45
5. Прочие расходы	384000	9,08
<b>ИТОГО</b>	<b>4224642,14</b>	<b>100</b>

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

### 6.3 Калькуляция доходов

Главным направлением проекта является установка видеонаблюдения на трассе Магадан Сусуман, и доходность с этого пункта не является основной частью окупаемости настолько мала что ей можно пренебречь. Главным пунктом окупаемости проекта является сдача в аренду части ресурсов проложенной оптоволоконной линии которой соединены WiMAX БС до города Сусуман. Исходя из этого можно рассчитать прибыль данного проекта.

**Таблица 6.5 – Тарифы для абонентов (согласно действующим тарифным планам ПАО «Ростелеком») [21]**

Наименование предоставляемых услуг	Стоимость, руб.
Доступ к сети Интернет	
Юридические лица	42000

Тарифные планы: для юридических лиц – «Стартап Безлимит VI 10 Сити».

Годовой доход за предоставление абонентам доступа к различным услугам рассчитывается как:

$$D_{год} = \sum_{i=1}^J N_i * B_i * 12 \quad , \quad (6.11)$$

где N – размер абонентской платы за конкретный вид услуги в месяц; B – количество абонентов, пользующихся конкретной услугой.

**Таблица 6.6 – Доходы предоставления услуг по годам**

Год	Количество абонентов	Доход, руб.
	Юридические лица	
1	20	10 080 000
2	40	20 160 000
3	60	30 240 000
4	80	40 320 000
5	100	50 400 000

#### **6.4 Определение оценочных показателей проекта**

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, рассчитывается по формуле:

$$NPV = PV - IC \quad (6.12)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (6.13);

IC– отток денежных средств в начале n-го периода, рассчитываемый по формуле (6.14).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (6.13)$$

где  $P_n$  – доход, полученный в n-ом году;

i – норма дисконта 12%;

T – количество лет, для которых производится расчет.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6.14)$$

где  $I_n$  – инвестиции в n-ом году;

$i$  – норма дисконта 12%;

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

Ежегодные затраты будут складываться из ежегодной платы за использование радиочастотного спектра для работы сети в размере 3500000 руб и годовых эксплуатационных расходов 4224642,14 руб, т.е. 7724642,14 руб.

Результаты расчетов приведены в таблице 6.7.

**Таблица 6.7 – Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта**

Год	P, тыс. руб.	PV, тыс. руб.	I, тыс. руб.	IC, тыс. руб.	NPV, тыс. руб.
0	0,00	0,00	12164,055	12164,055	-12164,055
1	10080	9000	4224,642	15936	-6936.055
2	20160	25071,5	4224,642	19303.905	6397,595

Как видно из приведенных в таблице 6.7 рассчитанных значений, проект окупится на втором году эксплуатации.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (6.15)$$

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:

$$PP = 2 + \frac{6936.055}{(6936.055 + 6397,595)} = 2,52 = 2 \text{ года и 6 месяцев}$$

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель,

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (6.16)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (6.13), IC – поток инвестиций, рассчитываемый по формуле (6.14).

На срок расчетного периода – 1 год, индекс рентабельности будет равен:  
 $PI = 25071,5 / 19303.905 = 1,29 = 29\%$

Так как полученный  $PI > 1$  и равен 1,29 то проект является рентабельным.

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.

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:

$$IRR > i \quad (6.17)$$

где  $i$  – ставка дисконтирования

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

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:

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

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

$$I_1 = 12; NPV_1 = 6397,595$$

$$I_2 = 24; NPV_2 = -7441,994$$

$$IRR = 12 + \frac{6397,595}{6397,595 - (-7441,994)} (24 - 12) = 17,54\%$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 17,54%, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 12%, что означает, что проект выгоден в реализации и функционировании.

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице 6.8.

**Таблица 6.8 – Техничко-экономические показатели**

Наименование показателей	Значение
1	2
1. Количество абонентов	100
2. Капитальные вложения, руб.	610842,14
3. Численность персонала, человек	2
4. Годовые эксплуатационные расходы, руб.:	5 523 773
4.1 Фонд оплаты труда, руб.	960000
4.2 Страховые взносы, руб.	288000



**Продолжение таблицы 6.8**

4.3 Амортизационные отчисления, руб.	1981800
4.4 Материальные затраты, руб.	610842,14
4.5 Прочие расходы, руб.	384000
4.6 Ежегодные отчисления на оплату лицензии на частоты	3500000
6. Внутренняя норма доходности (IRR)	17,54
7. Индекс рентабельности (PI)	29%
8. Срок окупаемости	2 год и 6 месяцев

Сеть, разработанная в проекте, начнет приносить прибыль оператору связи на втором году эксплуатации.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было проведено техническое проектирование системы видеонаблюдения для рейсового транспорта на маршруте Сусуман-Магадан. Для передачи видео была выбрана технология беспроводного радиодоступа WiMAX с базовой станцией Air4Gs которая подходит для работы в суровых условиях дальнего востока. Для соединения базовых станций была использована волоконная оптика, которая была проложена на высоковольтных проводах, и которая в последствии дала наибольший доход для данного предприятия.

Были выполнены следующие задачи:

- 1) Была проведена экспликация объекта проектирования которая показала какие технологии можно применять на данной местности
- 2) Разработаны требования для проектируемой системы видеонаблюдения отталкиваясь от которых были сделаны остальные этапы проектирования
- 3) Проанализированы имеющиеся технологии построения сетей видеонаблюдения и выбраны подходящие для данной работы
- 4) Было проведено техническое проектирование системы видеонаблюдения, на основе технологии WiMAX, которая позволяет передавать видео в режиме реального времени в интернет и отслеживать местоположение транспорта за счет технологии ГЛОНАСС.
- 5) Проведена оценка экономической составляющей проекта.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии/Пер, с англ. - М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006, — 480 с: ил.)
2. AIR HD-ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОНЛАЙН ВИДЕО-ВЕЩАНИЯ ПО СЕТЯМ 3G/4G LTE. — [Электронный ресурс] — URL: [http://airhd.tv/wp-content/uploads/2014/01/AirHD\\_110\\_Specs\\_rus.pdf](http://airhd.tv/wp-content/uploads/2014/01/AirHD_110_Specs_rus.pdf)  
(Дата обращения: 08.05.2016.)
3. Обзор существующих решений по показу on-line видео в сети Интернет— [Электронный ресурс]— URL: <http://itmicro.ru/ip-web-camera.html>
4. Чистяков В.И. СРАВНЕНИЕ АНАЛОГОВОГО И IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 4-3. – С. 378-379; (Дата обращения: 09.05.2016.)
5. Сравнение аналогового и IP видеонаблюдения— [Электронный ресурс]— URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=13130> (дата обращения: 15.05.2016).
6. Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX Путь к 4G. – М., 2009г.
7. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи /Пер. с польского И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006.
8. IEEE Std 802.16e-2005 and IEEE Std 802.16-2004/Cor 1-2005 Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems. Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands. – IEEE, 28 February 2006.
9. IEEE Std 802.16-2004. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks. Part 16: Air Interface foe Fixed Broadband Wireless Access Systems. - IEEE, October 2004.

					<i>11070006.11.03.02.123.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67